

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет



Волгоград. ВолгГАСУ. 2015



© Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Волгоградский государственный  
архитектурно-строительный университет», 2015

УДК 502.22(075.8)  
ББК 20.1я73  
В581

**Р е ц е н з е н т ы:**

доктор технических наук *Н. В. Мензелинцева*, профессор кафедры инженерной графики, стандартизации и метрологии Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета; заместитель начальника отдела организации оперативной службы ЦУКС ГУ МЧС России по Волгоградской области, капитан внутренней службы *Д. С. Приказчиков*

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

**Власова, О. С.**

В581 Ноксология [Электронный ресурс] : учебное пособие / О. С. Власова ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Волгогр. гос. архит.-строит. ун-т. — Электронные текстовые и графические данные (1,8 Мбайт). — Волгоград : ВолгГАСУ, 2015. — Учебное электронное издание сетевого распространения. — Систем. требования: PC 486 DX-33; Microsoft Windows XP; Internet Explorer 6.0; Adobe Reader 6.0. — Официальный сайт Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Режим доступа: <http://www.vgasu.ru/publishing/on-line/> — Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-5-98276-758-5

Рассматриваются основные проблемы негативного воздействия на окружающую среду, принципы минимизации опасности и основы защиты от них в пределах опасных зон. Систематизируются научно-практические достижения в области человеко- и природозащитной деятельности, основывающейся на теоретических разработках отечественных и зарубежных ученых.

Для студентов, обучающихся по направлению подготовки «Техносферная безопасность» всех форм обучения.

Для удобства работы с изданием рекомендуется пользоваться функцией Bookmarks (Закладки) в боковом меню программы Adobe Reader и системой ссылок.

**УДК 502.22(075.8)  
ББК 20.1я73**

ISBN 978-5-98276-758-5



© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет», 2015

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ. ЭВОЛЮЦИЯ ОПАСНОСТЕЙ .....	4
2. НОКСОЛОГИЯ КАК НАУЧНАЯ ДИСЦИПЛИНА. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ И ПОНЯТИЯ.....	7
3. ПОТОКИ И ИХ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЧЕЛОВЕКА. УСЛОВИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РЕАЛИЗАЦИИ ОПАСНОСТИ .....	10
4. ЗАКОН ТОЛЕРАНТНОСТИ. ВОЗДЕЙСТВИЕ ОПАСНОСТЕЙ .....	12
5. ПОЛЕ ОПАСНОСТЕЙ .....	14
6. КАЧЕСТВЕННАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ (ТАКСОНОМИЯ) ОПАСНОСТЕЙ .....	16
7. АНТРОПОГЕННЫЕ ОПАСНОСТИ: ПРИЧИНЫ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ .....	20
7.1. Безопасность как одна из основных потребностей человека .....	20
7.2. Причины аварийности и травматизма на производстве .....	22
7.3. Психологические причины нарушения правил безопасности и возникновения ошибок .....	25
7.4. Социальные опасности .....	26
8. НЕГАТИВНЫЕ ФАКТОРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ .....	28
8.1. Негативные факторы бытовой среды .....	28
8.2. Негативные факторы производственной и городской среды .....	28
9. ВОЗДЕЙСТВИЕ ОПАСНОСТЕЙ ТЕХНОСФЕРЫ НА ПРИРОДНУЮ СРЕДУ И ЧЕЛОВЕКА .....	33
9.1. Аксиомы науки о безопасности в техносфере .....	33
9.2. Загрязнение окружающей среды и предпосылки мирового экологического кризиса .....	34
9.3. Загрязнение гидросферы .....	37
9.4. Загрязнение атмосферы .....	37
9.5. Загрязнение литосферы .....	39
9.6. Электромагнитное загрязнение окружающей среды .....	39
10. ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОПАСНОСТЕЙ И МЕТОДЫ ИХ АНАЛИЗА .....	41
11. ВОЗДЕЙСТВИЯ ОПАСНОСТЕЙ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ .....	46
11.1. Понятие о чрезвычайных ситуациях .....	46
11.2. Чрезвычайные ситуации техногенного характера .....	47
11.3. Стихийные бедствия и чрезвычайные ситуации природного характера .....	48
12. БЕЗОПАСНОСТЬ В ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СФЕРЕ .....	49
12.1. Критерии комфортности по различным факторам воздействия на производстве .....	49
12.1.1. Государственный надзор за соблюдением гигиенического норматива .....	49
12.1.2. Основные светотехнические характеристики .....	49
12.1.3. Параметры микроклимата .....	53
12.2. Оценка влияния негативных факторов на производстве .....	57
12.3. Общие принципы разработки безопасных производственных процессов .....	58
13. ПОНЯТИЕ РИСКА. КОНЦЕПЦИЯ ПРИЕМЛЕМОГО РИСКА .....	59
14. ЛОГИКО-ГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ОПАСНОСТЕЙ И РИСКА .....	63
15. СРЕДНЯЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ЖИЗНИ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ .....	70
16. ПОКАЗАТЕЛИ УЩЕРБА ОТ РЕАЛИЗОВАННЫХ ОПАСНОСТЕЙ .....	72
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....	75

## 1. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ. ЭВОЛЮЦИЯ ОПАСНОСТЕЙ

Современную структуру Вселенной определяет взаимодействие человека, техносферы, биосферы и космоса.

Человечество всегда пребывало в непосредственном контакте с биосферой Земли, которая являлась и является 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 вследствие прямого или косвенного воздействия людей и технических средств на природную среду (биосферу) с целью наилучшего соответствия среды потребностям человека. К техносфере относится все, что создано человеком, — производственная, городская, бытовая среды, лечебно-профилактическая, культурно-просветительская зоны и т. п.

За время своего 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.

Как следствие, средняя плотность населения Земли за последние несколько столетий также возросла многократно:

Год	1650	1950	2000	2006	2008
Средняя плотность населения, чел./км <sup>2</sup>	3,7	20	40	43,6	44

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./км<sup>2</sup>. Плотность населения отдельных стран также различна, например в Голландии она составляет 380, во Франции — 100, а в европейской части России — 85 чел./км<sup>2</sup>.

Начиная с XVI в. одновременно с ростом численности населения Земли 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.

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

Однако вместе с ростом производства электроэнергии практически пропорционально увеличились выбросы в атмосферный воздух углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ), сернистого газа ( $\text{SO}_2$ ) и др. Во второй половине XX в. каждые 12—15 лет удваивалось промышленное производство ведущих стран мира, в результате чего вдвое увеличилось количество выбросов, сбросов и других отходов, загрязняющих биосферу. Развитие промышленности и технических средств сопровождалось не только увеличением выброса загрязняющих веществ, но и вовлечением в производство все большего числа химических элементов.

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 — фтором, редкоземельными элементами, стронцием.

Таким образом, 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. При этом процесс формирования техносферы сопровождался эволюцией опасностей.

В эпоху палеолита на людей негативно воздействовали в основном естественные опасности (хищники, температура окружающей среды, ветер, осадки, грозовые разряды и т. п.). Позднее, на этапе развития сельского хозяйства и аграрной цивилизации, человечество также было подвержено естественным опасностям, как повседневному, так и стихийным, но одновременно с этим люди сами стали оказывать также негативное влияние на природу, прежде всего за счет вырубki лесов под пашни. Техногенные опасности этого периода были связаны лишь с применением примитивных орудий труда в сельском хозяйстве, а также с использованием огня. Поэтому воздействие человека и технических средств на природу нарастает, но остается ограниченным и локальным.

До середины XX в. человек не имел технической возможности инициировать крупномасштабные аварии и катастрофы, вызывая тем самым

экологические изменения регионального и глобального масштаба, соизмеримые со стихийными бедствиями. Появление ядерных объектов, рост производства химических веществ, строительство крупных технических сооружений сделали человека способным оказывать разрушительное воздействие на людей, среду обитания и экосистемы. Примером тому служат трагедии в Фукусиме и Чернобыле.

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

Оценивая современное состояние мира опасностей, следует, к сожалению, констатировать, что человечество в итоге произошедшей научно-технической революции 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 (рис. 1).

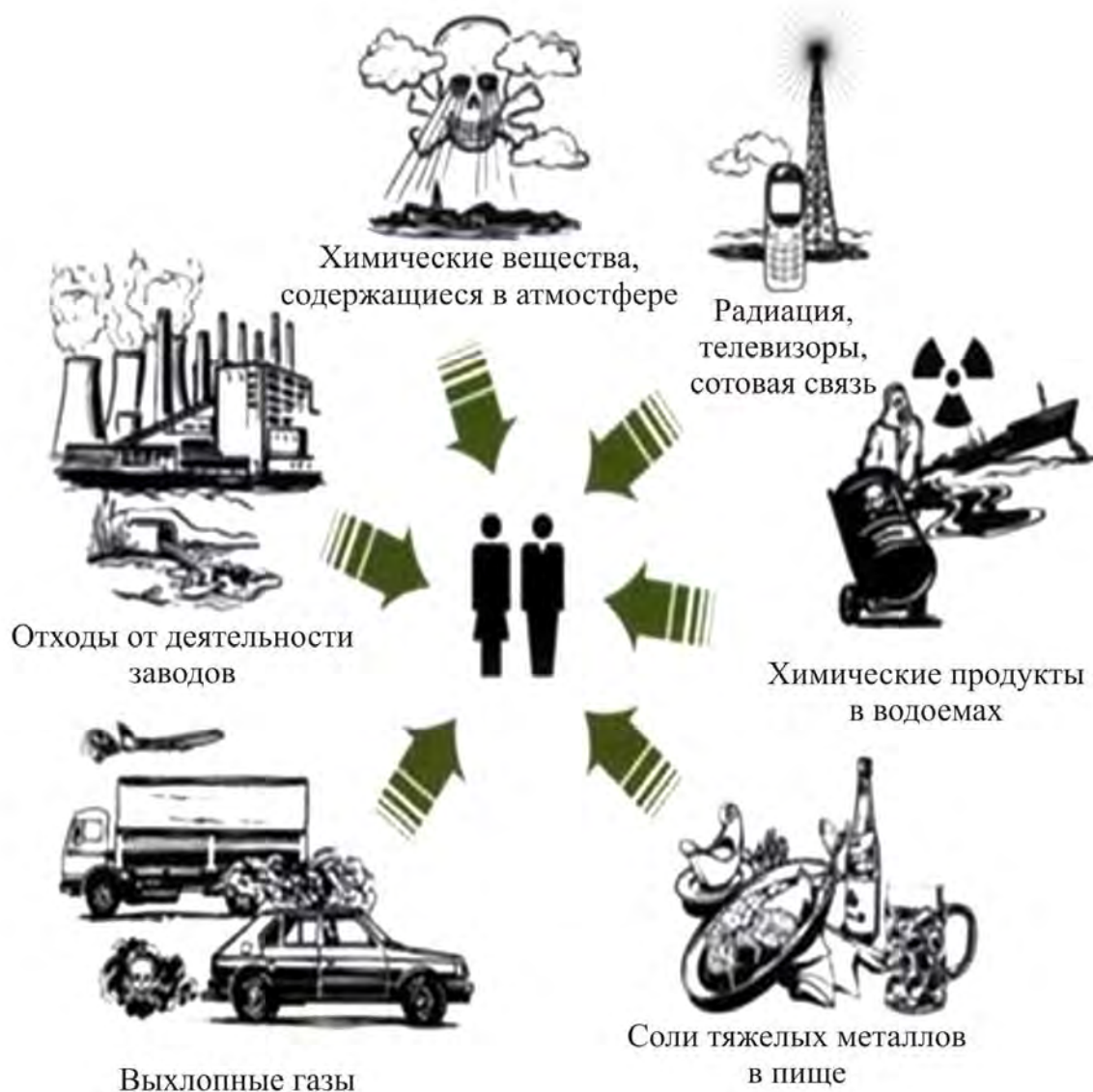


Рис. 1. Схемы воздействия опасностей техносферы на человека

## 2. НОКСОЛОГИЯ КАК НАУЧНАЯ ДИСЦИПЛИНА. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ И ПОНЯТИЯ

Стремление человека защищать свою жизнь является его естественной 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.

Важную роль в сокращении средней продолжительности жизни (СПЖ) играют опасности. Именно поэтому так много внимания уделяется защите от опасностей: борьбе с пожарами, соблюдению правил техники безопасности на производстве, снижению числа дорожно-транспортных происшествий и т. п. С этой целью регламентируются безопасные приемы деятельности человека и применяются различные виды защиты.

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. Необходимо анализировать все принимаемые техногенные решения с целью обнаружения возможных опасных проявлений, предъявлять научно обоснованные требования к созданию малоопасных технологий, машин и производств, устанавливать современные нормы и правила для обеспечения безопасности зон труда и отдыха, нормативы возможного допустимого воздействия техносферы на человека и окружающую среду. Кроме того, важной задачей является массовое внедрение в общество культуры безопасности, основанной на получении каждым человеком знаний о происхождении и принципах появления опасностей и защите от них.

**Ноксология** — это дисциплина, которая изучает происхождение и совокупное действие опасностей, описывает зоны и показатели их влияния на материальный мир, оценивает ущерб, наносимый опасностями человеку и природе.

Ноксология является составной частью экологии (науки о взаимоотношениях живых организмов между собой и окружающей их средой).

Предметом ноксологии является система «человек — опасность».

В задачи ноксологии входит идентификация опасностей, а также изучение принципов минимизации опасностей в источниках и основ защиты от них в пределах опасных зон.

Дисциплина «Ноксология» относится к математическому и естественно-научному циклу и обеспечивает понимание и логическую взаимосвязь элементов системы «человек — техносфера — природа» на уровне их негативного взаимодействия.

Возникновение ноксологии как научного направления было обусловлено необходимостью рассмотрения взаимоотношений живых организмов между собой и окружающей средой на уровнях, приносящих ущерб здоровью и жизни организмов или нарушающих целостность окружающей среды.

Ноксология базируется на семи принципах:

1. Принцип существования внешних негативных воздействий на человека и природу: человек и природа могут подвергнуться негативным внешним воздействиям.

2. Принцип антропоцентризма: человек есть высшая ценность, сохранение и продление его жизни является целью его существования.

3. Принцип природоцентризма: природа — лучшая форма среды обитания биоты, а ее сохранение — необходимое условие существования жизни на земле.

4. Принцип возможности создания качественной техносферы: создание человеком качественной техносферы принципиально возможно и достижимо при соблюдении предельно допустимых уровней воздействия на человека и природу.

5. Принцип выбора путей реализации безопасного техносферного пространства: безопасное техносферное пространство создается за счет снижения значимости опасностей и применения защитных мер.

6. Принцип отрицания абсолютной безопасности: абсолютная безопасность человека и целостность природы недостижимы.

7. Рост знаний человека, совершенствование техники и технологии, применение защиты, ослабление социальной напряженности в будущем неизбежно приведут к повышению защищенности человека и природы от опасностей.

Важнейшим понятием ноксологии является **опасность** — способность человека или компонента окружающей среды причинять ущерб живой и неживой матери.

В БЖД опасность рассматривается как негативное свойство систем материального мира, приводящее человека к потере здоровья или к гибели.

В ЗОС под опасностью понимается негативное свойство систем материального мира, приводящее природу к деградации и разрушению.

Опасности характеризуются потенциалом, качеством, временем существования или воздействия на человека, вероятностью появления, размерами зоны действия.



Потенциал проявляется с количественной стороны (например, уровень шума, запыленность воздуха, напряжение электрического тока). Качество отражает его специфические особенности, влияющие на организм человека (например, частотный состав шума, дисперсность пыли, род электрического тока).

В зависимости от своей природы, количественной (потенциала) и качественной характеристики, продолжительности действия опасность может вызывать у человека:

чувство дискомфорта;

усталость;

острые и хронические профессиональные заболевания;

травмы различной тяжести;

летальный исход.

**Источник опасности** — объект, явление, откуда может проистекать опасность. Тогда понятие «опасность» можно рассматривать как степень незащищенности при наличии источника опасности.

Источниками опасности могут быть компоненты биосферы и техносферы, космическое пространство, социальные и иные системы, излучающие опасность.

**Вредными факторами** принято называть такие факторы жизненной среды, которые приводят к ухудшению самочувствия, снижению работоспособности, заболеванию и даже смерти как следствию заболевания.

**Опасными факторами** называют такие факторы жизненной среды, которые приводят к травмам, ожогам, обморожениям, другим повреждениям организма и отдельных его органов или к внезапной смерти.

**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.

**Защита от опасностей** — способы и методы снижения уровня и продолжительности действия опасностей на человека и природу.

Для правильной оценки негативного влияния опасности на людей и окружающую среду, а также для правильного выбора защитных мер по устранению или локализации воздействия опасности составляют так называемый **паспорт опасности**.

### **3. ПОТОКИ И ИХ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЧЕЛОВЕКА. УСЛОВИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РЕАЛИЗАЦИИ ОПАСНОСТИ**

Возникновение и реализация опасности тесно связаны с таким явлением, как обмен потоками в материальном мире. Это естественный процесс существования материи.

Потоки в естественной среде:

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

Потоки в техносфере:

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

Воздействие потоков на человека может быть различным:

1. Комфортным (оптимальным) — потоки соответствуют оптимальным условиям воздействия:

создают оптимальные условия деятельности и отдыха;  
создают предпосылки для проявления наивысшей работоспособности и, как следствие, максимальной продуктивности деятельности;  
гарантируют сохранение здоровья человека и целостности компонентов среды обитания.

2. Допустимым — 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. Опасным — потоки превышают допустимые уровни и оказывают негативное воздействие на здоровье человека. При длительном воздействии возможны заболевания и/или деградация среды обитания.

4. Чрезвычайно опасным — потоки высоких уровней за короткий период времени могут нанести травму, привести человека к летальному исходу, вызвать разрушения в среде обитания (гибель организма происходит при значениях фактора воздействия, лежащих вне зоны толерантности, ее можно рассматривать как процесс распада организма на простые системы).

Условия возникновения и реализации опасности:

наличие совокупности систем «источник воздействия — объект защиты» и их совпадение по месту и 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.

## 4. ЗАКОН ТОЛЕРАНТНОСТИ. ВОЗДЕЙСТВИЕ ОПАСНОСТЕЙ

**Толерантность** — способность организма переносить неблагоприятное влияние того или иного фактора среды.

**Закон толерантности** был сформулирован В. Шелфордом и звучит следующим образом: 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.

Жизненный потенциал организма зависит от интенсивности фактора воздействия.

Точка максимума жизненного потенциала называется **точкой комфорта**. Зона оптимума с точкой комфорта и зоны допустимых значений фактора воздействия образуют **зону нормальной жизнедеятельности**; зоны с большими отклонениями фактора от оптимума — **зону угнетения**.

