

Глава 2. ПРИРОДА И ХАРАКТЕРИСТИКА ОПАСНОСТЕЙ

2.1. Жизнедеятельность, опасность, безопасность, риск

Человек является одним из биологических видов, существующих в биосфере Земли. Как биологический вид, имеющий общую фундаментальную экологическую нишу, человек заселил практически всю поверхность Земного шара, освоил и использует большую часть гидросферы и значительную часть атмосферы Земли

Жизнедеятельность – это повседневная деятельность и отдых, способ существования человека. Люди, организации осуществляют свою жизнедеятельность в рамках системы жизнедеятельности. Системой жизнедеятельности может быть земной шар, страна, населённый пункт, организация, жилище человека и т.п., обеспечивающие удовлетворение интересов человека (организации) на определенном интервале времени.

Отдельные интересы человека удовлетворяются в рамках отдельных систем жизнедеятельности. Важнейшими характеристиками процессов жизнедеятельности являются качество жизни, её опасность и безопасность. Различного рода опасности рассматриваются для вполне определённых объектов, но в первую очередь для самого человека. Спектр интересов человека постоянно расширяется, поэтому в пределах удовлетворения потребностей человека возникают и новые источники опасности для его жизнедеятельности.

Для защиты от неблагоприятного воздействия биосферы, создания более комфортных условий своего существования усилиями человека сформирована техносфера.

Техносфера – часть биосферы, преобразованная человеком в технические и техногенные объекты (механизмы, здания, сооружения, поселения, города и т.д.) с помощью прямого или косвенного воздействия технических средств на компоненты биосферы в целях наилучшего их соответствия социально-экономическим потребностям человека.

Создание техносферы обусловлено длительным процессом эволюции человека и среды его обитания. Преобразуя окружающую его среду, человек добавил к повседневным природным опасностям антропогенные и антропогенно-техногенные опасности, размеры источников которых достигли невероятных величин. Строятся гигантские заводы и фабрики. Скорости движения и пассажироместимость транспортных средств постоянно увеличиваются, города превращаются в мегаполисы, в которых высота зданий и сооружений скоро достигнет уже километровой высоты.

В 1960 - 1980-х гг. в соответствии с тенденциями развития науки и техники тех лет в нашей стране для улучшения экономических показателей производства проводили резкое повышение единичной мощности объектов промышленности. Конечно, все новые крупные объекты проектировались так, чтобы их надежность и безопасность были максимально высокими. Однако несмотря на

малую вероятность, аварии на таких объектах все же происходят, приводя к тяжелым последствиям. Более того, расчеты показывают, что меры, направленные на снижение вероятности таких аварий, в конечном итоге, на достижение «абсолютной» безопасности крупномасштабных объектов, связаны с очень большими экономическими затратами и делают сами эти технологии менее рентабельными.

Тенденция увеличения единичной мощности объекта продолжается и в XXI веке. Так, созданы и введены в эксплуатацию огромные авиалайнеры Боинг-747 (*Jumbo Jet*), Боинг-787 (*Dreamliner*) и Аэробус А-380 вместимостью соответственно до 594, до 330 и до 850 пассажиров. Отечественные авиастроители создали грузовые гиганты Ан-124 (*Руслан*) и Ан-225 (*Мрия*) с грузоподъемностью крупногабаритных грузов соответственно до 225 т и до 250 т. Безусловно, проблема обеспечения безопасности таких объектов находится на первом месте, что полностью соответствует общей идеологии деятельности Международной организации гражданской авиации ИКАО (от *ICAO – International Organization of Civil Aviation*).

Опасность – свойство человека и окружающей его среды, обуславливающее возможность причинения ущерба живой и неживой материи, в частности, процессам жизнедеятельности человека и ему самому. Опасности появились одновременно с возникновением материи и будут существовать вечно.

В ряде случаев при рассмотрении частных вопросов наличия и проявления опасности документально закреплены смежные определения понятия «опасность». Так, в системе менеджмента здоровья и безопасности на производстве в 2007 г. вступил в силу международный стандарт серии OHSAS 18001:2007 (от *Occupational Health and Safety Assessment Series*), в соответствии с требованиями которого дается следующее определение:

опасность – первоисточник, ситуация или действия, которые потенциально могут привести к травме или ухудшению состояния здоровья человека или комбинации этих последствий.

При рассмотрении проблем, возникающих в результате преднамеренных действий человека (организаций) по целенаправленному нанесению кому-либо вреда (войны, агрессия, террористические действия, месть) термин «опасность» заменяют термином «угроза». Это, например, имеет место в тексте государственной концепции транспортной безопасности³ нашей страны, где, в частности, используется такое понятие, как «угроза транспортной безопасности».

Применительно к направлению подготовки бакалавров и магистров «Техносферная безопасность», в целом, и к дисциплине «Безопасность жизнедеятельности», в частности, **опасность** понимают как негативное свойство среды обитания, приводящее человека к потере здоровья или гибели.

³ Государственная концепция транспортной безопасности подготовлена Минтрансом России, одобрена постановлением Правительства РФ от 08.09.1997 г. № 1143 и широко обсуждается до настоящего времени. Она, в частности, послужила основой принятия Федерального закона № 16-ФЗ от 09.02.2007 г. «О транспортной безопасности».

Опасность является понятием сложным, иерархическим, имеющим много признаков. Классификация и систематизация опасностей выполняет важную роль в организации научных исследований в области безопасности деятельности и позволяет познать природу опасностей, дает новые подходы к задачам их описания, введение количественных характеристик и управления ими.

Возможны различные варианты классификации опасностей по различным признакам, например:

– по природе происхождения: *природные, техногенные, антропогенные, экологические, смешанные* опасности;

– по времени проявления отрицательных последствий: *импульсивные* (в виде кратковременного воздействия, например удар) и *кумулятивные* (накопление в живом организме и суммирование действия некоторых веществ и ядов);

– по месту расположения в окружающей среде: *связанные с атмосферой, гидросферой, литосферой*;

– по приносимому ущербу: *социальные, технические, экономические, экологические* и т.п.;

– по характеру воздействия на человека: *активные* (оказывают непосредственное воздействие на человека путем заключенных в них энергетических ресурсов); *пассивно-активные* (активизирующиеся за счет энергии, носителем которой является сам человек; неровности поверхности, уклоны, подъемы, незначительное трение между соприкасающимися поверхностями и др.); *пассивные* – проявляются опосредованно (к этой группе относятся свойства, связанные с коррозией материалов, накипью, недостаточной прочностью конструкции, повышенными нагрузками на оборудование и т.п.);

– по волеизъявлению человека: *добровольные* и *принудительные* опасности: воздействию опасности можно подвергаться как добровольно, например, на промышленном предприятии, так и принудительно, находясь вблизи места событий в момент реализации опасностей. Этот подход позволяет подразделить опасности на производственные и непроизводственные, определяющие риск для населения;

– по структуре (строению): *простые* (электрический ток, повышенная температура) и *производные* опасности – характеризуемым хаотичным сочетанием простых (пожар, взрыв и т.п.);

– по сосредоточению: *сконцентрированные* (например, место захоронения токсичных отходов) и *рассеянные* (например, загрязнение почвы, вызванные осажденными из атмосферы загрязняющими веществами, которые имеются в выбросах тепловых электростанций, фабрик, заводов);

– по месту воздействия: *производственные, бытовые* и *городские*, а также на *зоны ЧС*;

– по размеру зоны воздействия: *локальные, региональные, межрегиональные* и *глобальные*;

– по степени завершенности процесса воздействия: *потенциальные, реальные* и *реализованные*.

Рассмотрим подробнее последнюю классификацию. *Потенциальная* опасность включает угрозу общего вида, не связанную с пространством и со временем воздействия. Широко распространённые выражения «электричество опасно», «спички детям не игрушки» говорят лишь о потенциальной опасности электричества и спичек. Подобные выражения, суммируясь, приводят к утверждению, что «жизнедеятельность человека угрожает ему самому (его здоровью и жизни)».

Реальные опасности всегда связаны с угрозами конкретных нежелательных воздействий на человека, на природу. Они всегда связаны с определённым местом и временем. Пролетающее над населённым пунктом воздушное судно (самолёт, вертолёт), представляет реальную опасность для людей на земле, однако после пролёта оно становится для жителей источником только лишь потенциальной опасности.

Реализованная опасность – результат воздействия реальной опасности на человека и (или) окружающую его среду, который привёл к нарушению здоровья или смерти людей, материальным потерям, нарушениям в экосистемах. Если падение самолёта (его отдельных фрагментов) привело к разрушениям строений, нарушениям систем коммуникации (трубопроводы, линии электропередач, дороги и т.п.), пожарам, гибели домашних животных, травмам либо к смерти жителей, тогда это и есть реализованная опасность.

Ситуации, при которых реализовываются опасности (по классификации профессора С.В. Белова) можно подразделить на события, имеющие следующие названия.

Происшествие – событие, состоящее из негативных воздействий (которых может быть и, чаще всего, бывает несколько) с причинением ущерба людским, природным и (или) материальным ресурсам.

Чрезвычайное происшествие (ЧП) – событие, происходящее кратковременно и обладающее высоким уровнем негативного воздействия на людей, природные и материальные ресурсы, в частности, это крупные аварии, катастрофы и стихийные бедствия.

Авария – 1. ЧП в технической системе, не сопровождающееся гибелью людей, при котором восстановление технических средств невозможно или экономически нецелесообразно (*по проф. С.В. Белову*); 2. Разрушение сооружений и (или) технических устройств, неконтролируемые взрывы и (или) выбросы опасных веществ (*по действующим нормативно-правовым актам*).

Катастрофа – ЧП в технической системе, сопровождающееся гибелью людей.

Стихийное бедствие – ЧП, связанное со стихийными явлениями на Земле и приведшее к разрушению части биосферы, части техносферы, к гибели или потере здоровья людей.

Экологические кризисы, бедствия, катастрофы – нарушения природного экологического равновесия, потеря устойчивости биологическими объектами. При этом *экологические кризисы* не разрушают систему полностью, а приводят её в состояние неустойчивости, из которого возможен либо выход к изменению

уровня функционирования или управления системой, либо гибель системы. Следовательно, кризис может быть обратимым.

