

Высшее профессиональное образование

Я. Д. Вишняков
Н. Н. Радаев

ОБЩАЯ ТЕОРИЯ РИСКОВ

2-е издание

Учебное пособие



Экономика
и управление


ACADEMIA

УДК 658(075.8)
ББК 65.011я73
В557

Рецензенты:

зав. кафедрой страхования Московского государственного института международных отношений МИД России, президент Международного института исследования риска, д-р экон. наук, профессор *Р. Т. Юлдашев*;
вице-президент Общероссийской общественной организации «Российское общество анализа риска», зав. кафедрой «Природная и техногенная безопасность и управление рисками» Российского государственного технологического университета (МАТИ) им. К.Э.Циолковского,
д-р техн. наук, профессор *В.А.Акимов*

Вишняков Я.Д.

В557 **Общая теория рисков : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Я.Д.Вишняков, Н.Н.Радаев. — 2-е изд., испр. — М. : Издательский центр «Академия», 2008. — 368 с.**
ISBN 978-5-7695-5396-7

Рассмотрены различные виды рисков и приведена их классификация. Дана характеристика рискообразующих факторов — природных, техногенных, социальных, социально-политических. Систематически изложены общие вопросы анализа (идентификация, оценка, прогноз, приемлемость) рисков, а также управления (принятие решений и обоснование мер) рисками для различных объектов.

Для студентов высших учебных заведений. Может быть полезно специалистам, занимающимся вопросами обеспечения безопасности и риск-менеджментом, научным сотрудникам, аспирантам.

УДК 658(075.8)
ББК 65.011я73

Оригинал-макет данного издания является собственностью Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом без согласия правообладателя запрещается

© Вишняков Я.Д., Радаев Н.Н., 2007
© Образовательно-издательский центр «Академия», 2007
ISBN 978-5-7695-5396-7 © Оформление. Издательский центр «Академия», 2007

ВВЕДЕНИЕ

Общественное развитие и связанное с ним повышение чувствительности общества к опасностям привели во второй половине XX в. к тому, что в недрах существующей цивилизации зародилась и интенсивно развивается новая цивилизация, которую можно назвать цивилизацией знаний и риска. Желанию безопасного обеспечения существования противостоит свойственное человеку стремление к развитию, повышению качества жизни. Это требует от каждого человека готовности рисковать, а от народа — выбирать более или менее рискованные цели, а также пути и способы их достижения. Кроме того, развитие требует внедрения инноваций, часто связанных с риском. «Золотая середина» обеспечивается выбором направления деятельности с обоснованным, приемлемым риском.

Отношение людей к риску колеблется в широком диапазоне: от активной готовности рисковать до крайней осторожности и осмотрительности. Оно определяется мировоззрением, системой ценностей, присущих определенной цивилизационной единице, например этносу, жизненными обстоятельствами и многими другими социальными факторами. Отметим, что риск прекращения развития, а затем и гибели существует и для этноса (территориальной общности, государства). Его реализация приводит к необратимым негативным изменениям в социально-экономической системе, бывшей до этого момента комфортной средой обитания и жизнедеятельности данного этноса. Такие обстоятельства, в частности, исторически складывались, возникают и будут иметь место у любого этноса, вовлеченного в военное или экономическое соперничество.

Понятно, что переход к устойчивому развитию на Земле невозможен, пока не появится общечеловеческая система ценностей и целей, определяющих характер и динамику отношений между отдельными людьми, территориальными и социальными общностями людей, обществом и природой. Только в этих условиях могут прекратиться кровопролитные войны (в том числе и под предлогом насаждения во всех странах демократии определенного, например, западного образа жизни) и обеспечивающее их материальную базу экономическое соперничество.

Главным стремлением этноса является его бесконечное биологическое и культурное самовоспроизводство, что достаточно хорошо вписывается в формулу устойчивого развития: удовлетвори-

ние потребностей нынешнего поколения людей не должно лишать их потомков возможности удовлетворять свои потребности. Обобщающим количественным показателем жизнеспособности этноса является средняя ожидаемая продолжительность предстоящей жизни (СОППЖ) отдельного человека. Каждому типу природопользования с учетом технологического уклада в определенных природных условиях отвечает свое наивысшее значение СОППЖ. Развитие этноса можно считать устойчивым, если СОППЖ возрастает или равна наивысшему возможному ее значению и при этом не видно причин, по которым она может снизиться в будущем (например, истощение природно-ресурсного потенциала).

Прошедший XX в. вошел в историю как столетие, в течение которого человечество сделало огромный шаг в повышении безопасности жизнедеятельности, существенно снизив многие риски и добившись благодаря этому увеличения СОППЖ в развитых странах почти в два раза. Одновременно оно подверглось небывалым по масштабам катаклизмам военного, природного и техногенного характера. Мировые войны, стихийные бедствия, техногенные катастрофы не только унесли жизни многих десятков миллионов людей и причинили огромный материальный ущерб, но наряду с достаточно заметными для большей части населения Земли проблемами загрязнения окружающей среды и истощения природных ресурсов они поставили на повестку дня вопрос о перспективах дальнейшего развития цивилизации в том виде, в котором она в настоящее время существует (западная американская парадигма развития). Например, анализ мировой динамики чрезвычайных ситуаций (ЧС) и кризисов показывает постоянно возрастающую зависимость человечества от природных явлений, потенциально опасных технологий, социальной, экономической и политической нестабильности. Поэтому в настоящее время большинство государств мира рассматривает проблему обеспечения безопасности жизнедеятельности населения как важнейший элемент своей национальной безопасности.

Современное общество, устранив массовые опасности прошлого — голод, холод, эпидемии, — подошло к необходимости борьбы с опасностями, которые реализуются в виде редких событий, приводящих к значительным ущербам, т.е. оцениваются риском. К тому же в современном обществе, добившемся высоких стандартов качества жизни, повысилась чувствительность населения к негативным событиям со значительным ущербом и, следовательно, возросло неприятие населением обусловленных ими рисков.

Наука и сопряженное с ней образование играют ключевую роль в формировании идеологии и политики современного общества. На данном этапе развития человечества (вторая половина XX в. — начало XXI в.), который можно назвать этапом знаний и риска,

т. е. в период резкого расширения и ускорения производства рисков, в том числе стратегических (или мегарисков согласно терминологии некоторых авторов), существенно изменяется роль науки в социально-общественной жизни и политике.

Дело в том, что многие риски антропогенного происхождения, например радиационные или связанные с непредсказуемыми и неконтролируемыми последствиями генной инженерии, не воспринимаются непосредственно органами чувств человека. Подобные риски существуют в форме знаний о них. При этом знания создаются либо теоретическим путем либо путем анализа сведений, полученных с использованием приборов и измерительных систем. Все это является реальной базой для того, чтобы специалисты, способные и уполномоченные определять степень рискованности новых технологий и технических систем, начали занимать ключевые социальные и политические позиции.

Резко возрастает также роль средств массовой информации (СМИ), распространяющих знания о рисках. К сожалению, и специалисты, и СМИ испытывают влияние различных социальных групп и политических течений, что резко снижает объективность информации о рисках. Эксперты (упомянутые специалисты) определяют уровень социально- и эколого-экономической приемлемости риска для общества и отдельного человека. В конечном счете приемлемость риска всегда является политическим вопросом, неким компромиссом.

С момента возникновения и особенно за последние 30 лет теория рисков получила значительное развитие, став научной дисциплиной. Особенно значительны ее достижения в следующих приложениях:

экономика, в частности страховой и финансовый риск-менеджмент. Подтверждением служит не только развитость страхового рынка, но и множество появившихся с начала 70-х гг. XX в. (как реакция на возрастание нестабильности мировой экономики) финансовых инструментов, направленных на снижение финансовых рисков;

техносфера, особенно обеспечение безопасности таких потенциально опасных объектов, как ядерные реакторы. Подтверждением является переход к законодательному регулированию техногенной безопасности (например, принятие Федеральных законов «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ и «О техническом регулировании» от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ), которое обычно начинается лишь после достаточной научной проработки соответствующих вопросов.

Управление риском стало объективно необходимым во многих ключевых сферах деятельности, определяющих современную цивилизацию. Это требует подготовки большего числа специалистов

в области наук о рисках и безопасности, а также ориентирующихся в вопросах анализа и управления рисками. Проблемы рисков все шире рассматриваются и в учебных дисциплинах, касающихся обеспечения конкретных видов безопасности (природной, техногенной, промышленной, безопасности в ЧС, безопасности жизнедеятельности, экономической, экологической, национальной).

В изданной за последние годы учебной и научной литературе по безопасности и рискам наблюдается определенная предметная направленность: философско-социологическая; экономическая, экологическая; риски в природно-техногенной сфере, в частности, риски чрезвычайных ситуаций; риски в социально-политической сфере. Однако вопросы анализа и управления рисками излагаются с различных и зачастую противоречивых позиций. Это приводит к тому, что даже в нормативных правовых документах наблюдаются досадные неточности, связанные с непониманием сущности риска, способов его оценки и представления. Поэтому очевидна потребность в общеметодологической литературе по анализу и управлению рисками.

РАЗДЕЛ I

ОСНОВЫ ТЕОРИИ РИСКОВ

ГЛАВА 1. ТЕОРИЯ РИСКОВ: ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОСТЬ

1.1. Эволюция опасностей и совершенствование технологий защиты

Развитие земной цивилизации — сложный, противоречивый и неравномерный процесс, движущей силой которого является стремление человека к наиболее полному удовлетворению своих потребностей. В соответствии с иерархией в системе потребностей человека наиболее действенными побудительными мотивами являлись голод, неблагоприятные условия среды обитания, стремление устранить возникающие опасности и угрозы. Процесс этот развивался в соответствии с неизвестными людям закономерностями общественного развития — стихийно, методом проб и ошибок в ходе самоорганизации общества. Только с накоплением опыта, знаний, развитием науки человечество научилось вносить в этот процесс элемент осмысленности, прогнозируя его развитие и в определенных масштабах влияя на его ход.

Развитие человечества, обусловленное его стремлением к обеспеченной и безопасной жизни, всегда было в целом поступательным. Прогресс, расширение и углубление знаний постепенно улучшал качество жизни людей и их возможности. Качественными скачками в процессе развития мировой цивилизации были, в частности:

неолитическая революция (неолит — новый каменный век, 4—3-е тысячелетия до н.э.), когда произошел переход от присвоения даров природы (собирательство, охота, рыболовство) к производству жизненно необходимых продуктов. Люди начали возделывать сельскохозяйственные культуры, приручать животных, т.е. возникли примитивные земледелие и скотоводство, затем — изготовление керамики, каменных орудий труда, распространились примитивные прядение и ткачество;

промышленная революция (XVIII—XIX вв.), в ходе которой произошел переход от ручной техники (орудий труда) к рабочей машине, использующей энергию пара, а затем электричество, получаемое в основном за счет сжигания накопленных в земных недрах источников энергии. Совершенствовались разделение и кооперация труда, произошло сосредоточение рабочей силы на

предприятиях, наладилось массовое производство продукции, произошла концентрация капитала, становление мирового рынка. В результате на новую ступень поднялись стандарты качества жизни людей;

научно-техническая революция, начавшаяся в середине XX в. в результате крупнейших научных открытий и возросшего взаимодействия науки с техникой и производством. Были открыты и начали использоваться новые источники энергии (в том числе ядерной), конструкционные материалы, созданы системы комплексной автоматизации производства, робототехника и другие высокие технологии. На основе достижений электроники и микропроцессорной техники развились вычислительные средства и компьютерные сети, информационные технологии, создана всемирная сеть компьютерной связи Интернет. В результате произошло качественное преобразование производства, социальной организации общества и условий жизни.

Однако по прогрессивному пути развития человечество идет в последние столетия не только за счет совершенствования своих знаний и орудий труда, но и благодаря интенсификации использования ресурсов природы, в первую очередь солнечной энергии и накопленных в земных недрах за миллиарды лет источников топлива.

Параллельно развитию человеческого общества происходили эволюция опасностей для жизнедеятельности и совершенствование технологий защиты от них. Это особенно наглядно демонстрируется на примере изменения отношения к природопользованию, которое является непреложным условием существования и развития человеческого общества. В процессе антропогенеза происходит взаимное изменение человеком окружающей его среды и изменение самого человека. В результате человек вышел из-под безусловного контроля со стороны окружающих его природных процессов и явлений, а его собственное воздействие на окружающую среду приобрело исключительное значение. Деятельность стала мощной геологической, геохимической, геофизической силой, причем воздействие человека распространяется практически на все компоненты биосферы.

Динамика средней (по совокупности стран мира) продолжительности жизни человека, отражает следующие закономерности: средняя продолжительность жизни характеризует защищенность человека от опасностей в каждой стране с частичным учетом качества жизни;

безопасность жизнедеятельности человека в процессе социально-экономического развития общества монотонно возрастает;

время «недожития» до максимальной видовой продолжительности жизни характеризует степень опасности, которой человек подвергается в данной стране.

Человечество на протяжении всей истории своего существования подвергалось воздействию различных неблагоприятных факторов, существовало в окружении опасностей и вело борьбу с ними, создавая защиту, сводя последствия от них к минимуму и стремясь к их полному устранению. Социальный и технический прогресс можно рассматривать как борьбу человечества с такими опасностями, как голод, природные катастрофы, болезни, войны и т.д. По мере развития цивилизации значимость тех или иных источников опасности изменялась: исчезали одни, возникали или становились значимыми другие. Динамика природных, техногенных и социальных опасностей показана на рис. 1.1. В качестве количественного показателя (индикатора) интегральной опасности для жизнедеятельности можно принять сокращение средней ожидаемой продолжительности предстоящей жизни (ССОППЖ):

$$\text{ССОППЖ}(t) = T_{\text{вид}} - T(t),$$

где $T_{\text{вид}}$ — средняя видовая продолжительность жизни человека, принимаемая обычно равной 100 годам; $T(t)$ — средняя продолжительность жизни человека в момент времени t процесса эволюции.

В доисторический период человеческие популяции, занимавшиеся охотой и собирательством, мало отличались от всеядных млекопитающих по характеру взаимодействия с биосферой, частью которой они являлись. Охотники-собиратели имели свое естественное место в пищевом цикле, получая энергию в биохимической



Рис. 1.1. Динамика соотношения опасностей для жизнедеятельности человека:

1 — техногенные опасности; 2 — социальные опасности; 3 — природные опасности; 4 — интегральная опасность

форме из натуральных продуктов животного и растительного происхождения, и являлись в свою очередь пищей для хищников. Таким образом, развитие человеческой популяции на этом этапе определялось природными факторами: климатическими (температура, влажность и др.), физическими (свойства почвы, физико-химические свойства воды, воздуха и др.), пищевыми (низкий уровень белкового питания — голод), биотическими (внутривидовые и межвидовые взаимодействия). В этот период уровень опасности (коэффициент смертности популяции) определялся исключительно указанными природными факторами. Соответственно важнейший показатель уровня безопасности в обществе — продолжительность жизни для первобытных людей составляла всего 20 — 25 лет, а уровень интегральной опасности (ССОППЖ) — 75—80 лет.

Совершенствование защиты от опасностей природного характера стало одним из основных мотивов деятельности людей. Это достигалось использованием достижений науки и техники для развития экономики и, соответственно, повышением материального уровня жизни и ее качества: питания, сервиса, здравоохранения, образования, санитарно-гигиенических условий.

Недостаток в продуктах питания ликвидировался индустриализацией сельскохозяйственной деятельности, созданием различных видов удобрений и т.д. Потребность защиты от неблагоприятных климатических и гидрометеорологических факторов обусловила выработку строительных навыков, определила потребность в новых материалах и энергоисточниках.

Эпидемии, сопровождавшие рост численности населения и повышение плотности его размещения в отдельных регионах, сделали необходимым коренное улучшение санитарно-гигиенических условий быта, развитие медицины, фармакологии. Другими словами, на протяжении всей истории своего существования человеческая популяция, развивая экономику, создавала социально-экономическую систему безопасности, т.е. системы защиты от опасного воздействия природных факторов, обусловленных естественной средой обитания человека — биосферой.

Уровень безопасности человека, т.е. степень его защищенности от тех или иных опасностей по мере развития цивилизации постоянно возрастал. Об этом свидетельствует рост продолжительности жизни человека. Данные, относящиеся к медному, бронзовому и железному векам, свидетельствуют о том, что в эти периоды продолжительность жизни по сравнению с каменным веком возросла до 30 лет (см. рис. 1.1).

К началу XIX в. средняя продолжительность жизни в цивилизованных странах достигала 35 — 40 лет. В XX в. произошло значительное увеличение продолжительности жизни, которая в развитых странах приблизилась к 80 годам. Таким образом, на этом этапе развития цивилизации риск смерти определялся уже не при-

родными и экологическими факторами, а уровнем развития экономики и социальными отношениями в обществе. Причинами риска были недостаточный уровень развития экономики и несовершенство социальных структур. Этот вид риска можно назвать социально-экономическим. Общий коэффициент смертности, характеризующий уровень риска в обществе, и, следовательно, показатель продолжительности жизни, характеризующий уровень безопасности, во многом являются комплексным критерием не только успехов медицины, но и важнейшим индикатором уровня социально-экономического развития общества.

Из статистических данных по странам мира следует, что по мере экономического развития любой страны, т.е. роста валового национального продукта, коэффициент смертности населения снижается. Таким образом, в историческом аспекте развитие каждой страны также сопровождается постоянным ростом продолжительности жизни населения, т.е. повышением уровня его безопасности. Эти данные отражают результаты борьбы цивилизации за повышение уровня безопасности. Причем в наиболее развитых странах достигнута и самая высокая продолжительность жизни — важнейший показатель безопасности. Так, по данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) в Японии, например, продолжительность жизни мужчин достигла в настоящее время 75,5 лет, а женщин — 81,6 лет. В Российской Федерации эти показатели существенно ниже, что можно объяснить в основном недостаточным уровнем развития экономики и несовершенством социальной организации российского общества на современном этапе его развития.

Развитие экономики, опирающееся на развитие техносферы, обеспечило создание и совершенствование социально-экономической системы безопасности — основы безопасности жизнедеятельности населения. При этом планирование экономического развития, хозяйственная деятельность отдельных ее субъектов были до последнего времени ориентированы на средние (ожидаемые) значения финансово-экономических показателей. Однако с 70-х гг. XX в. нестабильность мировой экономики резко усилилась (возросла волатильность — изменчивость, непостоянство — финансово-экономических показателей), что вызвало к жизни необходимость снижения связанных с ней финансовых рисков.

В процессе своего существования человеческая популяция, стремясь ко все более полному удовлетворению своих физических потребностей и развивая экономику, параллельно совершенствовала социальную организацию общества, создавая социально-экономическую систему безопасности (экономика, здравоохранение, социальная защита, общественная безопасность). Вследствие этого, несмотря на увеличение количества вредных воздействий, уровень безопасности человека возрастал.

Однако социальная среда непосредственно является источником опасности. С увеличением численности населения растет опасность эпидемий, социальных противоречий из-за неравномерности распределения благ в условиях ограниченности всех видов ресурсов. В связи с этим на межгосударственном уровне никогда не прекращалась борьба за беспрепятственный доступ к ресурсам. Так, с 1495 г. только с участием крупных держав произошли 64 войны. За последние 50 лет имели место 259 локальных войн и военных конфликтов.

Совершенствование социальной организации общества (государства) во второй половине XX в. в развитых странах привело к формированию в дополнение к военным организациям систем национальной безопасности. На международном уровне создана система международной безопасности.