Пределы толерантности по фактору воздействия совпадают со значениями минимума и максимума фактора, за пределами которых существование организма невозможно, это **зона гибели**.

**Аксиома о воздействии среды обитания на человека:** воздействие среды обитания на живой организм может быть позитивным или негативным, характер воздействия определяют параметры потоков веществ, энергий и информации и способность живого тела воспринимать эти потоки.

**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, находящиеся в зоне их влияния.

**Аксиома о совокупном воздействии опасностей:** на любой объект защиты одновременно воздействуют все потоки, поступающие из вне в зону его пребывания.

Возможно возникновение двух типов негативных ситуаций, связанных с воздействием опасностей на человека:

1. Длительное воздействие постоянных или переменных опасностей ограниченной интенсивности в локальных, региональных и глобальных зонах (опасности на производстве, в быту и в городе), а также действие 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 (ситуации, связанные с техногенными авариями, катастрофами и стихийными бедствиями).

## 5. ПОЛЕ ОПАСНОСТЕЙ

Причинно-следственное поле воздействий на человеческий организм целесообразно реализовать в виде совокупности факторов первого, второго, третьего и иных кругов опасности, расположенных вокруг человеческого организма. При этом считается, что основное влияние на организм оказывают факторы первого круга, а факторы второго круга влияют в основном на факторы первого круга и т. д.

Совокупность источников опасностей около защищаемого объекта называется **полем опасностей** (рис. 2).

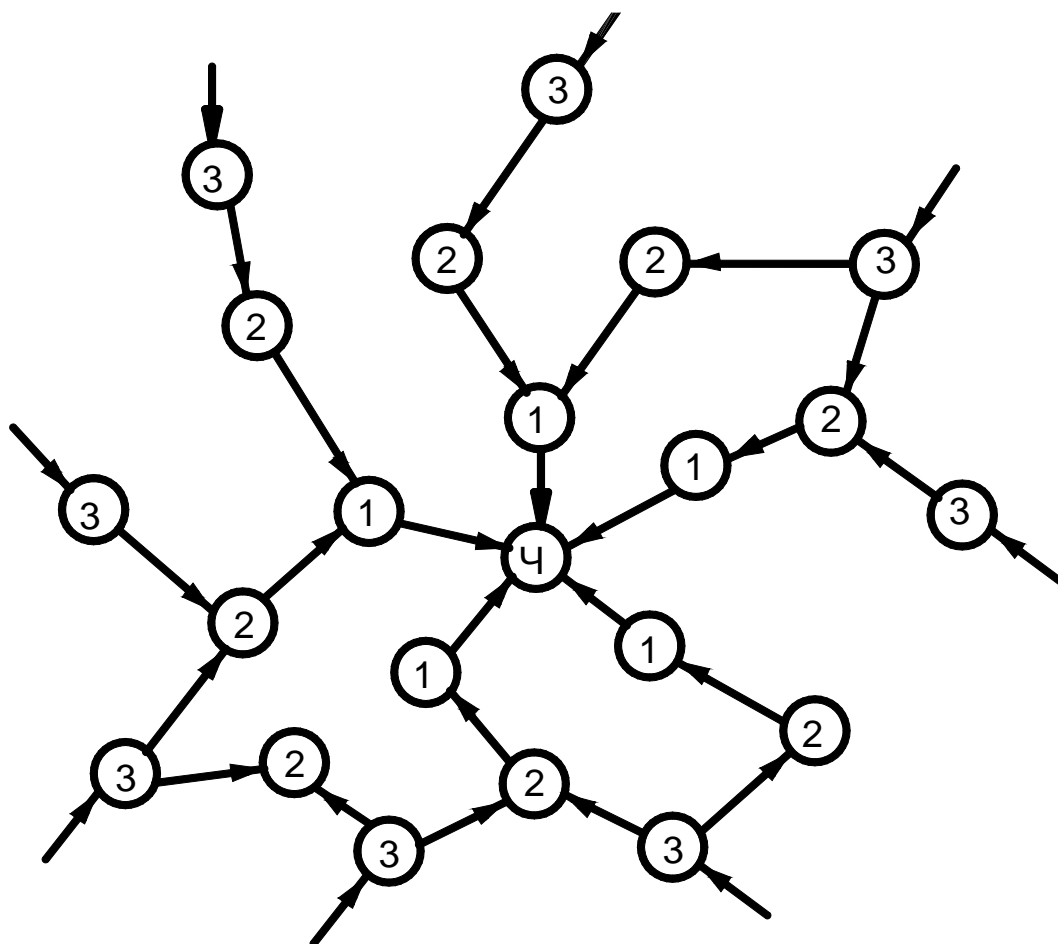


Рис. 2. Поле опасностей

**Опасности первого круга** — это опасности, непосредственно действующие на человека:

1) связанные с климатическими и погодными изменениями в атмосфере и гидросфере;

2) возникающие из-за отсутствия нормативных условий деятельности по освещенности, содержанию вредных примесей, электромагнитному и радиационному излучениям и т. п.;

3) возникающие в селитебных зонах и на объектах экономики при реализации технологических процессов и эксплуатации технических средств вследствие как несовершенства техники, так и ее нерегламентированного использования операторами технических систем и населением в быту;

4) чрезвычайные опасности, возникающие при стихийных бедствиях и техногенных авариях, в селитебных зонах и на объектах экономики;

5) возникающие из-за недостаточной подготовки работающих и населения по БЖД.

**Опасности второго круга** — это опасности, характерные для урбанизированных территорий и обусловленные:

1) наличием и нерациональным обращением отходов производства и быта;

2) чрезвычайными опасностями, возникающими при стихийных явлениях и техногенных авариях, в селитебных зонах и на объектах экономики;

3) недостаточным вниманием руководителей производства к вопросам безопасности проведения работ и т. п.

**Опасности третьего круга** — это опасности межрегионального и глобального влияния, вызванные:

1) отсутствием необходимых знаний и навыков у разработчиков при проектировании технологических процессов, технических систем, зданий и сооружений;

2) отсутствием эффективной государственной системы руководства вопросами безопасности в масштабах отрасли экономики или всей страны;

3) недостаточным развитием системы подготовки научных и руководящих кадров в области БЖД и ЗОС.

## 6. КАЧЕСТВЕННАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ (ТАКСОНОМИЯ) ОПАСНОСТЕЙ

Опасности, составляющее I группу (уровень), классифицируются по нескольким признакам.

По происхождению опасности могут быть:

1) естественными — обусловленными климатическими и иными природными явлениями и возникающими при изменении погодных условий и естественной освещенности в биосфере, а также при стихийных явлениях, происходящих в биосфере (наводнениях, землетрясениях и т. д.);

2) естественно-техногенными — инициирующимися естественными процессами (землетрясениями, ветрами, дождями и т. п.), приводящими к разрушению технических объектов (зданий, плотин, дорог и т. п.) и сопровождающимися потерей здоровья или гибелью людей или разрушениями элементов окружающей среды;

3) антропогенно-техногенными — возникающими вследствие ошибок человека (обычно оператора технической системы) и проявляющимися через несанкционированное действие или разрушение техники или сооружений (аварии на транспорте по вине водителей, пожары и взрывы из-за неправильного обращения с огнем, электрооборудованием и т. п.);

4) антропогенными — вызванными деятельностью человека, который, решая задачи повышения своего комфортного и материального обеспечения, непрерывно воздействует на среду обитания продуктами своей деятельности (техническими средствами, выбросами различных производств и т. п.), генерируя в среде обитания иные многочисленные опасности (неправильные или несанкционированные действия);

5) техногенными — создающими элементы техносферы; среди них выделяют:

производственные опасности (запыленность и загазованность воздуха, шум, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения и т. д.);

бытовые опасности, опасности городских условий (воздух, загрязненный продуктами сгорания природного газа, выбросами ТЭС, промышленных предприятий, автотранспорта и т. д.; вода с избыточным содержанием вредных примесей; недоброкачественная пища; шум, инфразвук, вибрация; ЭМП от бытовых приборов, ЛЭП, радиорелейных устройств и т. д.).



По физической природе потока различают следующие виды опасностей:

1) массовые — возникающие при перемещении воздуха (ветер, ураган и т. п.), воды и снега (ливень, лавины, волнение или подъем водной поверхности и т. п.), грунта и других видов земной массы (пыльные бури, оползни и камнепады и т. п.);

2) энергетические — связанные с наличием в жизненном пространстве различных полей (акустических, магнитных, электрических и др.) и излучений (лазерного, ионизирующего и др.), которые обычно характеризуются интенсивностью полей и мощностью излучений;

3) информационные — возникающие при поступлении к человеку (обычно к оператору технических систем) избыточной или ошибочной информации, единица измерения — бит/с.

По интенсивности (уровню) потока выделяют два вида опасностей:

1) опасные воздействия, когда потоки обычно превышают предельно допустимые потоки не более, чем в разы (концентрация загрязнителя в воздухе менее 10 ПДК);

2) чрезвычайно опасные воздействия, когда уровни потоков выше границ толерантности (концентрация примесей или уровни излучений на несколько порядков превышают ПДК или ПДУ и угрожают человеку летальным исходом).

По длительности воздействия опасности бывают:

1) постоянными — действуют в течение рабочего дня, суток (связаны с условиями пребывания человека в производственных или бытовых помещениях, с его нахождением в городской среде или в промышленной зоне);

2) переменными (в том числе периодическими) — характерны для условий реализации циклических процессов (шум в зоне аэропорта или около транспортной магистрали; вибрация от средств транспорта и т. п.);

3) импульсными — характерны для аварийных ситуаций, также возникает при залповых выбросах (при запуске ракет и т. д.), стихийных явлениях (грозе, сходе лавины и т. п.).

По виду зоны воздействия различают опасности производственные, бытовые, городские и зоны ЧС.

По размерам зон воздействия опасности могут быть локальными (бытовыми и производственными), региональными, межрегиональными и глобальными (например, парниковый эффект).

По степени завершенности процесса воздействия опасности делятся на следующие виды:

1) потенциальные — представляют угрозу общего характера, не связанную с пространством и временем воздействия (например, вред шума для человека);

2) реальные — связаны с конкретной угрозой негативного воздействия на объект защиты (например, автоцистерна с надписью «Огнеопасно», движущаяся по шоссе);

3) реализованные — факт воздействия реальной опасности на человека и/или среду обитания, приведший к потере здоровья или летальному исходу человека, к материальным потерям, разрушению природы (например, взрыв автоцистерны на шоссе с гибелью людей)

Реализованные опасности создают несколько ситуаций.

**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:

**авария** — ЧП в технической системе, не сопровождающееся гибелью людей, при котором восстановление технических средств невозможно или экономически нецелесообразно;

**катастрофа** — ЧП в технической системе, сопровождающееся гибелью людей;

**стихийное бедствие** — ЧП, связанное со стихийными явлениями на Земле и приведшее к разрушению биосферы, техносферы, к гибели или потере здоровья людей.

**Чрезвычайные ситуации (ЧС)** — состояние объекта, территории или акватории, как правило после ЧП, при котором возникает угроза жизни и здоровью для групп людей, наносится материальный ущерб населению и экономике, происходит деградация природной среды (рис. 3).

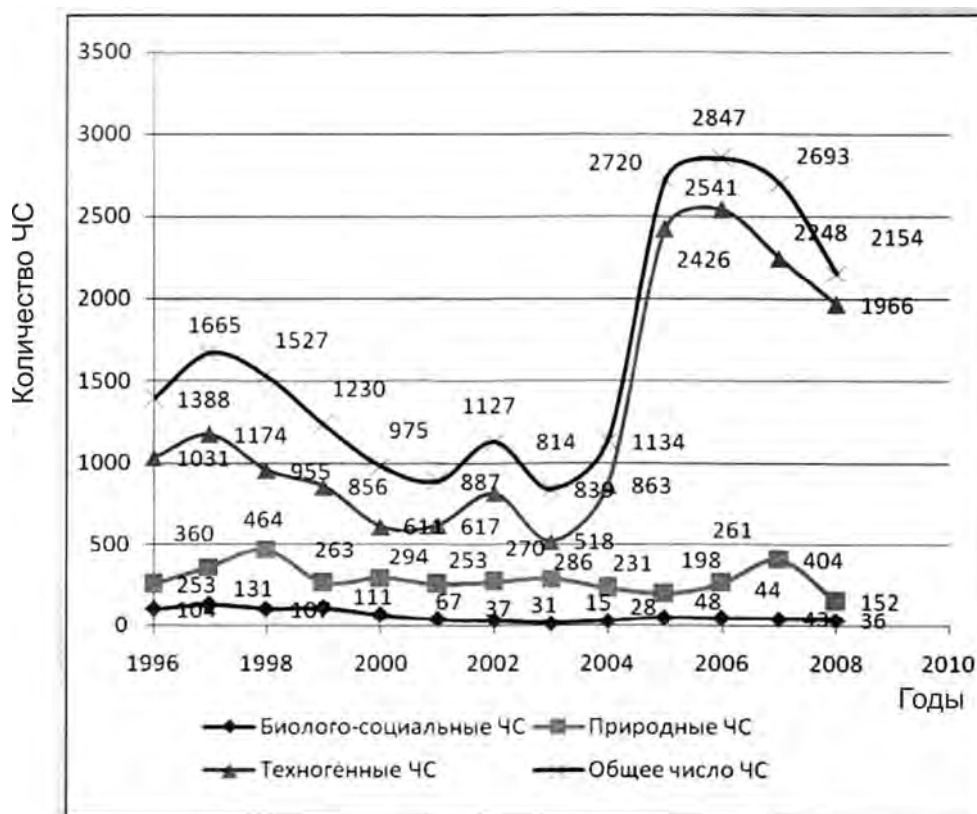


Рис. 3. Показатели ЧС в России

Опасности, составляющие II группу (уровень), классифицируются по признакам, связанным со свойствами объекта защиты.

По способности различать (идентифицировать) опасности выделяют опасности:

- 1) различаемые (вибрации, шум и т. д.);
- 2) неразличаемые (инфразвук, ультразвук, электромагнитные поля и т. д.).

По виду негативного воздействия на объект защиты различают:

1) вредные (угнетающие) факторы — негативное воздействие на человека, которое приводит к ухудшению самочувствия или заболеванию;

2) травмоопасные (разрушающие) факторы — негативное воздействие на человека, которое приводит к травме или летальному исходу.

По масштабу воздействия (численности лиц, подверженных воздействию) опасности могут быть:

- 1) индивидуальными;
- 2) групповыми;
- 3) массовыми.

## **7. АНТРОПОГЕННЫЕ ОПАСНОСТИ: ПРИЧИНЫ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ**

### **7.1. Безопасность как одна из основных потребностей человека**

Причинами возникновения и формирования учения о БЖД являются:

1) потребности общества:

сохранение здоровья и трудоспособности членов общества;

защита членов общества от естественных опасностей;

сохранение или рациональный рост численности общества в условиях воздействия опасностей от внешних причин;

2) потребности человека:

употребление качественных продуктов, питьевой воды, атмосферного воздуха;

защита жизни и здоровья от внешних опасностей среды обитания;

стремление к повышению средней продолжительности жизни.

Большую часть времени активной жизнедеятельности человека занимает целенаправленная профессиональная работа, осуществляемая в условиях конкретной производственной среды, которая при несоблюдении принятых нормативных требований может неблагоприятно повлиять на его работоспособность и здоровье.

Стремление к сохранению здоровья, активной деятельности и долгой жизни является одной из важнейших потребностей и функций человека на всех этапах его эволюции.

На рис. 4 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. Из потребности в безопасности выросли многие человеческие потребности, и прежде всего потребность в социальных связях, в объединении людей в сообщество, которое повышает безопасность каждого его участника. При этом возникает общий интерес участников относительно безопасности самого сообщества, повышающий исходную личную потребность каждого в безопасности.



Рис. 4. Классификация потребностей человека по А. Маслоу

Природа снабдила человека механизмами защиты от воздействия негативных факторов окружающей среды.

К естественным системам защиты человека от опасных и вредных факторов относят:

- системы анализаторов (зрение, слух, осязание, обоняние, вкус);
- гомеостаз — способность организма сохранять устойчивость;
- нервную систему;
- инстинкт;
- интуицию.

Организм человека представляет собой адаптирующуюся систему.

**Адаптация** — это динамический процесс, благодаря которому подвижные системы живых организмов, несмотря на изменчивость условий, поддерживают устойчивость, необходимую для существования, развития и продолжения рода.

Системы организма человека нормально функционируют лишь в определенных пределах.

**Стресс** — неспецифическая реакция организма на предъявляемые ему требования. Стресс можно рассматривать как общий адаптационный синдром.

Выделяют следующие стадии стресса:

- непосредственная реакция на воздействие (стадия тревоги);
- максимально эффективная адаптация (стадия резистентности);
- нарушение адаптационного процесса (стадия истощения).

В широком смысле эти стадии характерны для любого адаптационного процесса.

## 7.2. Причины аварийности и травматизма на производстве

Повседневная жизнедеятельность человека тесно и неразрывно связана с широкой эксплуатацией и интенсивным использованием новой техники и технологии, разнообразных технических средств, автоматизированных и механизированных производственных процессов, которые, с одной стороны, превращают его из непосредственного исполнителя в оператора сложной системы «человек — машина» (СЧМ), с другой — являются потенциальными или реальными источниками вредных факторов опасностей.

Однако жизнь показывает, что значительная доля опасностей при этом реализуется под воздействием и при непосредственном участии самого человека, обусловленном его поведением, существующими психофизиологическими особенностями и возможностями человеческого организма. Так, 45 % аварий на атомных станциях, 60 % авиакатастроф, 80 % катастроф на море и 90 % автокатастроф происходят исключительно по вине обслуживающего персонала в силу разных причин психологического характера.

В связи с этим человек с позиции БЖД должен рассматриваться как потенциально опасный фактор, воздействие которого на окружающие объекты может вывести их за пределы устойчивости, создать серьезные аварийные ситуации с возникновением случаев травматизма и гибели людей. Жизненный опыт и многочисленные данные свидетельствуют, что в основе аварийности и травматизма лежат не только инженерно-конструкторские дефекты, но и, как уже отмечалось, организационно-психологические причины, в том числе:

низкий уровень профессиональной подготовки инженерно-технических работников по вопросам безопасности;

недостаточное воспитание безопасного поведения;

слабая установка специалиста на соблюдение безопасности;

допуск к опасным видам работ лиц с повышенным риском травматизации;

пребывание людей в состоянии утомления или других психических состояниях, снижающих надежность (безопасность) их деятельности (рис. 5).

Объектом анализа опасностей в производстве является система «человек — машина — окружающая среда» (ЧМС), в которой для выполнения определенных функций объединены технические объекты, люди и окружающая среда, взаимодействующие друг с другом.