Экологическая катастрофа – комплекс изменений в системе, которые ведут к её исчезновению. При катастрофе нарушается одновременно большое количество взаимосвязей, прекращает функционировать системообразующий фактор и система как таковая перестает существовать.

Чрезвычайная ситуация (ЧС) – это обстановка на определённой территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушения условий жизнедеятельности людей. Такая формулировка дана в Федеральном законе № 68-ФЗ от 21.12.94 г. «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».

Человек обладает способностью выявлять органами чувств (идентифицировать) только некоторые опасные воздействия, среди которых вибрация, шум, нагрев, охлаждение. Многие опасные воздействия не идентифицируются человеком, это инфра- и ультразвук, электромагнитные поля и излучения, радиация и многое другое.

По способности человека органами чувств определять опасности они подразделяются на *различаемые* и *неразличаемые*.

По виду негативного воздействия опасностей на человека опасности делят на *вредные (угнетающие)* и *травмоопасные (разрушающие)* факторы.

По численности лиц, подверженных воздействию, опасности подразделяют на *индивидуальные, групповые* и *массовые*.

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

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

Безопасность – понятие, противоположное понятию "опасность". В современной проблеме обеспечения безопасности её основным объектом является человек. Существующая практика применения понятия "безопасность" допускает множество его толкований. Например, безопасность человека в окружающей среде можно рассматривать для четырёх случаев:

1) безопасность человека как объекта воздействия негативных факторов окружающей среды (безопасность жизнедеятельности) – основа понятия "безопасность". Гарантию прав и свобод личности в социальной среде призваны обеспечивать государственные институты и общественные организации;

2) безопасность человека как субъекта негативных воздействий, способных принести вред другим людям, организациям, обществу государству. Асоциальное поведение людей ограничивают нормы морали и права;

3) безопасность человека по отношению к внутренней среде организма. Защита здоровья возлагается на органы здравоохранения;

4) безопасность человека для самого себя, своего организма – вредные привычки (курение, наркомания, алкоголизм), суицид.

В Российской Федерации сегодня законодательно закреплены следующие термины, описывающие разные виды безопасности, входящие в понятие национальной безопасности страны.

Национальная безопасность, в соответствии с терминологией «Стратегии национальной безопасности РФ до 2020 г.» (утв. Указом Президента РФ № 537 от 12.05.2009 г.) – это состояние защищенности личности, общества и государства от внутренних и внешних угроз, которое позволяет обеспечить конституционные права, свободы, достойные качество и уровень жизни граждан, суверенитет, территориальную целостность и устойчивое развитие Российской Федерации, оборону и безопасность государства.

Экологическая безопасность, в соответствии с терминологией Федерального закона № 7-ФЗ от 10.01.2002 «Об охране окружающей среды» – это состояние защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий.

Промышленная безопасность, в соответствии с терминологией Федерального закона № 116-ФЗ от 21.07.97 г. «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» – это состояние защищенности жизненно важных интересов личности и общества от аварий на опасных промышленных объектах и последствий указанных аварий.

Пожарная безопасность, в соответствии с терминологией Федерального закона № 69-ФЗ от 21.12.1994 г. «О пожарной безопасности» – это состояние защищенности личности, имущества, общества и государства от пожаров.

Транспортная безопасность, в соответствии с терминологией Федерального закона № 16-ФЗ от 09.02.2007 г. «О транспортной безопасности» – это состояние защищенности объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств от актов незаконного вмешательства.

Неоднозначность происходящего в мире ведёт к рискам. История формирования понятия «риск» в значительной степени связана с отношением человека к будущему. Риск есть везде, где существует неопределённость будущего. Риск – неизбежная реальность для каждого. По словам Питера Л. Берстайна (1919 – 2009), «риск – это скорее выбор, а не жребий. Наличие у нас свободы выбора – вот что такое риск».

Риск (староитал. *risicare* – отважиться) — сочетание вероятности и размера последствий наступления события. Современная теория определяет риск как возможность (вероятность) реализации опасности (наступления события с отрицательными последствиями) с учётом размера его последствий (прежде всего экономических).

Для обеспечения сравнимости степени риска для жизнедеятельности территорий, объектов техносферы, видов деятельности, причин (источников опасности), обоснованного выбора варианта реализации проектов используют количе-

ственные и качественные (при отсутствии количественных оценок) показатели риска. Показателем риска при технократической концепции, применимым к любым опасным событиям, является значение, рассчитываемое по формуле

$$\text{Показатель риска} \left[\frac{\text{ущерб}}{\text{время}} \right] = \text{частота} \left[\frac{\text{события}}{\text{время}} \right] * \text{средний ущерб} \left[\frac{\text{ущерб}}{\text{события}} \right]$$

Пример. Рассматриваются два варианта системы энергообеспечения объекта, имеющие показатели, приведённые в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Исходные данные для сравнения	Ед. изм.	Вариант 1	Вариант 2
Вероятность аварии	1/год	10^{-1}	10^{-3}
Возможный ущерб в случае аварии	млн. руб.	2	100

Экономический риск при эксплуатации системы № 1 составляет:

$$R_1 = Q_1 \cdot W_1 = 10^{-1} \text{ аварий/год} \cdot 2 \text{ млн. руб./аварию} = \mathbf{200} \text{ тыс. руб./год.}$$

Экономический риск при эксплуатации системы № 2 составляет:

$$R_2 = Q_2 \cdot W_2 = 10^{-3} \text{ аварий/год} \cdot 100 \text{ млн. руб./аварию} = \mathbf{100} \text{ тыс. руб./год.}$$

Так как $R_1 > R_2$, то второй вариант предпочтительнее.

Концепции развития общества в условиях риска за последние полвека получили значительное развитие благодаря появлению и развитию ряда новых теорий, объясняющих поведение сложных открытых систем: теории катастроф, теории бифуркации, теории ансамблей, теории хаоса и других. Беспорядок и хаос, неопределённость (даже непредсказуемость), столкновение интересов и постоянные перемены – это реальный порядок («порядок рождается из хаоса»).

Понятно, что полностью гарантировать исключение вероятности аварийных ситуаций возможно лишь в технологических системах, лишенных энергии, запасенной химически и биологически активными веществами.

На рубеже веков стало очевидным, что нереально обеспечить **«абсолютную» безопасность** населения и окружающей среды от воздействия техногенных и прочих видов опасности, возможно лишь стремиться к снижению риска до такого уровня, который может быть признан обществом как **«приемлемый»**.

Уровень риска для общества от факторов опасности, обусловленных его хозяйственной деятельностью, **может быть признан** этим обществом **«приемлемым»**, если его величина (произведение вероятности реализации на возможный при этом экономический ущерб) столь незначительна, что ради получаемых при этом выгод (политических, социальных, материальных и т.п. благ), общество в целом готово пойти на такой риск.

Фактически переход на использование этого принципа означает переход от стремления полностью исключить воздействие опасного фактора к снижению его величины до некоего уровня, оптимального с учётом не только экономических и социальных потерь, но и приобретаемых выгод. В нашей стране четкую позицию, основанную на утверждении того, что в современных условиях хо-

зайственной деятельности решение проблемы обеспечения безопасности человека и окружающей среды должно быть основано на принципе «приемлемого» риска, всегда занимали академик Валерий Алексеевич Легасов (1936-1988) и его научная школа.

2.2. Специфика терминологии в сфере безопасности полетов на воздушном транспорте

В гражданской авиации (ГА) России наряду с терминологией Федерального закона № 68-ФЗ от 21.12.94 г. «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» для характеристики и анализа неблагоприятных ситуаций принята и широко используется специфическая терминология, которая приведена далее в соответствии с формулировками действующих «Правил расследования авиационных происшествий и инцидентов с гражданскими воздушными судами в Российской Федерации (ПРА-ПИ)», утверждённых постановлением Правительства РФ от 18.06.98 г. № 609.

Авиационные события подразделяются на *авиационные происшествия, авиационные инциденты (серьезные авиационные инциденты) и производственные происшествия.*

Авиационные происшествия в зависимости от их последствий подразделяются на *авиационные происшествия с человеческими жертвами (катастрофы) и авиационные происшествия без человеческих жертв (аварии).*

Производственные происшествия подразделяются на *повреждения воздушного судна и чрезвычайные происшествия.*

Авиационное происшествие – событие, связанное с использованием воздушного судна (ВС), которое имеет место с момента, когда какое-либо лицо вступило на борт с намерением совершить полет, до момента, когда все лица, находившиеся на борту с целью совершения полета, покинули воздушное судно, и в ходе которого:

а) какое-либо лицо получает телесное повреждение со смертельным исходом в результате нахождения в данном воздушном судне, за исключением тех случаев, когда телесные повреждения получены вследствие естественных причин, нанесены самому себе либо нанесены другими лицами, или когда телесные повреждения нанесены безбилетным пассажиром, скрывающимся вне зон, куда обычно открыт доступ пассажирам и членам экипажа;

б) воздушное судно получает повреждение или происходит разрушение его конструкции, в результате чего:

- нарушается прочность конструкции, ухудшаются технические или лётные характеристики воздушного судна;

- требуется крупный ремонт или замена поврежденного элемента, за исключением: случаев отказа или повреждения двигателя, когда поврежден только сам двигатель, его капоты или вспомогательные агрегаты, или повреждены только воздушные винты, несилловые элементы планера, обтекатели, законцовки крыла, антенны, пневматики, тормозные устройства или другие элементы,

если эти повреждения не нарушают общей прочности конструкции, или в обшивке имеются небольшие вмятины или пробоины; повреждений элементов несущих и рулевых винтов, втулки несущего или рулевого винта, трансмиссии, повреждений вентиляторной установки или редуктора, если эти случаи не привели к повреждениям или разрушениям силовых элементов фюзеляжа (балок); повреждений обшивки фюзеляжа (балок) без повреждения силовых элементов;

в) воздушное судно пропадает без вести или оказывается в таком месте, где доступ к нему абсолютно невозможен.