Вторгаясь в природу, создавая новые технологии, люди формируют искусственную среду обитания — техносферу. Процесс «обуздания» природы посредством развития техносферы, т.е. развитие техники, направленное на повышение материального уровня жизни, сопровождается увеличением количества вредных факторов, негативно воздействующих на человека и окружающую среду. Общей тенденцией стало возрастание техногенных опасностей. По данным ВОЗ, например, смертность от несчастных случаев занимает третье место после сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний. От несчастных случаев гибнут молодые, трудоспособные люди; травматизм является основной причиной смерти человека от 2 лет до 41 года, поэтому важным элементом в обеспечении безопасности жизнедеятельности человека стала защита от техногенных факторов. На устранение опасностей техногенного происхождения направлено создание *технической системы безопасности*.

Современные тенденции возрастания техногенных опасностей и совершенствование технологий защиты от них (рис. 1.2) связаны, с одной стороны, с количественным ростом техносферы и

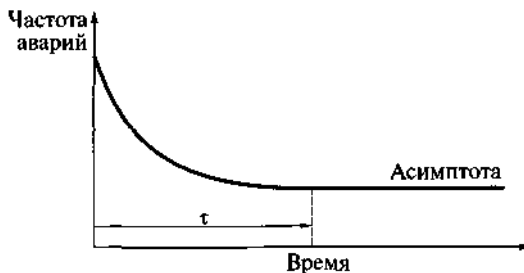


Рис. 1.2. Динамика частоты происшествий и аварий на объектах техносферы после их сдачи в эксплуатацию (τ — продолжительность переходного периода)

многообразия связанных с ней условий деятельности, с возрастанием потенциала опасностей (запасенной в объектах техносферы энергии, в частности, мощности, используемых скоростей, образующихся вредных веществ), а с другой — совершенствованием промышленных технологий в направлении повышения их безопасности. Например, в конструкцию современного автомобиля внедрены сотни технических решений, повышающих безопасность: от тормозов до ремней и подушек безопасности, позволяющих снизить ущерб для водителя и пассажиров в случае аварии. На сети железных дорог в дополнение к светофорам и шлагбаумам в последние годы появились устройства, препятствующие выезду автомобилей на переезды при прохождении железнодорожных составов. На первом ядерном реакторе, построенном итальянским физиком Э.Ферми в 1942 г., для предотвращения аварийного разгона реактора над ним была подвешена на канате бутылка с борной кислотой и стоял рабочий с топором, который должен был по команде перерубить канат. Бутылка разбивалась и борная кислота заливала реактор, поглощая нейтроны. На современных реакторах используется сложнейшая система управления и защиты (СУЗ), которая тем не менее не смогла предотвратить аварийный разгон и тепловой взрыв четвертого энергоблока на Чернобыльской АЭС.

Снижение аварийности технических объектов в результате целенаправленной реализации мер по совершенствованию их конструкции, технологии изготовления и условий эксплуатации постепенно замедляется и в конце концов аварийность стабилизируется (выходит на асимптоту) (см. рис. 1.2). В качестве примера можно привести статистику аварийности на сети железных дорог. Это означает достижение предельного объема необходимых ресурсов на предупреждение аварий. В дальнейшем целесообразно поддерживать достигнутый объем финансирования предупредительных мер и внедрять (по мере разработки) новые экономически обоснованные технические решения. Остаточный риск аварии необходимо компенсировать наращиванием усилий уже на этапе реагирования, не стремясь любой ценой предотвратить реализацию риска.

Несмотря на осуществление превентивных мер в каждой сфере деятельности сохраняется определенный уровень чрезвычайных ситуаций, обусловленный остаточным риском, который еще не успели или не смогли предотвратить. Остаточный риск обусловлен следующими факторами:

в неустановившемся режиме на интервале x недостаточным финансированием предупредительных мер;

в установившемся режиме — технической невозможностью предотвратить полностью некоторые риски на данном этапе научно-технического развития.

В частности, невозможно предотвратить либо снизить силу многих опасных явлений (например, землетрясений, ураганов); невозможно создать достаточные запасы стойкости по отношению к реализующимся с малой вероятностью экстремально высоким уровням негативных воздействий; интенсивность отказов технических устройств по мере устранения их причин (отработки конструкции) снижается и по окончании периода приработки стабилизируется на некотором уровне, обусловленном внезапными отказами по неконтролируемым причинам.

На системы безопасности затрачивают определенную долю всегда ограниченных материальных ресурсов общества, которые должны использоваться на решение задач повышения качества жизни населения.

Чем больше затрачивают средств на технические системы безопасности, тем меньше их остается на борьбу с болезнями, производство товаров, услуги. В настоящее время, когда затраты на обеспечение безопасности промышленности составляют значительную долю материальных ресурсов общества, важное значение приобретает проблема оптимизации этих затрат. От ее решения в значительной степени зависят темпы социально-экономического развития.

1.2. Развитие теории рисков в историческом аспекте

Слово «риск» имеет древние корни — в переводе со староритальянского «*risicare*» означает «отважиться». История формирования понятия «риск» в значительной степени связана с отношением человека к будущему.

В Древней Греции мифологизированное мировоззрение было основано на том, что будущее полностью предопределено волей и желанием богов, т. е. абсолютно не зависит от поведения человека.

Возникновение мировых религий и прежде всего христианства привело к тому, что будущее приобрело неоднозначность. Появилось понимание того, что возможность «разного» будущего как в настоящей жизни, так и после смерти зависит от поведения человека. Поэтому появилась ответственность за последствия своих действий.

В средние века произошло осознание того, что будущее зависит не только от Бога. Одним из тех, кто впервые затронул эту проблему, был итальянский монах, профессор математики Лука Начисли, живший в XV в. В эпоху Возрождения началось серьезное изучение проблем, связанных с риском. Благодаря развитию азартных игр и прежде всего игре в кости появилась возможность прогнозирования будущего. Исследуя азартные игры, французский математик, философ и изобретатель Блез Паскаль в 1654 г. обра-

тился за помощью к математику П. Ферма. В результате сотрудничества была создана теория вероятностей. Она стала огромным мировоззренческим и практическим скачком, впервые позволив делать количественные прогнозы будущего. С тех пор инструменты прогнозирования, подобные гаданию, жертвоприношению и бреду блаженных начали отходить в прошлое.

В начале XVIII в. немецкий математик Г. Лейбниц выдвинул идею, а швейцарский математик Я. Бернулли (1654—1705) обосновал закон больших чисел и разработал процедуры статистики. С 1725 г., когда впервые правительством Англии были применены таблицы смертности, этот инструмент быстро распространился во всем мире.

В 1730 г. французский математик А. Муавр ввел понятие структуры нормального распределения и меру риска — стандартное отклонение. В 1738 г. Д. Бернулли определил ожидаемую полезность, на которую в конечном счете опирается современная теория портфельных инвестиций. С 1763 г. благодаря теореме Байеса (теореме гипотез) мир узнал, как влияет на принятие решений степень информированности об объекте управления.

Таким образом, открытие основных законов и разработка практически всех современных инструментов управления рисками относятся к XVII-XVIII вв.

Промышленная революция, социальные потрясения, расширение областей деятельности человека существенно увеличили сферы проявления риска и одновременно сформировали отношение к будущему как частично прогнозируемому состоянию мира. Отметим, в частности, разработку теории статистической регрессии английским математиком Ф. Галтоном в 1886 г.

Риск присущ любой сфере человеческой деятельности, что связано с множеством условий и факторов, влияющих на исход (положительный или отрицательный) принимаемых людьми решений. Риск недополучения намеченных результатов начал особенно проявляться при всеобщности товарно-денежных отношений, конкуренции участников хозяйственной деятельности. Достаточно широкую и одновременно конструктивную трактовку риска начали использовать в страховании, поскольку данная сфера предпринимательской деятельности непосредственно связана с существованием и различными формами проявления риска. Именно благодаря страхованию сформировалось понимание риска как экономической категории.

С возникновением и развитием рыночной экономики появляются различные теории риска. Одним из первых проблемы экономических рисков рассмотрел американский экономист А. Маршалл, труды которого положили начало неоклассической теории рисков. Американский экономист Дж. М. Кейнс ввел в науку понятие «склонность к риску», характеризуя инвестиционные и пред-

принимательские риски, предложил одну из первых классификаций рисков.

В работе американского экономиста Ф. Найта «Риск, неопределенность и прибыль» впервые была высказана мысль о риске как количественной мере неопределенности. В трудах американских математиков О. Моргенштерна и Дж. Неймана была установлена взаимосвязь понятий «неопределенность» и «риск», отражена вероятностно-математическая трактовка риска.

В начале XX в. классик теории управления французский инженер А. Файоль включил в состав основных функций управления организацией функцию обеспечения ее безопасности.

Другими ключевыми моментами развития теории рисков являются: разработка теории управления портфелем инвестиций американским экономистом Г.Марковицем в 1952 г.; работы Г.Модильяни по теории инвестиций; работы Н.Блейка и М.Шолса по финансовым опционам; многих других исследователей и практических разработчиков множества новых финансовых инструментов, которые так изменили облик и возможности финансовых рынков.

Окончательно наука о риске сформировалась только в последней четверти XX в. благодаря прежде всего практическим потребностям обеспечения безопасности в техносфере (в частности, ядерной энергетике и других потенциально опасных технологиях) и стабильности общественного воспроизводства в экономике.

В России в 20-х гг. XX в. были приняты законодательные акты, содержащие понятие производственно-хозяйственного риска. Однако уже к середине 1930-х гг. риск был отнесен к явлениям капиталистического хозяйства, так как не сочетался с провозглашенным плановым характером развития экономики. Игнорирование проблем риска достигло такой степени, что понятие «риск» даже не включалось в энциклопедические издания. Понятие «риск» объясняется только в толковых словарях русского языка. Однако мировой опыт показывает, что игнорирование или недооценка хозяйственного риска при разработке тактики и стратегии экономической политики, принятии конкретных решений неизбежно сдерживает развитие общества, научно-технического прогресса.

Вновь возникновение интереса в России к проявлению риска в хозяйственной деятельности связано с ее переходом к рыночной системе хозяйствования. Проведя демонополизацию и приватизацию, государство позволило свободно развиваться предпринимательству, одновременно отказавшись от роли единственного носителя риска и переложив всю ответственность за принимаемые хозяйственные решения на хозяйствующие субъекты. Однако их выживание без учета факторов риска невозможно.

1.3. Факторы, обуславливающие повышение роли теории рисков в современном мире

Известная истина «Нет ничего практичнее хорошей теории» в полной мере относится к теории рисков. Без знаний о риске многие достижения современной цивилизации были бы просто невозможны (Р. Bernstein, 1996). Без знаний и способности использовать теорию риска не были бы построены многие огромные мосты; болезни беспрепятственно калечили бы людей; самолеты бы не летали. Без страхования жизни семьи были бы обречены на нищету в случае утраты кормильца. Без рынков ликвидного капитала люди, имеющие сбережения, не смогли бы инвестировать свои деньги и диверсифицировать связанные с этим риски, а дух предпринимательства был бы задушен. Тысячи самых продуктивных компаний даже не были бы созданы. Экономический рост шел бы со скоростью улитки, а стандарты качества жизни были бы примитивными по сравнению с теми, которые кажутся нам в настоящее время естественными.

Другими словами, без понимания возможности влияния на будущее и без ее практической реализации, т.е. риск-менеджмента, индустриальная цивилизация вряд ли имела бы место. Идеи, открытия и разработки немногих талантливых теоретиков позволили другим людям, более практичным и смелым, совершенствовать многие стороны жизни, принимая на себя больше рисков благодаря хорошо обоснованным теориям. А общество не может развиваться без принятия рискованных решений, особенно в сфере инноваций. Поэтому развитие теории рисков продолжается. Значение теории риска в современном мире повышается в связи с ростом рисков, что является общемировой тенденцией, обусловленной усложнением всех сфер функционирования современного общества. При этом чем выше уровень социальной организации, тем многомернее понятие риска, специфичнее методы анализа и управления риском.

Вопрос о рисках все активнее обсуждается и исследуется применительно к природе, техносфере, обществу, экономике и политике (в частности, к государственному управлению).

На примере последнего десятилетия доказано, что науки о рисках становятся одними из ведущих в XXI в. Причина этого заключается в устойчивом росте многообразия и масштабов проявления риска и связанных с ним проблем, повышении в процессе социально-экономического развития чувствительности человека и созданных им организаций уже не только к массовым, но также и редким негативным явлениям, в том числе непредсказуемым и непрогнозируемым критическим ситуациям.

С одной стороны, в связи с антропогенным воздействием на природную среду опасные природные явления стали менее пред-

сказуемы, нарушается периодичность их возникновения. Увеличение запасенной в объектах техносферы энергии увеличило разрушительную силу опасных техногенных явлений, а повышение их сложности затруднило обеспечение безаварийности. В социальной среде растет социальная напряженность из-за увеличения разрыва в уровне жизни разных стран. Доминантой риска стало такое опасное социальное явление, как терроризм. Деловая окружающая среда становится все нестабильнее, горизонт прогноза ее основных параметров сужается. Это обусловлено следующими процессами: глобализацией мировой экономики; формированием мирового рынка, что приводит к увеличению числа участников конкурентной борьбы, а следовательно, и к возрастанию факторов неопределенности результатов деятельности; развитием информационных технологий, делающих информацию о предлагаемых товарах и услугах еще более доступной и оперативной, усиливая конкуренцию на всех рынках. Поэтому появилась необходимость в таком инструменте менеджмента, как стратегическое управление. В политической сфере можно констатировать, что число войн и вооруженных конфликтов не снижается. Крайняя неравномерность уровней социально-экономического развития разных стран, особенно по оси «Север — Юг», неравномерность распределения богатств в условиях ограниченности всех видов ресурсов на Земле дает основания прогнозировать увеличение числа вооруженных конфликтов. Их основная причина — борьба за источники сырья и другие природные ресурсы, включая воду. При этом разрушительная сила современного оружия возрастает, а также увеличивается доля жертв среди мирного населения.

В соответствии с прогнозом Национального разведывательного совета США к 2015 г. в мире будет жить 7,2 млрд чел. по сравнению с 6,1 млрд чел. в 2000 г.; в большинстве стран продолжительность жизни повысится. Связанная в единую сеть мировая экономика будет управляться быстрыми и в основном ничем не ограничиваемыми потоками информации, идей, культурных ценностей, капитала, товаров и услуг, людей, т.е. факторами глобализации. Ставшая глобальной мировая экономика будет способствовать политической стабильности, хотя ее достижения и выгоды смогут оценить не все. Глобализация сделает более прозрачными принимаемые правительствами решения, усложняя авторитарным режимам задачу сохранения своего контроля, но также препятствуя использованию традиционных для демократии согласительных процедур. Возрастет необходимость в межгосударственных и многосторонних соглашениях для решения нарастающих транснациональных проблем — от постоянно меняющейся экономической и финансовой ситуации до легальной и нелегальной миграции, конкуренции за скудные природные ресурсы (такие, как вода), гуманитарных (в том числе связанных с беженцами) и экологических кризисов, терроризма, наркоторговли, распространения оружия, региональных конфликтов и кибернетических угроз.

С другой стороны, рост качества жизни в развитых странах сопровождается адекватным повышением чувствительности населения к негативным воздействиям со стороны опасных явлений природного, техногенного, социально-экономического и социально-политического характера, многие из которых ранее просто не принимались во внимание, т.е. не относились к опасным. Расширение и усложнение антропосферы ведет к росту ущербов в случае возникновения опасных явлений.

За последние десятилетия потребность в разработке проблем риска сильно возросла, появились сведения о множестве новых рисков и средствах защиты от них. Это относится в первую очередь к вероятностному анализу безопасности объектов техносферы, снижению рисков и смягчению последствий ЧС природного и техногенного характера. В течение последних 30 лет не ослабевает и поток публикаций о финансовых инструментах защиты от риска. За их разработку присуждаются Нобелевские премии. Сформировались хорошо организованные рынки торговли этими инструментами. Проблемы рисков Стали важными не только для математиков и финансистов, но и для всех, кто так или иначе связан с принятием решений.

ГЛАВА 2. ИССЛЕДОВАНИЕ РИСКОВ

2.1. Концепции риска

Риск — это проявление фундаментального свойства природы: индетерминизма, неполной определенности. В процессе познания и в стремлении полнее удовлетворить свои потребности люди постоянно пытаются расширить границы предсказуемости представляющих интерес процессов и явлений, углубляясь в них. Однако параллельный процесс усложнения антропосферы вновь отодвигает решение этой задачи. Платой человечества за повышение качества жизни в процессе познания мира и практического использования новых знаний, которые в значительной мере неопределенны, является риск. Поэтому задача состоит не в уклонении от рисков, а в их оптимизации по отношению к тем задачам, которые ставит перед собой человек или организация.

Риск проявляется в различных формах практически во всех областях деятельности человека, функционирования и развития организаций, их взаимодействия с окружающей средой. Проявление риска в различных сферах деятельности человека повлекло за собой многочисленные его трактовки. Значительная часть определенных понятий «риск» связана с двумя утверждениями: риск обусловлен случайными событиями или процессами; последствия этих событий или процессов являются нежелательными. Однако для

полноты картины необходимо помнить, что проявление риска в общем случае может иметь и позитивные последствия, иначе невозможно понять, почему люди принимают на себя риск. Поведение, связанное с принятием риска, представляет собой балансирование между случайными потерями и случайными вознаграждениями. К общим, определяющим понятие и проявления риска, относятся следующие свойства:

риск является многомерной характеристикой будущих состояний мира;

риск связан со случайными явлениями и процессами;
проявление риска — условное событие.

Риск проявляется посредством взаимодействия человека с природой и техносферой. В связи с этим можно выделить следующие области:

объективного содержания риска, измеримого и независимого от человеческого восприятия. Его можно идентифицировать, оценивать и предсказывать на базе фундаментальных закономерностей;

субъективного содержания риска, связанного с его индивидуальным восприятием. Данная сфера риска относится к ментальному состоянию индивидуума, который попадает в ситуацию неопределенности или сомнений относительно последствий некоторого события (соответственно различают действительный и мнимый риски).

Так как риск связан с деятельностью в условиях, с одной стороны, реально существующей неопределенности, а с другой — выбора заинтересованным индивидуумом определенных альтернатив и расчетом вероятности их результата, то он представляет собой диалектическое единство объективного и субъективного. С этой точки зрения риск отождествляется с деятельностью, связанной с преодолением неопределенности в ситуации неизбежного выбора, в процессе которой существует возможность количественно и качественно оценить вероятность достижения предполагаемого результата, неудачи и отклонения от цели.

В настоящее время на практике используют несколько *концепций риска*.

Учитывая, что риски связаны с преобразующей деятельностью человека в процессе познания природы, действительности, их непознанными сторонами, проявляющимися в виде вреда для человека, то наиболее часто риск связывают с понятиями *опасности и/или угрозы*. В рамках этой концепции рассматривают негативные события, причиняющие вред человеку и организациям, а под риском понимают возможность наступления событий с негативными последствиями, т. е. возможность реализации предполагаемой опасности. Управление рисками — это способы уменьшения вероятности наступления негативных событий и (или) по-

следствий от них с помощью мероприятий, которые требуют разумных затрат. Данная концепция лежит, в частности, в основе теории природной и техногенной безопасности.

Риск существует везде, где есть неопределенность будущего. Риск тем выше, чем более многовариантно будущее. Концепция *риска как неопределенности* апеллирует к такому теоретическому понятию как вероятностное распределение возможных (позитивных и негативных) исходов некоторой операции. При наличии неопределенности и альтернатив риск — это возможность реализации худших альтернатив. В рамках указанной концепции риск является мерой несоответствия между различными результатами решений, которые оценивают с точки зрения их полезности, вредности, а также эффективности по критериям соответствия выбранным ориентирам; степенью неопределенности экономического результата в будущем; возможностью появления обстоятельств, обуславливающих неуверенность или невозможность получения ожидаемых результатов от реализации поставленной цели.