Такое взаимодействие может осуществляться не только при локальных контактах человека с техникой на производстве, но и в домашних условиях, во время передвижения, при взаимодействии между отдельными промышленными предприятиями, взаимодействии на межрегиональном и глобальном уровне и т. д.

При рассмотрении событий, которые относятся к разряду случайных, а также таких понятий, как «опасность», «повреждающий фактор» и «ущерб», возникновение ЧП может быть представлено в виде схемы, показанной на [рис. 6](#). Взаимодействие может быть штатным и нештатным. Нештатное взаимодействие объектов, входящих в систему ЧМС, может выражаться в виде ЧП.



Рис. 5. Антропогенные причины несчастных случаев



Рис. 6. Схема возникновения повреждения

**Опасной зоной (зоной риска)** называется пространство, в котором возможно воздействие опасного или вредного фактора, где существует возможность наступления ЧП (рис. 7, 8).

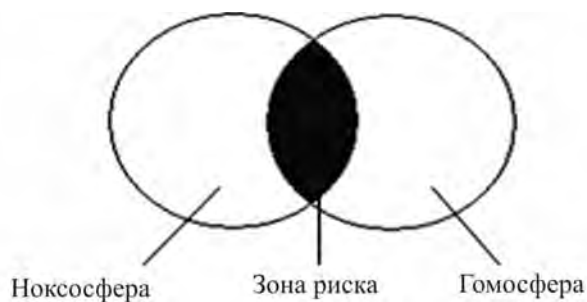


Рис. 7. Зона риска

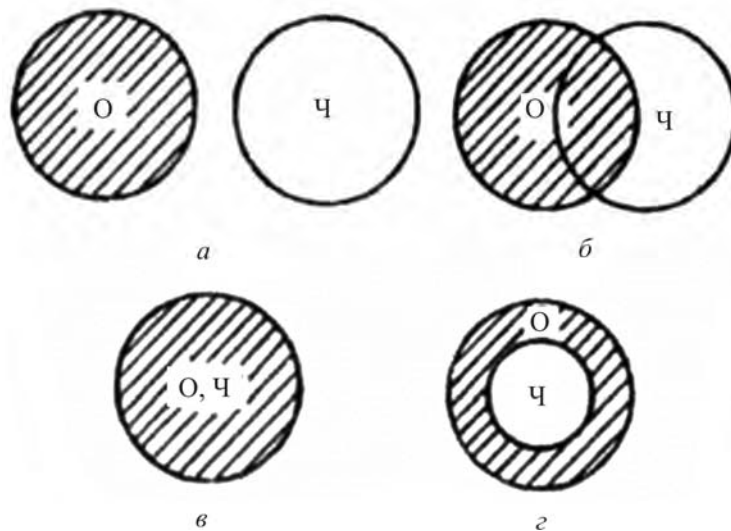


Рис. 8. Варианты взаимного положения зоны опасности (О) и зоны пребывания человека (Ч): *a* — безопасная ситуация; *б* — ситуация кратковременной (локальной) опасности; *в* — опасная ситуация; *г* — условная безопасная ситуация

К опасным относятся зоны захвата машин, поверхности и выступы движущихся частей, рабочие зоны подъемно-транспортного оборудования, а также зоны вокруг разрушающихся зданий, механизмов, сосудов под давлением, зоны распространения токсичных веществ и т. д.

Различают несколько видов опасных зон (рис. 9).

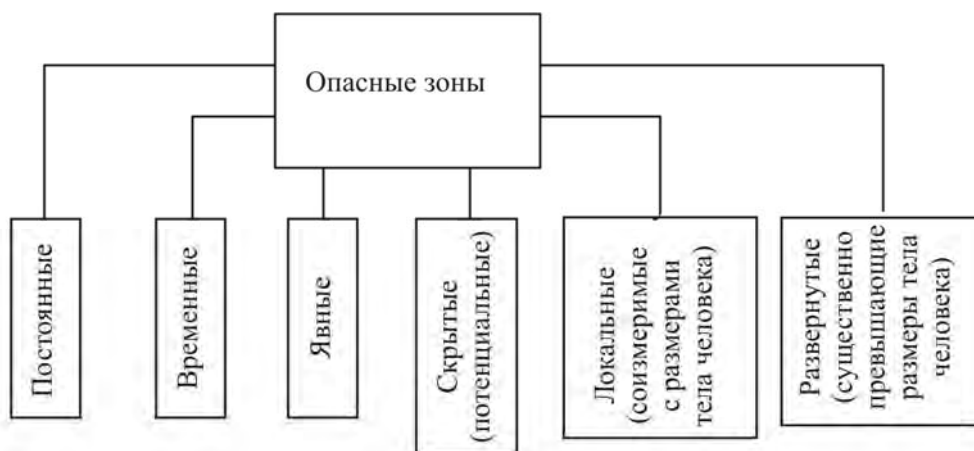


Рис. 9. Классификация опасных зон

Опасности реализуются в виде недопустимых для человека потоков вещества, энергии или информации.

Принципиально задачу обеспечения безопасности человека можно решать следующими способами:

- снижением потоков в опасных зонах около источника опасности;
- выведением человека из зоны действия опасности и сокращением времени его пребывания в зоне опасности;
- применением средств защиты на путях распространения опасных потоков к зоне пребывания человека.



### **7.3. Психологические причины нарушения правил безопасности и возникновения ошибок**

Основу психической деятельности человека составляют психические процессы, являющиеся объективным отражением действительности и позволяющие формировать знания, приобретать практические навыки и жизненный опыт. Различают познавательные, эмоциональные и волевые психические процессы.

Психические состояния отличаются разнообразием и временным характером, определяют особенности психической деятельности в тот или иной момент времени и могут оказывать положительное или негативное воздействие на течение всех психических процессов.

В условиях современного технически насыщенного производства рабочим приходится сталкиваться с различными факторами (стрессорами), действующими отрицательно на функции центральной нервной системы, и в частности на психику. К числу таких стрессоров относят:

- интенсивность выполнения производственных заданий;
- давление фактора времени (штурмовщина);
- изолированность и недостаточные межличностные контакты людей при выполнении технологических операций;
- однообразие и монотонность работы (на конвейере, у приборочных пультов);
- низкую двигательную активность при постоянном состоянии готовности к выполнению необходимых действий;
- комплекс внешних воздействий производственной среды (шум, вибрации, высокие или низкие температуры и т. д.).

Еще одним существенным фактором, повышающим индивидуальную подверженность к опасности и совершению ошибок, относится употребление спиртных напитков. Употребление даже небольшого количества алкоголя увеличивает вероятность несчастных случаев в связи с его влиянием на деятельность нервной системы и на поведение человека.

К психологическим причинам сознательного нарушения человеком правил безопасного поведения относятся:

- лень — потребность к сохранению энергетических ресурсов;
- экономия времени — стремление увеличить производительность труда или получить личную выгоду за счет пропуска отдельных операций, нарушения технологии;
- адаптация (привыкание) к опасности или ее недооценка, что приводит к травме;
- самоутверждение в глазах коллег (так называемый ложный героизм);
- стремление «не высовываться» (происходит там, где нарушение норм безопасности не осуждается в коллективе);
- ориентация на идеалы (на нарушителей правил безопасного поведения);
- переоценка собственного опыта;

привычка работать или выполнять действия с нарушениями;  
стрессовые состояния, эмоциональный шок, когда человеком движут чувства, а не разум.

В целом, причины нарушения правил безопасности по своей сути направлены на достижение одной цели — найти наиболее легкие пути для удовлетворения своих личных потребностей.

Ошибки делятся на систематические и случайные. Как правило, к причинам ошибочных действий относят:

- отсутствие знаний по профилактике;
- усталость (утомление);
- изменение погоды, атмосферы;
- материальные и личные заботы;
- психологическое несоответствие личности требованиям труда;
- растерянность в экстремальных условиях;
- слабый уровень предупреждения;
- болезненное состояние;
- недостатки профессионального обучения безопасности;
- плохие условия труда.

Большинство ошибок ведет к катастрофам в связи с отсутствием технических средств, предупреждающих ошибочные действия специалиста.

Исходя из понимания вышеуказанных причин возникновения опасных ситуаций, следует определять содержание и практическое осуществление целенаправленных профилактических мероприятий применительно к конкретной функциональной части действия человека.

Профилактические мероприятия состоят из нескольких частей:

- мотивационной — формирование безопасного поведения, контроль за соблюдением правил и стимулирование безопасности;
- ориентировочной — обучение, отработка навыков;
- исполнительной — профотбор и контроль психофизического состояния организма.

#### **7.4. Социальные опасности**

Особую группу негативных антропогенных воздействий представляют социальные опасности, получившие широкое распространение в обществе и угрожающие жизни и здоровью людей. Существование этих опасностей связано с состоянием демографических процессов и поведенческими особенностями людей отдельных социальных групп.

Социальные опасности весьма многочисленны. В их число входят:

войны, вооруженные конфликты, которые нередко возникают в различных регионах мира и характеризуются использованием самых современных, мощных и разрушительных средств поражения;

современный международный терроризм, политически мотивированный и носящий трансграничный характер; представляет собой одну из крупнейших угроз международной и национальной безопасности;

криминализация современного общества вследствие снижения уровня жизни, безработицы, нехватки доступного жилья, отсутствия жизненных перспектив, обострения социального неравенства, ослабления социальных связей;

инфекционные заболевания, ликвидация которых является в современном мире общепланетарной проблемой (онкологические и сердечно-сосудистые заболевания, полиомиелит, СПИД, а также венерические болезни);

вредные привычки людей, прежде всего курение, алкоголизм и пристрастие к наркотикам.

Следует отметить, что в основе своей социальные опасности порождаются негативными социально-экономическими процессами, протекающими в обществе. В настоящее время государство и органы власти предпринимают самые разнообразные и масштабные меры, направленные на последовательное и эффективное устранение причин, способствующих возникновению и распространению социальных опасностей.

## **8. НЕГАТИВНЫЕ ФАКТОРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

### **8.1. Негативные факторы бытовой среды**

Согласно заключению Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), в настоящее время перечень реально действующих негативных факторов окружающей среды насчитывает более 100 видов.

К негативным факторам, окружающим человека в быту, относят следующее:

загрязненные воздух, воду и почву в результате деятельности промышленных предприятий, автотранспорта, ТЭС, сельскохозяйственного производства;

шумы, вибрации производственных объектов и транспорта;

электромагнитные поля бытовых приборов, линий электропередач;

излучения строительных материалов;

продукты сгорания бытового газа;

недоброкачественную пищу;

неграмотное медицинское обслуживание и др.

### **8.2. Негативные факторы производственной и городской среды**

Опасные (травмирующие и вредные) производственные факторы в соответствии с принятой классификацией (ГОСТ 12.0.003—74) подразделяют на четыре группы: 1) физические; 2) химические; 3) биологические; 4) психофизиологические.

*Физически опасные и вредные производственные факторы:*

движущиеся машины и механизмы, незащищенные подвижные элементы производственного оборудования, передвигающиеся изделия, заготовки, материалы;

повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; влажность и подвижность воздуха;

повышенные уровни шума на рабочем месте, вибрации, ультразвук;

повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов, воздуха рабочей зоны;

повышенное или пониженное барометрическое давление в рабочей зоне и его резкое изменение;

повышенный уровень ионизирующих излучений в рабочей зоне;  
высокое напряжение в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;

повышенный уровень статического электричества и электромагнитных излучений и напряженность магнитного поля;

отсутствие или недостаток естественного света; недостаточная освещенность рабочей зоны; пониженная контрастность; прямая и отраженная блескость; повышенная пульсация светового потока;

повышенный уровень УФ-радиации; ИК-радиации и др.

*Химически опасные и вредные факторы* (органические, неорганические, элементарно-органические химически вредные факторы):

промышленные яды, используемые в производстве, например органические растворители (дихлорэтан), топливо (пропан, бутан), красители (анилин);

ядохимикаты, используемые в сельском хозяйстве: пестициды (гексахлоран), инсектициды (карбофос), ратициды, дефолианты и др.;

лекарственные средства;

бытовые химикаты, используемые в виде пищевых добавок (уксусная кислота), средства санитарии, личной гигиены, косметики и т. п.;

биологические растительные и животные яды, которые содержатся в растениях и грибах (аконит, цикута), у животных и насекомых (змеи, пчел, скорпионов);

отравляющие вещества (зарин, иприт, фосген и др.).

*Биологически опасные и вредные производственные факторы* обусловлены наличием биологических объектов, воздействие которых на работающих вызывает травмы или заболевания. Это как микроорганизмы (бактерии, вирусы, риккетсии, спирохеты, простейшие грибы), так и макроорганизмы (растения, животные).

*Психофизиологически опасные и вредные производственные факторы* по характеру действия подразделяется на перегрузки физические (статические, динамические, гиподинамию) и нервно-психические (умственное перенапряжение, монотонность труда, эмоциональные перегрузки).

Основными источниками энергетического загрязнения промышленных регионов, городской среды, жилищ и природных зон являются промышленные предприятия, объекты энергетики, связи и транспорт.

К энергетическим загрязнениям относят:

вибрационные и акустические воздействия;

электромагнитные поля и излучения;

воздействия радионуклидов и ионизирующих излучений.

**Вибрации** — это малые механические колебания, возникающие в упругих телах или телах, находящихся под воздействием переменного физического поля.

Вибрация относится к факторам, обладающим высокой биологической активностью. Среди профессиональных болезней вибрационная патология стоит на втором месте (после пылевых заболеваний).

По способу передачи колебаний вибрация может быть общей и локальной.

По временной характеристике различают вибрацию: постоянную, для которой контролируемый параметр за время наблюдения изменяется не более чем в два раза (6 дБ);

непостоянную, изменяющуюся по контролируемым параметрам более чем в два раза.

Главные параметры воздействия вибрации:

мощность колебательного процесса в зоне контакта;

продолжительность этого контакта;

частота и амплитуда колебаний;

место приложения и направление оси вибрационного воздействия;

демпфирующие свойства тканей;

явление резонанса и другие условия.

При повышении частот колебаний (более 0,7 Гц) возможны резонансные колебания в органах человека. Направление действия вибрации может быть различным. Область резонанса для головы в положении сидя при вертикальных вибрациях составляет 20...30 Гц, при горизонтальных — 1,5...2,0 Гц. Расстройство зрительных восприятий проявляется в частотном диапазоне 60...90 Гц, что соответствует резонансу глазных яблок. Для органов, расположенных в грудной клетке и брюшной полости, резонансными являются частоты 3...3,5 Гц. Для всего тела в положении сидя резонанс наступает на частотах 4...6 Гц.

Физическое понятие об акустических колебаниях охватывает как слышимые, так и неслышимые колебания упругих сред.

В зависимости от диапазона частот различают следующие виды акустических колебаний:

от 16 Гц до 20 кГц — звуковые;

менее 16 Гц — инфразвуковые;

выше 20 кГц — ультразвуковые.

Область слышимых звуков ограничена двумя пороговыми кривыми: нижней — порогом слышимости, верхней — порогом болевого ощущения.

Самые низкие значения порогов лежат в диапазоне 1...5 кГц. Слуховой аппарат человека наиболее чувствителен к звукам высокой частоты.

Звук представляет собой фактор среды обитания. Негативным фактором среды обитания является шум. **Шум** — это совокупность аperiодических звуков различной интенсивности и частоты. Как физическое явление шум — это механические колебания, распространяющиеся в твердой, жидкой и газообразной среде.

Основными причинами механического шума, наиболее распространенного в различных отраслях промышленности, являются:

конструктивные особенности машин, оборудования, в результате которых возникают удары, трение узлов (зубчатые передачи, шатунно-кривошипные механизмы, недостаточная жесткость отдельных частей);

технологические недостатки, появившиеся в процессе изготовления оборудования (плохая балансировка вращающихся деталей, узлов, неточность выполнения шага, профиля зубчатых колес);

некачественный монтаж технологического оборудования;

нарушение правил технической эксплуатации, плохой уход за оборудованием;

несвоевременный и некачественный планово-предупредительный ремонт.

Ультразвук не отличается от слышимого звука, однако частота колебательного процесса способствует большему затуханию колебаний вследствие трансформации энергии в теплоту. В условиях производства инфразвук, как правило, сочетается с низкочастотным шумом, в ряде случаев — с низкочастотной вибрацией.

При воздействии на организм инфразвука уровнем 110...150 дБ могут возникать неприятные субъективные ощущения и многочисленные реактивные изменения: нарушения в ЦНС, сердечно-сосудистой и дыхательной системах, вестибулярном анализаторе.

Рациональное освещение помещений и рабочих мест — один из важнейших элементов обеспечения благоприятных условий труда. Основной задачей производственного освещения является поддержание на рабочем месте освещенности, соответствующей характеру зрительной работы.

Однако излучение видимого диапазона при высоких уровнях энергии может представлять опасность для кожных покровов и органа зрения. Пульсации яркого света вызывают сужение полей зрения, оказывают влияние на состояние зрительных функций, нервной системы, общую работоспособность.

Широкополосное световое излучение больших энергий характеризуется световым импульсом, действие которого на организм приводит к ожогам открытых участков тела, временному ослеплению или ожогам сетчатки глаза (например, световое излучение ядерного взрыва).

**Ультрафиолетовое излучение (УФИ)** представляет собой невидимое глазом электромагнитное излучение, занимающее в электромагнитном спектре промежуточное положение между светом и рентгеновским излучением (200...400 нм).

УФИ, составляющее приблизительно 5 % плотности потока солнечного излучения, — жизненно необходимый фактор, оказывающий стимулирующее действие на организм. Ультрафиолетовое облучение может повышать устойчивость организма к некоторым вредным воздействиям. Оптимальные дозы УФИ активизируют деятельность сердца, обмен веществ, повышают активность ферментов дыхания, улучшают кроветворение.

**Инфракрасное излучение (ИК)** — часть электромагнитного спектра с длиной волны от 780 нм до 1000 мкм, энергия которого при поглощении в веществе вызывает тепловой эффект.

**Лазерное излучение (ЛИ)** представляет собой особый вид электромагнитного излучения, генерируемого в диапазоне длин волн 0,1...1000 мкм.

Действие ЛИ наряду с морфофункциональными изменениями тканей непосредственно в месте облучения вызывает разнообразные функциональные

изменения в организме (в центральной нервной, сердечно-сосудистой, эндокринной системах), которые могут приводить к нарушению здоровья.

Воздействие **ионизирующего излучения (ИИ)** на человека может происходить в результате внешнего и внутреннего облучения. ИИ вызывает в организме цепочку обратимых и необратимых изменений. Пусковым механизмом воздействия являются процессы ионизации и возбуждения атомов и молекул в тканях. Диссоциация сложных молекул в результате разрыва химических связей — прямое действие радиации.