Авиационное происшествие с человеческими жертвами (катастрофа) – авиационное происшествие, приведшее к гибели или пропаже без вести кого-либо из пассажиров или членов экипажа. К катастрофам относятся также случаи гибели кого-либо из лиц, находившихся на борту, в процессе их аварийной эвакуации из воздушного судна.

Авиационное происшествие без человеческих жертв (авария) – авиационное происшествие, не повлекшее за собой человеческих жертв или пропажи без вести кого-либо из пассажиров или членов экипажа.

Авиационный инцидент – событие, связанное с использованием воздушного судна, которое имело место с момента, когда какое-либо лицо вступило на борт с намерением совершить полет, до момента, когда все лица, находившиеся на борту с целью полета, покинули воздушное судно, и обусловленное отклонениями от нормального функционирования воздушного судна, экипажа, служб управления и обеспечения полетов, воздействием внешней среды, могущее оказать влияние на безопасность полета, но не закончившееся авиационным происшествием.

Серьезный авиационный инцидент – авиационный инцидент, обстоятельства которого указывают на то, что едва не имело место авиационное происшествие.

Для серьезных авиационных инцидентов характерны следующие признаки:

- выход воздушного судна за пределы ожидаемых условий эксплуатации;
- возникновение значительных вредных воздействий на экипаж или пассажиров (дыма, паров едких веществ, токсичных газов, повышенной или пониженной температуры, давления и т.п.);
- значительное снижение работоспособности членов экипажа;
- значительное повышение психофизиологической нагрузки на экипаж;
- получение серьезных телесных повреждений каким-либо лицом, находящимся на воздушном судне;
- значительное ухудшение характеристик устойчивости и управляемости, летных или прочностных характеристик;
- возникновение реальной возможности повреждения жизненно важных элементов воздушного судна в результате взрыва, пожара, нелокализованного разрушения двигателя, трансмиссии и т.п.;
- разрушение или рассоединение элементов управления;

- повреждение элементов воздушного судна, не относящееся к авиационному происшествию.

Повреждение воздушного судна на земле – событие, связанное с обслуживанием, хранением и транспортировкой воздушного судна, при котором судну причинены повреждения, не нарушающие его силовые элементы и не ухудшающие летно-технические характеристики, устранение которых возможно в эксплуатационных условиях.

Чрезвычайное происшествие – событие, связанное с эксплуатацией воздушного судна, но не относящееся к авиационному происшествию, при котором наступило одно из следующих последствий:

- гибель кого-либо из находившихся на борту воздушного судна в результате умышленных или неосторожных действий самого пострадавшего или других лиц, не связанная с функционированием воздушного судна;

- гибель какого-либо лица, самовольно проникшего на воздушное судно и скрывавшегося вне зон, куда открыт доступ пассажирам и членам экипажа;

- гибель членов экипажа или пассажиров в результате неблагоприятных воздействий внешней среды после вынужденной посадки воздушного судна вне аэродрома;

- гибель или телесные повреждения со смертельным исходом любого лица, находящегося вне воздушного судна, в результате непосредственного контакта с воздушным судном, его элементами или газовой струей силовой установки;

- разрушение или повреждение воздушного судна на земле, повлекшее нарушение прочности его конструкции или ухудшение летно-технических характеристик в результате стихийного бедствия или нарушения технологии обслуживания, правил хранения или транспортировки;

- угон воздушного судна, находящегося на земле или в полете, или захват такого судна в целях угона.

Кроме того, в настоящее время используется общее понятие **безопасность на воздушном транспорте**, которое включает в себя две составляющие: *безопасность полетов* и *авиационную безопасность*.

Безопасность полетов – свойство авиатранспортной системы осуществлять воздушные перевозки без угрозы для жизни и здоровья людей.

Авиационная безопасность – состояние защищенности объектов воздушного транспорта от актов незаконного вмешательства в их деятельность.

Факторы, влияющие на безопасность полетов:

1. Технические факторы.
2. Организационные факторы.
3. Человеческий фактор.
4. Неблагоприятные условия (внешняя среда).

Человеческий фактор, по концепции международной организации ГА (ИКАО), – люди в той обстановке, в которой они живут и трудятся; взаимодей-

ствие человека с машиной, правилами, с окружающей обстановкой, а также с другими людьми.

Технический фактор – характеристики ВС и другой авиационной техники, средств навигации и управления воздушным движением.

Неблагоприятные условия – это такие условия, как неблагоприятные метеорологические условия, сдвиг ветра, спутный след, наличие птиц в воздушном пространстве и т.п.

Особая ситуация – ситуация, возникающая в полете в результате воздействия неблагоприятного фактора или сочетания неблагоприятных факторов и приводящая к снижению безопасности полетов. По степени опасности особые ситуации подразделяются на усложнение условий полета, сложную, аварийную и катастрофическую ситуации.

Усложнение условий полета – особая ситуация, характеризующаяся незначительным увеличением психофизиологической нагрузки на экипаж либо незначительным ухудшением характеристик устойчивости и управляемости или летных характеристик.

Сложная ситуация – особая ситуация, характеризующаяся заметным повышением психофизиологической нагрузки на экипаж или заметным ухудшением летных характеристик, устойчивости и управляемости, а также выходом одного или нескольких параметров полета за эксплуатационные ограничения, но без достижения предельных ограничений и расчетных условий.

Аварийная ситуация – особая ситуация, характеризующаяся значительным повышением психофизиологической нагрузки на экипаж, значительным ухудшением летных характеристик, устойчивости и управляемости и приводящая к достижению (превышению) предельных ограничений и расчетных условий.

Катастрофическая ситуация – особая ситуация, для которой принимается, что при ее возникновении предотвращение гибели людей оказывается практически невозможным.

2.3. Виды опасностей

2.3.1. Естественные опасности

Различают два типа естественных опасностей: опасности, возникающие при изменении факторов природной среды (в первую очередь абиотических); опасности, возникающие при стихийных природных явлениях. Опасности обоих типов в достаточной степени подробно рассматриваются в курсе дисциплины «Экология».

2.3.2. Антропогенные, антропогенно-техногенные и техногенные опасности

Антропогенная опасность – возникает в результате ошибочных или несанкционированных действий человека или группы людей.

Серьезной опасностью для человека является употребление алкоголя и наркотиков. *Алкоголизм* – хроническое заболевание, обусловленное системати-

ческим употреблением алкогольных (спиртосодержащих) напитков. Алкоголь быстро всасывается в кровь. Проникая внутрь живых клеток, алкоголь нарушает работу органов и тканей. Сильное влияние алкоголь оказывает на снижение скорости двигательных реакций. Даже в трезвом состоянии человек, систематически употребляющий алкоголь, больше подвержен производственным и иным опасностям, чем не пьющий. Алкогольная смертность при потреблении спиртного в количестве 14,5 литров в год (в пересчёте на чистый этиловый спирт) составляет до 260 человек на 100 000 населения (по статистическим данным Минздравсоцразвития России в 2008 г. было продано спиртных напитков из расчёта в среднем более 18 литров спирта на душу населения РФ).

Наркомания – зависимость человека от приема наркотиков, заболевание, при котором жизнедеятельность организма поддерживается на определенном уровне только при условии регулярного приема наркотических веществ. Возникновение наркомании связано с эйфоризирующим или стимулирующим воздействием на человека. Наркомания ведет к глубокому нарушению физических и психологических функций. Часто развитию наркомании способствует нездоровая социальная среда, отсутствие у человека положительных интеллектуальных и социальных установок.

Курение – вдыхание дыма тлеющих растительных продуктов. Наиболее распространенная вредная привычка среди жителей нашей страны, появившаяся в России в конце XVII века. Курение является одной из главных причин эмфиземы и рака легких (85% случаев). Курильщики чаще других болеют раком гортани, пищевода, почек, они чаще умирают от кровоизлияния в мозг и сердечных приступов.

К социальным опасностям относятся: *бандитизм, разбой, шантаж, изнасилование.*

В современном мире всё более частыми становятся проблемы, связанные с такими асоциальными действиями как:

заложничество – захват людей одними лицами с целью принуждения к выполнению определенных требований другими лицами;

террор – физическое насилие, вплоть до физического уничтожения;

экстремизм (от фр. *extremisme*, от лат. *extremus* – крайний) – приверженность к крайним взглядам и, в особенности, мерам (обычно в политике).

К антропогенным опасностям также относят венерические заболевания, СПИД, суицид.

Суицид – самоубийство, является делом рук самого потерпевшего и всегда представляет собой насильственный акт. Суицид – это результат влияния социальной среды и возникает тогда, когда человек оценивает сложившуюся ситуацию как неразрешимый конфликт. Среди людей, решившихся на суицид, около 27% составляют психически больные люди, а еще около 18% – алкоголики. Большая часть самоубийц – вполне здоровые люди.

В своей основе большинство антропогенных опасностей является несовершенство человеческой природы, социально-экономические процессы, протека-

ющие в обществе. Адекватная правовая система в обществе может значительно сократить возникающие социальные опасности.

Ошибки, допускаемые человеком при проектировании и производстве технических систем, при их обслуживании, а также вследствие недостаточной подготовленности и натренированности персонала, приводят к реализации *антропогенно-техногенных опасностей*.

Источником антропогенно-техногенных опасностей при проектировании и производстве может быть:

- низкий уровень научно-исследовательских работ, в том числе неправильный выбор направления развития техники и технологий по критериям безопасности;
- выбор потенциально опасных конструктивных схем и принципов действия технических систем. Ошибки в определении эксплуатационных нагрузок, запаса прочности, неправильный выбор конструкционных материалов и мер, предотвращающих их коррозию;
- некачественная доводка конструкций, технологий;
- недостаточная точность расчёта конструктивных размеров, нарушение режимов термической и химико-термической обработки деталей, нарушение регламентов сборки и монтажа оборудования.

Источником антропогенно-техногенных опасностей при эксплуатации и обслуживании технических систем могут быть:

- использование техники не по назначению;
- нарушение требований транспортировки и хранения;
- нарушение паспортных режимов эксплуатации;
- несвоевременное проведение профилактических осмотров и ремонтов.