Концепцию риска как неопределенности используют в теории принятия решений, теории игр, портфельного инвестирования, а риск-менеджмент в ее рамках направлен на уменьшение дисперсии между ожидаемыми исходами и действительными результатами.

Наконец концепция *риска как возможности* основана на взаимосвязи между риском и доходностью. Не случайно в соответствии с толковым словарем С.И.Ожегова «риск» — это действие наудачу в надежде на счастливый случай. Чем выше риск, тем выше потенциальный доход. Такой концепции риска более близким является понятие шанса, а риск-менеджмент означает использование техники максимизации дохода при одновременном ограничении потерь. Она используется при управлении финансовыми и экономическими рисками.

Риск — это неопределенность в отношении возможных потерь на пути к цели. Любое вложение денег в бизнес с осознанной целью получить доход вовлекает в рассмотрение вопрос о соотношении риска и потенциального дохода. Последнее должно быть достаточно привлекательным для инвестора. Чем выше рискованность вложения, тем больше должен быть обещаемый инвестору доход.

При управлении риском речь должна идти не о минимизации риска, а о его оптимизации. Возможность управления риском создает предпосылки для прогресса человечества за счет освоения им новых сфер деятельности.

В теории управления риск рассматривается как атрибутивная общесоциологическая характеристика любого вида целесообразной деятельности человека, осуществляемой в условиях ресурсных ограничений и наличия возможности выбора оптимального

способа достижения осознанных целей в условиях информационной неопределенности.

Можно дать следующее интегральное определение риска: риск — это возможность того, что действия человека или их результаты приведут к негативным или позитивным последствиям.

2.2. Объекты исследования

В настоящее время активно развиваются специализированные научные дисциплины, связанные с исследованием риска, расширяются области практического применения методов управления риском. Первоначально возникнув как одно из свойств обыденной жизни, риск стал широко трактуемым термином, близким к таким философско-методологическим понятиям как «материя», «информация», «энергия» и т.п.

В теории рисков и безопасности выделяют следующие объекты исследования (рис. 2.1):

источники опасности и неопределенности в природе, технике, обществе, экономике (бизнесе) и политике;

объекты риска или безопасности (человек; образованные им социальные системы; государство как высшая форма социальной организации общества; мировое сообщество; природная среда как условие для дальнейшего устойчивого развития человечества);

субъекты обеспечения безопасности — человек; организации; государство; межгосударственные органы. Последние в основном формируют в целях обеспечения международной безопасности, недопущения всеобщей ядерной войны, решения глобальных проблем современности, например глобального потепления, хотя они могут решать и частные задачи — вплоть до гражданских прав отдельного человека;

связи между источниками опасности и объектами безопасности — происходящие в источниках опасности опасные процессы, реализующиеся в виде опасных явлений; развивающиеся в них негативные тенденции развития, приводящие к кризисам; нестабильность деловой, правовой окружающей среды, приводящая при принятии решений в условиях неопределенности к возможности как неудачи, так и удачи;

системы защиты объектов риска, создаваемые субъектами обеспечения безопасности (системы личной, коллективной и глобальной безопасности).

При этом все источники опасности действуют на все объекты риска (кроме «природы» на «природу», так как «природа сама себе не вредит»). Все субъекты обеспечения безопасности также могут в той или иной степени оказывать влияние на объекты риска.

Основными субъектами безопасности (см. рис. 2.1) являются: человек; организации (например, правозащитные; Комитет сол-

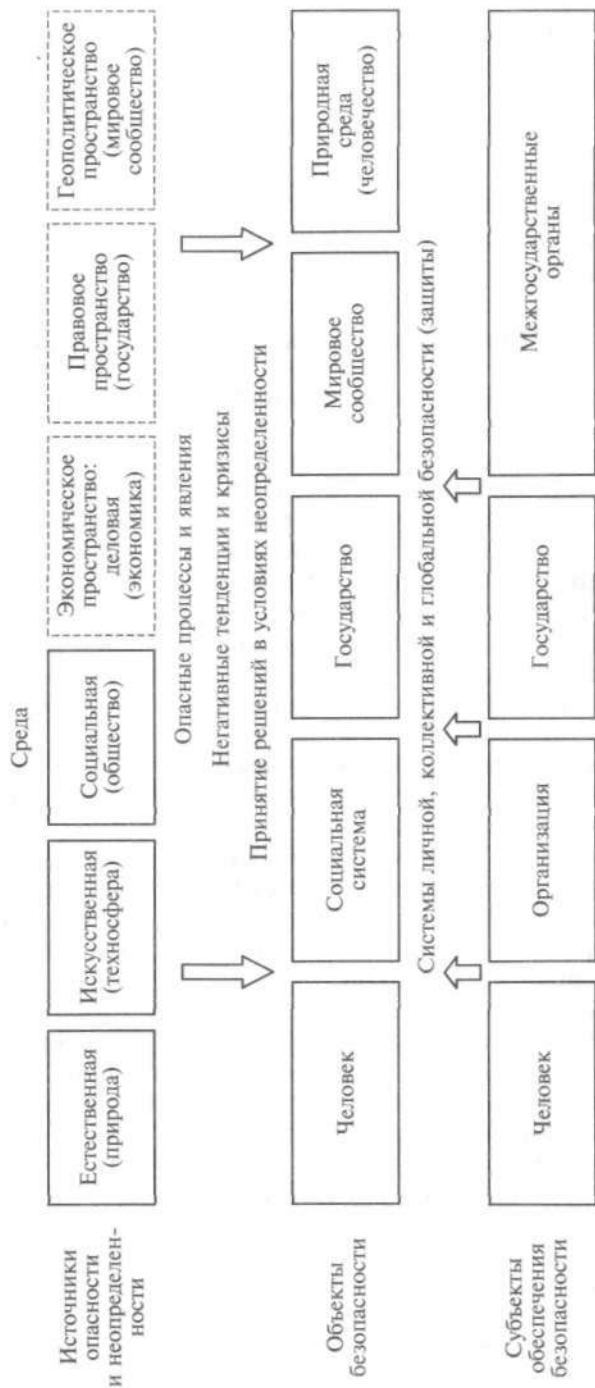


Рис. 2.1. Объекты исследований в теории рисков и безопасности

датских матерей и др.); субъекты федерации; государство (в лице органов государственной власти), решающее основную часть задач по обеспечению всех видов безопасности; межгосударственные органы — Организация объединенных наций (ООН), Организация безопасности и сотрудничества в Европе (ОБСЕ), Европарламент, Европейский Суд по правам человека и др.

ГЛАВА 3. НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ И РИСК

3.1. Соотношение неопределенности и риска

Категории «неопределенность» и «риск» играют огромную роль в окружающем нас мире в целом, а также в технике, экономических и политических отношениях, в частности. Так, будучи неотъемлемой составной частью условий хозяйственной деятельности, неопределенность лежит в основе множества сложных и важных экономических явлений, взаимодействие с которыми вызывает соответствующее поведение как отдельных экономических субъектов — участников производства и потребления, так и общества в целом. Особенно наглядно это проявляется в рыночной экономике, для которой характерно отсутствие чрезмерно жесткой детерминированной составляющей административной системы.

Впервые на проблему экономического риска обратил внимание Фрэнк Найт (1921), выдвинув положение, что прибыль связана с неопределенностью.

Риск в той или иной мере влияет на методологию разработки любого управленческого решения. Если исключить из него ожидания возможных потерь, то пропадет острота восприятия ситуации принятия решения, станут неожиданными и от этого еще более тяжелыми возможные потери.

Категория риска всегда относится к определенному объекту деятельности, цель которой заключается в достижении определенного результата. Но на возможность достижения этого результата или его величину влияют три группы факторов, а также их отклонения от номинальных значений:

- качества (свойства) объекта;
- условия функционирования объекта;
- способы использования объекта.

При исследованиях риска чаще всего рассматривают вторую группу факторов. К основным факторам, формирующим условия функционирования объектов, относятся природные (природно-климатические условия, географическое местоположение и т.д.); действия конкурентов или партнеров (например, возможность, характер, способы целенаправленного противодействия либо

содействия); экономические, социальные, экологические и другие ограничения.

В рамках концепции риска как неопределенности, используемой наиболее широко в экономике, последний характеризует возможность наступления событий, ведущих к изменению равновесной устойчивости социально-экономической системы, отклонению фактического результата некоторого решения или деятельности от планируемого (расчетного) и обусловленных этим дополнительных доходов либо потерь. Это связано с возможностью как благоприятных, так и неблагоприятных изменений условий деятельности социально-экономических систем и их состояния во внешней среде. Причиной рисков является нестабильность условий функционирования этих систем, которая возрастает с усложнением хозяйственной деятельности. Наличие предпринимательского риска — это, по сути дела, обратная сторона свободы экономической, своеобразная плата за нее. Свободе одного предпринимателя сопутствует одновременно и свобода других предпринимателей. В условиях конкуренции ее участники стремятся поступать рационально, но на этот процесс накладывается элемент неопределенности, приводящий к феномену удачи (табл. 3.1). При этом те, кто имеет больше конкурентных преимуществ, выигрывают чаще.

Возможность положительного отклонения при заданных исходных условиях на одно ожидаемое явление называют *шансом*. В этом смысле можно говорить о риске (возможности отрицательного отклонения, ущерба) и шансе на дополнительную прибыль (при положительном отклонении). Таким образом, возможность реализации опасности характеризуется риском, а надежды — шансом. Например, в лотерее для участника есть и риск проигрыша,

Таблица 3.1

Характеристика последствий решения (результата деятельности)

Критерий	Последствия	
	Благоприятные	Неблагоприятные
Потенциальное свойство	Опасность	Надежда
Количественная характеристика	Риск	Удача
Показатель	Математическое ожидание ущерба, вероятность катастрофического ущерба за фиксированный интервал времени и др.	Шанс

и шанс (заведомо меньший) на выигрыш. Но, как говорится, надежда умирает последней.

Неопределенность играет важную роль в хозяйственной деятельности. Экономическое поведение предпринимателя при рыночных отношениях основано на выбираемой и в условиях риска реализуемой индивидуальной программе предпринимательской деятельности в рамках возможностей, ограниченных законодательными актами. Каждый участник рыночных отношений изначально лишен заранее известных, однозначно заданных параметров, гарантий успеха: обеспеченной доли участия в рынке, доступа к производственным ресурсам по фиксированным ценам, устойчивости покупательной способности денежных единиц, неизменности нормативов и других инструментов экономического управления.

В экономической борьбе с конкурентами-производителями за покупателя предпринимательская организация вынуждена продавать свою продукцию в кредит (с риском невозврата денежных сумм в срок), при наличии временно свободных денежных средств размещать их в виде депозитных вкладов или ценных бумаг (с риском получения недостаточного процентного дохода в сравнении с темпами инфляции), при ведении коммерческих операций экспортно-импортного характера сталкиваться с необходимостью оперировать различными национальными валютами (с риском потерь от неблагоприятной конъюнктуры курсов валют) и т.д. В итоге возможный экономический результат деятельности

$$V = B - Z,$$

представляющий собой разницу между выгодой (B) и затратами (Z), в результате влияния на эти показатели большого числа случайных факторов является случайной величиной. Эта величина описывается функцией распределения $F(v) = P(V < v)$ с математическим ожиданием $\mu = M[V]$, где v — текущее значение экономического результата. Так как могут иметь место недополученные доходы и дополнительные (внеплановые) расходы, то существует возможность отклонения случайной величины V в меньшую сторону от ожидаемого значения μ .

Существуют различные точки зрения на соотношение неопределенности и риска:

1) риск обусловлен неопределенностью. Под неопределенностью в этом случае понимают неполное или неточное представление о значениях различных параметров в будущем, порождаемое неполнотой и (или) неточностью информации об условиях реализации решения, в том числе связанных с ними затратах и результатах, и другими причинами. (Согласно определению Ожегова «неопределенный» — точно не установленный.) Неопределенность связана

с возможностью возникновения в ходе реализации решения неблагоприятных ситуаций и последствий, что приводит к риску;

2) ситуация риска — это разновидность неопределенности, когда наступление событий вероятно и объективно существует возможность оценить их вероятность. Разница между риском и неопределенностью относится к способу задания информации и определяется наличием (в случае риска) или отсутствием (при неопределенности) вероятностных характеристик неконтролируемых переменных. Эти различия учитываются в математической теории исследования операций, где различают задачи принятия решений при риске и соответственно в условиях неопределенности (см. разд. IV).

3.2. Классификация неопределенностей

Среди факторов, влияющих на результат деятельности рассматриваемого объекта, большая доля факторов не контролируется лицами, принимающими решения (ЛПР), например, объективные законы природы и общественного развития, которые необходимо учитывать в любом случае, а при их знании — использовать для достижения поставленных целей и учитывать их возможное негативное влияние. Неконтролируемыми являются и другие факторы, например, погодные условия, действия конкурентов, относящиеся к условиям функционирования объекта. Все эти факторы принято называть неуправляемыми.

К управляемым факторам относят такие, на которые лицо, принимающее решения, может влиять по своему усмотрению, т.е. оперировать в процессе планирования и осуществления деятельности. К ним относят, например, факторы, характеризующие способы применения объекта. Из множества управляемых факторов формируются стратегии управления объектом.

При исследовании рисков для рассматриваемого объекта факторы отображают в виде переменных (числовых и нечисловых). Классификация факторов приведена на рис. 3.1. С точки зрения информированности исследователя об этих переменных факторы подразделяют на определенные и неопределенные.

К *определенным факторам* относят переменные, значения которых известны исследователю с требуемой точностью. Это различие характера заданные параметры, известные (регулярные) функции определенных аргументов и т. п. К этой группе факторов также относят контролируемые входные воздействия, в том числе и управляемые переменные.

К *неопределенным факторам* относят переменные, о значениях которых в реальном процессе исследователь осведомлен не полностью. Причина неопределенности этих переменных (факторов) может быть различной. Обычно неопределенные переменные под-



Рис. 3.1. Классификация факторов, влияющих на результат деятельности

разделяют на две группы: случайные переменные и неопределенные переменные нестохастической природы.

Если распределение *случайной переменной* (например, в виде функции распределения) известно, то в этом случае говорят, что переменная статистически определена. Случайные переменные с неизвестным распределением подразделяют на два вида: с известными параметрами (характеристиками) распределения и с неизвестными параметрами. При исследовании систем со случайными факторами широко используют вероятностно-статистические методы. Например, методами параметрического статистического оценивания можно определить параметры распределения случайных переменных на основе статистических испытаний (если таковые возможны). Непараметрическое оценивание позволяет установить распределения случайных переменных.

Неопределенные факторы нестохастической природы можно условно разделить на две группы: с известными и неизвестными функциями принадлежности (диапазонами изменения переменных). Функция принадлежности задает некоторое подмножество (подобласть) общей допустимой области изменения фактора, определяемой, например, физическим происхождением соответствующего фактора.

Очевидно, что подобласть, определяемая функцией принадлежности, в некотором смысле отражает степень неопределенно-

сти фактора: чем меньше эта подобласть, тем меньше степень неопределенности фактора. В пределе функция принадлежности, выделяющая всего одно значение фактора, переводит его в разряд определенных факторов. Наибольшей степенью неопределенности обладают факторы с неизвестными функциями принадлежности. Обычно к ним применяют процедуру экспертного оценивания диапазонов изменений их значений.

Для описания неопределенных факторов нестохастической природы используют аппарат теории нечетких множеств, субъективные вероятности. В последнем случае при анализе рисков применяют теорию вероятностей. Однако при введении субъективных вероятностей закон больших чисел может перестать действовать. Субъективные вероятности вводят обычно с помощью экспертного оценивания.

Некоторые неопределенности нестохастической природы иногда удается перевести в разряд случайных факторов с помощью рандомизации. Под *рандомизацией* понимают искусственное введение случайности в ситуацию, где она отсутствует. Например, при анализе угрозы оказаться в завалах разрушенного здания в результате землетрясения нахождение человека в здании в определенное время суток неслучайно. Однако исследователь может предположить, что момент начала землетрясения в пределах суток распределен с постоянной плотностью вероятности. Этим он рандомизировал положение объекта, т.е. ввел искусственно вероятностное распределение. Далее вероятность оказаться в завале можно оценить методами теории вероятностей и математической статистики.

Неопределенность нестохастического характера возникает обычно в результате следующих обстоятельств:

наличия целенаправленного противодействия со стороны конкурирующей системы, способы действий которой неизвестны исследователю. Эту неопределенность поведения конкурента называют *поведенческой неопределенностью*;

недостаточной изученности некоторых явлений, сопровождающих процесс функционирования объекта. Неопределенность этого типа называют *«природной»*;

нечеткого представления цели операции, приводящего к неоднозначной трактовке соответствия реального результата операции желаемому. Таковую неопределенность называют *целевой*.

Исследование рисков с учетом неопределенных факторов нестохастической природы в значительной мере осложняется отсутствием достаточно общей теории (подобно теории вероятностей для исследования случайных явлений), формирующей методологические основания для изучения явлений с неопределенными факторами. Тем не менее использование теории нечетких множеств, теории игр и теории решений позволяет исследовать рис-

ки для рассматриваемого объекта при наличии существенной неопределенности нестохастического характера.

Для практических целей анализа риска будем использовать классификацию неопределенностей результата деятельности по местоположению относительно рассматриваемого объекта, источнику, вероятности наступления рассматриваемого события и факторам возникновения (рис. 3.2).

Факторы по отношению к исследуемому объекту могут быть внешними и внутренними. Внешние факторы отражают влияние внешней среды, способствуя успешному проведению операции (полезные факторы) или противодействуя успеху операции (вредные факторы). Внутренние факторы отражают взаимовлияние движущих сил внутри объекта на процесс и результат деятельности. Соответственно неопределенности *по их местоположению относительно рассматриваемого объекта* подразделяют на внешние и внутренние, связанные соответственно с его внешней и внутренней средой.

Внешняя среда — это макроокружение и непосредственное окружение, в котором функционирует объект. Например, для организации среда включает экономическую, правовую, технологическую, социальную, политическую и другие составляющие. В нее включают поставщиков, потребителей продукции и услуг организации, конкурентов, с которыми организация взаимодействует в процессе функционирования.



Рис. 3.2. Классификация неопределенностей

Внутреннюю среду образуют персонал организации и ее структура, производство, финансовое обеспечение деятельности, маркетинг, организационная культура, сложившаяся в организации система ценностей, традиции, социально-психологическая обстановка, стиль руководства.

По источнику выделяют следующие составляющие неопределенности информации:

«природную», обусловленную неполнотой информации, связанной с тем, что в силу объективных причин не все влияющие на результат решения факторы контролируются и прогнозируются, а значит, должны рассматриваться как случайные;

«метрологическую», обусловленную погрешностями в определении (измерении) значений влияющих факторов;

поведенческую;

целевую.

Источником «природной» неопределенности при принятии решений является большое число обстоятельств, учесть которые невозможно, а их совокупное действие приводит к не вполне предсказуемым результатам. «Природная» неопределенность связана с невозможностью предвидения в определенной мере результата деятельности, так как в сходных условиях вследствие совместного влияния большого числа случайных факторов результаты одного и того же события могут быть различными. Применительно к хозяйственной деятельности можно выделить следующие факторы:

флуктуации в природной среде — климатические, погодные условия, стохастический характер природных процессов, времени, места и силы опасных природных явлений, которые могут привести к стихийным бедствиям и оказать негативное влияние на функционирование и развитие социально-экономической ситуации;

негативные стохастические процессы в техносфере, связанные с надежностью процессов производства (отказами) и эпизодически возникающими опасными техногенными явлениями (пожары, взрывы и т.д.);

в обществе — нестабильность социально-политической ситуации и неопределенность перспектив ее изменения;

в экономике — нестабильность деловой окружающей среды, неизмеримо возросшей в процессе экономической глобализации с увеличением числа субъектов деятельности, внедрением современных информационных технологий и большей открытостью;

вероятностный характер научно-технического прогресса (НТП), когда известно лишь в широких пределах. При этом затраты на НТП растянуты во времени;

нестабильность внутренней среды организации (размер материальных, финансовых и трудовых ресурсов на момент реализации принятого решения и т.д.).