Индукцированные свободными радикалами химические реакции развиваются с большим выходом, вовлекая в процесс сотни и тысячи молекул, не задействованных излучением. В этом состоит специфика действия ИИ на биологические объекты. Эффекты развиваются в течение разных промежутков времени — от нескольких секунд до многих часов, дней, лет.

Ионизирующая радиация при воздействии на организм человека может вызвать два вида последствий: детерминированные пороговые эффекты — лучевую болезнь, лучевой ожог, лучевую катаракту, лучевое бесплодие, аномалии в развитии плода и др.; стохастические (вероятностные) беспороговые эффекты — злокачественные опухоли, лейкозы, наследственные болезни.

Лучевая болезнь средней тяжести возникает при дозе 2,5...4,0 Гр. При дозах, превышающих 6,0 Гр, развивается крайне тяжелая форма лучевой болезни, которая почти в 100 % случаев заканчивается смертью вследствие кровоизлияния или инфекционных заболеваний.

Доза облучения, которая может воздействовать на человека при взаимодействии с представленными антропогенными источниками ИИ, за исключением облучений при медицинских обследованиях, невелика (табл. 1). Для сравнения предельно допустимая доза для профессионалов (категория А) составляет 50...103 мкЗв/год.

Таблица 1

*Виды источников облучения*

Источник облучения	Доза, мкЗв/год
<i>Естественный фон</i>	
Космическое облучение	320 (300)
Облучение от природных источников:	
внешнее	350 (320)
внутреннее	2000 (1050)
<i>Антропогенные источники</i>	
Медицинское обслуживание	400...700 (1500)
ТЭС в радиусе 20 км	3...5
АЭС в радиусе 10 км	1,35
Радиоактивные осадки (главным образом последствия испытаний ядерного оружия в атмосфере)	75...200
Телевизоры, дисплеи на расстоянии 2 м	4...5
Керамика, стекло	10
Авиационный транспорт на высоте 12 км	5 мкЗв/ч



## **9. ВОЗДЕЙСТВИЕ ОПАСНОСТЕЙ ТЕХНОСФЕРЫ НА ПРИРОДНУЮ СРЕДУ И ЧЕЛОВЕКА**

### **9.1. Аксиомы науки о безопасности в техносфере**

Анализ реальных ситуаций и событий, а также накопленный опыт позволяют сформулировать ряд аксиом науки о безопасности в техносфере:

1. Любая деятельность потенциально опасна, и в любом виде деятельности невозможно достичь абсолютной безопасности, поэтому основная задача — свести риски к минимуму.

2. Техногенные опасности существуют, если потоки вещества, энергии и информации в техносфере превышают пороговые значения. Соблюдение предельно допустимых значений этих потоков сохраняет безопасные условия жизнедеятельности человека и уменьшает негативное влияние техносферы на природную среду.

3. Все элементы техносферы являются источниками техногенных опасностей. Опасности возникают при наличии дефектов и иных неисправностей в технических системах, при неправильном использовании технических систем, а также из-за ошибок обслуживающего персонала, наличия отходов, сопровождающих эксплуатацию технических систем.

4. Техногенные опасности действуют в пространстве и во времени. Они существуют везде и всегда при использовании любых технических систем, включая простейшие (нож, спички, молоток, дверь и пр.).

5. Техногенные опасности одновременно оказывают негативное воздействие на человека, социум, природную среду и элементы техносферы. Человек и окружающая его природа, общество и техносфера, находясь в непрерывном материальном, энергетическом и информационном обмене, образуют постоянно действующую пространственную систему «человек — общество — техносфера — природная среда».

6. Техногенные опасности ухудшают здоровье людей, приводят к травмам, материальным потерям, деградации природной среды, социальным проблемам. Воздействие вредных факторов, как правило, длительное; оно негативно сказывается на состоянии здоровья людей, приводит к профессиональным или региональным заболеваниям. Воздействуя на природную среду, вредные факторы приводят к изменению и уничтожению представителей флоры и фауны. Травмоопасные воздействия возникают при авариях и катастрофах, при взрывах, разрушениях зданий и сооружений. Зоны таких

негативных воздействий, как правило, ограничены, хотя возможно их распространение на значительные территории (например, авария на Чернобыльской АЭС).

7. Защита от техногенных опасностей достигается совершенствованием технических объектов, являющихся источниками опасности; увеличением расстояния между источниками опасности и объектом защиты, сокращением времени воздействия вредных факторов, применением защитных мер.

8. Компетентность людей, знание опасностей и способов защиты от них — необходимое условие достижения безопасности жизнедеятельности. Рост техногенных опасностей, отсутствие естественных механизмов защиты от них требуют приобретения человеком навыков обнаружения и нейтрализации опасностей, применения средств защиты. Это достижимо только в результате обучения и приобретения опыта на всех этапах образования и практической деятельности человека. Начальный этап обучения должен совпадать с периодом дошкольного образования, а конечный — с периодом повышения квалификации и переподготовки кадров во всех сферах экономики.

Ноксология предусматривает следующие методы обеспечения безопасности:

1) разделение гомосферы и ноксосферы: применение защиты расстоянием и временем, вывод человека из зоны действия опасного фактора или сокращение времени пребывания человека в зоне при наличии вредных факторов воздействия, использование экобиозащитной техники и проведение организационных мероприятий;

2) нормализация ноксосферы: защита зон жизнедеятельности от естественных негативных воздействий; снижение негативного влияния источников опасностей и вредных факторов до нормативных требований и допустимых уровней воздействия; осуществление оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) при проектировании объектов техносферы;

3) приведение характеристик человека в соответствие с характеристиками ноксосферы: обучение, инструктаж, снабжение человека эффективными средствами защиты, приспособление человека, профессиональный отбор работающих, тренировка, подготовка населения к действиям в опасных и чрезвычайных ситуациях;

4) комбинирование первых трех методов.

## **9.2. Загрязнение окружающей среды и предпосылки мирового экологического кризиса**

Загрязнение приводит к ухудшению качества окружающей среды.

**Качество среды** — мера соответствия природных условий потребностям живых организмов.

**Загрязнение окружающей (природной) среды** — привнесение в среду или возникновение в ней новых, не характерных для нее физических, химических или биологических агентов или превышение естественного среднего многолетнего уровня концентрации тех же агентов в рассматриваемый период.

Различают **ингредиентное загрязнение** — загрязнение веществами, которые в силу своей природы, физического состояния либо повышенного содержания в природных средах оказывают негативное воздействие на окружающую среду и человека, и **энергетическое загрязнение**, включающее акустическое, световое, тепловое, электромагнитное и радиационное загрязнения.

Показатели качества среды могут включать природные (температуру, освещенность и др.) и антропогенные (ингредиентное загрязнение, тепловое загрязнение, уровень радиации и др.) факторы.

На планете сложились глобальный и региональный биогеохимические круговороты веществ и связанные с ними географическая картина климата, состав грунтовых вод, флора, фауна, которые создают нормальный биогеохимический фон местности.

С возникновением техносферы возник новый тип биогеохимических аномалий — так называемые **неоаномалии**. Обусловленные техногенными причинами выбросы различных загрязнителей и энергетическое загрязнение окружающей среды (шум, вибрация, электромагнитное излучение, тепловое загрязнение и др.) за несколько лет создают неоаномалии среды обитания человека (природной, городской, промышленной, бытовой) с повышенной частотой заболеваний и смертностью, деградацией окружающей природной среды. Радиус действия таких неоаномалий может составлять 5...8 км, иногда влияние этой области распространяется на 40...50 км и более.

Установление техногенных изменений окружающей среды на фоне ее естественной изменчивости является основной задачей фонового экологического мониторинга.

Для обеспечения безопасности человека и сохранности природной среды устанавливают пороговые или предельно допустимые значения потоков воздействия.

Содержание загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест регламентируется путем нормирования качества атмосферного воздуха — установления предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе (ПДК<sub>а.в.</sub>).

ПДК<sub>а.в.</sub> — концентрация, не оказывающая в течение всей жизни прямого или косвенного неблагоприятного воздействия на настоящее или будущие поколения, не снижающая работоспособность человека, не ухудшающая его самочувствие и санитарно-бытовые условия жизни.

Нормирование качества гидросферы осуществляется путем установления предельно допустимой концентрации загрязнителя — ПДК<sub>в.</sub>, химического загрязнения почв — ПДК<sub>п.</sub>

Критериями безопасности техносферы являются ограничения, вводимые на концентрации веществ и уровни потоков энергий в жизненном пространстве.

Концентрации вредных веществ регламентируются исходя из ПДК этих веществ в жизненном пространстве:

$$C_i \leq \text{ПДК}_i$$

или

$$C_i / \text{ПДК}_i \leq 1,$$

где  $C_i$  — концентрация  $i$ -го вещества в жизненном пространстве;  $\text{ПДК}_i$  — ПДК  $i$ -го вещества.

Для потоков энергии предельно допустимые уровни воздействия (ПДУ) устанавливаются соотношениями

$$I_i \leq \text{ПДУ}_i$$

или

$$I_i / \text{ПДУ}_i \leq 1,$$

где  $I_i$  — интенсивность  $i$ -го потока энергии;  $\text{ПДУ}_i$  — предельно допустимый уровень интенсивности потока энергии.

На геохимические карты распределения элементов наносятся **изоконцентраты (изоконцентрации)** — линии равных содержаний элементов в горных породах, рыхлых отложениях, водах, растениях и т. д. Для того чтобы оценить содержание загрязнителей в различных средах, аналогичные линии равных концентраций загрязнителей наносятся на карты экологического контроля. На основании этого осуществляют экологический мониторинг местности.

К основным предпосылкам мирового экологического кризиса относятся: переход частично возобновляемых природных ресурсов (пресной воды, флоры и фауны) в невозобновляемые и ослабление естественных биогеохимических круговоротов веществ;

катастрофическое состояние почвенного покрова нашей планеты и ее способности к пополнению запасов чистой воды;

истощение репродуктивного потенциала биоты, а также ее возможностей по регулированию содержания кислорода в атмосфере и гидросфере Земли;

психоинформационный шок и технологическая готовность человечества к самоуничтожению накопленными запасами оружия и промышленными вредными веществами;

эндоэкологическое отравление межклеточной среды живых организмов и лавинообразная мутация их геномов.

Общепризнанно, что атомные станции (АС) при их нормальной эксплуатации намного (не менее чем в 5...10 раз) «чище» в экологическом отношении тепловых электростанций (ТЭС) на угле. Однако при авариях АС могут оказывать существенное радиационное воздействие на людей, экосистемы ([рис. 10](#)).

Проблемы безопасности АС, идущих на смену ТЭС на органическом ископаемом топливе, имеют большую общественную значимость в комплексе сложных вопросов по защите окружающей среды.



Рис. 10. Загрязнение окружающей среды АС

### 9.3. Загрязнение гидросферы

Основными источниками загрязнения гидросферы являются:  
 хозяйственно-бытовые сточные воды;  
 животноводческие и птицеводческие стоки;  
 скотомогильники;  
 производственные сточные воды;  
 очистные канализационные сооружения;  
 свалки ТБО;  
 захоронения дуста, склады с ядохимикатами и др.

В результате сброса сточных вод изменяются физические свойства воды, ее химический и биологический состав.

Серьезную опасность представляет загрязнение водоемов нефтью и нефтепродуктами.

Вследствие кислотных дождей возможно закисление водоемов.

При контакте с радиоактивными отходами происходит радиоактивное заражение водоемов.

Сброс подогретых вод ТЭС и АЭС приводит к тепловому загрязнению водоемов.

Кроме того, возможно загрязнение водоемов механическими примесями и бактериальное и биологическое загрязнение патогенными организмами, грибами и водорослями.

### 9.4. Загрязнение атмосферы

Атмосферный воздух всегда содержит некоторое количество примесей, поступающих от естественных и антропогенных источников ([табл. 2](#)).

К числу примесей, выделяемых естественными источниками, относят: пыль (растительного, вулканического, космического происхождения, возникающую при эрозии почвы, частицы морской соли);

туман;  
 дым и газ от лесных и степных пожаров;  
 газы вулканического происхождения;  
 различные продукты растительного, животного происхождения и др.

Естественные источники загрязнения атмосферы бывают либо распределенными (выпадение космической пыли), либо локальными (лесные и степные пожары, извержения вулканов).

Уровень загрязнения атмосферы естественными источниками является фоновым и мало изменяется с течением времени.

Таблица 2

*Ежегодное количество примесей, поступающих в атмосферу Земли*

Вещество	Выбросы, млн т		Доля антропогенных примесей в общих поступлениях, %
	естественного происхождения	антропогенного происхождения	
Пыль	3700	1000	27
Оксид углерода	5000	304	5,7
Углеводороды	2600	88	3,3
Оксиды азота	770	53	6,5
Оксиды серы	650	100	13,3
Диоксид углерода	485 000	18 300	3,6

Основным видом воздействия промышленных объектов на состояние воздушного бассейна является загрязнение атмосферного воздуха загрязняющими веществами в результате поступления в него продуктов сгорания топлива, выбросов газообразных и взвешенных веществ от различных производств, выхлопных газов автомобильного транспорта, испарений из емкостей для хранения химических веществ и топлива, пыли из узлов погрузки, разгрузки и сортировки сыпучих строительных материалов, топлива, зерна и т. п.

Основными антропогенными источниками загрязнения атмосферного воздуха являются автотранспорт, теплоэнергетика и ряд отраслей промышленности (табл. 3).

Таблица 3

*Количество выбросов загрязняющих веществ в атмосферу на территории России в 2000-х гг.*

Источник выбросов	Количество, тыс. т
Автотранспорт	14 981
Теплоэлектростанции	3656
Металлургические предприятия	5673
Нефтяная и газовая промышленность	3264
Химическая промышленность	437
Производства, выпускающие строительные материалы	455
Предприятия, перерабатывающие древесину	372

## 9.5. Загрязнение литосферы

Антропогенное и техносферное воздействие на земную кору сопровождается:

- отторжением пахотных земель или уменьшением их плодородия;
- чрезмерным насыщением токсичными веществами растений;
- нарушением биоценозов вследствие гибели биоты;
- загрязнением грунтовых вод.

Нарушение верхних слоев земной коры связано, прежде всего, с освоением природных ресурсов. Отторжение земли, часто пригодной для сельского хозяйства, наблюдается при строительстве, создании искусственных водохранилищ, захвате земли для размещения несанкционированных свалок.

## 9.6. Электромагнитное загрязнение окружающей среды

Термин «электромагнитное загрязнение среды» введен ВОЗ.

Электромагнитные поля (ЭМП) техногенного происхождения чрезвычайно широко распространены в среде обитания человека.

К источникам ЭМП техногенного происхождения относятся:

- системы производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии (ЛЭП, трансформаторные подстанции, электростанции, система электропроводки и т. д.);

- транспорт на электроприводе (железнодорожный транспорт и его инфраструктура, городской — метро, троллейбусный, трамвайный);

- функциональные передатчики, радиостанции, телевизионные передатчики, системы сотовой связи, система мобильной радиосвязи, спутниковая, радиорелейная связь, радиолокационные станции и т. п.;

- технологическое оборудование различного назначения;

- медицинские терапевтические и диагностические установки, средства визуального отображения информации на электронно-лучевых трубках (мониторы компьютеров, телевизоры и т. п.), промышленное оборудование на электропитании;

- электробытовые приборы.

Степень и характер воздействия электромагнитного излучения (ЭМИ) на организм определяются плотностью потока энергии, частотой излучения, продолжительностью действия, режимом облучения (непрерывный, прерывистый, импульсный), размером облучаемой поверхности, индивидуальными особенностями организма, наличием сопутствующих факторов (повышенная температура окружающего воздуха (свыше 28 °С), наличие рентгеновского излучения).

Наряду с интенсивностно-временными параметрами воздействия имеет значение режим модуляции (амплитудный, частотный или смешанный).

В зависимости от места и условий воздействия ЭМИ различают четыре вида облучения: профессиональное, непрофессиональное, облучение в быту

и облучение, осуществляемое в лечебных целях. По характеру облучение может быть общим и местным.

Начальные изменения в организме обратимы. Биологический эффект ЭМИ в условиях длительного многолетнего воздействия накапливается. В результате возможны отдаленные последствия, включая дегенеративные процессы центральной нервной системы, рак крови (лейкозы), гормональные заболевания и др.



## 10. ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОПАСНОСТЕЙ И МЕТОДЫ ИХ АНАЛИЗА

**Идентификация** — это процесс обнаружения и установления количественных, временных, пространственных и иных характеристик, необходимых и достаточных для разработки профилактических и оперативных мероприятий, направленных на обеспечение нормального функционирования технических систем и качества жизни.

В процессе идентификации выявляются номенклатура опасностей, вероятность их проявления, пространственная локализация (координаты), возможный ущерб и другие параметры, необходимые для решения конкретной задачи по предотвращению влияния негативных факторов техносферы на человека и окружающую среду.

Опасные и вредные факторы часто бывают скрытыми, неявными или трудно поддающимися обнаружению.

Существуют несколько методов обнаружения опасностей:

инженерный, когда определяют опасности, которые имеют вероятностную природу происхождения;

экспертный, который направлен на поиск отказов и их причин; при этом создается специальная экспертная группа, в состав которой входят разные специалисты, дающие заключение;

социологический, который применяется при определении опасностей путем исследования мнения населения (социальной группы) и формируется путем опросов;

регистрационный, заключающийся в использовании информации о подсчете конкретных событий, затратах каких-либо ресурсов, количестве жертв;

органолептический, при котором используют информацию, получаемую органами чувств человека, например при внешнем визуальном осмотре техники, изделия, определении на слух (по монотонности звука) четкости работы двигателя и др.

Даже один источник может привести к возникновению ряда опасных ситуаций, а последние могут породить разные поражающие факторы, которые, в свою очередь, могут стать причиной новых опасных ситуаций и даже источников опасности.

Для того чтобы возникла реальная опасная ситуация, необходимы причины и условия, «пусковой механизм», когда потенциальная опасность переходит в реальную.

Логической последовательностью реализации потенциальной опасности является возникновение триады «источник опасности — причина (условие) — опасная ситуация».

Качественные методы анализа опасностей включают:

предварительный анализ опасностей (ПАО);

анализ последствий отказов;

анализ опасностей с помощью дерева причин (отказов);

анализ опасностей с помощью дерева последствий;

анализ опасностей методом потенциальных отклонений;

анализ ошибок персонала;

причинно-следственный анализ и др.

Причины и опасности образуют цепные структуры или системы. Графическое изображение таких зависимостей напоминает ветвящееся дерево. Построение деревьев является эффективной процедурой выявления причин различных нежелательных событий (аварий, травм, пожаров и т. д.).