Важнейшим фактором, способствующим возникновению антропогенно-техногенной опасности, является несовместимость обслуживающего персонала (человека) и технической системы.

Совместимость человека и технической системы бывает пяти видов:

1. Биофизическая совместимость. Состоит в достижении разумного компромисса между физиологическим состоянием и работоспособностью человека, с одной стороны, и различными факторами, характеризующими систему (объем и качество выполняемых задач, продолжительность работы), – с другой. Должны быть обоснованы и выбраны номинальные и предельные значения отдельных воздействий на организм человека с целью обеспечения минимальной опасности работника при максимально возможной производительности оборудования.

2. Энергетическая совместимость. Предусматривает создание органов управления системой и подбор оператора для системы таким образом, чтобы они соответствовали оптимальной нагрузке конечностей оператора по затрачиваемой мощности, скорости, точности и т.п.

3. Пространственно-антропометрическая совместимость заключается в учете антропометрических характеристик и физиологических особенностей человека при создании рабочего места.

4. Технико-эстетическая совместимость. Выражается в обеспечении творческой и эстетической удовлетворенности человека от процесса труда как совокупности физических и интеллектуальных усилий, имеющих элементы творческой направленности.

5. Информационная совместимость. Основывается на возможностях человека по приему и переработке потока закодированной информации и эффективному положению управляющих воздействий в соответствующей системе.

Реакция человека на любое внешнее воздействие (раздражение) и превращение ее в защитное действие хорошо прослеживаются на примере *рефлекторной дуги*. Энергия раздражителя поступает на рецепторы⁴ человека и далее по нервным волокнам в виде нервных импульсов передается в центральную нервную систему. В коре головного мозга информация анализируется и по нервным волокнам передается к исполнительным органам человека для компенсации внешнего воздействия. Результат компенсационного действия в виде сигнала обратной связи поступает опять на рецептор.

При длительном воздействии раздражителя происходит адаптация рецептора и его чувствительность снижается. Однако когда действие раздражителя прекращается, чувствительность рецептора восстанавливается.

Иногда поступающая информация переключается непосредственно на исполнительные органы. Такой принцип переработки информации заложен в основу многих безусловных рефлексов (врожденных, наследственно передающихся). Например, сокращение мышц конечностей, раздражаемых электрическим током, теплотой или химическими веществами, вызывает реакцию удаления конечности от раздражителя.

При длительном многократном воздействии раздражителя на основе приобретенного опыта формируются условные рефлексы.

Процесс сознательного поиска решения в конкретной ситуации является медленным. В экстренных быстроразвивающихся ситуациях вероятность того, что человек найдет правильное решение путём мышления, ничтожно мала. Основной путь подготовки человека к действиям в конкретных экстренных ситуациях состоит в постоянном обучении и тренировке с целью перевода его действий на уровень стереотипов.

Стереотип – устойчивая сформировавшаяся в прежнем осознанном опыте рефлекторная дуга, выводимая в пограничную зону между сознанием и подсознанием.

Целью формирования такой рефлекторной дуги является использование тренажеров на транспорте (в том числе в авиации), в промышленности и в других

⁴ Как правило, рефлексы возникают при раздражении не одного, а многих рецепторов, расположенных в той или иной области тела.

отраслях экономики, а также в спорте. Чем чаще идут одинаковые импульсы, тем прочнее и устойчивее становится система передачи сигнала от рецептора к исполнительному органу, а вероятность определенной двигательной реакции на определенное раздражение возрастает. Однако эта вероятность, в силу существования опасности искажения сигнала в проводящей системе, никогда не может достичь максимального значения, равного единице. Следовательно процесс принятия человеком решения всегда является многовариантным, в том числе допускающим ошибки.

Анализируя действия человека, психологи выделяют три функциональные части: мотивационную, ориентировочную и исполнительную. Нарушение любой из этих частей ведет к ошибке действия. В психологической классификации причин возникновения опасных ситуаций и аварий выделяют три класса нарушений:

- мотивационной части действия, в результате чего человек не желает выполнять определенные операции (действия). Например, человек склонен к риску, недооценивает опасность, отрицательно относится к требованиям технического регламента и т.п. Другой вариант – человек находится в состоянии алкогольного или наркотического опьянения, в состоянии депрессии и т.п.;

- ориентировочной части действия. Человек не знает правил эксплуатации системы, норм безопасности труда, способов их выполнения;

- исполнительной части действия, при котором невыполнение инструкций, предписаний, норм является следствием несоответствия психических и физических возможностей человека требованиям работы. Например, человеку присущи плохая концентрация внимания, недостаточная координация, имеется несоответствие роста габаритам обслуживаемого оборудования и т.п. Иные варианты связаны с переутомлением, пониженной трудоспособностью, стрессами, состоянием опьянения и т.п.

Каждой группе причин возникновения опасных ситуаций соответствует своя группа профилактических мероприятий, а именно:

- для мотивационной части – воспитание и пропаганда;
- для ориентировочной части – обучение и отработка навыков;
- для исполнительской части – профотбор, медицинское обследование.

Техногенные опасности создают элементы техносферы: вещества, устройства, машины, сооружения и т.д.

Техногенные опасности по прямому воздействию на человека могут быть подразделены на химические и физические. Кроме того, они могут быть связаны с биологическим воздействием, которое имеет место в случаях интродуцирования биологических объектов из других регионов (это особенно характерно авиации) или, если элементы техносферы участвуют в процессах размножения, выращивания, транспортирования, переработки, хранения и т.п. животных, растений и микроорганизмов.

Химически вредные и опасные вещества (органического и неорганического происхождения) подразделяются на:

- отравляющие вещества (ОВ), в том числе боевые ОВ;
- яды, используемые в производствах, например, органические растворители, красители и т.п.;
- бытовые химикаты;
- биологические растительные и животные яды;
- ядохимикаты (например, пестициды), используемые в сельском хозяйстве.

Среди физических опасностей наиболее ясно выделяется группа механических опасностей, нежелательное воздействие на человека которых обусловлено силами гравитации и кинетической энергии тел.

Носителями механических опасностей искусственного происхождения являются машины и механизмы, различное оборудование, транспорт, здания и сооружения и многие другие объекты, воздействие которых на человека связано с их массой, кинетической энергией и другими свойствами.

Примерами некоторых распространённых техногенных физических опасностей являются следующие.

Электроток. Действие электрического тока на человека носит многообразный характер. Проходя через организм человека, электрический ток вызывает термическое, электролитическое, механическое, а также биологическое действия.

Термическое действие тока, нагревающего (закон Джоуля-Ленца) проводник, по которому течёт ток, проявляется в ожогах некоторых отдельных участков тела, нагреве кровеносных сосудов, нервов, крови и т. п.

Электролитическое действие тока проявляется в том, что в организме человека протекают особые, инициированные действием тока, химические реакции, ведущие к разложению крови и других органических жидкостей организма, что вызывает значительные нарушения их физико-химического состава.

Механическое действие тока приводит к расслоению, разрыву тканей организма в результате электродинамического эффекта, а также мгновенного взрывоподобного образования пара из тканевой жидкости и крови. Механическое действие связано с сильным сокращением мышц, вплоть до их разрыва.

Биологическое действие тока проявляется как раздражение и возбуждение живых тканей организма, что сопровождается непроизвольными судорожными сокращениями мышц, в том числе легких и сердца. В результате могут возникнуть различные нарушения и даже полное прекращение деятельности органов кровообращения и дыхания.

Обычно воздействие электротока на человека сопровождается разнообразными травмоопасными последствиями: падениями, в том числе и с высоты, отдёргиваниями рук, головы и ударами о соседние твёрдые предметы и пр. В результате при том, что электрические травмы случаются относительно редко, они приводят к значительному числу травм с тяжёлыми и со смертельным исходами.

Статическое электричество. Основная опасность, создаваемая электризацией различных материалов, состоит в возможности возникновения искрово-

го разряда, как с диэлектрической наэлектризованной поверхности, так и с изолированного проводящего устройства на близко расположенный объект (человека или на предмет, электрически соединённый с землёй).

Разряд статического электричества возникает тогда, когда напряженность электрического поля над поверхностью диэлектрика или проводника, обусловленная накоплением на них зарядов, достигает критической (пробивной) величины. В результате возможно поражение человека током или воспламенение горючих веществ и их смесей⁵, попадающих в зону разряда.

Лазерное излучение – вынужденное (посредством лазера⁶) испускание атомами вещества порций-квантов электромагнитного излучения. Слово "лазер" является аббревиатурой, образованной из начальных букв слов английского выражения *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* (усиление света с помощью индуцированного излучения). Путем подбора тех или иных веществ в качестве рабочего тела (активной среды) лазер может индуцировать излучение практически со всеми длинами волн, от коротковолновых (ультрафиолетовых) и до длинноволновых (инфракрасных).

В следствие монохроматичности (одноцветности) лазерного луча и его малой расходимости создаются исключительно высокие энергетические экспозиции, позволяющие получить локальный термический эффект, что позволяет использовать лазерные установки при обработке материалов (резание, сверление, поверхностная закалка и др.), в медицине (хирургия, офтальмология и др.) и т. д.

Наиболее распространены лазеры, генерирующие электромагнитные излучения с длиной волны 0,33; 0,49; 0,63; 0,69; 1,06; 10,6 мкм.

Лазерное излучение представляет опасность для человека, наиболее опасно оно для органов зрения и для кожи. Практически при всех используемых длинах волн лазерное излучение проникает свободно внутрь глаза. Лучи света, прежде чем достигнуть сетчатки глаза, проходят через несколько преломляющих сред: роговую оболочку, хрусталик, стекловидное тело. Энергия лазерного излучения, поглощенная внутри глаза, преобразуется в тепловую энергию. Нагревание может вызвать различные повреждения и разрушения глаза. При больших интенсивностях лазерного облучения возможны повреждения не только кожи, но даже внутренних тканей и органов. Такие повреждения имеют характер отеков, кровоизлияний, омертвления тканей, а также свертывания крови и распада её компонентов.