Источники «метрологической» неопределенности — неточность информации об объекте принятия решения, например, недостаточная осведомленность о военном потенциале противостоящего государства, о величине спроса на товары, услуги и капитал; о финансовой устойчивости и платежеспособности клиентов, партнеров, конкурентов; о ценах, курсах, тарифах, дивидендах; о возможностях и надежности оборудования; о позиции, образе действий и возможных решениях конкурентов и др. Такая информация в практической деятельности является разнородной, неточной, неполной и искаженной. Чем ниже качество информации, используемой при принятии решений, тем существеннее возможное отклонение фактического результата деятельности от ожидаемого и выше возможность потерь от ошибочных решений.

Поведенческая неопределенность возникает при наличии конфликтных ситуаций, противоборствующих тенденций, столкновении противоречивых интересов — войны; межнациональных конфликтах; конкуренции; разных позиций в инновационном процессе разработчиков (инициативы), проектировщиков (содействия), пользователей (бездействия), изготовителей (противодействия).

Принятие более рациональных решений в этих случаях требует использования специфического математического аппарата теории игр.

Целевая неопределенность возникает в многоцелевых задачах, требующих многокритериального выбора оптимальных решений.

По факторам возникновения неопределенности подразделяются: на природные;

технические;

экономические (коммерческие), обусловленные изменениями в экономике предприятия или страны. К ним относятся: неопределенность рыночного спроса и предложения, слабая предсказуемость рыночных цен, неопределенность действий партнеров, недостаточность информации о действиях конкурентов и т.д.;

политические, обусловленные изменением политической обстановки, влияющей на хозяйственную деятельность.

По вероятности наступления рассматриваемого события и возможности ее определения рассматривают три ситуации, широко используемые в практических задачах принятия решений:

полной неопределенности (например, времени, места и силы негативного события), когда определена лишь область изменения изучаемой величины;

частичной (вероятностной) неопределенности, если известна, например, частота и, следовательно, вероятность негативного события заданной силы в фиксированном месте. Неопределенность такого характера имеет место, если может быть установлено вероятностное распределение, т.е. существует возможность накопить

и обработать большое количество статистической информации, обеспечивающей репрезентативность анализируемых выборок;

полной определенности, которая является чаще всего допущением, принимаемым для упрощения расчетов. Следует иметь в виду, что принятие решений на основе анализа, выполненного по детерминистским моделям в предположении, что влияющие факторы известны точно, может привести к потерям из-за ошибок 1-го и 2-го рода, а попытка учета случайного разброса уровней этих факторов значительно усложняет процесс выбора рационального решения.

3.3. Показатели неопределенности

По высказыванию Кельвина (У.Томсона), все что существует, существует в некотором количестве и может быть измерено. Объективный риск как результат взаимодействия человека, общества, техносферы и природы может быть оценен на основе статистики произошедших событий либо с использованием теоретико-вероятностных методов и моделей. Для измерения риска необходимы определенные показатели, которые могут быть введены на основе определения риска, включающего по крайней мере три элемента:

неопределенность события, т.е. риск существует только тогда, когда возможно неединственное развитие событий. Например, возможность или отсутствие пожара; процентная ставка может вырасти, упасть или остаться на прежнем уровне; стоимость акций может повыситься или понизиться;

потери — непреднамеренное сокращение стоимости объектов в сфере интересов рассматриваемого субъекта в результате реализации опасности. Например, пожар уничтожает дом; в авариях гибнут люди и автомобили; при падении курса акций их держатели терпят убытки. Возможно также непреднамеренное недополучение выгод;

небезразличность, т.е. риск должен задевать интересы определенного человека или организации, которые стремятся не допустить нежелательного для них развития событий или не «проморгать» имеющийся шанс.

В рамках концепции риска как неопределенности, широко применяемой в экономике, рассматривают будущий результат операции, который интерпретируется как случайная величина.

Допустим, V — возможный результат (например, экономический результат — прибыль, доходность и т.д.) операции. Полной вероятностной характеристикой непрерывной случайной величины возможного результата является функция распределения $F(v) = P(V < v)$. Ожидаемый результат характеризуется следующими показателями (числовыми характеристиками):

1) *математическое ожидание* $v = M[V] = \int_{-\infty}^{\infty} v f(v) dv$, где $f(v)$ — плотность распределения вероятностей случайной величины V . Для дискретной случайной величины, заданной гистограммой, оценка математического ожидания определяется по формуле $\mu = \sum_{i=1}^n v_i p_i$, где p_i — вероятность i -го состояния с ожидаемым результатом v_i . При наличии выборочных данных объемом n последние равновероятны, т.е. $p_i = 1/n \forall i$. Тогда $\hat{\mu} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i$, где v_i — результат, полученный в i -м наблюдении;

2) *дисперсия* $D[V] = \sigma^2 = M[(V - \mu)^2]$, определяемая для непрерывной случайной величины по формуле $\sigma^2 = \int_{-\infty}^{\infty} (v - \mu)^2 f(v) dv$,

а для дискретной $\hat{\sigma}^2 = \sum_{i=1}^n (v_i - \mu)^2 p_i$. По выборочным данным несмещенную оценку дисперсии вычисляют по формуле $\hat{\sigma}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (v_i - \hat{\mu})^2$;

3) *среднее квадратическое отклонение* $\sigma = \sqrt{D[V]}$;

4) *коэффициент вариации* $K_v = \sigma/\mu$, который имеет смысл риска на единицу среднего результата (является относительной, безразмерной характеристикой).

Анализируя риск, следует сосредоточиться в основном на тех значениях возможного результата, которые меньше ожидаемого значения, а не на тех, которые его превышают. Если распределение является симметричным, то дисперсия и среднее квадратическое отклонение достаточно точно оценивают риск получения результата ниже ожидаемого значения, который составляет ровно половину общего риска. Однако если распределение асимметрично, то эти показатели неверно отражают действительный риск. При этом, если распределение обладает правосторонней асимметрией, дисперсия и среднее квадратическое отклонение завышают вероятность получения результата ниже ожидаемого значения, а при левосторонней асимметрии наблюдается противоположная ситуация. Эти искажения могут быть снижены, если ввести в рассмотрение полудисперсию (семивариант SV), которая для непрерывной случайной величины определяется формулой:

$$SV = \int_{-\infty}^{\mu} f(v)(v - \mu)^2 dv,$$

а для дискретной величины —

$$SV = \sum_{i=1}^m p_i (v_i - \bar{\mu})^2,$$

где m — множество исходов с результатом ниже ожидаемого значения.

Показателями неопределенности являются характеристики разброса результата операции: дисперсия σ^2 (или полудисперсия как мера его возможного отклонения в меньшую сторону), среднее квадратическое отклонение σ , коэффициент вариации K_v (более приемлем для сравнения степени неопределенности при принятии решения на выбор операции). От них при наличии априорной информации о законе распределения $F(v)$ результата операции или распределении ущерба в ней $F(w)$ можно перейти к вероятности негативного события, например катастрофического ущерба, для рассматриваемого объекта.

Использовать среднее квадратическое отклонение σ как меру финансового риска предложил в начале 50-х гг. XX в. Г. Марковиц — создатель модели оптимизации портфеля ценных бумаг. Однако использование данного показателя как меры риска оправданно лишь в случае нормальности распределения, что выполняется не всегда.

При известном распределении $F(w)$ можно оценить следующие показатели:

показатель риска в вероятностной форме — вероятность

$$Q(w_3) = P(W > w_3) = \int_{w_3}^{\infty} f(w)dw$$

превышения ущербом заданного уровня w_3 (или его нахождения в определенном интервале);

показатель риска в параметрической форме (в экономике — *рисковый капитал* — Value-at-Risk, VaR) — это граница, которую величина возможного ущерба W не превысит с установленной вероятностью q (рис. 3.3). Данный показатель широко используют при управлении финансовыми рисками, он позволяет оценить риск в терминах возможных потерь, соотнесенных с вероятностями их возникновения. Рисковый капитал можно установить из равенства

$$P(W \leq VaR) = q,$$

где $P(W \leq VaR) = \int_0^{VaR} f(w)dw$, $f(w) = f(v/v < v_{расч})$ — условная плотность распределения вероятностей потерь при проведении операции.



В экономике потери, возникающие при реализации факторов риска, подразделяют на ожидаемые и неожиданные (случайные). Под *ожидаемыми потерями* понимают некий средний уровень потерь, которые возникают при проведении операций. Они должны компенсироваться за счет формирования резервов и включения их стоимости в цену соответствующих продуктов, т.е. данные потери не должны покрываться за счет собственных средств организации. Под *случайными потерями* понимают возможные отклонения уровня реальных потерь в худшую сторону от среднего уровня. При этом на больших временных интервалах случайные потери должны компенсироваться равнозначными случайными доходами.

Случайные потери покрываются за счет собственных средств организации («рискового капитала»). Таким образом, *рисковый капитал* представляет собой долю капитала организации, которую акционеры готовы подвергнуть риску, т.е. потерять в течение некоторого периода при условии сохранения бизнеса. Ограничение, удержание уровня случайных потерь в рамках установленного «рискового капитала» можно считать основной задачей риск-менеджмента.

Для оценки применяют и такие показатели, как *коэффициенты риска* и *коэффициенты покрытия рисков*. Допустим, C — средства, которыми располагает инвестор (ЛПР), а W — возможные убытки. Если $W > C$, то возникает риск разорения. Для оценки подобных ситуаций в рассмотрение вводят *коэффициент риска* $K_1 = W/C$, значения которого ограничивают специальным числом ξ_1 . Операции, для которых $K_1 > \xi_1$, считают особо рискованными. Часто учитывают также вероятность q убытков W и тогда рассматривают

коэффициент риска $K_2 = qW/C$, который ограничивают другим числом ξ_2 (понятно, что $\xi_1 > \xi_2$).

В финансовом менеджменте чаще применяют обратные отношения: C/W и $C/(qW)$, которые называют *коэффициентами покрытия рисков*. Такой смысл имеет коэффициент Кука, равный отношению:

$$K_k = \frac{\text{Собственные средства}}{\text{Активы, взвешенные с учетом риска}}$$

В качестве весов при «взвешивании» выступают вероятности потери соответствующего актива. Коэффициенты C/W и $C/(pW)$ ограничиваются снизу соответственно числами $1/\xi_1$ и $1/\xi_2$.

3.4. Показатели риска

Исторически первым для измерения риска использовался подход, основанный на измерении убытков в неблагоприятной ситуации (описывается в книге «Логика, искусство мыслить», изданной во французском монастыре Порт-Рояль в 1662 г.). Простейшей мерой риска при таком подходе является пара: вероятность Q неблагоприятного события и последствия w при его наступлении. Оба показателя могут быть мультипликативным образом объединены в один: $R = Qw$, что позволяет сравнивать ситуации с различными последствиями и вероятностями их наступления. Использовать вероятность потерь как количественную оценку риска впервые предложил французский математик А. Муавр в начале XVIII в.

Существование субъективной составляющей риска потребовало привлечения новых измерителей, к которым можно отнести лингвистические переменные и субъективную вероятность.

В рамках концепции риска как опасности в зависимости от возможности формализации задачи и имеющейся исходной информации используют следующие показатели:

количественные;

качественные, которые применяют тогда, когда отсутствует возможность количественных оценок (необходимы статистика, модели). Для их определения используют экспертное оценивание.

Различные количественные и качественные показатели необходимы для обеспечения сравнимости степени риска для человека, различных социальных систем, видов деятельности, причин (источников опасности), обоснованного и рационального выбора. Для реализации проектов при наличии альтернатив.

Количественные показатели. Количественно риск чаще всего определяется как возможность реализации опасности чего-либо,

возможность наступления событий с отрицательными последствиями, т.е. характеризуется совокупностью двух свойств:

1) *возможностью причинения вреда*. Поэтому риск часто связывают с размером w ущерба от негативного события или опасного явления, как правило, в натуральном (число пострадавших и погибших, размер зоны действия опасных факторов) или стоимостном выражении. Различают ущерб от реального (проводят оценку фактического ущерба) и гипотетического негативного события. Если рассматривают гипотетическое негативное событие, то о соответствующих видах ущерба говорят как о предполагаемых. Для различных сценариев развития опасного явления в происшествии расчетным методом прогнозируют различные значения ущерба. В результате влияния на размер ущерба большого числа случайных факторов в задачах прогноза рассматривают случайную величину ущерба W , описываемую функцией распределения $F(w) = P(W < w)$ (см. рис. 3.3). Статистические данные об ущербе в реально совершившихся происшествиях на некотором временном интервале образуют выборку из генеральной совокупности, описываемую соответствующей статистической функцией распределения;

2) *неопределенностью наступления опасного события*. Если наступление события закономерно, то его вероятность равна 1 и риска нет; если события на рассматриваемом интервале времени являются массовыми и, значит, вполне предсказуемыми, то вероятность их наступления за рассматриваемый интервал времени приближается к 1. Тогда риска также нет, хотя ущерб есть. Однако если роль играет и разброс ущерба, то риск все же имеется, а для его измерения используют показатели неопределенности (см. подразд. 3.2).

Чаще всего понятие риска связывают с возможностью наступления сравнительно редких событий (табл. 3.2). Под *редкими* понимают такие события, математическое ожидание a числа которых за интервал времени Δt мало, т.е. удовлетворяет неравенству $a(\Delta t) \ll 1$ (практически $a(\Delta t) < 0,1$). При этом риск часто отождествляют с вероятностью $Q(\Delta t)$ наступления этих событий за интервал времени Δt (как правило, за год). Вероятность $Q(\Delta t)$ выступает в этом случае как мера (показатель) риска, удобная при сравнении рисков для одного объекта (субъекта) от различных

Таблица 3.2

Области применения показателей риска

Концепция риска	Вероятность Q негативного события	Показатель
Как неопределенность	< 1	$P(W > w_0)$
Как опасность	$\ll 1$	$Q\bar{w}$

событий или для разных объектов (субъектов) в типовых для них условиях функционирования (деятельности) и однородными последствиями проявления опасности.

Если в течение года произошло N опасных явлений, то ущерб от них оценивают по формуле

$$w = \sum_{i=1}^N w_i, \quad (3.1)$$

а прогноз может быть дан по формуле

$$\bar{W} = a(\Delta t)\bar{w}, \quad (3.2)$$

где w_i — ущерб от i -го опасного явления; \bar{w} — средний ущерб.

Для редких событий формула (3.2) определяет риск: $R \equiv \bar{W}$.

Допустим, поток опасных событий является простейшим пуассоновским. Тогда вероятность наступления на интервале времени Δt хотя бы одного события определяется по формуле

$$Q(\Delta t) = 1 - \exp[-a(\Delta t)],$$

где $a(\Delta t) = \lambda \Delta t$, λ — частота опасных явлений, 1/лет.

Для редких событий, т.е. при $a(\Delta t) \ll 1$, получим $Q(\Delta t) \approx a(\Delta t)$. Если Δt равно 1 году, то $Q(\Delta t) \approx \lambda$. Следовательно, показателем риска будет математическое ожидание (среднее значение) ущерба от опасного явления за 1 год:

$$R = \sum_{i=0}^1 P(H_i)w_i = Q(\Delta t)\bar{w}, \quad (3.3)$$

где $P(H_1) = Q(\Delta t)$; $P(H_0) = 1 - Q(\Delta t)$; $w_1 = \bar{w}$; $w_0 = 0$; \bar{w} — средний ущерб в случае реализации опасного явления.

Для редких событий формула (3.2) совпадает с выражением (3.3), т.е. риск оценивается произведением вероятности свершения неблагоприятного (для рассматриваемого объекта) события на его последствия для этого объекта.

Таким образом, показателем риска в рамках концепции риска как опасности, применимым для любых N , является выражение:

$$\begin{aligned} \text{Показатель риска} & \left[\frac{\text{Ущерб}}{\text{Время}} \right] = \\ & = \text{Частота} \left[\frac{\text{События}}{\text{Время}} \right] \times \text{Средний ущерб} \left[\frac{\text{Ущерб}}{\text{События}} \right]. \end{aligned}$$

Из приведенных соотношений следует, что независимыми переменными, по которым оценивается риск, являются время t и

ущерб w , а для оценки (прогноза) риска необходимо определять частоту реализаций опасных явлений и ущерб от них. Для определения основных компонент риска необходимо рассматривать распределение опасных явлений во времени и по ущербу.

Пример 3.1. Рассматриваются два варианта системы энергоснабжения объекта. Вероятность аварии для первого составляет 10^{-1} 1/год, а второго — 10^{-3} 1/год. Возможный ущерб в случае аварии первой системы составляет 2 млн р., а второй — 100 млн р. Какой проект предпочтительнее с точки зрения безопасности?

Экономический риск при эксплуатации первой системы составляет $R_1 = Q_1 w_1 = 10^{-1}$ аварий в год \times 2 млн р. на 1 аварию = 200 тыс. р. в год. Соответственно для второго варианта $R_2 = Q_2 w_2 = 10^{-3}$ аварий в год \times 100 млн р. на 1 аварию = 100 тыс. р. в год. Так как $R_2 < R_1$, то второй вариант предпочтительнее.

Качественные показатели. Составить модели для вероятности реализации негативного события и стоимостного выражения различных ущербов для всех объектов воздействия весьма затруднительно. Поэтому на практике часто используют качественные методы, основанные на установлении категорий вероятности (реализуемости) и последствий, а затем присвоении каждой категории определенного рейтинга (табл. 3.3, 3.4). Сочетая две эти модели, можно построить матрицу качественно-количественных характеристик собственно риска $R = Qw$ (табл. 3.5), элементы которой для рассматриваемого объекта получают перемножением значений компонент, составляющих риск.

Величины риска R как произведения Qw также можно подразделить условно на пять категорий, например, как в табл. 3.6, а также выделить области безусловно допустимых, приемлемых и чрез-

Таблица 3.3

**Качественная характеристика последствий происшествий
(применительно к экологически опасным объектам)**

Уровень последствий (рейтинг), баллы	Степень последствий	Описание последствий	Соответствующая количественная оценка ущерба w , долл.*/авария
1	Незначительные	Отсутствие травм, незначительные повреждения, выбросы, сбросы	$< 10^3$
2	Малые	Малые повреждения, незначительные травмы, быстрая ликвидация последствий собственными силами	$10^3 - 10^4$

Уровень последствий (рейтинг), баллы	Степень последствий	Описание последствий	Соответствующая количественная оценка ущерба w , долл.*/авария
3	Умеренные	Повреждения средней тяжести, несущественные нарушения функций объекта, травмы с временной потерей трудоспособности, наличие аварийных сбросов, выбросов	$10^4 - 10^5$
4	Значительные	Несчастные случаи с длительной потерей трудоспособности, небольшие разрушения, существенные нарушения функций объекта, значительные аварийные сбросы, выбросы	$10^5 - 10^6$
5	Катастрофические	Смертельные случаи, значительные разрушения, полное нарушение функций объекта, ликвидация последствий требует значительных ресурсов	Больше 10^6

* Доллары США.