ПАО обычно предусматривает:

изучение технических характеристик объекта, системы, процесса, используемых энергетических источников, рабочих сред, материалов, а также определение их повреждающих свойств;

выявление законов, стандартов, правил, действие которых распространяется на данный технический объект, систему, процесс;

проверку технической документации на соответствие действующему законодательству и нормам стандартов безопасности;

составление перечня идентифицированных опасностей и источников опасностей с указанием повреждающих факторов и потенциальных ЧП.

Например, при проведении ПАО выявляют взрыво- и пожароопасные и токсичные вещества, устанавливают компоненты объекта, в которых присутствуют такие вещества, рассматривают возможность потенциальных ЧП от неконтролируемых реакций и при превышении давления.

Выявленные крупные системы технического объекта, являющиеся источниками опасности, могут быть исследованы более детально с помощью различных методов анализа опасностей.

Анализ опасностей с помощью дерева причин (АОДП) потенциального ЧП обычно выполняют в следующем порядке:

1) выбирают потенциальное ЧП;

2) выявляют все факторы, которые могут привести к заданному ЧП.

В этом случае все причины-события, которые делают возможным заданное ЧП, изображенные в виде графа, называют **деревом причин потенциального ЧП**.

Исходные предпосылки к ЧП распределяются следующим образом: зависящие от работающих — 70 %; не зависящие от работающих — 30 %, из них недостатки техники и технологии — до 25 %.

Проведение АОДП возможно только после детального изучения рабочих функций всех компонентов рассматриваемой технической системы. Поскольку на работу системы оказывает влияние человеческий фактор (например, возможность совершения оператором ошибки), необходимо все потенциальные инциденты — «отказы операторов» — вводить в содержание дерева причин.

Дерево причин отражает статический характер событий. Построением нескольких деревьев можно отразить их динамику, т. е. развитие событий во времени.

На рис. 11 представлен пример построения дерева причин ЧП (отказов), на [рис. 12](#) — пример АОДП.

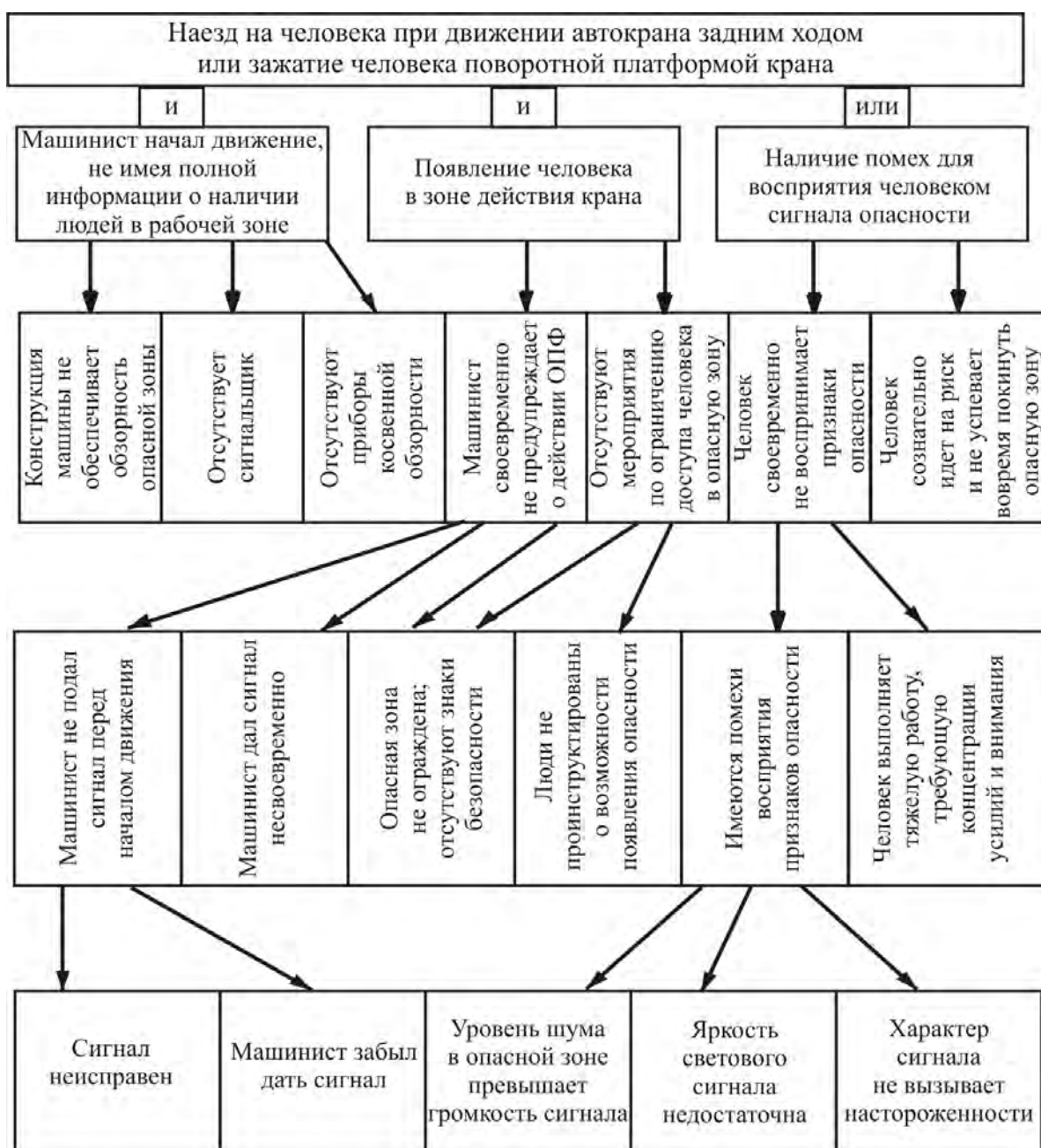


Рис. 11. Причины наезда на человека при движении автокрана задним ходом или зажатия человека поворотной платформой крана

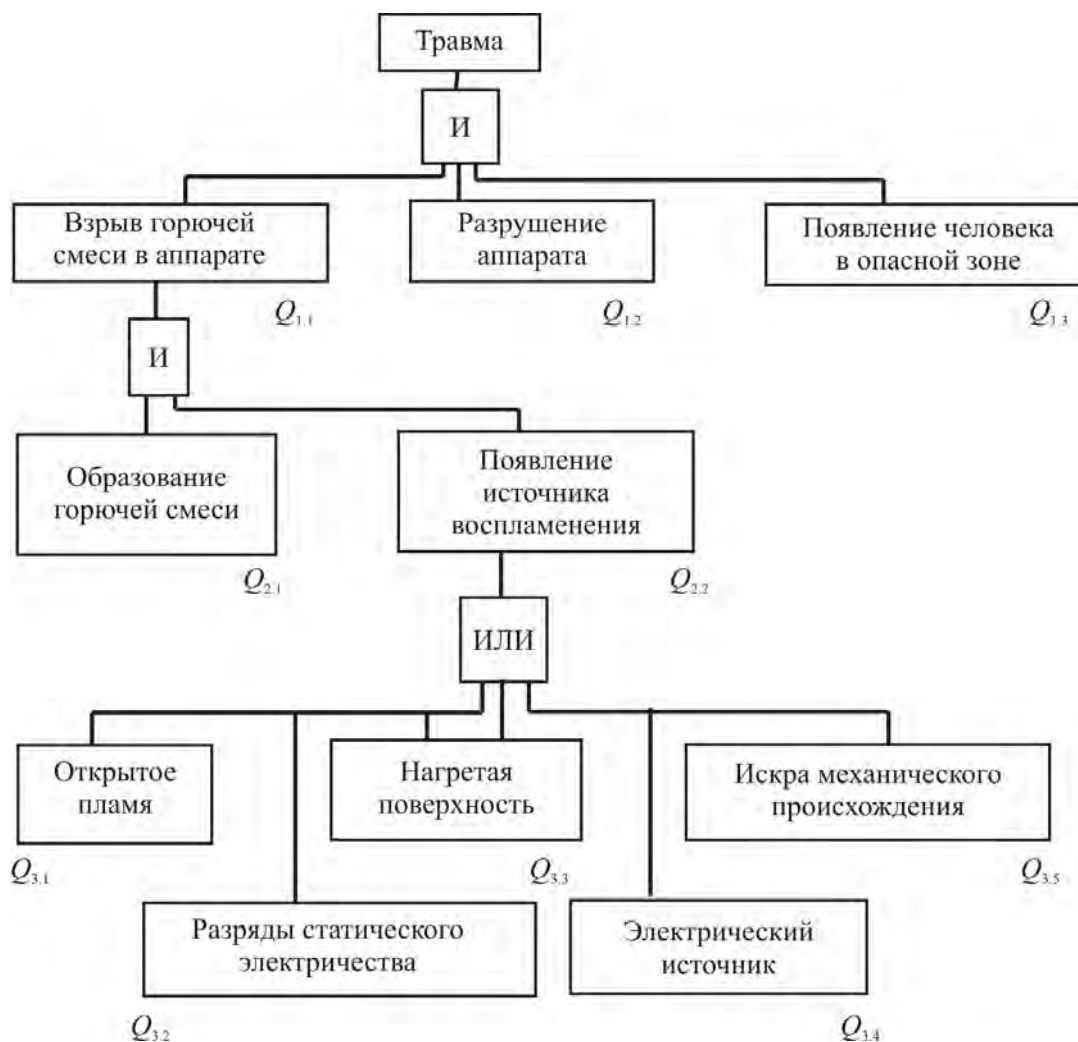


Рис. 12. Анализ события «Травма» с помощью дерева причин (отказов): вероятность несчастного случая (травмы)  $Q_{н. с (т)} = Q_{1.1}Q_{1.2}Q_{1.3}$ , где  $Q_{1.1}$ ,  $Q_{1.2}$ ,  $Q_{1.3}$  — независимые события

Основополагающим элементом теории надежности технических систем является понятие отказа.

**Отказ** — событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта.

Различают несколько типов исходных отказов:

1) связанные с человеческой деятельностью, например:

- ошибки оператора;
- дефекты инструкции;
- ошибки при обслуживании;

2) относящиеся к оборудованию, например:

- утечка токсичной жидкости через клапан;
- отсутствие смазки в механизме;
- неправильные (ошибочные) сигналы датчиков;

3) связанные с природными явлениями, например:

- землетрясения или оползни;
- штормы, наводнения, тайфуны;
- самовозгорание от искр или молний.

Отказы классифицируют по нескольким основным признакам:

- по характеру возникновения:
  - внезапный — проявляющийся в резком (мгновенном) изменении характеристик объекта;
  - постепенный — происходящий в результате медленного, постепенного ухудшения качества объекта;
- по причинам возникновения:
  - конструкционный — вызванный недостатками и неудачной конструкцией объекта;
  - производственный — связанный с ошибками при изготовлении объекта по причине несовершенства или нарушения технологии;
  - эксплуатационный — вызванный нарушением правил эксплуатации;
- по характеру устранения:
  - устойчивый;
  - перемежающийся (возникающий/исчезающий);
- по последствиям отказа:
  - легкий (легкоустраняемый);
  - средний (не вызывающий отказы смежных узлов — вторичные отказы);
  - тяжелый (вызывающий вторичные отказы или приводящий к угрозе жизни и здоровью человека);
- по возможности дальнейшего использования объекта:
  - полный — исключающий возможность работы объекта до его устранения;
  - частичный — при котором объект может частично использоваться;
- по легкости обнаружения:
  - очевидный (явный);
  - скрытый (неявный);
- по времени возникновения:
  - приработочный — возникающий в начальный период эксплуатации;
  - отказ при нормальной эксплуатации;
  - износосовый — вызванный необратимыми процессами износа деталей, старения материалов и пр.

Главным элементом анализа опасностей является установление:

- опасных объектов;
- возможности предотвращения ЧП;
- неустраняемых полностью ЧП и их частоты;
- повреждений, которые неустраняемые ЧП могут нанести людям, материальным объектам и окружающей среде.

Полное отсутствие опасности практически не реализуется никогда. Безопасность как противоположность опасности — это степень защищенности от опасности.

## 11. ВОЗДЕЙСТВИЯ ОПАСНОСТЕЙ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

### 11.1. Понятие о чрезвычайных ситуациях

По мере усложнения и развития технологического и энергетического потенциалов техногенных объектов, роста численности населения и его урбанизации объективно формируется более уязвимая социальная и природная среда, на которую направлено деструктивное влияние чрезвычайных ситуаций и их последствий.

В соответствии с ГОСТ Р.22.0.02—94 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий», **чрезвычайная ситуация (ЧС)** — это состояние, при котором в результате возникновения источника ЧС на объекте, определенной территории или акватории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, экономике и окружающей природной среде.

Территорию, на которой сложилась ЧС, называют **зоной ЧС**.

ЧС на определенной территории (объекте) может сложиться в результате аварии, опасного природного явления, стихийного, экологического или иного бедствия, террористических актов, военных действий, социально-экономических изменений или вследствие действий и изменений, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение жизнедеятельности людей.

**Источник ЧС** — это опасное природное явление, авария или опасное техногенное происшествие, широко распространенная инфекционная болезнь людей, сельскохозяйственных животных и растений, а также применение современных средств поражения, в результате чего произошла или может возникнуть ЧС.

ЧС создают чрезвычайно высокие потоки негативных воздействий, которые изменяют комфортное или допустимое состояние среды обитания и переводят жизнедеятельность в качественно иное состояние — состояние взаимодействия человека со средой обитания в условиях высокой травмоопасности или гибели.

## 11.2. Чрезвычайные ситуации техногенного характера

Техногенные ЧС, согласно статистическим данным, в нашей стране происходят чаще, чем природные (рис. 13).

**Техногенная ЧС** — состояние, при котором в результате возникновения источника техногенной ЧС на объекте, определенной территории или акватории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и окружающей природной среде.

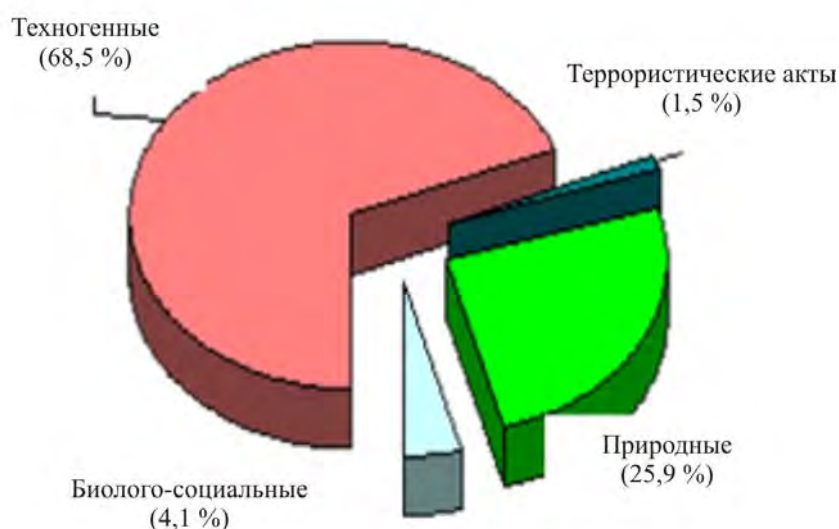


Рис. 13. Диаграмма распределения ЧС по видам

Основными причинами крупных техногенных аварий являются:

отказы технических систем из-за дефектов изготовления и нарушений режимов эксплуатации; многие современные потенциально опасные производства спроектированы так, что вероятность крупной аварии на них весьма высока;

ошибочные действия операторов технических систем: статистические данные показывают, что более 60 % аварий происходит в результате ошибок обслуживающего персонала;

концентрация различных производств в промышленных зонах без должного изучения их взаимовлияния;

высокий энергетический уровень технических систем;

внешние негативные воздействия на объекты энергетики, транспорта и др., приводящие к возникновению аварий.

Любая авария или катастрофа не может произойти по какой-то одной причине. Как правило, все аварии — это результат действия нескольких причин и совокупности неблагоприятных факторов. Чаще всего ошибки, допущенные при проектировании, взаимодействуют с ошибками, допущенными при монтаже, и усугубляются неправильной эксплуатацией.

### **11.3. Стихийные бедствия и чрезвычайные ситуации природного характера**

К стихийным бедствиям относятся природные явления или процессы геофизического, геологического, атмосферного, биосферного и другого происхождения, которые вызывают катастрофические ситуации, характеризующиеся внезапным нарушением безопасности жизнедеятельности населения, разрушением и уничтожением материальных ценностей, поражением или гибелью людей.

Стихийные бедствия могут быть причиной аварий и катастроф. За одной катастрофой, как правило, следуют другие — голод, инфекции, болезни.

Природные катастрофы страшны своей неожиданностью, за короткий промежуток времени они опустошают территорию, уничтожают жилища, имущество, коммуникации. Количество стихийных бедствий в России последние десять лет росло примерно на 6,3 % ежегодно, и эта тенденция, как отмечают специалисты, сохранится.

За последние полвека в мире было зарегистрировано более 7 тыс. стихийных бедствий, в результате которых погибло по крайней мере 2,5 млн человек. Ущерб, нанесенный стихиями, превысил 2 трлн долларов.

Виды ЧС природного характера:

геофизические опасные явления (землетрясения, извержения вулканов);  
геологические опасные (экзогенные геологические) явления (оползни, сели, обвалы, осыпи, лавины, склоновый смыв, просадка лессовых пород, просадка (провал) земной поверхности в результате карста, абразия, эрозия, курумы, пыльные бури);

гидрологические опасные явления (наводнения, половодье, дождевые паводки, заторы и зажоры, ветровые нагоны, низкие уровни воды, ранний ледостав и появление льда на судоходных водоемах и реках);

морские гидрологические опасные явления (тропические циклоны (тайфуны), цунами, сильное волнение (5 баллов и более), сильное колебание уровня моря, сильный тягун в портах, ранний ледяной покров и припай, напор льдов, интенсивный дрейф льдов, непроходимый (труднопроходимый) лед, обледенение судов и портовых сооружений, отрыв прибрежных льдов);

гидрогеологические опасные явления (низкие или высокие уровни грунтовых вод);

инфекционная заболеваемость людей (эпидемии, пандемии, инфекционные заболевания людей невыявленной этиологии);

инфекционная заболеваемость сельскохозяйственных животных (энзоотии, эпизоотии, панзоотии, инфекционные заболевания сельскохозяйственных животных);

поражение сельскохозяйственных растений болезнями и вредителями (прогрессирующая эпифитотия, панфитотия, массовое распространение вредителей растений).



## **12. БЕЗОПАСНОСТЬ В ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СФЕРЕ**

### **12.1. Критерии комфортности по различным факторам воздействия на производстве**

#### **12.1.1. Государственный надзор за соблюдением гигиенического норматива**

В качестве критериев комфортности устанавливают: нормативные требования к естественному и искусственному освещению помещений и территорий;

значения температуры воздуха;

значения влажности и подвижности воздуха.