⁵ Так, например, для исключения пожаров после посадки воздушные суда на месте стоянки прежде всего заземляют (принудительно соединяют с землёй), что обеспечивает отвод заряда значительной величины, накопленного в полёте.

⁶ Лазер (англ. *laser*, акроним от англ. *light amplification by stimulated emission of radiation* – усиление света посредством вынужденного излучения), оптический квантовый генератор – устройство, преобразующее энергию накачки (световую, электрическую, тепловую, химическую и др.) в энергию когерентного, монохроматического, поляризованного и узконаправленного потока излучения.

Электромагнитные поля (ЭМП) и излучения. Жизнь в целом и жизнь современного человека в частности тесно связаны с электромагнитными явлениями и без них невозможны. При этом электромагнитные поля (ЭМП) являются мощным физическим раздражителем, вызывающим значительные функциональные и органические нарушения в организме человека. Воздействие ЭМП имеет кумулятивный характер, приводящий к развитию отдалённых последствий.

Источниками электромагнитных полей радиочастот (с частотами f от 100 кГц до 300 МГц или с соответствующими им длинами волн λ от 3 км и до 1 м) являются радиотехнические объекты, телевизионные и радиолокационные станции, термические цехи.

Тепло. Значительными источниками теплового загрязнения среды обитания являются тепловые и атомные электростанции (ТЭС и АЭС).

Ионизирующие излучения (преимущественно радиация). Микрочастицы и электромагнитные излучения, которые при прохождении через вещество ионизируют его (образовывают в нем пары ионов). Это один из климатических факторов окружающей среды (см. курс Экологии).

Источниками внешнего ионизирующего облучения человека в окружающей среде являются космическое пространство, природные источники (месторождения руд радиоактивных элементов, в том числе урановые и ториевые "провинции"), АЭС и многое другое.

Техногенными источниками ионизирующего излучения являются: ядерные реакторы (включая реакторы АЭС); ТЭС, использующие в качестве топлива каменный уголь; ускорители элементарных частиц; рентгеновские аппараты для технических и медицинских целей; электронно-лучевые трубки кинескопов и т.п.

Шум акустический. С физиологической точки зрения – это всякий неблагоприятно воспринимаемый человеком звук в частотном диапазоне от (16-20) Гц до (16-20) кГц. Он создается транспортными средствами, промышленным оборудованием и механизмами.

Инфразвук – упругие звуковые колебания с частотой ниже (16-20 Гц), могут иметь как естественное происхождение (землетрясения, бури, ураганы, цунами и т.п.), так и техногенное (работа тяжёлых медленновращающихся механизмов и машин, например, ветряные электростанции, вентиляционные шахты, механизмы вертолётов). Инфразвук резонирует с внутренними органами человека из-за совпадения внешних и собственных частот колебаний.

Ультразвук – упругие колебания с частотой колебаний выше $(16 - 20) \cdot 10^3$ и до $1 \cdot 10^9$ Гц. Ультразвуковые колебания хорошо распространяются в воздухе и при контакте твёрдых тел. В природе ультразвук используется летучими мышами, некоторыми птицами, живущими в пещерах, для ночной локации. Техногенный ультразвук используется для очистки мелких деталей, смешивания (гомогенизации) жидкостей, сверления узких отверстий сложной формы и других целей. При воздействии ультразвука возникают функциональные нарушения нервной, сердечно-сосудистой и эндокринной систем, слухового и вестибуляр-

ного аппаратов, что, в частности, связано с явлением кавитации (от лат. *cavitas* - пустота) в жидких средах. Ультразвук может вызывать нарушение функций мозга, изменение структуры костной ткани.

Вибрация – механические колебания в упругих твёрдых телах. *Общая вибрация* передаётся телу человека через опорные конструкции; имеет диапазон частот от 1 до 63 Гц. *Локальная вибрация* передаётся от вибрирующих поверхностей через конечности и предплечья человека; имеет диапазон частот от 8 до 1000 Гц. Опасными источниками вибрации являются технологическое оборудование ударного действия, рельсовый транспорт, строительные машины, авиация, тяжелый автотранспорт и т.п.

Вибрация опасна для человека следующими последствиями: нарушением сердечно-сосудистой и нервной систем; поражением мышечных тканей и суставов; заболеваниями опорно-двигательного аппарата. Для профессиональных водителей автомобилей и для пилотов воздушных судов вибрация является одной из причин возникновения межпозвоночной грыжи, встречающейся у них чаще, чем у работников других профессий.

При вибрации в случае совпадения собственных колебаний технических систем или оборудования с вынужденными может наступить явление резонанса, влекущее за собой разрушение конструкций, аварии, катастрофы.

Действие антропогенных загрязнений на биоту имеет важные особенности. Прежде всего это то, что *дозовый эффект* действия различных чуждых веществ или излучений на биологические системы, как правило, бывает не линейен, а именно действие малых доз зачастую является несоразмерно сильным или даже имеет другой знак (так, малые дозы токсикантов могут оказывать лечебное воздействие, например, малые количества змеиного и пчелиного яда используют для создания лекарственных средств). Нелинейность дозового эффекта выражается и в том, что для некоторых веществ (таких, как опасные канцерогены) или для ряда мутагенных факторов (как ионизирующая радиация) безопасных доз и концентраций практически не существует.

Опасность антропогенного загрязнения среды связана также с наличием кумулятивного эффекта, то есть с накоплением неблагоприятного воздействия на организм. В частности, в организме человека кумулятивный эффект загрязнений проявляется как накопление стресса, общая усталость, напряжение, переходящие в предболезнь. Для всех антропогенных воздействий характерно наличие синергического эффекта, то есть при совместном действии суммарный эффект не равен простой сумме воздействий, а увеличивается значительно. Если даже малые концентрации каких-либо химических веществ действуют на один и тот же организм одновременно, то возможен самый разнообразный интегральный эффект. Одни вещества могут, как усиливать, так и ослаблять действие других, а в некоторых случаях возможен неожиданный (мало предсказуемый) результат.

Кроме того, для всех живых организмов характерны генотипические, иммунологические и индивидуальные различия в чувствительности к тем или иным

воздействиям, то есть существуют различия в чувствительности мишеней. На примере критических периодов онтогенеза видно, что такая разница в чувствительности может быть очень велика. Так, во время закладки у эмбриона какого-либо органа ничтожное воздействие химического вещества (такого, как аспирин или легкое снотворное) может вызвать уродство, тогда как у взрослого организма та же самая доза не вызывает даже лёгкий неблагоприятный эффект.

Следовательно, все антропогенные воздействия могут быть сравнимы с факторами естественного отбора. В конечном счете, суммарное воздействие на человека изменённых им факторов окружающей среды происходит аналогично естественному отбору и проявляется в форме бесплодия, повышенной предродовой и послеродовой смертности. Интересно отметить, что в старых промышленных районах население, благодаря генетической адаптации, оказывается более устойчивым к загрязнениям.

Многим загрязнениям характерно триггерное⁷ действие, заключающееся в том, что то или иное загрязнение может вызвать цепную реакцию, начинающуюся с какого-то одного наиболее чувствительного вида и передающаяся далее по трофической сети. Это ведёт к поражению уже целой экосистемы.

Например, хлорфторуглероды (фреоны) оказывают токсическое действие на организм человека, но при малых дозах эффект не заметен. Одновременно эти газы относятся к "парниковым" и при их накоплении в атмосфере возникают такие глобальные изменения, как перераспределение осадков или потепление. Другим результатом присутствия фреонов в атмосфере является разрушение озонового слоя и, как следствие, повышение заболеваемости от мутагенного эффекта воздействия ультрафиолетовых лучей Солнца. Анализ всей цепочки воздействия на биоту показывает, что наличие таких веществ даже небольших концентраций ведёт к значительным последствиям.

Контрольные вопросы и задания

1. *Понятие о безопасности жизни и деятельности в техносфере.*
2. *Понятие об опасности. Виды и классификация опасностей.*
3. *Понятие о риске. Риск, как мера опасности. Суть понятия «приемлемый риск».*
4. *Рефлекторная дуга, стереотипы.*
5. *Какой выбор следовало бы сделать, если бы в приведённом примере сравнения двух вариантов систем энергообеспечения (в конце п. 2.1) были бы получены одинаковые значения экономического риска (например, в каждом случае – по 150 тыс. руб./год)?*
6. *В каких ситуациях на земле воздушному судну грозит повреждение?*
7. *Каковы характерные особенности электротравм в современном обществе (и на производстве, и в быту)?*

⁷ Триггер (от *англ.* trigger) - спусковой крючок, собачка.

Глава 3. ИСТОЧНИКИ, ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ОЦЕНКА ОПАСНОСТЕЙ

3.1. Источники опасности

Опасность проявляется в действии негативных (вредных и травмоопасных) факторов на определенный объект (предмет) воздействия. Классификация факторов опасности, выполненная по «источникам опасности», подразделяет все многочисленные опасные для человека и окружающей среды факторы на следующие четыре вида:

1. Экологические – обусловленные причинами природного характера.
2. Социально-экономические – обусловленные причинами социального, экономического, психологического характера.
3. Техногенные (или антропогенные) – обусловленные хозяйственной деятельностью людей.
4. Военные – обусловленные работой военной промышленности и действиями армий (своей и противника).

Все эти факторы и их воздействия необходимо рассматривать комплексно, с учетом их взаимного влияния и связей иерархического характера.

Важно отметить, что в некоторых случаях возникновение опасных факторов носит вероятностный характер, это аварии, стихийные бедствия, катастрофы. В других случаях существование опасных факторов детерминировано (предопределено), например, при загрязнении окружающей среды или во время войны.

Термином "опасность" характеризуется такая постоянно присутствующая в окружающей среде ситуация, которая способна в определенных условиях привести к реализации нежелательного события – возникновению опасного фактора.

Номенклатура опасностей для изучаемого объекта выбирается в зависимости от цели проводимых исследований.