Таблица 3.4

Характеристика реализуемости рисков

Уровень реализуемости (рейтинг)	Степень реализуемости	Описание реализуемости	Соответствующая количественная оценка вероятности события Q , 1/год
1	Невероятно	Событие может произойти только в исключительных обстоятельствах. Можно полагать, что оно не произойдет за все время существования системы	Меньше 10^{-3}

Уровень реализуемости (рейтинг)	Степень реализуемости	Описание реализуемости	Соответствующая количественная оценка вероятности события Q , 1/год
2	Маловероятно	Событие может случиться, но весьма редко, т. е. вряд ли произойдет за время существования системы, но его нельзя исключать из рассмотрения	0,001—0,01
3	Вероятно	Может произойти в некоторых случаях (происходит в среднем один раз на протяжении времени существования системы)	0,01—0,1
4	Весьма вероятно	Вероятно будет происходить в большинстве обстоятельств (происходит несколько раз на протяжении времени существования системы)	0,1—0,5
5	Почти наверняка	Ожидается, что событие будет происходить при всех обстоятельствах. Для системы происходит достаточно часто на протяжении времени ее существования	Больше 0,5

Таблица 3.5

Матрица качественно-количественных характеристик риска

Реализуемость, баллы	Последствия, баллы				
	1	2	3	4	5
1	1	2	3	4	5
2	2	4	6	8	10
3	3	6	9	12	15
4	4	8	12	16	20
5	5	10	15	20	25

Таблица 3.6

Характеристика риска			
Категория	R	Необходимое действие	Приемлемость
Экстремальный	> 20	Необходимы немедленные действия	Недопустимый (чрезмерный)
Высокий	15—20	Необходимо повышенное внимание высшего руководства и ответственных лиц	
Средний	10—15	Необходимо определение ответственных лиц	Ограниченно допустимый (приемлемый)
Низкий	5—10	Применяются обычные процедуры управления	
Пренебрежимый	< 5	—	Безусловно допустимый

мерных рисков. В табл. 3.5 области безусловно допустимых, ограниченно допустимых и недопустимых рисков выделены соответственно светлым, серым и темным фоном (по аналогии со светофором это соответствует «зеленой», «желтой» и «красной» областям деятельности).

Пример 3.2. Необходимо принять решение на управление риском аварий в одном из цехов нефтеперерабатывающего завода. Обработка суждений экспертов дала значение реализуемости аварии, равное 3,2, а последствий — 3,8. Тогда количественно-качественная оценка риска — 11,4. Следовательно, в соответствии с табл. 3.6 применительно к данному цеху необходимо определение ответственных лиц.

В зависимости от величины рисков можно проводить их приоритизацию, т. е. расстановку по порядку. Это необходимо для установления последовательности реализации мер защиты и соответствующего распределения средств (инвестиций) на их выполнение.

ГЛАВА 4. ВИДЫ РИСКОВ И ИХ СТРУКТУРА

4.1. Классификация рисков

Опасности, неопределенности и возможности сопутствуют любому виду деятельности, а результат их проявления для некоторого объекта характеризуют рисками. Существующие риски разнообразны, их можно подразделить на множество групп, т. е. клас-

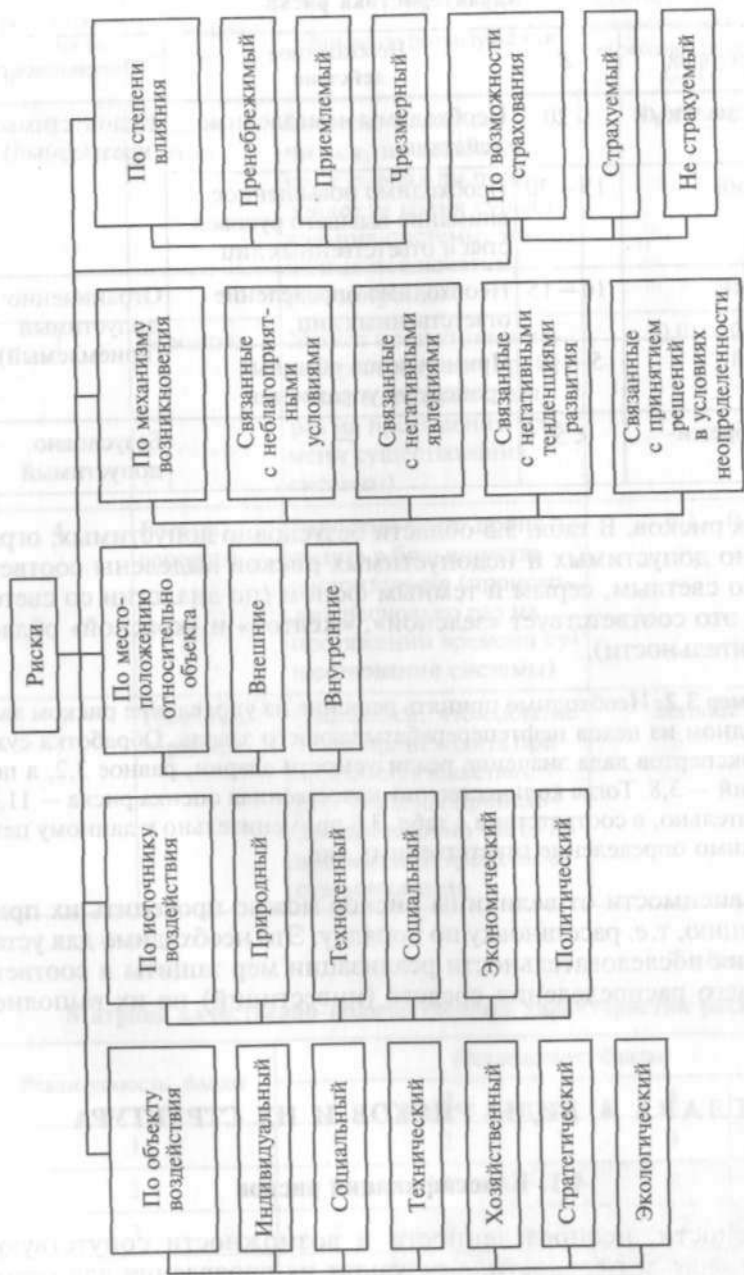


Рис. 4.1. Классификация рисков

сифицировать по различным признакам: объекту и источнику воздействия, местоположению относительно объекта воздействия, механизму возникновения, степени влияния, возможности страхования и др. (рис. 4.1).

В зависимости от объекта негативных воздействий можно выделить следующие виды риска (табл. 4.1): индивидуальный; социальный; технический; предпринимательский; стратегический; экологический.

Таблица 4.1

Классификация рисков по объекту воздействия негативных факторов

Вид риска	Объект воздействия	Негативные последствия (характер вреда, ущерба)
Индивидуальный	Человек, его здоровье и жизнь	Снижение работоспособности, заболевание, травма, инвалидность, летальный исход
Социальный	Общество, население (социальные общности)	Социальные потери, ССОППЖ
Технический	Объекты техносферы (техносциальные системы)	Повреждение, разрушение, прекращение функционирования
Хозяйственный (экономический)	Организации (социально-экономические системы), их финансовое состояние, возможность стабильного функционирования	Потери имущества, капитала, выпускаемой продукции, ожидаемой выгоды
Стратегический	Государство (социально-политические системы), его стабильное функционирование и устойчивое развитие (национальная безопасность)	Вред жизненно важным интересам личности, общества, государства
Экологический	Окружающая природная среда (экосоциальные системы), ее качество	Загрязнение воды, воздуха, почвы, разрушение экологических объектов и систем, причиняющие вред нынешнему поколению людей и подрывающие основы для развития будущих поколений

Источником риска являются различные опасности. Соответственно *по источнику воздействия* различают риски: природные (природа, включая космос); техногенные (техносфера); социальные (общество, биосфера); политические (государство, мировое сообщество); экономические (экономика, бизнес).

По местоположению источника опасности относительно объекта различают риски внешние и внутренние.

Для фирмы к внешним источникам опасности относятся экономическая конъюнктура, конкуренты, а к внутренним — риски, связанные с принимаемыми решениями, противоречиями в руководстве и др. Внутренним источником риска для жизни и здоровья человека является его организм (болезни).

По механизму возникновения различают риски:

связанные с неблагоприятными условиями жизнедеятельности (функционирования организаций);

обусловленные опасными явлениями (форс-мажор) в природной, техногенной, социальной и деловой среде;

обусловленные негативными тенденциями развития, приводящими к кризисам — для организации к ухудшению ее финансового состояния и в результате к банкротству (этот вид рисков изучается в теории антикризисного управления). Тенденции могут быть связаны с внешними факторами, формирующими неблагоприятную конъюнктуру для организации, либо с внутренними, связанными, например, с противоречиями внутри самой организации. Негативные тенденции могут привести к кризисам, в том числе в форме опасных явлений (например, рост социальной напряженности может привести к социальному взрыву);

связанные с принятием решений в условиях неопределенности, обусловленной, например, нестабильностью условий деятельности организации, что приводит к отклонению фактического результата деятельности от ожидаемого (примеры таких рисков — инвестиционный, инновационный).

Причины рисков являются результатом развития процессов как вне организации (в природе, техносфере, обществе, экономике, политике), так и внутри нее. Опасные явления повышают возможность кризиса в организации. В свою очередь опасные явления часто являются результатом заблаговременно нераспознанных негативных тенденций. Первые чаще приводят к кратковременным, а вторые — долгосрочным последствиям, например, к замедлению в развитии некоторой значимой для функционирования социально-экономической системы сферы.

По степени влияния на жизнедеятельность человека, жизнеспособность (финансовое состояние) организации различают следующие виды риска:

пренебрежимый (влияние незначимо; меры защиты принимать не требуется);

приемлемый (влияние значимо; принимаются меры контроля и защиты на основе принципов обоснования и оптимизации);

чрезмерный (влияние катастрофично; деятельность с указанным уровнем риска не допускается). Применительно к предпринимательской деятельности катастрофический риск — это риск банкротства, связанный с полной потерей предпринимателем собственного капитала.

По возможности страхования риски подразделяют на две группы (это важно с точки зрения управления рисками):

страхуемые, которые могут быть переданы соответствующим страховым организациям;

не страхуемые, по которым отсутствует предложение соответствующих страховых продуктов на страховом рынке.

Возможна классификация рисков и по другим признакам: цели (мотивированный и немотивированный); результату (оправданный и неоправданный), соответствию реальности (действительный и мнимый). Рассматривают также риски наступления отдельных негативных событий (например, риск смерти, риск аварии, риск мошенничества, риск банкротства), которые являются мерой возможности наступления этих событий.

Различные области деятельности могут формировать свой понятийный аппарат и классификацию рисков. Например, в страховании под риском часто понимают вид опасности, реализация которой приводит к страховому случаю: пожар, наводнение, дорожно-транспортное происшествие, противоправное действие, авария, несчастный случай и пр. Классификация рисков может осуществляться в соответствии с видами страхования (имущественные, ответственности и др.).

4.2. Рискообразующие факторы

На величину риска влияет большое число разнообразных факторов, характеризующих как особенности конкретных условий деятельности рассматриваемого объекта, так и специфические черты опасности, неопределенности, возможностей, в условиях которых эта деятельность осуществляется. Такие факторы называют *рискообразующими*, т. е. способствующими возникновению того или иного вида риска. Количество учитываемых рискообразующих факторов достаточно велико. Например, компания «*Algorithmics*», разработавшая систему управления рисками «*Mark To Future*», приводит данные, демонстрирующие соотношение отдельных групп рисков и воздействующих на них факторов. Согласно этим данным рыночные риски являются производными 50—1 000 фак-



Рис. 4.2. Место возникновения факторов риска

торов риска; на кредитные риски оказывают воздействие 50 — 200 рискообразующих факторов.

Все рискообразующие факторы по местоположению относительно рассматриваемого объекта (например, человека, организации, государства, цивилизации) можно подразделить на две группы:

- внутренние факторы, возникающие внутри объекта;
- внешние факторы, воздействующие на объект из окружающей среды.

Применительно к предпринимательской деятельности *внутренние факторы* связаны непосредственно с деятельностью фирмы и взаимодействующих с ней организаций (рис. 4.2). На их уровень влияет компетентность и деловая активность руководства организации, качество персонала (профессиональная подготовленность, ответственность и т.п.), выбор маркетинговой стратегии, производственный потенциал, техническое оснащение, производительность труда, проводимая финансовая, техническая и производственная политика и др.

К группе *внешних факторов* риска относят политические, научно-технические, социально-экономические и экологические факторы (указанная трактовка факторов носит макроэкономический характер). Характерными внешними рискообразующими факторами применительно к организации являются инфляция и волатильность финансово-экономических параметров, поведение конкурентов, развитие научно-технического прогресса и др. Внешние факторы, как правило, не зависят от деятельности организации.

Иногда состояние внешней по отношению к рассматриваемой организации среды оценивают степенью ее враждебности, изменяющейся в интервале (0,1). Достижение цели организации происходит в условиях противодействия, увеличивая в соответствии со степенью враждебности среды существующие риски. Это вы-

нуждает организацию нести дополнительные расходы либо на собственную модернизацию, приспособление к среде, либо на изменение среды. При высокой (близкой к 1) степени враждебности среды развитие бизнеса является проблематичным.

Рассматривают также *нейтивные* (от англ. native — присущий) рискообразующие факторы, воздействующие только на конкретный вид риска, и *интегральные рискообразующие факторы*, оказывающие влияние на риски сразу нескольких видов.

4.3. Структура рисков

Можно выделить факторы риска по их структуре (месту в образовании рисков). К ним относятся опасности, угрозы, уязвимость, неэффективность систем безопасности, ущерб. Эти факторы различаются в зависимости от механизма образования риска: в результате опасных явлений, в неблагоприятных условиях деятельности, вследствие негативных сценариев развития, при принятии решений в условиях неопределенности.

Риск от опасных явлений. Опасные явления, эпизодически происходящие в природе, техносфере и обществе, сопровождаются формированием негативных факторов, взаимодействие которых с элементами антропосферы приводит к ущербу для человека и социальных систем (рис. 4.3). В зависимости от величины ущерба опасные явления можно квалифицировать как происшествия либо ЧС соответственно природного, техногенного и социального характера. Основными элементами, входящими в систему оценки риска происшествий и ЧС, являются источник опасности, опасное явление, негативные (опасные, или поражающие, и вредные, или неблагоприятные) факторы, объект воздействия, ущерб, объект риска.

Реализация опасностей происходит в форме опасных природных, техногенных и социальных процессов и явлений, которые являются иницирующими событиями соответственно для природных (стихийные бедствия), техногенных (катастрофы) и биолого-социальных (массовые беспорядки, эпидемии, эпизоотии и др.) чрезвычайных ситуаций. Выделяют также природно-техногенные катастрофы — инициированные опасными природными явлениями катастрофы, связанные с объектами техносферы; техноприродные процессы и явления — интенсифицированные техногенными воздействиями опасные природные процессы и явления; социотехногенные явления — инициированные действиями человека (ошибки и несанкционированные действия персонала опасных объектов, технологический терроризм, вооруженные конфликты) катастрофы в техносфере.

Ущерб имеет место в сфере интересов человека, где он ведет (или будет вести) ту или иную хозяйственную деятельность. На-

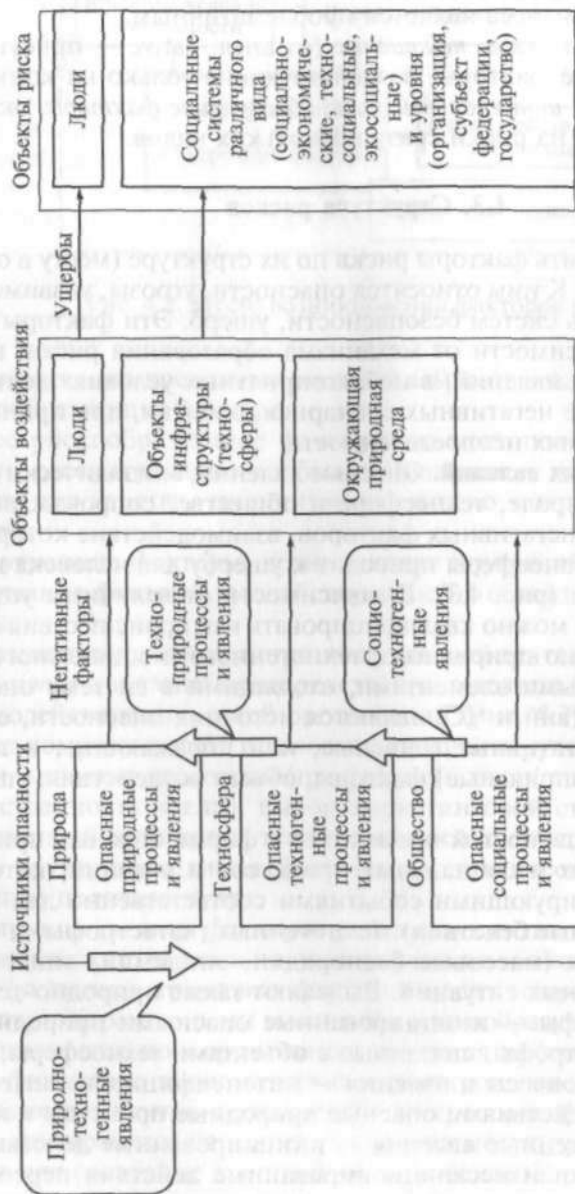


Рис. 4.3. Развитие опасных явлений в происшествия и чрезвычайные ситуации

пример, реальный ущерб от лесных пожаров возникает в зоне деятельности лесозаготовительных предприятий. По мере роста численности населения и развития хозяйства частота опасных природных явлений практически не изменяется, а частота стихийных бедствий и ущерб от них (т. е. риск ЧС) возрастают.

В качестве объектов воздействия негативных факторов опасных явлений обычно рассматривают человека, объекты инфраструктуры (техносферы), природную среду. Вред, нанесенный этим объектам, приводит к ущербу для людей и рассматриваемых социальных систем различного вида и уровня (объектов риска).

Структура факторов риска в результате опасных явлений может быть установлена из рассмотрения общих закономерностей перерастания опасных явлений различного типа в происшествия и ЧС. На этот процесс влияют следующие факторы (рис. 4.4):

виды, частота и сила инициирующих событий в форме опасных природных, техногенных и социальных явлений;

относительное пространственно-временное распределение очагов опасных явлений и объектов воздействия их негативных факторов;

площади зон воздействия негативных факторов опасных явлений;

защищенность рассматриваемых объектов;

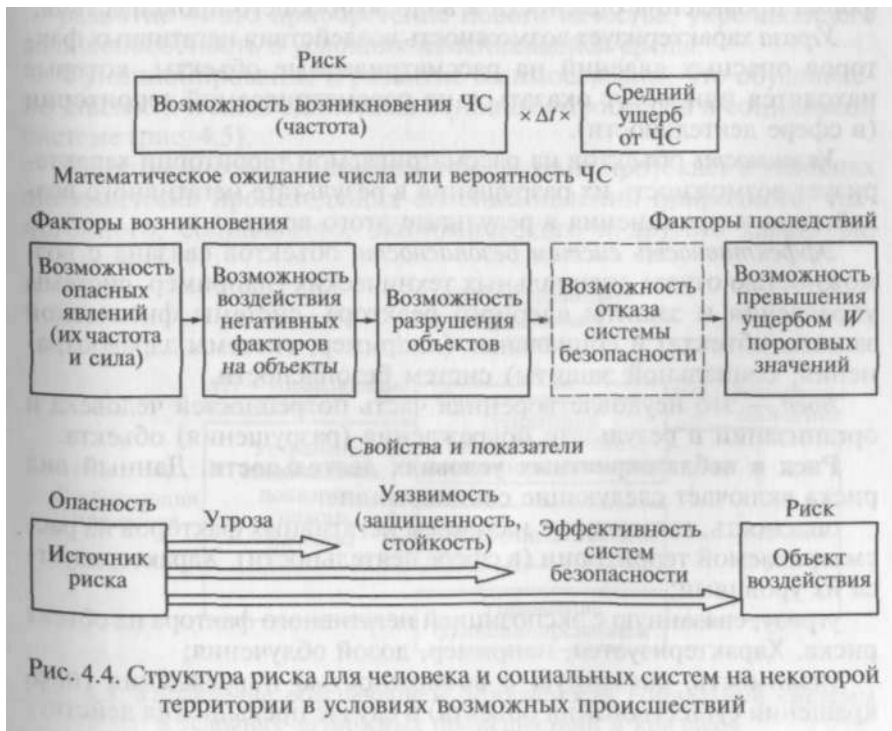


Рис. 4.4. Структура риска для человека и социальных систем на некоторой территории в условиях возможных происшествий

действующие на объекты нагрузки, вычисляемые с учетом пространственного фактора и защищенности объектов;
стойкость объектов к действию нагрузок от опасных явлений;
эффективность систем безопасности объектов (такими системами оснащают, например, потенциально опасные объекты), препятствующих перерастанию аварийных ситуаций в аварию;
последствия от разрушения (повреждения) объектов;
расположение людей относительно объектов в момент опасного явления (воздействия его негативных факторов) и др.