Государственный санитарно-эпидемиологический надзор за соблюдением предприятиями, учреждениями, организациями гигиенических норм, санитарно-гигиенических и санитарно-противоэпидемических правил осуществляется Государственным комитетом санитарно-эпидемиологического надзора РФ (Госкомсанэпиднадзор России) и территориальными учреждениями государственной санитарно-эпидемиологической службы.

Комфортное состояние производственной среды определяется оптимальными показателями микроклимата (ГОСТ 12.1.005—88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны», СанПиН 2.2.4.548—96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» и др.) и соблюдением нормативных требований к освещению (СНиП 23-05—95 «Естественное и искусственное освещение»).

#### **12.1.2. Основные светотехнические характеристики**

Свет представляет собой электромагнитное излучение, характеризующееся длинами волн в интервале 0,38...0,76 мкм.

Мощность излучения световых волн, воспринимаемая глазом как зрительное ощущение, оценивается величиной светового потока  $\Phi$  в люменах (лм).

За единицу силы света  $I$  принята кандела (кд), которая отражает пространственную плотность светового потока, равномерно распределенного внутри элементарного телесного угла.

Обычно зрительное восприятие оценивается в величинах освещенности. За единицу освещенности  $E$  принят люкс — отношение светового потока к площади поверхности, на которую падает световой поток.

Яркость,  $\text{кд}/\text{м}^2$ , источника света определяет степень освещенности различных поверхностей и потому определяет количественную сторону

зрительного восприятия. Это отношение силы света, излучаемой освещаемой или светящейся поверхностью, к площади проекции этой поверхности на перпендикулярную направлению света плоскость.

Рациональное освещение помещений и рабочих мест — один из важнейших элементов обеспечения благоприятных условий труда. Основной задачей производственного освещения является поддержание на рабочем месте освещенности, соответствующей характеру зрительной работы.

Глазные заболевания в большинстве случаев связаны с профессиональной зрительной и даже общей утомляемостью.

Зрительная утомляемость вызывается несколькими причинами:

перенапряжением остроты зрения;

ненормальным усилением контрастной чувствительности глаза;

частой переадаптацией глаза.

**Острота зрения** — способность глаза различать контуры изображений (деталей) на фоне близкой цветности.

Одной из причин зрительной утомляемости является перенапряжение остроты зрения, связанное с необходимостью различения очень мелких изображений (деталей).

Для предотвращения перенапряжений остроты зрения необходимо, чтобы при выполнении длительных точных работ была создана достаточно высокая освещенность рабочих поверхностей. При этом следует максимально использовать естественное освещение и лишь при его недостаточности (в сумеречное время в помещениях, а также в вечернее и ночное время) прибегать к использованию искусственных источников света.

**Контрастная чувствительность** — способность видеть цветное изображение на фоне иной цветности и тональности.

Причиной зрительной утомляемости является перенапряжение зрения за счет недостаточной контрастности детали и фона. Если изображение и фон недостаточно отличаются по цвету (т. е. коэффициентами относительной видности) и по тональности (т. е. коэффициентами отражения света), то нормальная контрастная чувствительность глаза может оказаться недостаточной, и возникает необходимость перенапряжений. Предотвращение зрительной утомляемости по этим причинам может быть достигнуто либо увеличением освещенности рабочих поверхностей, либо использованием других источников света с иными частотными характеристиками.

**Адаптация глаза** — способность глаза приспособливаться к различной освещенности путем диафрагмирования светового потока, падающего в глаз.

Зрительная утомляемость связана также с возможной неравномерностью освещенности рабочих поверхностей и всего помещения. Если разница в освещенностях очень велика (в сотни раз), то при случайных естественных переводах взора с изображения или детали на рабочем месте на фон помещения и обратно имеет место значительная переадаптация глаза. В результате часто повторяющейся адаптации может наступить утомление соответствующих мышц, что сказывается на качестве зрительного восприятия.

При освещенности менее 5 лк чтение затруднено. Нормальные условия для чтения составляют 30...50 лк.

Источники света с большой яркостью (свыше  $1,6 \cdot 10^5$  кд/м<sup>2</sup>) вызывают болезненное ощущение в глазу.

Установлено, что восприятие светового потока глазом оказывается различным в зависимости от длины волны. Наибольшая чувствительность глаза обнаруживается к световым потокам с длиной волны  $\sim 0,55$  мкм.

Относительная чувствительность глаза характеризуется коэффициентом относительной видности  $k_\lambda$ , определяемым как отношение мощности излучения с длиной волны  $\lambda$  к мощности излучения с длиной волны 0,55 мкм, если оба излучения вызывают одинаковые зрительные ощущения.

**Естественное освещение** — освещение помещений светом неба (прямым или отраженным), проникающим через световые проемы в наружных ограждающих конструкциях.

Естественное освещение подразделяется на боковое (через световые проемы в наружных стенах), верхнее (через фонари, световые проемы в стенах в местах перепада высот здания) и комбинированное (верхнее и боковое).

В зависимости от географической широты, времени года, часа дня и состояния погоды уровень естественного освещения может резко изменяться за короткий промежуток времени и в довольно широких пределах. Нормирование естественного освещения производится с учетом естественной освещенности в данной местности, характера оконных проемов, коэффициента светопропускания остекления, коэффициента отражения света стенами, потолком и полом и т. д.

В качестве основной величины для расчета и нормирования естественного освещения внутри помещений принят **коэффициент естественной освещенности (КЕО)** — отношение естественной освещенности, создаваемой в некоторой точке заданной плоскости внутри помещения светом неба (непосредственно или после отражений)  $E_{вн}$ , к одновременно измеренному значению наружной горизонтальной освещенности, создаваемой светом полностью открытого небосвода  $E_{нар}$ .

Когда естественная освещенность является недостаточной, а также в вечернее или ночное время должно применяться **искусственное освещение** — освещение помещения только источниками искусственного света.

Искусственное освещение предназначено для создания необходимых условий работы и нормальной эксплуатации зданий и территорий.

В производстве различают следующие его виды:

рабочее — освещение, обеспечивающее нормируемые осветительные условия в помещениях и в местах производства работ вне зданий;

аварийное — освещение, действующее при отключении рабочего освещения;

охранное и дежурное — освещение в нерабочее время.

Искусственное освещение может быть общим, когда все производственное помещение освещается одинаковыми, равномерно расположенными светильниками, и комбинированным, когда к общему освещению добавляется местное освещение.

**Местное освещение** — освещение, дополнительное к общему, создаваемое светильниками, концентрирующими световой поток непосредственно на рабочих местах.

Применение одного местного освещения производственных рабочих мест не допускается.

Освещенность рабочих мест от общего освещения должна составлять не менее 10 % от комбинированного.

Общее освещение применяется лишь при организации грубых и весьма грубых работ.

**Совмещенное освещение** — освещение, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняется искусственным.

Совмещенное освещение следует предусматривать для производственных помещений, в которых выполняются зрительные работы I—III разрядов; для производственных помещений, строящихся в северной климатической зоне страны; для помещений, в которых по условиям технологии требуется выдерживать стабильными параметры воздушной среды (участки прецизионных металлообрабатывающих станков, электропрецизионного оборудования) и др.

Аварийное освещение, предназначенное для обеспечения освещенности производственного помещения при отключении рабочего освещения, разделяется на освещение безопасности и эвакуационное освещение.

Освещение безопасности следует предусматривать в случаях, если отключение рабочего освещения и связанное с этим нарушение обслуживания оборудования и механизмов может вызвать:

- взрыв, пожар, отравление людей;
- длительное нарушение технологического процесса;
- нарушение работ систем жизнеобеспечения;
- нарушение режима детских учреждений.

Аварийное освещение должно быть достаточным для безопасного выхода людей из помещения и продолжения работы в помещениях и на открытых пространствах в тех случаях, когда отключение рабочего освещения может вызвать пожар, взрыв, отравления газами, длительное расстройство технологического процесса, нарушение работы важнейших объектов, таких как объекты водоснабжения, электростанции, узлы радиопередач и т. п.

Светильники аварийного освещения должны быть присоединены к сети, не зависящей от сети рабочего освещения; допускается питание аварийного освещения от сети рабочего освещения с автоматическим переключением на независимые источники питания при аварийных ситуациях. Светильники аварийного освещения должны отличаться от светильников рабочего освещения типом, размером или иметь специальные знаки.

Наименьшая освещенность рабочих поверхностей при аварийном режиме должна составлять не менее 2 лк внутри здания и не менее 1 лк на открытых площадках. Освещенность на улицах города также должна составлять около 2...3 лк.

В соответствии со СНиП 23-05—95 эвакуационное освещение следует предусматривать:

- в местах, опасных для прохода людей;
- в проходах и на лестницах, служащих для эвакуации людей;
- по основным проходам производственных помещений, в которых работают более 50 человек;
- на лестничных площадках жилых домов высотой шесть и более этажей;
- в производственных помещениях, выход из которых при отключении рабочего освещения связан с опасностью травматизма из-за продолжения работы оборудования;
- в помещениях, в которых могут одновременно находиться более 100 человек;
- во всех производственных помещениях без естественного освещения.

### **12.1.3. Параметры микроклимата**

Метеорологические условия производственной среды (рабочих помещений, производственных цехов, открытых рабочих площадок и др.) зависят от физического состояния воздушной среды.

В санитарно-гигиеническом отношении совокупность факторов воздушной среды производственных помещений называется **производственным микроклиматом**.

К показателям микроклимата относятся:

- температура, °С;
- относительная влажность, %;
- скорость движения воздуха, м/с;
- интенсивность теплового излучения нагретых поверхностей оборудования и обрабатываемых материалов и изделий, Вт/м<sup>2</sup>;
- температура ограждающих конструкций (стен, полов, потолков), а также технологического оборудования или ограждающих его устройств, °С.

Атмосферное давление не относится к основным метеорологическим факторам.

**Оптимальные микроклиматические условия** — сочетание параметров микроклимата, которое при длительном систематическом воздействии на человека обеспечивает сохранение нормального функционирования организма и создает наиболее благоприятные условия для высокой работоспособности.

**Допустимые микроклиматические условия** — сочетание параметров микроклимата, которые вызывают состояние, не выходящее за пределы физиологических приспособительных возможностей организма. При этом может наблюдаться ощущение теплового дискомфорта и понижение работоспособности.

**Неблагоприятные микроклиматические условия** могут быть причиной угнетения защитных свойств организма, ухудшения самочувствия, снижения работоспособности, повышения уровня заболеваемости, способствуют усугублению действия на организм человека вредных веществ, вибраций и других вредных производственных факторов.

Температура воздуха в рабочих и жилых помещениях, на улицах и в природных условиях существенно влияет на состояние организма человека, изменяя его жизненный потенциал. Кроме того, нарушение теплообмена (охлаждение или перегрев) усугубляет действие на человека вредных веществ и различных негативных факторов.

В естественных условиях на поверхности Земли температура атмосферного воздуха изменяется в интервале  $-88...+60$  °С, в то время как температура внутренних органов человека за счет терморегуляции его организма сохраняется комфортной, если близка к  $37$  °С. Наивысшая температура внутренних органов, которую выдерживает человек, составляет  $+43$  °С, минимальная —  $+24$  °С. При выполнении тяжелых работ и высокой температуре окружающего воздуха температура тела может повышаться на  $1...2$  °С.

**Терморегуляция организма** — это совокупность физиологических и химических процессов в организме человека, направленных на поддержание температуры тела (в пределах  $36...37$  °С).

Сохранение постоянной температуры тела в широком диапазоне изменений метеорологических факторов — необходимое условие для протекания в организме биохимических процессов, лежащих в основе его жизнедеятельности. Повышение температуры тела, выходящее за эти пределы, называется перегревом, понижение ее — охлаждением. Перегрев и охлаждение ведут к опасным для организма нарушениям его жизненных функций.

Различают химическую и физическую терморегуляцию.

**Химическая терморегуляция** достигается снижением уровня обмена веществ при угрозе перегревания организма или усилением обмена при охлаждении.

Большая роль в терморегуляции организма принадлежит **физической терморегуляции**, которая регулирует отдачу тепла в окружающую среду.

Отдача тепла организмом в окружающую среду может происходить различными способами:

в виде инфракрасных лучей, излучаемых поверхностью тела в направлении окружающих предметов с более низкой температурой (радиация);

нагревом воздуха, омывающего поверхность тела (конвекция);

испарением влаги (пота) с поверхности тела (кожи) и слизистых оболочек верхних дыхательных путей.

В нормальных условиях при слабом движении воздуха человек в состоянии покоя теряет: в результате радиации — около 45 % всей вырабатываемой организмом тепловой энергии; конвекции — до 30 %; испарения пота — до 25 %.

Теплоотдача радиацией и конвекцией может происходить только в случае, когда температура окружающей среды (воздуха, поверхностей предметов) ниже температуры тела. При температуре окружающей среды, равной или выше температуры поверхности тела (кожи), теплоотдача возможна только путем выделения пота, на испарение одного грамма которого затрачивается около 2,5 кДж (0,6 ккал).

В условиях, когда теплоотдача происходит только в результате испарения пота, а влажность воздуха превышает 75...80 %, может наступить перегрев организма — гипертермия, которая обычно сопровождается повышением температуры тела, учащением дыхания и пульса, головокружением, затруднением речи и др. В более тяжелых случаях при нарушении водно-солевого обмена наблюдается судорожная болезнь. В дальнейшем может наступить тепловой удар, протекающий с потерей сознания, повышением температуры тела до 40...41 °С, слабым и учащенным пульсом. Тепловой удар и судорожная болезнь могут иметь смертельный исход.

Неблагоприятное воздействие на организм человека оказывает не только высокая, но и низкая температура воздуха. Особую опасность представляет сочетание низкой температуры воздуха, высокой влажности и большой его подвижности.

Согласно ГОСТ 12.1.005—88\* ССБТ «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны», различают теплый период года, который характеризуется среднесуточной температурой наружного воздуха +10 °С и выше, и холодный — ниже +10 °С.

Состав воздуха в теплое время года в жилом помещении соответствует составу воздуха вне помещения на 90 %, зимой — на 50 %.

Комфортная для человека температура окружающей среды зависит от категории тяжести выполняемых работ (легкой, средней, тяжелой), периода года и некоторых других параметров микроклимата.

Зависимость жизненного потенциала человека от температуры окружающего воздуха при длительном выполнении легких работ: I — зона комфорта; II — зона допустимых температур; III — опасная зона; IV — зона чрезвычайной опасности. Для человека, выполняющего легкую работу, комфортная температура (зона I) летом составляет 23...25 °С, зимой — 22...24 °С; для человека, занимающегося тяжелым физическим трудом, — летом 18...20 °С, зимой — 16...18 °С.

В связи с тем что метеорологические условия оказывают существенное влияние на функциональное состояние различных систем организма, очевидна необходимость нормирования микроклиматических условий.

С целью нормирования микроклиматических условий в производстве разработаны и действуют следующие документы:

ГОСТ 12.1.005—88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»;

СанПиН 2.2.4.548—96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

**Рабочая зона** — пространство высотой до 2 м над уровнем пола. Температуру воздуха в производственных помещениях следует измерять на высоте 1,5 м от пола и на расстоянии не менее 1 м от наружных стен, нагревательных приборов и других источников тепла.

Нормы параметров микроклимата (температуры воздуха на рабочем месте) и максимальное время пребывания устанавливают указанными выше документами соответственно категориям работ.

Категории работ (Ia, Ib, IIa, IIб и III) устанавливают по уровням энергозатрат работающих (до 139, 174, 232, 290 и более 290 Вт соответственно) и тяжести выполняемых работ (легкая (I), средней тяжести (II) и тяжелая (III) работы).

Все виды работ по интенсивности труда подразделяют на следующие категории:

Ia и Ib — легкие с затратой энергии до 139 и 140...174 Вт (канцелярская работа, работа контролеров качества и т. п.);

IIa и IIб — средней тяжести с затратой энергии 175...232 и 232...290 Вт (работы, связанные с перемещением в пространстве, но без подъема тяжестей, например текстильное производство);

III — тяжелые с затратой энергии более 290 Вт (перемещение в пространстве с подъемом тяжестей весом более 10 кг).

Сочетанное действие микроклиматических факторов характеризуется **индексом тепловой нагрузки среды** (ТНС-индекс) — эмпирическим показателем, характеризующим сочетанное действие на организм человека параметров микроклимата — температуры, влажности, скорости движения воздуха и теплового облучения (табл. 4).

Таблица 4

*Рекомендуемые величины интегрального показателя тепловой нагрузки среды для профилактики перегревания организма*

Категория работ	Уровень энергозатрат, Вт	Величина ТНС-индекса, °С
Ia	До 139	22,2...26,4
Iб	140...174	21,5...25,8
IIa	175...232	20,5...25,1
IIб	233...290	19,5...23,9
III	Более 290	18,0...21,8

В соответствии с СанПиН 2.2.4.548—96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» ТНС-индекс определяется на основе величин температуры смоченного термометра аспирационного психрометра  $t_{вл}$  и температуры внутри зачерненного шара  $t_{ш}$ , которые отражают влияние температуры воздуха, влажности, температуры излучающих тепло поверхностей и скорости движения воздуха.

ТНС-индекс рассчитывается по уравнению

$$ТНС = 0,7t_{вл} + 0,7t_{ш}.$$



Для обеспечения нормальных метеорологических условий в производстве стремятся осуществить механизацию и автоматизацию трудоемких работ, сопровождающихся тепловыделениями, вводят дистанционное управление для выведения человека из зоны теплоизлучения, рационально размещают и теплоизолируют тепловыделяющее оборудование.

При этом теплоизоляция должна обеспечивать температуру наружных стенок оборудования не выше 45 °С.

Для снижения последствий теплового воздействия производственных факторов на организм человека в горячих цехах применяют защитные экраны, водяные и воздушные завесы, водовоздушное или воздушное душирование, организуют рациональный водно-солевой режим.

## 12.2. Оценка влияния негативных факторов на производстве

Для интегральной оценки влияния опасностей на человека и среду обитания используют ряд показателей негативности техносферы.

Например, абсолютным показателем негативности техносферы на производстве является численность пострадавших  $T_{тр}$  от воздействия травмирующих факторов.

Кроме абсолютных показателей, для оценки травматизма в производственных условиях используют относительные показатели частоты и тяжести травматизма.

Показатель частоты травматизма  $K_ч$  определяет число несчастных случаев, приходящихся на 1000 работающих за определенный период:

$$K_ч = \frac{T_{тр} \cdot 1000}{C},$$

где  $C$  — среднесписочное число работающих.

Показатель тяжести травматизма  $K_т$  характеризует среднюю длительность нетрудоспособности, приходящуюся на один несчастный случай:

$$K_т = D / T_{тр},$$

где  $D$  — суммарное число дней нетрудоспособности по всем несчастным случаям.