В настоящее время *источниками опасности* (её материальными носителями) являются: природно-климатическая среда (грозы, наводнения, солнечная активность и т.п.); флора и фауна экосистем; человек; объекты, формирующие трудовой процесс и входящие в него; предметы труда, средства труда (машины, станки, инструменты, сооружения, здания, земля, дороги, энергия и т.п.); продукты труда; технологии (операции, действия). При анализе обстановки среды жизнедеятельности человека можно выделить как внешние, так и внутренние источники опасности.

Внутренние источники опасности обусловлены личными особенностями работающего человека и представляют субъективный аспект опасности.

Внешние источники – два рода явлений: состояние среды деятельности (технические системы) и ошибочные (непреднамеренные) действия персонала, приводят к авариям и создают для окружающей среды и людей рискованные ситуации. При этом разные факторы среды обитания воздействуют неодинаково: если техника и технологии могут представлять непосредственную опас-

ность, то социально-психологическая среда (за исключением случаев войны, прямого вредительства и терроризма) влияет на человека через его психологическое состояние.

Под *технической системой (объектом)* понимается упорядоченная совокупность отдельных элементов, связанных между собой функционально и взаимодействующих таким образом, чтобы обеспечить выполнение некоторых заданных функций при различных состояниях работоспособности людей.

Объектами могут быть различные системы и их элементы, в частности: оружие, установки, аппараты, устройства, агрегаты и отдельные детали. *Признаком системы* является структурированность, взаимосвязанность ее частей, подчиненность организации всей системы определенной цели.

То или иное *потенциально угрожающее* состояние, связанное с деятельностью производственного объекта, может реализоваться в результате отказа технического устройства (оборудования), ошибочного проектного решения, ошибки обслуживающего персонала, отклонения параметров технологического процесса, вредных воздействий при утилизации оборудования и отходов его использования, террористических действий, внешних нештатных факторов и т.д.

Опасность является свойством, внутренне присущим сложной технической системе. Она может, в результате отказа техники, реализоваться постепенно или внезапно и резко, при этом объекту (предмету) воздействия наносится **прямой или косвенный ущерб**.

Определяющие признаки опасности – это:

1. Возможность непосредственного отрицательного воздействия на объект (предмет).

2. Возможность нарушения нормального состояния элементов производственного процесса, в результате которого могут возникнуть нежелательные события.

Наличие хотя бы одного из указанных признаков является достаточным для отнесения факторов к опасным или вредным.

Процесс развития опасности можно описать следующей логической последовательностью:

- нарушение технологического процесса, допустимых пределов эксплуатации оборудования, условий содержания сырья и (или) продукции и т.п.;
- образование и накопление поражающих факторов, приводящих технические системы к аварии;
- разрушение конструкций;
- образование и выброс (распространение в окружающей среде) поражающих факторов;
- воздействие (взаимодействие) поражающих факторов с объектом воздействия (с окружающей природной средой, человеком, объектами техносферы и пр.);
- реакция на поражающее воздействие.

В зависимости от особенностей технической системы отдельные события (звенья или элементы приведенной цепи) могут отсутствовать. Каждое событие можно охарактеризовать частным показателем в виде вероятности события, например, таким как:

- вероятность отказа технической системы;
- вероятность аварийного исхода;
- вероятность образования поражающих факторов;
- вероятность поражения объектов воздействия;
- вероятность вторичных поражающих факторов;
- вероятность воздействия;
- вероятность поражения.

Из приведенной логической последовательности следует, что наличие потенциальной опасности в системе не всегда сопровождается её негативным воздействием на объект. Любое исключение в цепи ведет к *нереализации* опасности. Таким образом, для реализации опасности необходимо наличие: источника вреда; потенциальной жертвы; ситуации причинения ущерба.

Состояния, при которых отсутствует, присутствует или реализуется опасность, проиллюстрированы на рис. 3.1, 3.2, 3.3. С учетом информации, проведенной на рисунках, следует сделать принципиально важное заключение: для реализации опасности необходимо выполнение минимум трех условий:

1. Опасность реально имеет место (присутствует).
2. Объект находится в зоне действия опасности.
3. Объект не имеет достаточных средств для защиты.

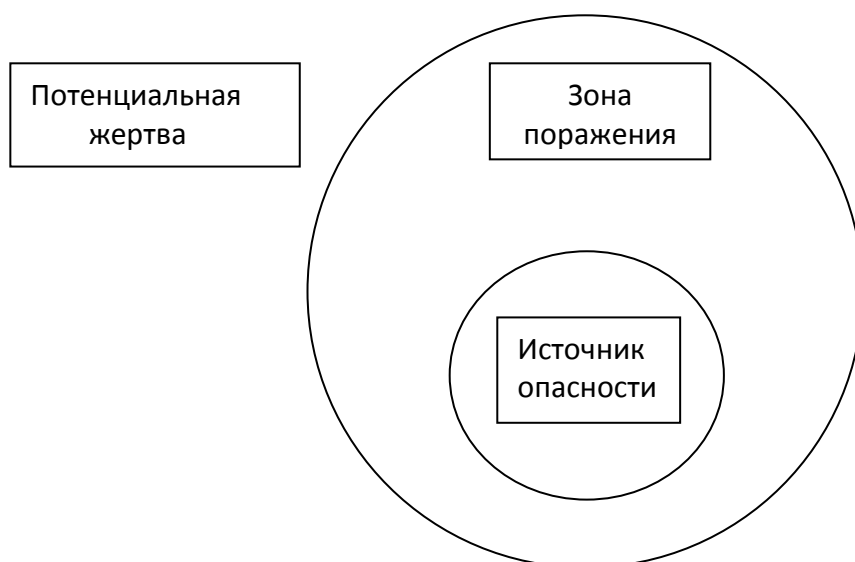


Рис. 3.1. Схема, иллюстрирующая ситуацию отсутствия опасности

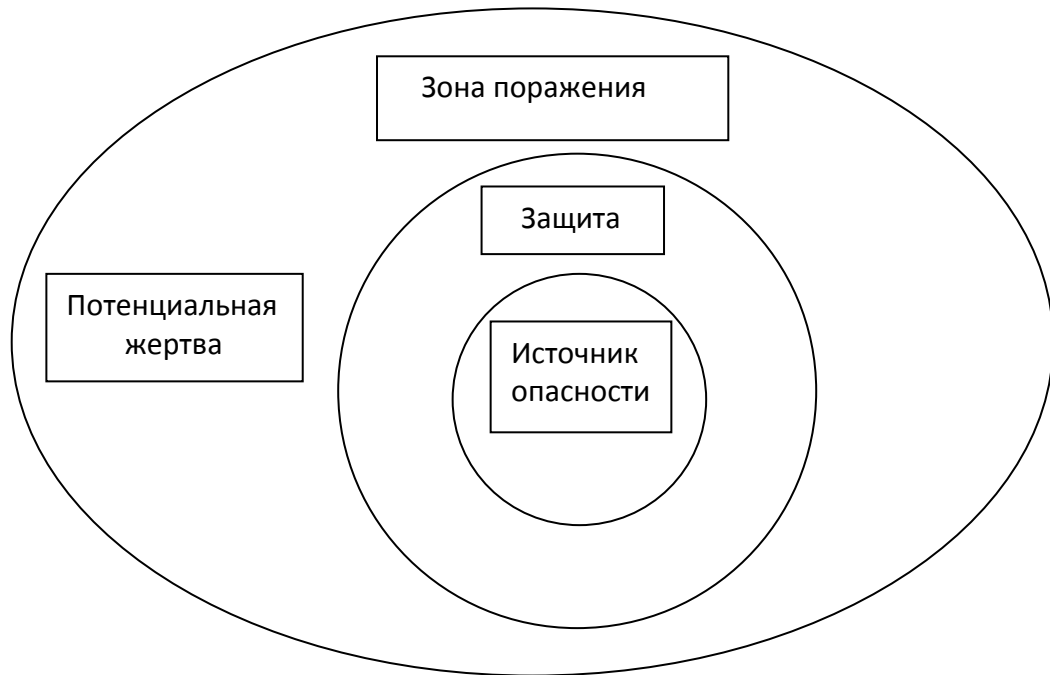


Рис. 3.2. Схема, иллюстрирующая наличие не реализующейся опасности



Рис. 3.3. Схема, иллюстрирующая реализацию опасности

3.2. Аксиомы потенциальной опасности технических систем

Анализ реальных аварийных ситуаций, событий и факторов и человеческая практика уже сегодня позволяет сформулировать ряд аксиом об опасности технических систем. Так авторы учебного пособия [14] под редакцией М. И. Фалеева приводят следующие аксиомы:

Аксиома 1. *Любая техническая система потенциально опасна.*

Потенциальность опасности заключается в скрытом, неявном характере и проявляется при определенных условиях. Ни один вид технической системы при её функционировании не обеспечивает абсолютной безопасности.

Аксиома 2. *Техногенные опасности существуют, если повседневные потоки вещества, энергии и информации в техносфере превышают пороговые значения.* Пороговые или предельно допустимые значения опасностей устанавливаются из условия сохранения функциональной и структурной целостности человека и природной среды. Соблюдение предельно допустимых значений потоков создает безопасные условия жизнедеятельности человека в жизненном пространстве и исключает негативное влияние техносферы на природную среду.

Аксиома 3. *Источниками техногенных опасностей являются элементы техносферы.* Опасности возникают при наличии дефектов и иных неисправностей в технических системах, при неправильном использовании технических систем. Технические неисправности и нарушения режимов использования технических систем приводят, как правило, к возникновению травмоопасных ситуаций, а выделение отходов (выбросы в атмосферу, сбросы в гидросферу, поступление твердых веществ на земную поверхность, энергетические излучения и поля) сопровождается формированием вредных воздействий на человека, природную среду и элементы техносферы.

Аксиома 4. *Техногенные опасности действуют в пространстве и во времени.* Травмоопасные воздействия действуют, как правило, кратковременно и спонтанно в ограниченном пространстве. Они возникают при авариях и катастрофах, при взрывах и внезапных разрушениях зданий и сооружений. Зоны влияния таких негативных воздействий, как правило, ограничены, хотя возможно распространение их влияния и на значительные территории, например, при аварии на Чернобыльской атомной электростанции (ЧАЭС, 1986), после цунами в Тихом океане и последующей атомной аварии на электростанции Фукусима (Япония, 2011).