Рассмотренные факторы влияют на возможность наступления (повторяемость) происшествий и ЧС на некоторой территории. Их выделение позволяет провести декомпозицию задачи оценки риска, сведя ее к оценке опасности, угрозы, уязвимости, эффективности систем безопасности и ущерба.

Понятие «опасность» связано со свойством территории либо вида деятельности, состоящим в возможности возникновения в них опасных явлений, которые характеризуются частотой и силой. Понятия «опасность» и «вред» связаны между собой и соотносятся как категории «возможность» и «действительность». Опасность как возможность фиксирует объективное существование источника опасных явлений. Вред как действительность является событием, которое уже возникло как реализованная опасность. Вред — это форма проявления опасности в виде возникшего происшествия.

Угроза характеризует возможность воздействия негативных факторов опасных явлений на рассматриваемые объекты, которые находятся или могут оказаться на рассматриваемой территории (в сфере деятельности).

Уязвимость объектов на рассматриваемой территории характеризует возможность их разрушения в результате негативного воздействия и причинения в результате этого вреда.

Эффективность систем безопасности объектов связана с возможностью отказа специальных технических (например, системы управления и защиты ядерного реактора, системы физической защиты объекта) и социальных (например, системы здравоохранения, социальной защиты) систем безопасности.

Вред — это неудовлетворенная часть потребностей человека и организаций в результате повреждения (разрушения) объекта.

Риск в неблагоприятных условиях деятельности. Данный вид риска включает следующие составляющие:

опасность, связанную с наличием негативных факторов на рассматриваемой территории (в сфере деятельности). Характеризуется их уровнями;

угрозу, связанную с экспозицией негативного фактора на объект риска. Характеризуется, например, дозой облучения;

уязвимость, связанную с возможностью повреждения (прекращения существования объекта) в случае превышения действу-

ющей нагрузкой некоторой предельной ее величины для объекта. Может быть снижена за счет применения индивидуальных и коллективных средств защиты, ограничений, изоляции, герметизации технологических процессов и т.д.;

ущерб, связанный с возможными негативными эффектами в объекте оценки.

Следовательно, риск — это вероятность негативного эффекта в рассматриваемых условиях деятельности.

Пример 4.1. Радиационный риск для населения при проживании на радиационно загрязненной территории, определяемый с помощью модели зависимости «доза — эффект».

Риск от негативных сценариев развития. Социальная система любого вида (социально-экономическая, социотехническая, эко-социальная) и уровня (например, для социально-экономических систем — домохозяйство, фирма, отрасль, государство, регион мира, мировая экономика) включает два процесса своего существования:

функционирование — это поддержание жизнедеятельности, сохранение функций, определяющих целостность системы, ее качественную определенность и сущностные характеристики;

развитие — это приобретение нового качества, укрепляющего жизнеспособность в условиях изменяющейся среды.

Функционирование и развитие взаимосвязаны, что обусловлено диалектическим единством основных процессов в социальной системе (рис. 4.5).

Функционирование социальной системы протекает в условиях эпизодически происходящих опасных явлений природного, техногенного, социального, экономического и другого характера,

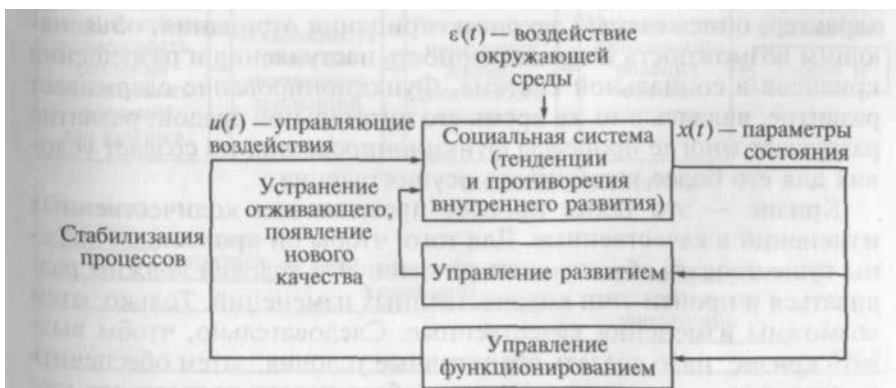
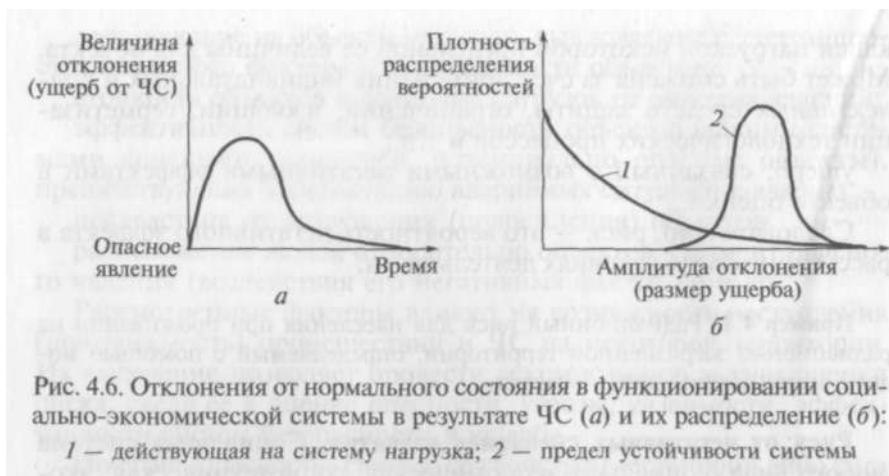


Рис. 4.5. Управление обеспечением безопасности социальной системы в условиях возможных происшествий и кризисов



приводящих к происшествиям и ЧС, отклоняющим состояние социальной системы от нормального вследствие различных видов ущерба (рис. 4.6, а). При значительных масштабах этих событий возможна потеря устойчивости системы (рис. 4.6, б).

Развитие социально-экономической системы характеризует изменения в предмете, средствах труда и человеке. Критерием этих изменений служит появление нового качества, укрепляющего стабильность и гармоничность функционирования социально-экономической системы или создающего принципиально новые условия для этого.

В результате внешних воздействий, тенденций и противоречий внутреннего развития возможны негативные сценарии развития социально-экономической системы, которые могут привести к потере ее жизнеспособности в существующем виде.

Связь функционирования и развития имеет диалектический характер, описываемый законом отрицания отрицания, объясняющим возможность и закономерность наступления и разрешения кризисов в социальной системе. Функционирование сдерживает развитие, являясь в то же время его питательной средой; развитие разрушает многие процессы функционирования, но создает условия для его более устойчивого осуществления.

Кризис — это также процесс превращения количественных изменений в качественные. Для того, чтобы он произошел, должны существовать объективные условия. Эти условия должны развиваться и пройти этап количественных изменений. Только затем возможны изменения качественные. Следовательно, чтобы вызвать кризис, надо создать объективные условия, затем обеспечить их развитие, а в дальнейшем при необходимости подтолкнуть уже созревшую ситуацию к качественному изменению. Для предотвращения кризиса необходимо поступать наоборот. С точки зрения

теории кризисов существует четыре типа ситуации в социальной системе любого уровня:

1) некризисная (кризисно-невозможная), в которой нет объективных условий для возникновения кризиса как качественного перелома;

2) предкризисная (кризисно-возможная), в которой возникновение кризиса-перелома объективно возможно, но это еще не означает, что он произойдет;

3) собственно кризис-перелом;

4) посткризисная.

В соответствии с этим выделим структуру риска кризиса для социальной системы из-за возможной реализации негативных сценариев развития (рис. 4.7).

Под *опасностью кризиса* для социальной системы следует понимать возможность создания объективных условий для его возникновения. Необходимо иметь в виду, что такая опасность существует всегда, так как постоянно меняется внешнее окружение социальной системы, которому последняя должна соответствовать. Под *угрозой для конкретной системы* следует понимать возможность развития в ней до кризиса уже имеющихся негативных тенденций. Под *уязвимостью системы* будем понимать возможность при существующих условиях деятельности потери ею устойчивости (финансовой, социально-политической и пр.) и прекращения функционирования. Противоположным свойством является



Рис. 4.7. Структура риска для социальной системы в условиях возможной реализации негативных сценариев развития

жизнеспособность — свойство системы, характеризующее запасы устойчивости к негативным воздействиям и приспособляемость к новым условиям.

Структура риска при принятии решения в условиях неопределенности включает следующие факторы:

опасность потерь, которую создает наличие неопределенности в рассматриваемой сфере деятельности; описывается распределениями влияющих на результат решения случайных величин, причем, чем больше их дисперсия, тем выше опасность;

угроза связана с возможностью ухудшения состояния рассматриваемой системы в результате принимаемого решения; характеризуется вероятностями α и β ошибочных решений 1-го и 2-го рода;

уязвимость связана с существующими запасами прочности (стойкости, работоспособности, финансовой устойчивости и др.) системы;

ущерб — потери W_α и W_β в системе от ошибочных решений 1-го и 2-го рода.

Тогда риск

$$R = \alpha W_\alpha + \beta W_\beta$$

представляет собой средние потери от принятия ошибочных решений.

Пример 4.2. Принятие решения по реализации мер защиты от опасного явления на основе результатов прогноза его возникновения (см. подразд. 12.2).

Пример 4.3. Принятие решения при долгосрочном планировании некоторого вида деятельности на основе вероятностных сценариев его развития (см. подразд. 15.2).

Контрольные вопросы

1. Какой показатель характеризует интегральную опасность для жизнедеятельности человека?
2. Перечислите основные факторы, в соответствии с которыми значение теории риска в современном мире повышается.
3. Перечислите основные концепции риска и укажите области их применения. Какая концепция риска наиболее подходит для анализа: промышленной безопасности; охраны труда; экологической безопасности; при управлении финансовыми рисками; в страховании; общественной безопасности; национальной безопасности; при принятии решения на реализацию инновационного проекта?
4. Перечислите основные объекты исследования в теории риска.
5. Какие проблемы обеспечения безопасности может решить лишь мировое сообщество?

6. Между какими источниками опасности и объектами риска отсутствует взаимосвязь?

7. Для чего необходимо охранять природную среду, учитывая, что понятие безопасности в мировом масштабе имеет значение лишь по отношению к человеку?

8. Как соотносятся между собой понятия «неопределенность» и «риск»?

9. Какие показатели используют для характеристики неопределенности ожидаемого результата некоторой операции? В каких единицах измеряются дисперсия, коэффициент вариации?

10. Каким образом можно получить оценку риска аварии, если в ее анализе участвуют два эксперта: один оценивает степень вероятности аварии на объекте, а другой — ее последствия?

11. В чем заключается преимущество параметрического показателя риска перед вероятностным? Что означает понятие «рисковый капитал»?

12. Перечислите и охарактеризуйте механизмы возникновения рисков.

13. По каким признакам можно классифицировать рискообразующие факторы?

14. Как соотносятся между собой понятия «опасность», «угроза», «уязвимость», «ущерб» и «риск»?

15. Какие всеобщие законы диалектики объясняют возможность возникновения кризисов в процессе развития организации?

РАЗДЕЛ II

ХАРАКТЕРИСТИКА РИСКООБРАЗУЮЩИХ ФАКТОРОВ

ГЛАВА 5. ОПАСНОСТИ

5.1. Виды опасностей территорий и видов деятельности

Одним из главных понятий безопасности жизнедеятельности является аксиома о потенциальной опасности. Практика дает основания для утверждения о том, что любая деятельность потенциально опасна, т.е. сопряжена с возможностью воздействия на рассматриваемый объект негативных факторов и связанных с этим потерь. Анализ условий жизнедеятельности человека и созданных им социальных систем свидетельствует о существовании множества потенциальных опасностей, не только препятствующих достижению целей, но и создающих угрозу здоровью и жизни людей, их имуществу, существованию и развитию организаций, а также среде обитания, что наносит вред будущим поколениям людей и в конечном итоге подрывает возможность устойчивого развития человечества.

Опасности вообще, безотносительно к какому-либо объекту, не существует. Она определяется как возможность причинения вреда определенным объектам. Так, на рис. 5.1 показано, что внешняя среда является источником опасности для объекта 1. Например, реализация этой опасности способна вызвать аварию на объекте 1 и причинить ему ущерб. Внешняя среда является источником опасности и для других объектов. В связи с особенностями указанных объектов и их размещением эти опасности могут различаться, хотя для однотипных объектов, размещенных в сходных условиях, виды опасностей могут и совпадать.

С другой стороны, объект 1 сам является одним из источников опасности для окружающей среды, в частности, для объекта 2. Например, если в качестве объекта 2 рассматривать население территории, прилегающей к объекту 1, то авария на последнем может причинить ущерб жителям этой территории. В этом случае объект 1 считается потенциально опасным для окружающей его среды.

Человек в качестве объекта 1 может рассматриваться и как «жертва», и как «злодей». Это может быть злоумышленник или человек, создающий своими действиями ситуации, чреватые причи-

нением ущерба (совершающий ошибки либо принимающий ошибочные управленческие решения). Поэтому необходимо учитывать «человеческий фактор».

Опасности являются источником (причиной) риска. *Опасность* — это свойство среды (естественной, искусственной, социальной, деловой, правовой), окружающей рассматриваемый объект (человека, социальную систему), состоящее в возможности (при определенных условиях случайного или детерминированного характера) создания физических или иных негативных воздействий, способных привести к нежелательным последствиям для рассматриваемого объекта и (или) окружающей его среды.

Для жизнедеятельности людей, существования и развития социальных систем различают опасности территорий и видов деятельности как их свойство, состоящее в возможности возникновения некоторой совокупности негативных факторов, воздействие которых может причинить вред людям и этим социальным системам.

Под *опасностью территории* понимают присущее ей свойство, характеризующее наличием источников, техногенной, социальной, экономической и политической опасностей, которые при определенных условиях могут причинять вред человеку, элементам антропосферы, социальным системам и природной среде. Источниками опасности на территории могут быть области возможного возникновения опасных природных явлений (например, сейсмоопасные области, зоны затоплений), места захоронения отходов, промышленные площадки и производственные корпуса, промышленные зоны и селитебные территории в целом, зоны военных действий или активной террористической деятельности, районы размещения потенциально опасных объектов.



Рис. 5.1. Опасности для объекта и от объекта

Опасность вида (сферы) деятельности — это свойство, обусловленное наличием у данного вида деятельности источников опасности техногенного, социального, экономического и политического характера, которые при определенных условиях могут причинить вред перечисленным ранее объектам, воспрепятствовать выполнению различных проектов и достижению прогнозируемых результатов деятельности.

Опасности можно классифицировать по различным признакам (рис. 5.2): источнику возникновения, масштабу, виду (механизму негативного влияния) и др.

По источнику возникновения можно выделить природные, техногенные, социальные, экономические и политические опасности.

Источник опасности — это ограниченный в некоторой области пространства процесс, деятельность или состояние определенного объема среды, окружающей рассматриваемый объект, в котором возможна реализация опасности в какой-либо форме и причинение вреда рассматриваемому объекту.

Природные, техногенные, социальные (в частности, террористическая) и политические (в частности, военная) опасности в случае реализации могут привести к ущербу для жизни и здоровья человека либо непосредственно, либо опосредованно через ухудшение качества его жизни в связи с причинением ущерба социально-экономической системе (в масштабе государства, организации, семьи), включающей человека. Известно проявление по-



Рис. 5.2. Виды опасностей

литических опасностей для предпринимательской деятельности в форме политического риска. Опасности экономики (бизнеса) воздействуют на жизнедеятельность человека через ухудшение качества жизни и воздействие опасных экономических явлений на психологическое состояние человека.

По масштабу могут рассматриваться следующие виды опасностей:

бытовые, способные затронуть интересы отдельных людей. Например, для человека опасные природные явления — это сильные морозы, жара, ветер, наводнения. В процессе эволюции человек максимально приспособился к ним, создав необходимые системы защиты;

локальные, т. е. для отдельных групп людей, организаций, объектов техносферы. Например, для объектов техносферы, территориальных комплексов населения и хозяйства (ТКНХ) опасными событиями являются землетрясения;

региональные — для некоторой общности людей, государства. Опасностью такого масштаба в политической сфере является война;

глобальные — для природной среды и, следовательно, человечества в целом (столкновение Земли с астероидом или кометой; неуправляемая антропогенная деятельность, связанная с выбросом парниковых газов, что, возможно, приводит к глобальному потеплению; война с неограниченным применением ядерного оружия).

Для социально-экономических систем по масштабу выделяют следующие виды опасности: мегаэкономические, связанные с функционированием мировой экономики в целом; макроэкономические — опасности экономической системы данного государства; мезоэкономические — опасности, формирующиеся на уровне отдельных отраслей экономики и специфических сфер бизнеса; микроэкономические — опасности для отдельных организаций (внутрифирменные); наноэкономические — опасности для человека, семьи.

Опасности для различных объектов реализуются *в виде:*

неблагоприятных условий жизнедеятельности и деятельности. Из природных опасностей к ним относятся сильный мороз, жара и т.д.; техногенных — загрязнение среды обитания; социальных — низкий уровень жизни, плохие жилищные условия;

негативных тенденций развития, приводящих к кризисам (для социальных систем, государства);

эпизодически происходящих опасных явлений;

неопределенности при принятии решений, в первую очередь в технике, экономике (связаны в основном с нестабильностью условий деятельности и неопределенностью действий конкурентов), политике. Приводят к потерям из-за ошибочных решений.

Опасности для жизнеспособности организаций проявляются в следующих формах:

кратковременно действующих опасных явлений (форс-мажор), приводящих к ущербу;

нестабильности условий деятельности, приводящих к отклонению фактического результата деятельности от ожидаемого;

ошибочных решений, принимаемых в условиях неопределенности;

продолжительно действующих негативных тенденций, приводящих к кризису и, возможно, к ликвидации организаций и даже национальных общностей;

Первые три формы создают угрозу для функционирования организаций, последняя — для их развития.

Процесс жизнедеятельности наряду со способностью удовлетворять определенные интересы людей (организаций) характеризуется объективно существующим свойством опасности жизнедеятельности (высокая, низкая опасность и т.д.).

Опасность жизнедеятельности — это свойство процесса жизнедеятельности, проявляющееся в виде происшествий и характеризующее его способность наносить вред людям и организациям. Опасность исходит от процесса жизнедеятельности и направлена на субъекты жизнедеятельности, которым может быть причинен вред. Жизнедеятельность можно представить как совокупность процессов — работ, операций (каждый из которых обладает свойством опасности), суммирующихся для рассматриваемого объекта.