Для оценки уровня нетрудоспособности используют показатель нетрудоспособности:

$$K_н = \frac{D \cdot 1000}{C}$$

или

$$K_н = K_ч K_т;$$

численность пострадавших  $T_з$ , получивших профессиональные или региональные заболевания;  
материальный ущерб.

### **12.3. Общие принципы разработки безопасных производственных процессов**

Разработчик технологических средств и производственных процессов на этапе проектирования и подготовки производства обязан:

идентифицировать опасные и вредные факторы, возникновение которых потенциально возможно при эксплуатации технических систем и реализации производственных процессов в штатных и аварийных режимах;

оценить остаточный риск возникновения опасности (вредности), социальный и материальный ущерб при ее реализации;

предусмотреть применение экобиозащитной техники в целях снижения остаточного риска до допустимых значений в технических системах и производственных процессах;

обеспечить конструктивными решениями непрерывный (периодический) контроль за состоянием защитных средств и рабочих параметров системы или процесса, влияющего на уровень их безопасности и экономичности;

сформулировать требования к уровню подготовки оператора технических систем или производственных процессов.

Безопасность технологического процесса и оборудования должна быть обеспечена выбором технологического процесса, включая приемы, режимы работ и порядок обслуживания производственного оборудования.

Безопасность производственного оборудования должна соответствовать ГОСТ 12.2.003—91 «Оборудование производственное. Общие требования безопасности», в соответствии с чем обосновывается:

выбор принципов действия конструктивных схем, безопасности элементов конструкции и т. п.;

применение в конструкциях средств механизации, автоматизации, дистанционного управления, ЭВМ;

применение в конструкциях средств защиты.

### 13. ПОНЯТИЕ РИСКА. КОНЦЕПЦИЯ ПРИЕМЛЕМОГО РИСКА

В тех случаях, когда потоки масс и/или энергий от источника негативно-го воздействия в среду обитания могут нарастать стремительно и достигать чрезмерно высоких значений (например, при авариях), в качестве критерия безопасности принимают допустимую вероятность (риск) возникновения подобного события.

Для оценки вероятности того или иного события используют количественные показатели, т. е. применяется квантификация. **Квантификация** — количественное выражение, измерение, вводимое для оценки сложных, качественно определяемых понятий.

Применяются численные, балльные и другие приемы квантификации.

Мерой опасности может выступать число пострадавших. Другой мерой опасности может являться приносимый ее реализацией ущерб окружающей среде, который только частично может быть измерен экономически (в основном через затраты на ликвидацию последствий). Наиболее распространенной оценкой является **риск** — вероятность потерь при действиях, сопряженных с опасностями.

Для оценки риска применяют деревья причин, деревья событий, матрицы риска и др., а также методы теории надежности, основанные на объединении сложных схем технических устройств и теории вероятности с учетом человеческого фактора.

Следует выделить четыре методических подхода к определению риска:

1) инженерный — опирающийся на статистику, расчет частот, вероятностный анализ безопасности, построение деревьев опасности;

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

3) экспертный — определяющий вероятность различных событий на основе опроса опытных специалистов, т. е. экспертов;

4) социологический — основанный на опросе населения.

Все эти методы необходимо применять в комплексе.

Когда последствия негативного события не известны, то под риском  $R$  обычно понимают вероятность наступления определенного сочетания нежелательных событий:

$$R = \sum_{i=1}^n P_i.$$

Вероятность возникновения ЧС применительно к техническим объектам и технологиям можно оценить на основе статистических данных. Величину риска — статистическую вероятность нежелательного события — определяют по формуле

$$R = \frac{N_{\text{ЧС}}}{N_o} \leq R_{\text{доп}},$$

где  $R$  — риск;  $N_{\text{ЧС}}$  — число чрезвычайных событий в год;  $N_o$  — общее число событий в год;  $R_{\text{доп}}$  — допустимый риск.

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

$$R = P_{\text{опас. соб}} S_{\text{послед.}}$$

Риск — это также отношение числа тех или иных неблагоприятных проявлений опасностей к их возможному числу за определенный период времени (год, месяц, час и т. д.). Располагая необходимыми данными, можно рассчитать количественные значения риска. Например, если известно, что в нашей стране вследствие воздействия опасных факторов производства за один год погибает около  $n = 40$  чел., а численность работающих составляет примерно  $N = 78 \cdot 10^6$  чел., можно подсчитать риск  $R_{\text{пр}}$  гибели человека:

$$R_{\text{пр}} = n / N = (4 \cdot 10^4) / (78 \cdot 10^6) = 5 \cdot 10^{-4} \text{ смертей}/(\text{чел.} \cdot \text{год}).$$

Аналогично можно рассчитать риск гибели в нашей стране от несчастных случаев. Принимая численность населения страны равной  $140 \cdot 10^6$  чел., а число ежегодно погибающих в нашей стране вследствие несчастных случаев, аварий и других происшествий около 360 000 чел., можно определить риск гибели жителя страны  $R_{\text{стр}}$  от различного рода опасностей:

$$R_{\text{стр}} = (3,6 \cdot 10^5) / (1,4 \cdot 10^8) = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ смертей}/(\text{чел.} \cdot \text{год}).$$

Основой расчета усредненного риска смертельного исхода является коллективный риск.

**Коллективный (групповой) риск** — это ожидаемое количество пораженных в результате воздействия опасного фактора за определенный промежуток времени. В данном случае риск не означает вероятность. Этот показатель характеризует возможный ущерб.

Например, ежегодно в США происходит около 15 млн автомобильных катастроф, один случай из 300 заканчивался смертельным исходом. Можно подсчитать, что коллективный риск автомобильных аварий составил

$$(15 \cdot 10^6 \text{ аварий/год})(1 \text{ смерть} / 300 \text{ аварий}) = 5 \cdot 10^4 \text{ смертей/год.}$$

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

Приняв численность населения США на оцениваемый период равной 200 млн чел., получим следующий индивидуальный риск:

$$(15 \cdot 10^4) / (2 \cdot 10^8) = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ смертей/(чел. \cdot год)}.$$

Риск естественной смерти зависит от возрастной группы людей: в возрасте 5...15 лет он имеет минимум и составляет  $2 \cdot 10^{-4}$  случаев/(чел. \cdot год).

Риск смерти, обусловленной внутренней средой обитания, т. е. возникающей в результате различного вида заболеваний и старения, составляет в среднем на планете  $1 \cdot 10^{-2}$  случаев/(чел. \cdot год). Это значит, что из 1 млн человек, включающих все возрастные группы, ежегодно умирает от болезней и старости 10 тыс.

Риск смерти, обусловленной естественной средой обитания, составляет примерно  $1 \cdot 10^{-6}$  случаев/(чел. \cdot год). Минимальное значение ( $10^{-7}$ ) имеет риск смерти от таких природных явлений, как молнии, укусы ядовитых змей и т. п.

Уровень риска в результате воздействия суммы производственных факторов в течение продолжительного времени остается практически неизменным и составляет  $6 \cdot 10^{-4}$  случаев/(чел. \cdot год). Такой риск можно рассматривать как социально приемлемый.

Риск смерти в различных отраслях промышленности варьируется в очень широких пределах: например, при производстве иприта — от  $1 \cdot 10^{-2}$ , в швейной и обувной промышленности — до  $1 \cdot 10^{-6} \dots 1 \cdot 10^{-5}$  случаев/(чел. \cdot год).

Каждый человек почти всегда подвергается в различных ситуациях определенному риску (табл. 5).

Таблица 5

*Некоторые значения риска смертности по различным причинам*

Причина смертности	Риск
Курение (пачка в день)	$3,6 \cdot 10^{-3}$
Рак (все виды)	$2,8 \cdot 10^{-3}$
Загрязнение атмосферы	$1,1 \cdot 10^{-4}$
Алкоголь (малые дозы)	$2,0 \cdot 10^{-5}$
Фоновая радиация (на уровне моря, без учета радона)	$2,0 \cdot 10^{-5}$

**Изолинии риска** (изориски) — это линии одинаковых рисков на местности ([рис. 14](#)).

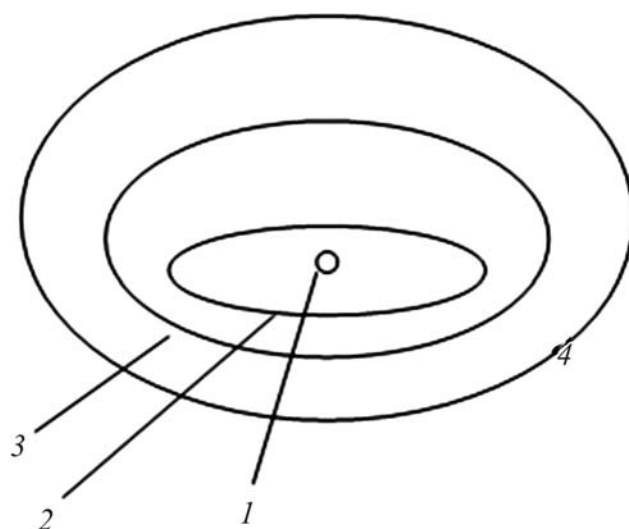


Рис. 14. Изолинии риска на местности: 1 — очаг повышенного риска; 2 — линия риска,  $r = 10r_{\text{доп}}$ ; 3 — линия допустимого риска  $r_{\text{доп}}$ ; 4 — линия фонового риска  $r_{\text{фон}}$

**Фоновый риск** — это риск в ноосфере на большой относительно безопасной территории.

Современный мир отверг концепцию абсолютной безопасности и пришел к концепции приемлемого (допустимого) риска.

**Приемлемый риск** — это такой уровень риска, с которым общество согласно мириться ради получения определенных выгод (материальных, духовных, культурных и т. д.).

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

При увеличении затрат технический риск снижается, но растет социальный.

В настоящее время сложились представления о величинах приемлемого (допустимого) и неприемлемого риска. Считают, что риск  $10^{-3}$  смертей/(чел. · год) неприемлемо высок,  $10^{-6}$  смертей/(чел. · год) — приемлемый риск гибели человека для обычных общих условий деятельности. Данный уровень риска принят в нашей стране и ряде других стран в качестве нормативного.

Переходную область значений риска  $10^{-3} \dots 10^{-6}$  смертей/(чел. · год) рассматривают как область, в которой целесообразно проводить мероприятия по снижению значений риска до приемлемых. Таким образом, введение понятия «приемлемый риск» имеет стимулирующий характер.

## 14. ЛОГИКО-ГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ОПАСНОСТЕЙ И РИСКА

Анализ причин промышленных аварий показывает, что возникновение и развитие крупных аварий, как правило, характеризуется комбинацией случайных локальных событий, возникающих с различной частотой на разных стадиях аварии (отказы оборудования, человеческие ошибки при эксплуатации/проектировании, внешние воздействия, разрушение/разгерметизация, выброс/утечка, пролив вещества, испарение, рассеяние веществ, воспламенение, взрыв, интоксикация и т. д.). Для выявления причинно-следственных связей между этими событиями используют логико-графические методы.

Модели процессов в системах «человек — машина» должны отражать процесс появления отдельных предпосылок и развития их в причинную цепь происшествия в виде соответствующих диаграмм причинно-следственных связей — **диаграмм влияния**. Такие диаграммы являются формализованными представлениями моделируемых объектов, процессов, целей, свойств в виде множества графических символов (узлов, вершин) и отношений — предполагаемых или реальных связей между ними. Широкое распространение получили диаграммы в форме потоковых графов (графов состояний и переходов), деревьев событий (целей, свойств) и функциональных сетей различного предназначения и структуры.

Из анализа структуры диаграммы влияния следует, что основными ее компонентами служат узлы (вершины) и связи (отношения) между ними. В качестве узлов обычно выступают простейшие элементы моделируемых категорий (переменные или константы) — события, состояния, свойства, а в качестве связей — активности, работы, ресурсы и другие взаимодействия. Отношения или связи между переменными или константами в узлах диаграммы графически представляются в виде линий, называемых **дугами (ребрами)**.

Каждые два соединенных между собой узла образуют ветвь диаграммы. В тех случаях, когда узлы связаны направленными дугами таким образом, что каждый из них является общим ровно для двух ветвей, возникают **циклы (петли)**.

Переменные в узлах характеризуются **фреймами данных** — множеством выходов (значений, принимаемых переменными, неизменных во времени и между собой не пересекающихся) и условными распределениями вероятностей появления каждого из них.

С помощью предварительно построенных диаграмм — графов, сетей и деревьев — могут быть получены математические модели аварийности и травматизма.

В исследовании безопасности широкое распространение получила диаграмма влияния ветвящейся структуры, называемая **деревом событий** (отказов, происшествий). Это неориентированные графы, не имеющие циклы, являющиеся конечными и связными. Каждая пара вершин должна быть связанной (соединенной цепью), однако все соединения не должны образовывать петель (циклов), т. е. содержать такие маршруты, вершины которых одновременно являются началом одних и концом других цепей.

Структура дерева происшествий обычно включает одно, размещаемое сверху нежелательное событие — происшествие (аварию, несчастный случай, катастрофу), которое соединяется с набором соответствующих событий-предпосылок (ошибок, отказов, неблагоприятных внешних воздействий), образующих определенные их цепи или ветви. Листьями на ветвях дерева происшествий служат предпосылки — инициаторы причинных цепей, рассматриваемые как постулируемые исходные события, дальнейшая детализация которых не целесообразна. В качестве узлов дерева происшествий могут использоваться как отдельные события или состояния, так и логические условия их объединения (сложения или перемножения).

Рассмотрим это на примере. Предполагается, что поражение человека электрическим током (головное событие L) является результатом одновременного наложения трех условий: появления электрического потенциала высокого напряжения на металлическом корпусе электроустановки (событие Н), нахождение человека на токопроводящем основании, соединенном с землей (событие I), и касание какой-либо частью его тела корпуса электроустановки (событие К) (рис. 15).



Рис. 15. Дерево причин поражения человека электрическим током

В свою очередь, событие Н будет следствием любого из двух других событий-предпосылок А и В, например снижения сопротивления изоляции или касания токоведущими частями электроустановки ее корпуса по причине их



раскрепления; событие I также обусловлено двумя предпосылками C и D (нахождением человека на токопроводящем основании (на полу) или его касанием заземленных элементов), а событие K — следствием одной из трех предпосылок (E, F и G), например необходимостью ремонта, технического обслуживания или использованием электроустановки по назначению.

Наиболее компактное аналитическое представление условий возникновения рассмотренного происшествия выполнено следующей записью:

$$L = (A + B)(C + D)(E + F + G).$$

Другим (после графов) и наиболее широко используемым типом диаграмм влияния являются так называемые деревья событий. Диаграмму данного класса часто называют деревом происшествий и деревом их исходов. По сути она является графом с ветвящейся структурой и дополнительными (логическими) условиями ([см. п. 10](#)).

Основные достоинства этих моделей: сравнительная простота построения; дедуктивный характер выявления причинно-следственных связей исследуемых явлений; направленность на их существенные факторы; легкость преобразования; наглядность реакции изучаемой системы на изменение структуры; декомпозируемость дерева и процесса его изучения; возможность качественного анализа исследуемых процессов; легкость дальнейшей формализации и алгоритмизации; приспособленность к обработке на средствах вычислительной техники; доступность для статистического моделирования и количественной оценки изучаемых явлений, процессов и их свойств.

Создание дерева заключается в определении его структуры: а) элементов — головного события (происшествия) и ему предшествующих предпосылок; б) связей между ними — логических условий, соблюдение которых необходимо и достаточно для его возникновения.

На практике обычно используют обратную или прямую последовательность выявления условий возникновения конкретных происшествий или аварийности и травматизма в целом — от головного события дедуктивно к отдельным предпосылкам или от отдельных предпосылок индуктивно к головному событию.

Выявление возможных происшествий необходимо увязывать с логикой нежелательного высвобождения и распространения энергии или вредных веществ, а предпосылками и условиями их появления считать старение, коррозию, диссоциацию, нагрев, охлаждение, загрязнение, увлажнение и другие процессы, сопровождающиеся изменением свойств рассматриваемой системы по естественным причинам или в результате вредных внешних воздействий.

Помимо перечисленных выше технических предпосылок, особо следует выделить факторы, связанные непосредственно с человеком, — самими работающими. При учете в моделях типа дерева происшествий предпосылок, являющихся следствием произвольных (ошибочных) и умышленно

неправильных (несанкционированных) действий человека при обращении с техникой, необходимо помнить, что поведение человека обусловлено как внутренними, так и внешними причинами, в том числе и реакцией на внешние факторы.

Идея прогнозирования размеров ущерба от происшествий в человеко-машинных системах основана на использовании деревьев специального типа — **деревьев исходов** (вероятностных графов). Их построение позволяет учитывать различные варианты разрушительного воздействия потоков энергии или вредных веществ, высвободившихся в результате происшествия.

Анализ дерева происшествий связан с определением возможности появления или не появления головного события — происшествия конкретного типа. Данные условия устанавливаются путем выделения из всего массива исходных предпосылок двух подмножеств, реализация которых либо приводит, либо не приводит к возникновению головного события. Такие подмножества делятся на аварийные сочетания предпосылок, образующие в совокупности с условиями их появления каналы прохождения сигнала до этого события, и отсечные сочетания, исключающие условия формирования таких путей к головному событию. Самым удобным способом выявления условий возникновения и предупреждения происшествий является выделение из таких подмножеств так называемых минимальных сочетаний событий, т. е. тех из них, появление которых минимально необходимо и достаточно для достижения желаемого результата.

Минимальное пропускное (аварийное) сочетание рассматривается как набор исходных предпосылок, осуществление всех элементов которого достаточно для появления головного события (прохождения сигнала до него). В одном дереве происшествий может быть несколько минимальных сочетаний предпосылок, дающих наиболее существенный вклад в реализацию исследуемого исхода. Например, на рассмотренном дереве происшествий ([см. рис. 15](#)) имеется 12 минимальных пропускных сочетаний исходных событий-предпосылок: ACE, ACF, ACG, ADE, ADF, ADG, BCE, BCF, BCG, BDE, BDF, BDG.

Минимальное отсечное сочетание является дополнением минимального пропускного сочетания, так как формулирует условия невозникновения головного события. Это множество включает такой набор событий, который гарантирует отсутствие происшествия при условии не возникновения ни одного (из составляющих рассматриваемое сочетание) события-предпосылки. На рассмотренном дереве происшествий можно выделить три минимальных отсечных сочетания событий — AB, CD, EFG.

Для отражения существенности вклада отдельных предпосылок и их сочетаний иногда вводятся показатели их значимости и критичности. Эти категории могут указывать на вероятность наступления таких состояний моделируемого процесса, при которых появление отдельных событий или их наборов оказывается наиболее существенным, значимым, а иногда

и критичным — минимально необходимым и достаточным по отношению к условиям возникновения или предупреждения головного события.