Для вредных воздействий характерно длительное или периодически негативное влияние на человека, природную среду и элементы техносферы. Пространственные зоны вредных воздействий измеряются в широких пределах от рабочих и бытовых зон до размеров всего земного пространства. К последним относятся выбросы парниковых и озоноразрушающих газов, рассеивание радиоактивных веществ в атмосфере, пестицидов в гидросфере и т.п.

Аксиома 5. *Техногенные опасности оказывают негативное воздействие на человека, природную среду и элементы техносферы одновременно.* Человек и

окружающая его техносфера, находясь в непрерывном материальном, энергетическом и информационном обмене, образуют постоянно действующую пространственную систему «человек – техносфера». Одновременно существует и система «техносфера – природная среда». Техногенные опасности не действуют избирательно, они негативно воздействуют на все составляющие вышеупомянутых систем одновременно, если последние оказываются в зоне влияния опасностей.

Аксиома 6. *Техногенные опасности ухудшают здоровье людей, приводят к травмам, материальным потерям и к деградации природной среды.*

Это положение достаточно очевидно и без дополнительных пояснений.

3.3. Идентификация опасностей

Под идентификацией (от позднелат. *identifico* – отождествляю) понимается процесс обнаружения и устранения количественных, вредных, пространственных и иных характеристик, необходимых и достаточных для разработки профилактических и оперативных мероприятий, направленных на обеспечение нормального функционирования технических систем и качества жизни.

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

Потенциал опасности проявляется с количественной стороны, например, уровень шума, запыленность воздуха, напряжение в электрической сети, величина электрического тока.

Качество опасности отражает её специфические особенности, влияющие на организм человека, например, частотный состав шума, дисперсность пыли, род электрического тока.

Применяются численные, балльные и иные приемы количественного выражения опасностей. В процессе идентификации выявляются номенклатура опасностей, вероятность их проявления, пространственная локация (координаты расположения), возможный ущерб и другие параметры, необходимые для решения конкретных задач.

Мерой опасности может выступать, например, число пострадавших. Известно, например, что каждый добытый 1 млн. т угля в бывшем СССР стоил жизни одному шахтеру. В XXI веке в России эта мера приблизилась к двум. Другой мерой опасности может являться ущерб для окружающей среды, приносимый после её реализации.

Наиболее распространенной оценкой опасности является риск – вероятность и размер потерь при действиях, сопряженных с опасностью.

Методы обнаружения опасностей подразделяются на:

– **Инженерный**, определяющий опасности, которые имеют вероятностную природу происхождения.

– **Экспертный**, направленный на поиск отказов и их причин, для чего создается специальная экспертная группа, в состав которой входят разные специалисты, дающие свои профессиональные заключения.

– **Социологический** метод, применяемый при определении опасностей путем исследования мнения населения (социальной группы) путем опросов.

– **Регистрационный**, заключающийся в сборе и дальнейшем использовании информации о конкретных событиях, затратах каких-либо ресурсов, количестве жертв.

– **Органолептический**, использующий информацию, получаемую органами чувств человека (зрением, осязанием, обонянием, вкусом и др.), например, внешний осмотр техники, изделия, определение на слух (по особенностям звука) четкости работы двигателя или о дефектах в работе и пр.

3.4. Причины и закономерности усиления техногенной опасности

Условия, при которых реализуются потенциальные опасности, называются **причинами**. Они характеризуют совокупность обстоятельств, благодаря которым опасности проявляются и вызывают те или иные нежелательные события – последствия. Формы нежелательного последствия различны: травмы, материальный ущерб, урон окружающей среде и др. «*Опасность – причина – нежелательные последствия*» – эта логическая цепь развития, преобразующая потенциальную опасность в реальное нежелательное последствие. Как правило, этот процесс является многопричинным.

Статистические данные по аварийности и травматизму свидетельствует, что главную угрозу представляют не потоки энергии и вредных веществ, а **закономерности** их появления, характеризующиеся в основном следующим:

а) аварийность и травматизм можно интерпретировать как совокупность сравнительно редких, случайных событий - происшествий;

б) возникновение каждого происшествия чаще всего обусловлено не отдельной взятой причиной, а цепью соответствующих предпосылок (совпадением во времени ряда относительно мелких причин);

в) инициаторами и звеньями цепи предпосылок служат ошибки людей, отказы техники и/или нерасчетные воздействия на них извне.

Перечисленные закономерности позволили сформировать энергоэнтропийную⁸ концепцию техногенного риска, использованную для обоснования объекта и предмета соответствующих принципов и методов.

⁸ Энтропия (от др.-греч. ἐντροπία – поворот, превращение) – в естественных науках мера беспорядка системы, состоящей из многих элементов. В частности, в статистической физике – мера вероятности осуществления какого-либо макроскопического состояния; в теории информации – мера неопределённости какого-либо опыта (испытания), который может иметь разные исходы, а значит, и количество информации; в исторической науке – для экспликации феномена альтернативности истории (инвариантности и вариативности исторического процесса). Энтропия в информатике – степень неполноты, неопределённости знаний.

Понятие энтропии впервые было введено Клаузиусом в термодинамике в 1865 году для определения меры необратимого рассеивания энергии, меры отклонения реального процесса

Суть энергоэнтропийной концепции заключается в следующих положениях:

1. Техногенная опасность связана с энергопотреблением – выработкой, передачей, хранением, преобразованием механической, электрической, химической и других видов энергии.

2. На практике энергия преобразуется в результате нежелательного высвобождения накопленных потенциалов и разрушительного распространения соответствующих потоков.

3. Внезапный выход и нежелательное распространение потоков энергии и (или) вещества может сопровождаться техногенными происшествиями с гибелью людей, повреждениями техники и (или) окружающей среды.

4. Происшествия вызваны предпосылками, приводящими к потере управления энергомассообменом, разрушительному воздействию потоков энергии и массы на людей, оборудование и на внешнюю среду.

5. Предпосылки происшествий делятся на ошибочные действия людей, отказы технологического оборудования и неблагоприятные воздействия на них извне.

Правомерность энергоэнтропийной концепции подтверждается эмпирическими данными: все известные техногенные происшествия обусловлены разрушительным высвобождением энергии и вредных веществ.

Типичная причинная цепь техногенных происшествий в общем случае представляет следующую последовательность событий-предпосылок: ошибка человека, отказ используемого им оборудования и (или) недопустимое для них внешнее воздействие → появление потока энергии или вещества в неожиданном месте и (или) не вовремя ↔ отсутствие (неисправность) предусмотренных на эти случаи средств защиты и (или) неправильные действия людей в такой ситуации ↔ воздействие движущихся потоков на незащищенные элементы техники, людей и (или) окружающей их среды ↔ ухудшение свойств и (или) целостности соответствующих материальных, людских и природных ресурсов.

Анализ причин аварийных ситуаций показывает, что основными факторами аварийности и травматизма следует считать слабые практические навыки работающих, их низкую технологическую дисциплинированность и неумение правильно оценивать информацию, низкое качество оборудования рабочих мест.

Причина тенденций роста количества чрезвычайных ситуаций заключается и в том, что при создании и эксплуатации техники не учитывается в должной мере⁹ принцип внутренней безопасности систем – система должна обладать защитными ресурсами, достаточными для исключения влияния дестабилизирующих факторов.

Научно-технический прогресс в конце XX века привел к резкому усилению техногенной опасности, что, прежде всего, вызвано следующими причинами:

от идеального. Определённая как сумма приведённых теплот, она является функцией состояния и остаётся постоянной при обратимых процессах, тогда как в необратимых – её изменение всегда положительно.

⁹ В наименьшей степени это относится к гражданской авиации, создатели которой всегда в своей работе ставили и решали задачу минимизации опасности на первое место.

1. Развитие производства шло сверх интенсивно и вызвало непомерное увеличение объемов материального и энергетического обмена с природой и к ускоренному усилению негативных техногенных факторов. Нагрузка на природные защитные механизмы достигла уровня, подчас превышавшего возможности защиты.

2. Прирост производственного потенциала происходил за короткий промежуток времени, за время которого не могла произойти нормальная адаптация природной среды к возросшим техногенным опасностям.

Кроме того, к общим причинам усиления техногенной опасности следует отнести объективно существующее противоречие между постоянно растущими потребностями человечества и объективно скудеющими возможностями природы по их удовлетворению. Как следствие, рос антагонизм между увеличивающимся числом новых для человека вредных факторов и имеющимися у человека защитными механизмами.

3.5. Оценка опасностей

Любой организм почти без вреда для себя способен переносить воздействие опасностей в виде изменения факторов среды в определенном диапазоне их изменений. Таков один из основных законов экологии – закон толерантности, установленный американским зоологом Виктором Шелфордом (1877 - 1968). Уровень, ниже которого болезненных изменений не наблюдается, называется **пороговым уровнем**.

Реакция организма на оказываемое отрицательное воздействие зависит не только от величины опасной дозы, но и от времени воздействия (экспозиции). При коротком воздействии (малой экспозиции) организм способен переносить более высокие уровни опасности (рис. 3.4). Для опасностей, способных к биоаккумуляции, таких как, например, загрязнение биосферы тяжелыми металлами (медь, свинец, цинк и т.п.) существуют пределы, в рамках которых организм может компенсировать их воздействие.

Эти особенности использованы при установлении ряда предельно допустимых значений, таких как ПДУ – предельно допустимого уровня воздействия физических факторов и ПДК – предельно допустимой концентрации веществ.

В настоящее время установлены допустимые уровни воздействия для случаев возникновения таких опасностей как загрязняющие вещества, шум, ультразвук и инфразвук, лазерное излучение, ионизирующее излучение и т.д. Значения ПДК и ПДУ устанавливаются санитарными правилами и нормами (СанПиН).