Опасности для жизнедеятельности человека можно классифицировать по распределенности в пространстве, продолжительности и регулярности (во времени и пространстве) действия (рис. 5.3).

По распределенности в пространстве различают сосредоточенные (отдельные компактно размещенные объекты) и распределенные (по координатам — железные дороги, трубопроводы; по площади — районы, зоны) опасности.

По продолжительности действия различают кратковременно действующие (опасные явления) и продолжительно действующие (вредные объекты при нормальном функционировании, неблагоприятные условия, загрязнение среды, нестабильность условий экономической деятельности) опасности.

По регулярности во времени различают опасности:

регулярно, т. е. постоянно или периодически действующие (загрязнение среды, вредные факторы, сопровождающие нормальную эксплуатацию объектов, весеннее половодье, циклические экономические кризисы и др.);

возникающие в случайный момент (случайные события, например, обвальное падение курсов валют, форс-мажор).



Рис. 5.3. Классификация источников опасности для жизнедеятельности человека

Опасные явления по мере изучения механизмов их возникновения из разряда нерегулярно действующих (случайных явлений) переходят в разряд детерминированно действующих и, следовательно, предсказуемых. Источники постоянно проявляющихся опасностей считаются вредными (для персонала) объектами, вредными и неблагоприятными для жизнедеятельности населения районами. Источники реализующихся в случайный момент опасностей считаются потенциально опасными объектами или районами.

По регулярности в пространстве или неопределенности местоположения различают источники опасности с известными координатами (стационарный объект, вулкан, зона затопления, конкурент) и неизвестными координатами (случайными в пределах области возможного возникновения), например, место разрыва трубопровода, железнодорожной аварии, террористического акта, эпицентр землетрясения.

5.2. Математическое описание опасных явлений

Степень природной, техногенной и социальной опасностей, а также экономических опасностей территории или сферы деятельности определяется видами опасных явлений и их характеристиками:

энергетическими, т. е. распределением по силе — встречаемостью;

временными — временным распределением (частотой реализации или повторяемостью опасных явлений, их цикличностью и прогнозируемыми сроками возникновения);

пространственными — пространственным распределением (областями развития неблагоприятных явлений или возможного возникновения опасных явлений заданной силы и повторяемости; площадями зон действия их негативных факторов).

Распределение опасных явлений по силе (встречаемость). Рассмотрим некоторое опасное природное или техногенное явление, создающее негативные факторы для объектов антропосферы. Их уровни являются физическими величинами (амплитуда колебаний грунта при землетрясении, скорость ветра при урагане, избыточное давление во фронте ударной волны и т.п.) и наряду с энергией опасного явления (магнитудой землетрясения, тротиловым эквивалентом взрыва) характеризуют их силу. Соответствующие аналогии можно провести и для других видов опасных явлений. Например, опасное явление в политической сфере — это политическое событие (например, решение ограничить или прервать поставку энергии потребителям), влияющее на возможность успешной реализации некоторого хозяйственного проекта.

Уровни негативных факторов (действующие нагрузки) описываются параметрами u , определяющими их негативное (поражающее, истощающее, блокирующее) действие на объекты. Так как сила опасных явлений различна (причем слабые явления случаются чаще, чем сильные), относительное положение очага опасного явления и объекта воздействия его негативных факторов являются неопределенными, представим действующую на рассматриваемый объект нагрузку случайной величиной U . Она описывается характерной для рассматриваемой территории и размещения объектов на ней (с учетом ослабления силы негативного фактора при удалении от возможного очага опасного явления) функцией распределения негативных факторов, формируемых при реализации опасности, по силе $F(u) = P(U < u)$, где P — вероятность того, что случайная величина U примет значение, меньшее u . Известны, например, функции распределения максимальной скорости ветра для городов России, силы землетрясений, уровней подъема воды в реках и др.

В зависимости от полноты исходной информации вероятностные распределения опасных явлений по силе могут быть определены следующими способами по статистическим данным о силе опасного явления; из анализа измеренной достаточно протяженной реализации опасного процесса, в основном природного, и др.

По статистическим данным определяется статистическая функция распределения

$$\tilde{F}(u) = P(\tilde{U} < u),$$

которая при числе наблюдений $N \rightarrow \infty$ приближается к истинной $F(u) = P(U < u)$. Для использования в задачах оценки и прогноза

статистическую функцию распределения целесообразно заменить подходящей теоретической. Так как число n опасных явлений за интервал наблюдения ΔT ограничено, то необходимо решать задачу выравнивания (сглаживания) статистического ряда. Для этого вначале из физических соображений или вида статистического распределения выбирают тип теоретического распределения (в дальнейшем используют методы проверки статистических гипотез о согласии статистического распределения с теоретическим). Затем задача сводится к рациональному выбору его параметров, при которых соответствие между статистическим и теоретическим распределениями — наилучшее. Для этого может быть использован метод моментов, согласно которому параметры теоретического распределения выбирают с таким расчетом, чтобы несколько важнейших числовых характеристик (моментов) теоретического распределения были равны соответствующим статистическим характеристикам. Если вид теоретического распределения заранее неизвестен, то для его выбора при $N > 200$ можно воспользоваться системой кривых Пирсона.

Для экстремальных событий существуют свои характерные классы вероятностных распределений (Золотарев В.М., 1983). Однако управление рисками требует учета опасных явлений, реализация которых маловероятна, но последствия велики (сильные наводнения, землетрясения и др.). С точки зрения статистики эти события представляют собой крайние «хвостовые» значения генеральной совокупности и, как правило, они недооцениваются или пренебрегаются исследователями. Подобное игнорирование может привести к серьезным последствиям. Например, хозяйственное освоение без достаточного обоснования и принятия адекватных мер инженерной защиты территорий, подверженных редким, но сильным наводнениям, приводит рано или поздно к уничтожению объектов инфраструктуры. На хвосте распределения находятся такие опасные экономические явления, как обвальное падение курсов валют.

Идентификация распределений редких событий, лежащих на хвосте распределения (распределений с «тяжелыми хвостами»), требует подходов, отличных от применяемых в случае обычных распределений. Например, для них практически бесполезной характеристикой является математическое ожидание, а для описания крупных событий уместно использовать другую характеристику, называемую масштабом.

В течение существенного промежутка времени суммарный эффект всех зарегистрированных событий оказывается соизмеримым с максимальным из них (как это имеет место для устойчивых законов распределения). При этом сам процесс субъективно воспринимается как нестационарный. Лишь по мере накопления значительной статистики эта иллюзия пропадает. Однако увеличение

интервала наблюдения ΔT сопровождается изменением условий реализации соответствующих случайных величин и, следовательно, их распределений. Одним из рекомендуемых подходов является визуализация эмпирического распределения (применение вероятностных графических методов).

Распределение опасных явлений во времени. Математическое описание распределения опасных явлений во времени основано на их рассмотрении как потока случайных событий.

Природные, техногенные и социальные процессы разворачиваются во времени и пространстве и описываются некоторыми параметрами u . Проанализируем их на примере природных процессов.

Природные процессы и явления в конкретных пунктах на некоторой территории в общем случае следует рассматривать как реализацию многомерного случайного процесса. Будем рассматривать их как реализацию некоторого одномерного (функция одного параметра природного процесса) квазистационарного эргодического случайного процесса $U(t/x)$. Выбросы этого процесса представляют собой опасные природные явления, в качестве критерия наступления которых будем рассматривать условие

$$u \geq u_k,$$

где u_k — некоторое критериальное значение.

Тогда опасные природные явления образуют поток случайных событий — выбросов случайного процесса за уровень u_k .

Негативное действие опасных явлений на элементы антропосферы характеризуют, как правило, амплитудные значения их параметров. Поэтому в качестве u обычно рассматривают амплитуды выбросов u_{\max} (например, максимальную скорость ветра при ураганах, максимальный подъем уровня воды при наводнениях, максимальное ускорение грунта при землетрясениях). Описание опасных явлений в этом случае должно включать:

во времени — поток опасных явлений;

по силе — распределение опасных явлений по амплитуде выбросов. Амплитуда выбросов представляет собой случайную величину U_{\max} действующей на элементы антропосферы нагрузки, описываемую распределением $F_{\max}(u) = P(U_{\max} < u)$.

Допустим, поток опасных явлений обладает свойствами ординарности (за достаточно малый промежуток времени происходит не более одной реализации), отсутствия последствия (после очередной реализации их частота не изменяется, хотя, разумеется, меры по предупреждению опасных явлений, особенно в техносфере и социальной сфере, и снижению их последствий принимаются после каждой реализации) и стационарности (частота реализаций $\lambda(t) = \text{const}$). При этих условиях поток реализаций опас-

ного события является простейшим пуассоновским, для которого случайное число ξ реализаций, происходящих в течение времени Δt , распределено по закону Пуассона:

$$F(n) = P(\xi \leq n) = \sum_{k=0}^n P(k), \quad n = 1, 2, \dots, \quad (5.1)$$

где $P(k) = \frac{1}{k!} a(\Delta t)^k \exp[-a(\Delta t)]$ — вероятность k реализаций в течение интервала времени Δt ; $a(\Delta t) = \lambda \Delta t$ — параметр распределения Пуассона (среднее число $a(\Delta t) = M[\xi]$ реализаций в течение интервала времени Δt); λ — частота реализации (среднее число реализаций за единичный и достаточно малый интервал времени, (ед. времени)⁻¹), которая является основным количественным показателем потока опасных явлений.

Редкие события почти всегда распределены во времени по закону Пуассона. Для пуассоновского потока время T между событиями подчиняется экспоненциальному закону, т.е. вероятность хотя бы одной реализации за интервал времени Δt в соответствии с (5.1) вычисляют по формуле

$$Q(\Delta t) = 1 - P(0) = 1 - \exp(-\lambda \Delta t). \quad (5.2)$$

Соотношение (5.2) используют для определения частоты наступления невозполнимого ущерба для конкретного объекта, например, индивидуальной вероятности смерти для человека.

С увеличением λ или Δt возрастает и число событий. Когда $a(\Delta t) \rightarrow \infty$, распределение Пуассона приближается к нормальному с параметрами $M[\xi] = a(\Delta t)$ и $D[\xi] = a(\Delta t)$. В этом случае приближенно в качестве (5.1) можно применять уравнение

$$F(n) = \Phi\left(\frac{n - M[\xi]}{\sqrt{D[\xi]}}\right),$$

где $\Phi(\cdot)$ — функция Лапласа.

Практически нормальным приближением пользуются при $a(\Delta t) > 100$. Оно полезно для получения гарантированных оценок риска методами доверительного оценивания, оценок точности.

Для редких событий (например, тяжелых радиационных аварий типа Чернобыльской), когда $a(\Delta t) \ll 1$ (практически при $a(\Delta t) < 0,1$), приближенно можно считать, что

$$Q(\Delta t) \approx a(\Delta t) = \lambda \Delta t.$$

Пространственное распределение опасных явлений. Такое распределение опасных явлений удобно изображать на карте. Напри-

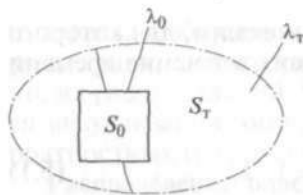


Рис. 5.4. Определение повторяемости опасных природных явлений на территории (пояснение в тексте)

мер, зоны возможного затопления по информации о прогнозируемом уровне подъема воды при наводнении удобно строить на трехмерной электронной карте местности. Электронные карты лежат в основе использования для анализа риска ГИС-технологий (ГИС — географическая информационная система).

Пространственное распределение (области возможного возникновения) опасных природных явлений на картографической основе целесообразно отражать изолиниями их повторяемости и (или) силы. Повторяемость опасных природных явлений λ_0 (рис. 5.4) определяется для точек — центров квадратов фиксированной площади S_0 , равной, например, для торнадо 10 000 км². Величина S_0 определяется размерами области возможного возникновения опасного природного явления, градиентом изменения его повторяемости и площадью зоны поражения. В предположении, что λ_0 для всей территории постоянна, частоту λ_T опасных явлений на определенной территории (в административно-территориальном образовании) площадью S_T вычисляют по формуле:

$$\lambda_T = \frac{S_T}{S_0} \lambda_0.$$

Если территория рассматриваемого административно-территориального образования размещена в зонах с различной частотой опасных природных явлений, то средняя частота природного явления на ней составит

$$\lambda_T = \frac{1}{S_0} \sum_j \lambda_{0j} S_{Tj},$$

где S_{Tj} — площадь части территории $\left(\sum_j S_{Tj} = S_T \right)$, на которой опас-

ные природные явления происходят с частотой λ_{0j} .

Допустим, при отображении опасности на карте за основу взяты изолинии повторяемости $\lambda_0 = var$ опасных природных явлений с силой $u \geq u_0$. Для определения повторяемости природных явлений с силой $u \geq u_1$ дополнительно рассмотрим распределение реализаций опасного природного явления по силе $F(u)$. В качестве критериальных значений u_0 и u_1 может, в частности, рассматри-

ваться расчетная стойкость размещенных на территории типов объектов.

Предположим, что вид и параметры распределения $F(u)$ известны. Например, известно распределение торнадо по скорости ветра. В США торнадо с категорией интенсивности Ф3 встречается менее чем в 5 % случаев, Ф4 — 3 %, Ф5 — 1 %. В близких пропорциях отмечается встречаемость разных категорий торнадо и в других районах мира. Тогда если λ_0 — известная частота реализаций опасного природного явления с силой $u \geq u_0$, то частоту его реализаций, превышающих некоторый уровень u_1 , можно определить по формуле

$$\lambda_1 = \frac{1 - F(u_1)}{1 - F(u_0)} \lambda_0.$$

Пусть u — это параметр, характеризующий поражающее действие негативных факторов от некоторого источника опасности на объект, а $u_{кр}$ — критическое значение, начиная с которого объект разрушается. Тогда разрушение объектов данного типа происходит на расстоянии $r \leq R_{пн}$ от источника опасности (рис. 5.5). Если зона поражения — круг, то площадь зоны поражения негативными факторами рассматриваемого источника опасности $S_{пн} = \pi R_{пн}^2$. Радиус зоны поражения $R_{пн}$ определяется из условия разрушения объекта негативным фактором $u(r) \geq u_{кр}$ при замене неравенства на равенство.

Площадь $S_{пн}$ зоны поражения (действия негативных факторов) зависит от силы опасного природного явления, стойкости застройки к воздействию негативных и других факторов. Она оценивается по статистическим данным или с помощью теоретических моделей. Так, для условий России площадь зоны поражения $S_{пн}$ составляет: 7-балльная зона для землетрясений при магнитуде $M = 5 - 300 \text{ км}^2$, $M = 8 - 6\,000 \text{ км}^2$; цунами — до 50 км^2 (прибреж-



Рис. 5.5. Относительное пространственное распределение источника опасности и объекта воздействия (пояснение в тексте)

ная полоса шириной в сотни метров и длиной до 500 км); ураганов — до $0,2 \cdot 10^6$ км² (полоса со скоростью ветра более 20 м/с шириной до сотен километров и длиной до 1 000 км); тайфунов — до $0,2 \cdot 10^6$ км² (полоса ветра шириной до 400 и длиной до 500 км); смерчей — до 40 км², средняя — 1 км² (полоса шириной до 20 м и длиной до 50 км); лесных пожаров — 1 км².

Для характеристики степени опасности территории используют также понятие пораженности геологическим процессом, под которой понимают соотношение площади проявления (распространения) определенного современного геологического процесса к общей площади рассматриваемой территории. Количественным показателем пораженности является коэффициент пораженности $\alpha_n = S_{о.я}/S_T$, где S_T — общая площадь территории; $S_{о.я}$ — площадь проявления данного процесса (опасного явления) на рассматриваемой территории.

Пространственные области проявления опасных и вредных факторов производственной среды обитания называются опасными зонами. Они характеризуются увеличенным риском возникновения происшествия (несчастного случая). Однако даже если человек находится в опасной зоне, но правильно организует свою деятельность, соблюдает условия безопасности, следит за исправностью технических систем, то несчастный случай не возникает. Часто несчастные случаи являются следствием нарушения мер безопасности в момент нахождения человека в опасной зоне.

5.3. Природные опасности

Источниками природной опасности на рассматриваемой территории для антропосферы являются части литосферы, гидросферы, атмосферы и космического пространства, в которых протекают различные неблагоприятные природные процессы и возможно возникновение опасных природных явлений. Природные опасности для жизнедеятельности человека проявляются в следующих формах:

неблагоприятные природные, в частности климатические, условия;

опасные природные процессы и явления.

Неблагоприятные природные условия. В процессе эволюции человек с помощью техносферы максимально приспособился к природным опасностям и в настоящее время их проявления наблюдаются лишь в случае аварий на объектах жизнеобеспечения (см. подразд. 5.4 «Техногенные опасности»).

Опасные природные процессы и явления. Для опасных природных явлений характерно детерминированное распределение областей их возникновения (источников опасности) по территории Земли; случайность (неопределенность) места возникновения

конкретного опасного природного явления; локальность действия его негативных факторов (причем площадь зоны действия негативных факторов детерминированно зависит от силы природного явления).

Природное явление — это результат протекания природных процессов. *Опасное природное явление* — это событие природного происхождения или состояние элементов природной среды, которое по силе, масштабу распространения и продолжительности может оказать негативное воздействие на жизнедеятельность людей и объекты экономики.

На территории России, обладающей чрезвычайно большим разнообразием геологических, климатических и ландшафтных особенностей, встречается более 30 видов опасных природных явлений, среди которых наиболее разрушительными (приводящими к наибольшим последствиям в порядке их убывания) являются следующие: землетрясения, цунами, наводнения, оползни и обвалы, лавины, природные пожары, сели, карстовые процессы и суффозия, абразия берегов морей и водохранилищ, сильные морозы и метели, ураганы и смерчи.

Наибольшую площадь распространения имеют геокриологические опасности (пучение, термокарст, термоэрозия и др.), приуроченные к зоне развития многолетнемерзлых пород, занимающей около 65 % территории страны. Почти на 45 % территории России периодически происходят лесные и другие природные пожары, а на 34 % — землетрясения силой в 6 баллов и более, приводя к значительным ущербам при поражении ими городов и других поселений.

Человек, вначале почти полностью беззащитный перед природными опасностями, в процессе развития цивилизации (прогресс науки, техники, экономики, возведение зданий и сооружений, в том числе инженерной защиты территории, совершенствование технологий природопользования, выведение устойчивых к неблагоприятным условиям сельскохозяйственных культур, применение средств борьбы с вредителями) значительно снизил все виды природных опасностей. Однако в последние десятилетия этот процесс протекает все более противоречиво. Казалось бы, с развитием научных знаний и технологий защищенность от природных опасностей должна возрастать, но статистические данные подтверждают обратное. Число пострадавших от природных явлений ежегодно увеличивается примерно на 6 %.

Современные тенденции изменения частоты природных ЧС можно подразделить на две группы.

К тенденциям, *снижающим частоту природных ЧС*, относятся следующие:

выявление закономерностей возникновения опасных природных явлений, появление методик и инструментальных средств, повышающих точность предсказания времени, места, силы и последствий опасных

природных явлений, что позволяет своевременно принять предупредительные меры;

приспособление к опасным природным явлениям технологий природопользования;

повышение защищенности людей от действия неблагоприятных факторов природных ЧС. Например, низкие температуры при нормальном функционировании систем отопления в зданиях уже не представляют угрозы для человека;

повышение защищенности территорий (строительство сооружений инженерной защиты от опасных природных явлений).