Наиболее известным средством аналитического представления заданного деревом процесса служат структурные функции. Они позволяют выразить достоверность появления головного события в зависимости от соответствующих характеристик исходных предпосылок. Для изображения рассмотренного дерева может быть получена следующая структурная функция:

$$P(L) = P(A + B)P(C + D)P(E + F + G),$$

где  $P(*)$  — вероятности наступления случайных или возможности возникновения уникальных (невоспроизводимых) предпосылок к происшествию.

Количественный анализ аварийности и травматизма с помощью структурных функций осуществляется в следующей последовательности:

- 1) модель декомпозируется на отдельные блоки;
- 2) в выбранных блоках выделяются подмножества событий, соединенных условиями «И» и «ИЛИ»;
- 3) проводится расчет параметров достоверности наступления вершинных для блоков событий;
- 4) исходное дерево и соответствующая ему структурная функция упрощаются за счет их укрупнения;
- 5) рассчитывается мера возможности возникновения происшествия.

При оценке числовых характеристик исследуемого дерева происшествий руководствуются рядом правил и допущений.

1. События дерева, соединенные логическим условием «И», объединяются по принципу их перемножения, при этом считается, что параметр головного события рассчитывается как произведение из  $n$  параметров предпосылок (сомножителей):

$$P = P_1 \cdot P_2 \cdots P_n = \prod_{i=1}^n P_i.$$

2. События дерева, соединенные логическим условием «ИЛИ», объединяются по принципу логического сложения, а их соответствующие параметры образуют следующую алгебраическую зависимость:

$$P = 1 - (1 - P_1)(1 - P_2) \cdots (1 - P_n)^n = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_i),$$

которая в частных случаях, например для  $n = 2$  и  $n = 3$ , принимает вид

$$P_{i=1} = P_1 + P_2 - P_1P_2,$$

$$P_{i=3} = P_1P_3 + P_2P_3 + P_3P_1 - P_1P_2P_3.$$

3. Преобразование и упрощение структурных функций осуществляется с соблюдением основных правил булевой алгебры. В соответствии с законом поглощения справедливы, например, следующие равенства:

$$A(AB) = AB;$$

$$A + (A + B) = A.$$

4. При известных структурных схемах безотказности технических систем и безопасности функционирования они могут быть легко преобразованы в дерево происшествий. При этом их параллельно соединенные элементы соответствуют логическому условию «И», а последовательно соединенные — условию «ИЛИ».

5. Количественный анализ дерева происшествий сложной структуры значительно упрощается за счет использования выявленных на предыдущем этапе минимальных сочетаний событий. Основная идея упрощения сводится к построению нового, эквивалентного исходному, но более простого дерева, включающего в себя один из двух наборов перечисленных выше сочетаний и одно логическое условие.

При анализе методом деревьев отказов выявляются комбинации: отказов (неполадок) оборудования; ошибок персонала и внешних (техногенных, природных) воздействий, приводящих к основному событию (аварийной ситуации).

Данный метод используется для анализа возникновения аварийной ситуации и расчета ее вероятности (на основе знания вероятностей исходных событий).

**Дерево отказов** — это топологическая модель надежности и безопасности, которая отражает логико-вероятностные взаимосвязи между отдельными случайными исходными событиями в виде первичных отказов или результирующих отказов, совокупность которых приводит к главному анализируемому событию. Таким образом, дерево отказов — это ориентировочный граф в виде дерева.

На [рис. 16](#) приведено дерево отказа, используемое для анализа причин возникновения аварийных ситуаций при автоматизированной заправке емкости.

Структура дерева отказа включает одно головное событие (аварию, инцидент), которое соединяется с набором соответствующих нижестоящих события (ошибок, отказов, неблагоприятных внешних воздействий), образующих причинные цепи (сценарии аварий).

Для связи между событиями в узлах деревьев используются знаки «И» и «ИЛИ».

Логический знак «И» означает, что вышестоящее событие возникает при одновременном наступлении нижестоящих событий (соответствует перемножению их вероятностей для оценки вероятности вышестоящего события).

Знак «ИЛИ» означает, что вышестоящее событие может произойти вследствие возникновения одного из нижестоящих событий.

Так, дерево, представленное на [рис. 16](#), имеет промежуточные события (прямоугольники), в то время как в нижней части дерева кругами с цифрами показаны постулируемые исходные события-предпосылки.

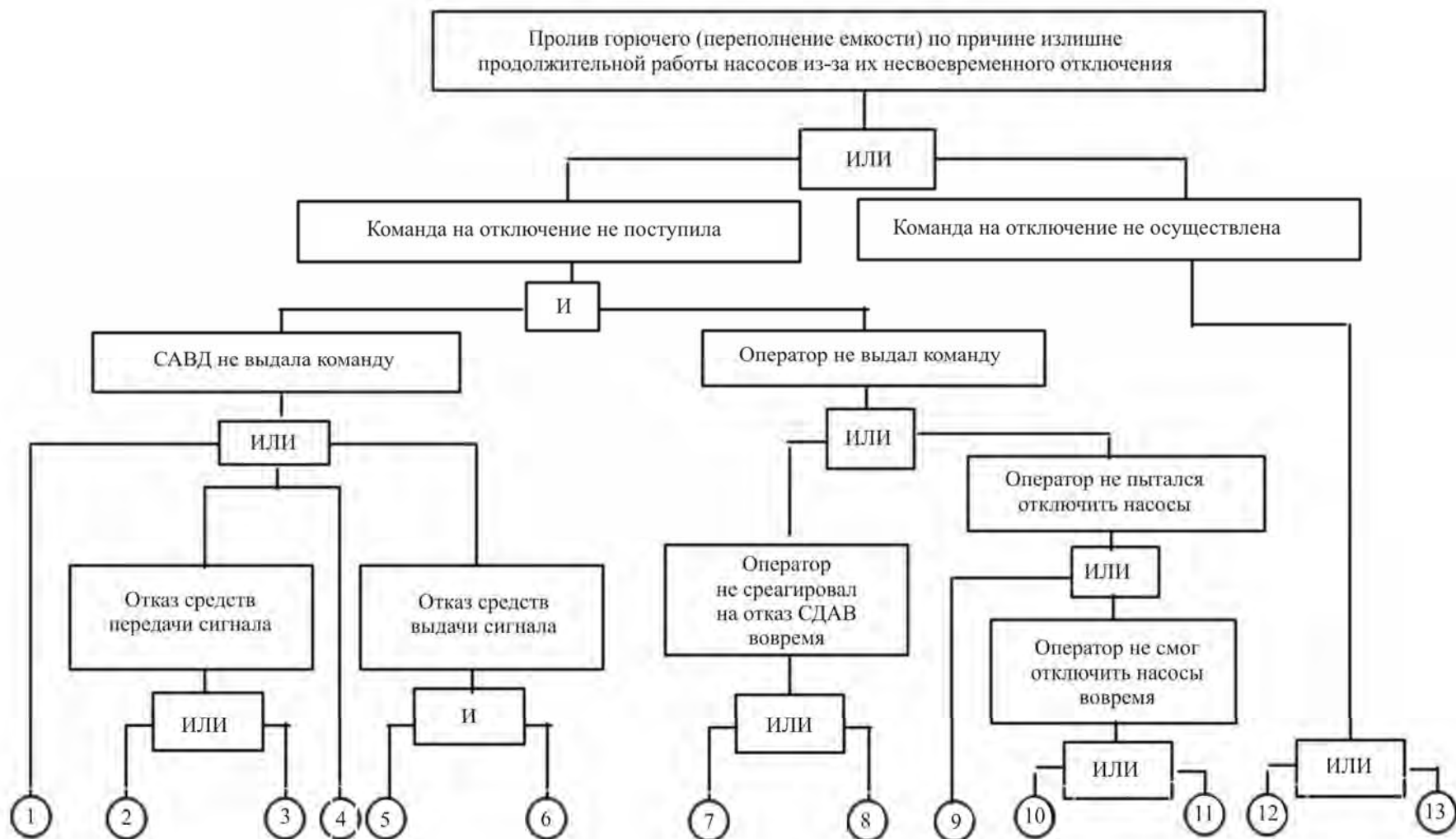


Рис. 16. Дерево отказа при анализе пролива горючего (переполнения емкости)

## **15. СРЕДНЯЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ЖИЗНИ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ**

Обобщающую оценку уровня смертности независимо от особенностей возрастной структуры населения дает анализ средней продолжительности жизни (СПЖ) и ожидаемой продолжительности жизни (ОПЖ). В известной мере эти показатели интегрируют в себе не только изменение жизнеспособности различных возрастно-половых групп, но также и влияние всего комплекса факторов, воздействующих на здоровье населения, в том числе факторов медицинского характера

СПЖ — один из основных интегральных показателей, характеризующих состояние здоровья населения данного региона, качество его жизни, уровень медицинского обслуживания на данной территории. Величина СПЖ населения определяется уровнем смертности от основных причин смерти в данном регионе.

Исходя из этого ВОЗ рекомендовала рассматривать СПЖ как важнейшую медико-демографическую характеристику состояния здоровья населения данного региона, поставив основной задачей повышение величины продолжительности предстоящей жизни при рождении до 75 лет на каждой определенной территории.

В середине 1980-х гг. эволюционная тенденция смертности в России была прервана. В результате антиалкогольной кампании в России была достигнута максимальная величина показателя ОПЖ (64,9 года для мужчин в 1986 г. и 74,6 года для женщин в 1988 г.). С этого времени вплоть до 1995 г. величина СПЖ неуклонно уменьшалась. В 1993 г. за один год средняя продолжительность жизни мужчин снизилась на 3,1 года, женщин — почти на 2 года. В целом со времени зафиксированного максимума этого показателя СПЖ снизилась на 7,3 лет для мужчин и на 5,5 года для женщин.

К числу стран, имеющих более высокую ОПЖ, чем в России, относятся, например, по мужскому населению Монголия и Египет (продолжительность жизни 62 года), Вьетнам (63 года), Турция, Бразилия и Перу (64 года), Ирак и Венгрия (64 лет); по женскому населению — Венгрия, Болгария, Малайзия и Иордания (продолжительность жизни 74 года), Шри Ланка, Аргентина, Панама и Венесуэла (75 лет) и многие другие страны.

Мы имеем ту продолжительность жизни, которая адекватна нашему уровню жизни. Иными словами, какова цена жизни человека, таково и здоровье.

Исходя из представлений о СПЖ можно определить приемлемый риск как уровень риска при экологическом, техногенном и природном воздействиях, целенаправленное уменьшение которого в данный период времени, в данном месте нецелесообразно с точки зрения обеспечения уровня жизни и ОПЖ при существующих экономических и социальных условиях.

## 16. ПОКАЗАТЕЛИ УЩЕРБА ОТ РЕАЛИЗОВАННЫХ ОПАСНОСТЕЙ

При рассмотрении экономических аспектов БЖД используют понятия: экономического ущерба от действия опасностей на человека и техносферу, в частности от производственного травматизма и профессиональных заболеваний;

эколого-экономического ущерба, связанного с потерей природных ресурсов, гибелью природных экосистем, естественных ландшафтов, исчезновением отдельных видов и популяций растительного и животного мира, уменьшением многообразия природного мира.

**Экономический ущерб от действия опасностей на человека и техносферу** — это затраты и потери в стоимостном выражении, возникающие вследствие ряда факторов:

гибели, ухудшения состояния здоровья, профессиональных и экологических заболеваний людей (при экономической оценке принято считать экономические потери, связанные с потерей обществом трудовых ресурсов — людей в работоспособном возрасте, затратами на медицинское обслуживание и лечение, выплатой страхового возмещения, оказанием ритуальных услуг, снижением производительности труда, временной нетрудоспособностью, выплатой пенсий по инвалидности и т. д.);

более быстрого разрушения и старения основных фондов промышленности (производственного оборудования, зданий и сооружений), связанного с ростом скорости естественной коррозии при загрязнении окружающей среды;

более быстрого разрушения и старения жилищно-коммунального хозяйства городов и поселков;

затрат на ликвидацию последствий аварий, чрезвычайных происшествий, стихийных бедствий, восстановление объектов экономики, жилищно-коммунального хозяйства, переселение и реабилитацию населения.

**Эколого-экономический ущерб** — это затраты и потери в стоимостном выражении, возникающие вследствие:

снижения продуктивности сельскохозяйственных угодий, связанного с загрязнением окружающей среды, затрат на освоение новых земель и улучшение плодородия земли и ее рекультивацию;



снижения продуктивности леса и затрат на лесовосстановительные работы; снижения биоресурсного потенциала страны.

Экономический ущерб  $Y_{\text{БТ}}$ , р., от производственного травматизма и профессиональных заболеваний в целом по предприятию (организации) можно подсчитать по следующей формуле:

$$Y_{\text{БТ}} = \Sigma Y_{\text{БТ}i} + N_{\text{П}},$$

где  $\Sigma Y_{\text{БТ}i}$  — сумма потерь возмещения в связи с несчастными случаями, травмами, профессиональными заболеваниями;  $N_{\text{П}}$  — потери, связанные с недополучением продукции из-за отсутствия работника (стоимость недополученной продукции).

Потери возмещения (ущербы), р., складываются из следующих составляющих:

$$\Sigma Y_{\text{БТ}i} = Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5 + Y_6,$$

где  $Y_1$  — возмещение бюджету государственного социального страхования расходов на выплату пособий по временной нетрудоспособности, если нетрудоспособность возникла по вине предприятия, организации;  $Y_2$  — возмещение органам социального обеспечения сумм пенсий (или части пенсии) инвалидам труда, если инвалидность наступила по вине предприятия, организации;  $Y_3$  — выплата пособий нетрудоспособным членам семьи в случае смерти работника от болезни или травмы, связанной с производством (за потерю кормильца);  $Y_4$  — выплата пособий при временном переводе работников на другую работу по состоянию здоровья (возмещение сократившегося заработка);  $Y_5$  — возмещение ущерба работающим при частичной потере трудоспособности (доплата до среднего заработка); если при временном переводе на другую работу или частичной утрате трудоспособности оплата пострадавшему производится по ранее занимаемой должности, то  $Y_4$  и  $Y_5$  из расчета исключаются;  $Y_6$  — затраты предприятия на профессиональную подготовку и переподготовку работающих, принимаемых на работу взамен выбывших по болезни и в связи с травмой, а также из-за неудовлетворенности условиями труда в силу вредности и тяжести (возмещение потери трудового ресурса):

$$Y_6 = Ч \cdot С,$$

где  $Ч$  — число уволившихся из-за травм и профессиональных заболеваний (по данным отдела кадров);  $С$  — стоимость обучения одного человека на данном предприятии (по данным бухгалтерии).

Прочие потери возмещения (ущербы) из-за их незначительности можно не учитывать. Источником получения данных по величинам  $Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5$  является бухгалтерия предприятия.

Каждая составляющая ущерба рассчитывается по формуле

$$Y_{\text{БТ}i} = Y_{\text{Т}i} + Y_{\text{З}i},$$

где  $Y_{\text{Т}i}$  — потери возмещения (ущербы), обусловленные травмами;  $Y_{\text{З}i}$  — потери возмещения (ущербы), обусловленные профессиональными заболеваниями.

Экономический ущерб от производственного травматизма и профессиональных заболеваний определяется не только потерями возмещения, но и условной стоимостью недополученной продукции в связи с выбытием работающего из производственного процесса.

В общем виде условная стоимость недополученной продукции (условные потери прибавочного продукта) определяются произведением числа дней нетрудоспособности из-за травматизма и профессиональных заболеваний на среднюю стоимость продукции, вырабатываемой работающим за один день. Условная стоимость недополученной продукции в целом по предприятию может быть определена путем суммирования стоимости недополученной продукции на каждом рабочем месте, где отсутствовал работник по причине получения травмы или профессионального заболевания:

$$H_{\Pi} = \sum D_i C_j = \sum D_i Z_i \eta,$$

где  $n$  — число рабочих мест на предприятии, на которых не выполнялась работа по причине отсутствия работника;  $D_i$  — число потерянных на  $i$ -м рабочем месте трудовых дней по причине нетрудоспособности работника;  $C_j$  — средняя стоимость продукции, вырабатываемой работником на рабочем месте  $j$  в день, р.;  $Z_i$  — средняя заработная плата в день одного работающего на рабочем месте  $j$ , р.;  $\eta$  — коэффициент стоимости прибавочного продукта, создаваемого в день на рабочем месте, по отношению к среднечасовой заработной плате; зависит от отрасли и вида предприятия, в среднем принимается равным 1,4...1,5.

Анализ размеров ущерба, наносимого предприятию производственным травматизмом и профессиональными заболеваниями, используется в практике управления охраной труда для планирования первоочередных мероприятий по созданию безопасных и безвредных условий труда, экономического обоснования принимаемых решений.

Расчет ущерба может проводиться за разные периоды времени, но, как правило, рассчитывается годовой ущерб. В этом случае все составляющие ущерба и количество дней нетрудоспособности рассчитываются за год.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Белов, С. В.* Ноксология : учебник для бакалавров / С. В. Белов, Е. Н. Симакова ; под общ. ред. С. В. Белова. — М. : Юрайт, 2013. — 429 с.
2. *Белов, С. В.* Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность) : учебник / С. В. Белов. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Юрайт, 2011. — 680 с.
3. *Борисов, А. Ф.* Чрезвычайные ситуации (источники, прогноз, защита) : учеб. пособие / А. Ф. Борисов, М. П. Пьязин. — Н. Новгород : Вента-2, 2004. — 180 с.
4. *Гражданкин, А. И.* Экспертная система оценки техногенного риска опасных производственных объектов / А. И. Гражданкин, П. Г. Белов // Безопасность труда в промышленности. — 2000. — № 11. — С. 6—10.
5. *Акимов, В. А.* Методический аппарат исследования природного и техногенного рисков / В. А. Акимов, Н. Н. Радаев // Безопасность жизнедеятельности. — 2001. — № 2. — С. 34—38.

Учебное электронное издание

**Власова** Оксана Сергеевна

НОКСОЛОГИЯ

Учебное пособие

Начальник РИО *М. Л. Песчаная*

Редактор *Н. Э. Фотина*

Компьютерная правка и верстка *А. Г. Сиволобова*

Минимальные систем. требования:

PC 486 DX-33; Microsoft Windows XP; Internet Explorer 6.0; Adobe Reader 6.0.

Подписано в свет 21.07.2015.

Гарнитура «Таймс». Уч.-изд. л. 3,8. Объем данных 1,8 Мбайт.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет»

Редакционно-издательский отдел  
400074, Волгоград, ул. Академическая, 1  
<http://www.vgasu.ru>, [info@vgasu.ru](mailto:info@vgasu.ru)