При наличии опасности возникает риск. В общем случае *риск* – сочетание вероятности и тяжести последствий наступления событий. Риск появляется только тогда, когда есть опасность нанесения ущерба.

В наши дни существует множество вариантов классификации рисков, зависящих от тех или иных классификационных признаков, принимаемых авторами. Так, в частности, в зависимости от объекта риска (потенциальной жертвы)

различают индивидуальный, технический, социальный, экономический, экологический и другие риски.

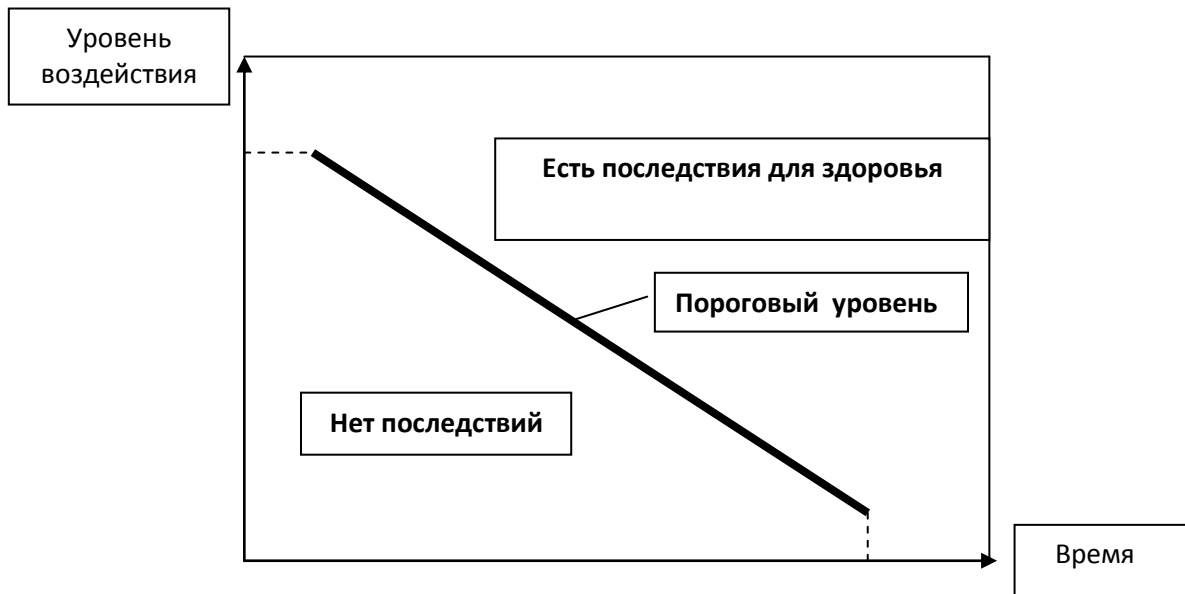


Рис. 3.4. Схема зависимости порогового уровня воздействия опасностей на здоровье от времени воздействия

Индивидуальный риск – частота поражения отдельного индивидуума в результате воздействия исследуемых факторов опасности.

Индивидуальный профессиональный риск – вероятность повреждения (утраты) здоровья или смерти в зависимости от состояния условий труда (рисков его травмирования на рабочем месте), возраста, трудового стажа, состояния здоровья работника.

Технический риск – вероятность отказа технических устройств с последствиями определённого вида и уровня за определённый период функционирования опасного производственного объекта.

Социальный (коллективный) риск – это риск проявления опасности того или иного вида для коллектива, группы людей, для определённой социальной или профессиональной группы людей. Частным случаем социального риска является экономический риск, который определяется соотношением пользы и вреда получаемого обществом от рассматриваемого вида деятельности.

Потенциальный территориальный риск – распределение частоты реализации негативного воздействия определённого уровня в некоем пространстве.

Приемлемый (допустимый) риск – риск, уровень которого принят обществом допустимым на основании социально-экономических соображений. Риск эксплуатации объекта является приемлемым, если ради выгоды, получаемой от эксплуатации объекта, общество готово пойти на этот риск. Приемлемый риск представляет собой некоторый компромисс между уровнем безопасности и возможностями его достижения.

Одна из возможных классификаций видов риска с указанием их источников и краткой характеристикой приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Классификация и характеристика видов риска (по [1] с добавлениями)

<i>Вид риска</i>	<i>Объект риска</i>	<i>Источник риска</i>	<i>Нежелательное последствие</i>
Индивидуальный	Человек	Условия жизнедеятельности человека	Заболевания, травмы, инвалидность, смерть
Технический	Технические системы и объекты	Техническое несовершенство, нарушение правил эксплуатации	Авария (катастрофа), взрыв, пожар, разрушение
Социальный (коллективный)	Социальные группы (коллективы)	Чрезвычайная ситуация, снижение качества жизни	Групповые заболевания и травмы, гибель людей, рост смертности
Экономический	Материальные ресурсы	Повышенная опасность производства или природной среды	Увеличение затрат на безопасность, экономический ущерб от недостаточной защищенности
Экологический	Экологические системы	Антропогенное воздействие на окружающую среду, техногенные чрезвычайные ситуации	Антропогенные экологические кризисы и катастрофы, разрушение экосистем, снижение биоразнообразия, исчезновение биологических видов

Величина приемлемого риска для различных обществ, социальных групп и отдельных людей различная. Так, даже чрезвычайно высокий риск смерти признаётся обществом (или иной группой людей) приемлемым, например, для защиты своей территории от внешней агрессии в случаях ведения военных действий (войны).

Другим примером допустимости (приемлемости) высокого уровня риска является высокий риск пожарных, спасающих людей во время пожара, причём, чем больше людей предполагается спасти, тем с большим риском может проводиться спасение (например, риск ликвидаторов аварии на Чернобыльской АЭС).

В настоящее время принято считать, что в условиях действия техногенных опасностей индивидуальный риск является приемлемым, если его величина в целом не превышает значение, равное 10^{-6} .

Индивидуальный риск можно определить по числу жертв реализованных факторов риска по зависимости

$$R_u = P_t : L_f,$$

где R_u – индивидуальный риск;

P_t – число пострадавших (погибших) за единицу времени t от определенного фактора риска f ;

L_f – число людей, подвергавшихся воздействию соответствующего фактора риска f в единицу времени t .

Технический риск выражает вероятность аварии или катастрофы в результате аварий машин, механизмов, технологических процессов, при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений и т.п. Величину технического риска можно определить по зависимости

$$R_m = A_t : T_f,$$

где R_m – технический риск;

A_t – число аварий за единицу времени t на идентичных технических объектах и системах;

T_f – число идентичных технических систем и объектов, подвергавшихся общему фактору риска f в единицу времени t .

Социальный (коллективный) риск оценивают по динамике смертности, рассчитанной на 1000 человек соответствующей группы по зависимости

$$R_c = [1000 (C_2 - C_1)_t] : L_f,$$

где R_c – социальный риск;

C_1 – число умерших в единицу времени t (смертность) в исследуемой группе до начала периода заболевания от воздействия фактора риска f или до начала чрезвычайных событий;

C_2 – смертность в той же группе людей в конце периода наблюдений за болезнями от воздействия фактора риска f или после затухания чрезвычайной ситуации;

L_f – общая численность исследуемой группы, подвергавшейся воздействию фактора риска f .

Экологический риск (эколого-экономический) рассчитывают по зависимости

$$R_{\text{эк}} = P_j (S_j) \cdot P_{kij} (i, z_{k,j}, S_j) \cdot X_i,$$

где $P_j (S_j)$ – вероятность нарушения окружающей среды объемом (S_j);

$P_{kij} (i, z_{k,j}, S_j)$ – условная вероятность k -го объекта получить ущерб X_i , выраженный в стоимостной форме, в результате отклонения состояния окружающей среды от нормативного значения на величину S_j и при проведении защитных мероприятий от этого воздействия объемом z_k ;

j – индекс, определяющий вид нарушения окружающей среды.

Экономический риск - это возможность понести потери вследствие случайного характера результатов принимаемых хозяйственных решений или совершаемых действий. Экономический риск имеет много видов и проявлений.

Существенный ущерб техногенные катастрофы и стихийные бедствия наносят экономике и экологической обстановке России. Примерно 20-25% этого ущерба приходится на техногенные ЧС и 75-80% – на природные.

Оценка социально-экономического ущерба от наиболее опасных природных явлений на территории Российской Федерации и их техногенных последствий на рубеже XX-XXI веков приведена в табл. 3.2.

Оценка риска служит основой для исследований и выработки мер управления риском. В настоящее время используется четыре основных подхода к оценке риска:

- *инженерный* – опирается на статистику поломок и аварий, на вероятностный анализ безопасности;
- *модельный* – использует метод построения моделей воздействия вредных факторов на человека и окружающую среду;
- *экспертный* – основан на опросе опытных экспертов;
- *социологический* – заключается в исследовании отношения населения к различным видам риска.

Анализ риска является самостоятельной областью научных исследований.

Таблица 3.2

Ориентировочный (возможный) средний годовой социально-экономический ущерб от наиболее опасных природных явлений на территории России

Природные явления	Ущерб, млрд. руб./год	
	разовый (возможный)	среднегодулетний
Гидрометеорологические (приводящие к гибели людей):		
наводнения	7,20	13,5 – 14,6
ураганы и смерчи	0,14	0,36
цунами	0,68	0,20
оползни и обвалы	0,14	8,1 – 13,5
землетрясения	135,0	6,75 – 10,35
лавины	3,38	0,07
сели	0,68	0,007
Геологические (обычно не приводящие к гибели людей):		
эрозия почв	2,02	23,85 – 28,8
подтопление территорий	0,68	16,2 – 20,25
Разрушение берегов водохранилищ и морей	0,07	около 16,0
эрозия речная	0,007	13,50
наледообразование	0,34	0,68 – 13,5

Контрольные вопросы и задания

1. Каким образом проводится количественная оценка опасностей?
2. Минимум из каких трёх условий приводит к реализации опасности?
3. Какое доказательство приводится для подтверждения того, что «любая техническая система опасна»?
4. Приведите пример причинной цепи любого техногенного происшествия.