К тенденциям, *увеличивающим частоту природных ЧС*, относятся следующие:

деградация окружающей среды в результате антропогенной деятельности, способствующая интенсификации опасных природных процессов и снижению предсказуемости (изменению периодичности) опасных природных явлений;

географический фактор — распространение антропосферы на все менее благоприятные по природным условиям территории;

усложнение антропосферы, приводящее к возрастанию причиняемого опасными природными явлениями экономического ущерба. Так, по данным Росстата среднегодовое увеличение в 1971 — 2000 гг. экономического ущерба от природных пожаров на территории России составило 7,2%;

рост численности населения и увеличение его концентрации в городах;

повышение чувствительности людей к внешним воздействиям;

появление значимых для современного общества технологий с большей чувствительностью к помехам (более уязвимых к природным воздействиям). Можно привести следующие примеры: 1) с увеличением степени интеграции микросхем и снижением потребляемой энергии снижается их помехоустойчивость. Сбои в современных интегральных микросхемах могут произойти даже от отдельных частиц ионизирующего излучения, электромагнитных наводок, вызванных внешними электромагнитными полями; 2) с появлением транспорта, транспортных магистралей и увеличением скорости движения транспорта на них в разряд экстремальных перешли такие прежде обычные природные явления, как гололед, сильные снегопады и метели, туман.

Опасные природные явления можно классифицировать по многим признакам (рис. 5.6), в частности по происхождению, продолжительности развития и действия, механизму возникновения и негативного влияния на ТКНХ, а также по регулярности (по времени и месту) действия, энергии порождающего их процесса, виду рабочего тела (воздух, вода, горная порода), характеру оказываемого воздействия (механическое, тепловое, химическим агентом), объектам воздействия и другим признакам.

По происхождению выделяют следующие виды опасных природных явлений:

геологические (землетрясения, оползни и обвалы, лавины, сели, просадки лессов, подтопление территорий, карст, суффо-



Рис. 5.6. Классификация опасных природных явлений (основные виды)

зия, речная эрозия, плоскостная и овражная эрозия, переработка берегов морей и водохранилищ);

геокриологические (пучение, термокарст, термоэрозия, солифлюкция);

геолого-гидрологические (цунами);

гидрологические (наводнения, наледеобразование);

метеорологические (сильные морозы, метели, засухи, ураганы, смерчи);

биологические — природные пожары; массовое размножение сельскохозяйственных вредителей, болезни растений и домашних животных, эпидемии среди животных и людей, нападения привнесённых видов на территории и акватории, нападения кровососущих, хищных и ядовитых животных, биопомехи транспорту, Управляющим и распределяющим системам. Выделяют также биогеохимические опасные явления — выбросы опасных газов из водоемов (озер, болот) и др. К биолого-социальным ЧС приводят

следующие причины: инфекционная заболеваемость и групповые отравления людей; инфекционная заболеваемость сельскохозяйственных животных; поражения сельскохозяйственных растений болезнями и вредителями;

космические (выпадение метеоритов, столкновение Земли с более крупными космическими образованиями — астероидами, кометами и т. п. К солнечно-космическим опасным явлениям относятся аномально большие магнитные вариации, резкие вариации солнечной активности).

По механизму возникновения различают опасные природные явления тренда (медленно предсказуемо развиваются, характеризуются небольшими уровнями негативных факторов, приводят к большому материальному ущербу; для управления используют превентивные меры), экстремума (угрозу представляют случайные реализации эпизодически происходящих опасных явлений с экстремальными уровнями; для управления используют превентивные меры и страхование) и срыва (характеризуются внезапным выделением огромной энергии за короткий промежуток времени; приводят к человеческим жертвам; для управления используют страхование и превентивные меры).

По продолжительности развития и действия различают следующие категории опасных явлений: мгновенные — до 1 с (например, землетрясения); стремительные — до 1 мин (лавины); быстрые — до 1 ч (торнадо); плавные — до 1 сут (наводнения); ползучие — до 1 мес (природные пожары); непрерывные — до 1 года (засухи).

Быстро развивающиеся и кратковременно действующие природные явления (экстремальные природные явления) сопровождаются формированием поражающих факторов для объектов, сооружений, оборудования, коммуникаций, т.е. оказывают преимущественно разрушительное действие на объекты воздействия. Экстремальные природные явления (падение метеоритов, ураганы, тайфуны, смерчи, шквалы, землетрясения, наводнения, цунами, извержения вулканов, обвалы, камнепады, оползни, сели, лавины) возникают внезапно в случайном месте, характеризуются кратковременностью протекания, локальным характером действия поражающих факторов и относительно редкой повторяемостью. Степень приспособленности населения к ним низка.

Медленно развивающиеся и продолжительно действующие неблагоприятные природные явления оказывают преимущественно парализующее или истощающее воздействие. К ним относятся сильные морозы, засуха, эрозия почв, абразия берегов и др.

Опасные природные явления можно классифицировать по регулярности действия во времени и пространстве, по силе (и соответственно по возможности предсказания соответствующих параметров).

По регулярности действия во времени опасные природные явления можно подразделить:

на регулярно (периодически) действующие. Например, наводнения происходят практически в одни и те же сроки, а их сила может быть заблаговременно предсказана. Поэтому степень приспособленности населения к ним достаточно высока. Некоторые опасные природные явления происходят в определенные сезоны (например, тропические циклоны — летом, а внетропические — зимой), но в пределах сезона возникают в случайный момент времени, предсказать который не всегда удается;

нерегулярно действующие, т.е. возникающие в случайный момент времени. Момент наступления таких опасных явлений (например, землетрясений), как правило, заблаговременно не предсказывается и потому они являются чрезвычайно опасными.

Место возникновения опасного природного явления также может быть либо детерминированным (известным), либо случайным (неизвестным). При этом необходимо иметь в виду условность такого деления. Так, если падение метеоритов на поверхность Земли возможно повсюду с примерно равной вероятностью, то выход тайфуна на побережье случаен лишь в пределах определенного района (например, Приморского края).

Эпицентр землетрясения случаен в пределах сейсмоопасной зоны. Ураганы, смерчи и другие опасные явления также имеют свои определенные географические зоны возникновения и распространения, а траектории их движения в пределах этих зон случайны. Например, ущербы от ураганов, распространяющихся вдоль и поперек полуострова Флорида, несоизмеримо различны.

Места возникновения и границы зон поражения таких опасных природных явлений, как наводнения, цунами, потоки вулканических лав и пепла, обвалы, камнепады, оползни, сели, лавины, практически детерминированы. Так, зоны возможных затоплений при наводнениях известны точно, а их размеры зависят только от силы наводнения.

Вариации *силы природных явлений* имеют место всегда и характеризуются встречаемостью различной силы. Чем больше сила природного явления, тем реже, как правило, оно наблюдается. Классифицируют опасные природные явления по силе с помощью специальных шкал, разрабатываемых применительно к каждому природному явлению. В общем случае по энергетике выделяют следующие виды опасных явлений: безопасные, допустимой опасности, опасные, повышенной опасности, чрезвычайно опасные.

С точки зрения оповещения населения важным является *возможность распространения опасных природных явлений по поверхности Земли*. Для опасных природных явлений, возникающих внезапно в случайном месте, но распространяющихся по поверхно-

сти Земли с конечной скоростью, возможны прогнозирование времени прихода в конкретные пункты и своевременное оповещение (штормовое предупреждение) об их возможном начале (цунами, ураганы, тайфуны и др.).

По механизму негативного влияния (поражающего действия согласно военной терминологии) на ТКНХ опасные природные явления могут быть разрушительными, парализующими (останавливающими движение транспорта и т.д.) и истощающими (снижающими урожай, плодородие почв, запасы лесных и других природных ресурсов).

В сложных ТКНХ механизмы воздействия опасных природных явлений часто оказываются разнообразными.

5.4. Техногенные опасности

Техногенная опасность территории обусловлена совокупностью размещенных на ней объектов техносферы, а степень опасности для жизнедеятельности населения характеризуется видами размещенных на ней потенциально опасных и вредных объектов, их числом, накопленным потенциалом опасности, аварийностью, объемом ежедневных (ежегодных) выбросов и сбросов загрязняющих веществ, продолжительностью функционирования, пространственным размещением по отношению к местам расселения людей, зонами действия негативных факторов в случае опасных техногенных явлений с учетом среднегодового (среднесезонного, среднесуточного) распределения направления и скорости ветра и другими факторами.

Техногенные опасности по механизму причинения вреда для жизнедеятельности человека обычно подразделяют на две группы: техногенное загрязнение окружающей природной среды; опасные техногенные процессы и явления.

Техногенные опасности при нормальной эксплуатации объектов и в опасных техногенных явлениях реализуются в следующих основных формах: опасное контролируемое или неконтролируемое высвобождение энергии (кинетической, взрывной, тепловой, световой, электрической, электромагнитной), накопленной в объекте; опасный контролируемый или неконтролируемый выброс веществ (радиационно, химически и биологически опасных); разрушение необходимых или возникновение опасных (вредных) потоков информации (в управляющих, контролирующих, оповещающих системах объектов).

Техногенный риск для жизнедеятельности обычно называют естественной платой человечества за высокий уровень цивилизации. Это, безусловно, правильно, если считать уровень современной цивилизации потребления высоким, а ее развитие — тупиковым.

На основе анализа техногенного риска необходимо предусматривать меры для его сведения к минимуму, т.е. к обеспечению техногенной безопасности. Первый шаг в таком анализе — это анализ опасности объектов техносферы.

Опасные объекты. Опасность объекта — это его свойство, состоящее в возможности в процессе эксплуатации при определенных обстоятельствах причинять ущерб человеку, социальным системам и окружающей природной среде. Технический объект, от которого исходит опасность, является источником опасности. В соответствии с аксиомами теории техногенного риска любое техническое устройство является источником техногенной опасности. Если территориальное расположение источника опасности может быть установлено, то может быть определена зона опасности. Верхний предел ущерба, который может быть причинен техническим объектом, обозначается как потенциал опасности, различный для случаев нормальной эксплуатации и аварии объекта.

Промышленные объекты по потенциалу опасности (количеству накопленных опасных веществ, запасенной энергии) условно подразделяют:

на неопасные;

опасные, подлежащие регистрации в государственном реестре, требующие декларирования безопасности, обязательного страхования ответственности за ущерб третьим лицам и других процедур государственного регулирования техногенной безопасности.

Далее приведены предельные количества опасных веществ, наличие которых на промышленном объекте служит основанием для обязательной разработки декларации промышленной безопасности: аммиак — 500 т (аммиак высокотоксичен, но наличие резкого запаха позволяет принять своевременные меры безопасности); нитрат аммония — 2 500 т; хлор — 25 т; цианистый водород — 20 т; фосген — 0,75 т; диоксид серы — 250 т; воспламеняющиеся газы — 200 т; горючие жидкости, находящиеся на складах, — 50 000 т; токсичные вещества — 200 т; высокотоксичные вещества — 20 т; окисляющие вещества — 200 т; взрывчатые вещества — 50 т; вещества, представляющие опасность для окружающей среды, — 200 т. По состоянию на начало 2005 г. в Российской Федерации число декларируемых объектов в 739 эксплуатирующих организациях составляло 2 523.

Классификация опасных промышленных объектов может быть проведена по следующим признакам (рис. 5.7): механизму причинения ущерба (в процессе нормальной эксплуатации или в случае аварий); виду опасности; происхождению образующихся в случае аварии опасных факторов.

Потенциальная возможность причинения ущерба является ключевой в объяснении смысла термина «потенциально опасный объект». Техническая система, неблагоприятные воздействия ко-

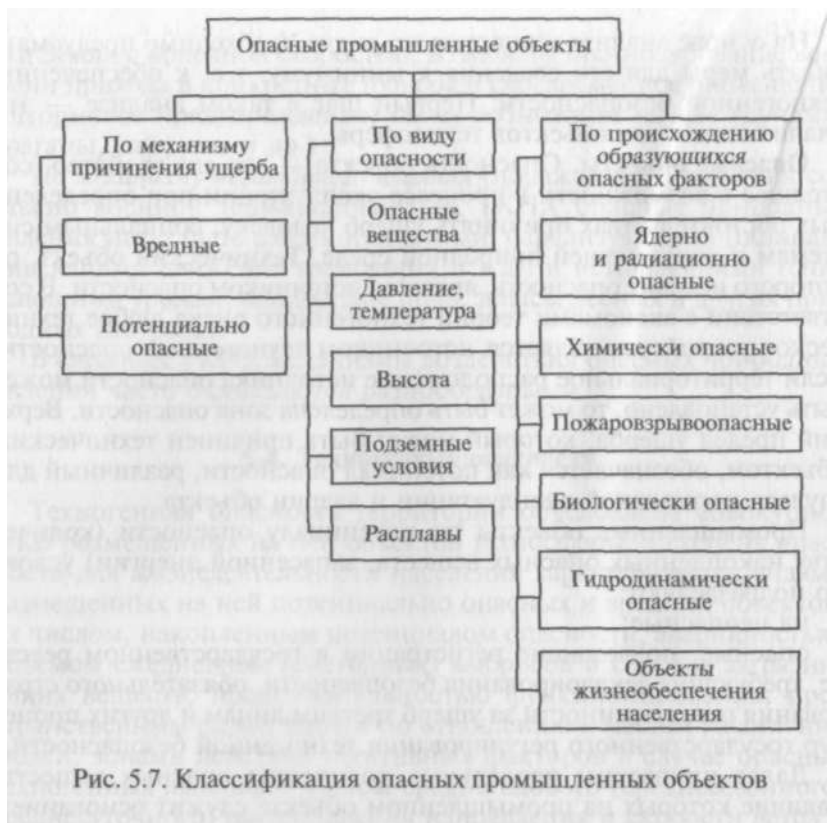


Рис. 5.7. Классификация опасных промышленных объектов

торой на персонал и окружающую среду в процессе эксплуатации полностью определены, считается вредной. Поэтому *по механизму причинения ущерба* объекты техносферы могут быть:

вредными для здоровья в процессе нормальной эксплуатации. Проявлениями их опасности обычно являются уровни вредных факторов, сопровождающих эксплуатацию объекта, площади и степень загрязнения прилегающих к объекту территорий в результате выбросов и сбросов. В зависимости от назначения предприятия и его мощности назначается один из пяти классов вредности, в зависимости от которого устанавливается ширина санитарно-защитной зоны: от 1 000 м (I класс) до 50 м (V класс);

потенциально опасными, ущерб от которых наступает в случае аварий. Проявлениями их опасности являются уровни поражающих факторов, формирующихся в случае аварий, площади и степень загрязнения прилегающих к объекту территорий в случае аварий.

По виду опасности различают пять групп объектов, на которых:

1) вырабатываются, используются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются *опасные вещества*. Объекты пер-

вой группы подразделяют на следующие подгруппы в зависимости от вида опасных веществ: воспламеняющиеся; окисляющиеся; горючие; взрывчатые; токсичные; высокотоксичные; вещества, представляющие опасность для окружающей природной среды;

2) используют оборудование, работающее *под давлением* более 0,07 МПа или *при температуре* нагрева воды более 115 °С;

3) используют стационарно установленные грузоподъемные механизмы, эскалаторы, канатные дороги, фуникулеры («высота»);

4) получают *расплавы* черных и цветных металлов и сплавы на основе этих расплавов;

5) ведут горные работы, работы по обогащению полезных ископаемых, а также работы *в подземных условиях*.

По происхождению основных опасных факторов, образующихся в результате аварий, обычно выделяют следующие группы потенциально опасных объектов: ядерно и радиационно, химически, пожаровзрыво-, биологически, гидродинамически опасные объекты и объекты жизнеобеспечения. В России насчитывается примерно 45 тыс. опасных объектов, при этом с повышением степени износа основных фондов возможность аварий на них возрастает. Потенциально опасным объектам, с точки зрения негативного влияния на окружающую среду, часто присущи эмерджентные свойства (новые свойства, не присущие их элементам). Например, пожары на некоторых объектах вызывают аварийное образование химически опасных веществ.

Техногенное загрязнение окружающей природной среды. Обычно этот вид техногенных опасностей рассматривают при решении задач, связанных с экологической безопасностью. Совокупность объектов техносферы на рассматриваемой территории за все время их функционирования, т.е. с учетом прошлой деятельности, приводит к ее загрязнению и формированию неблагоприятных условий для жизнедеятельности. Загрязнение окружающей среды происходит в следующих условиях:

при нормальном функционировании объектов техносферы. Главными источниками загрязнения атмосферы являются тепловые электростанции и теплоэлектроцентрали, сжигающие органическое топливо; транспорт; черная и цветная металлургия; машиностроение; химическое производство; добыча и переработка минерального сырья. Для водных объектов основными источниками загрязнения являются сточные воды. Источниками загрязнения окружающей среды служат также шум и вибрация, электромагнитное и ионизирующее излучение;

в результате аварий, практически всегда связанных с выбросами и сбросами вредных веществ в окружающую среду.

Опасные техногенные явления. Можно классифицировать опасные техногенные явления (рис. 5.8) по местоположению относи-

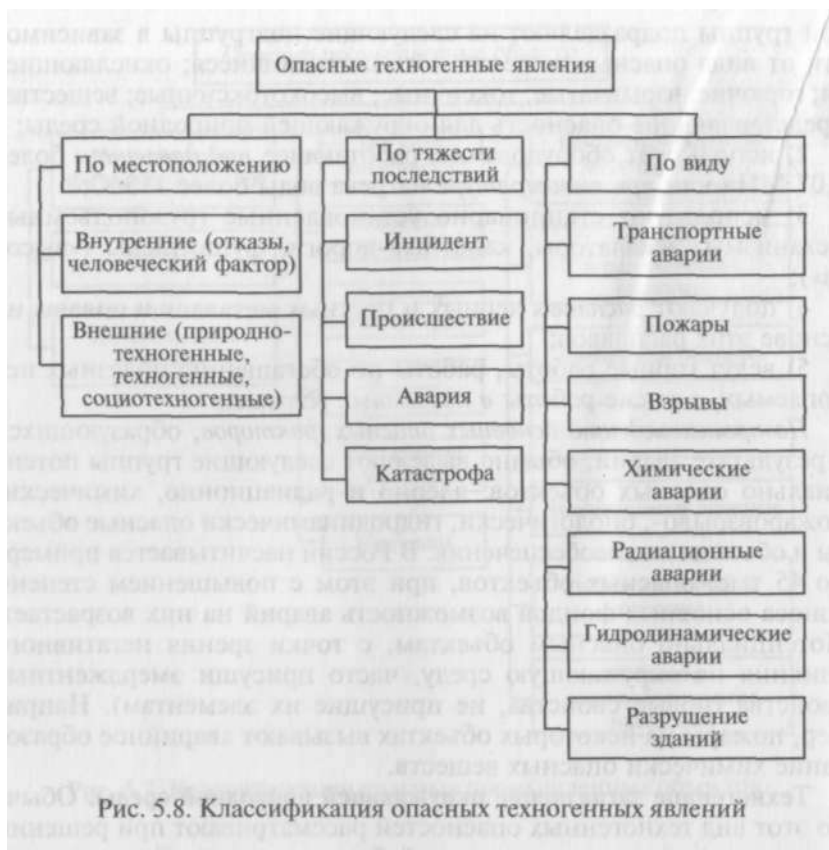


Рис. 5.8. Классификация опасных техногенных явлений

тельно рассматриваемого объекта (причине), тяжести последствий, виду и другим признакам.

Опасные техногенные явления на объектах техносферы обусловлены внутренними и внешними причинами, а также их неблагоприятным сочетанием.

Внутренние причины связаны с протекающими в объектах техносферы опасными техногенными процессами: старением, изнашиванием, деградацией параметров, разрегулированием, которые приводят к отказам технических устройств, а последние — к аварийным ситуациям и авариям. К внутренним причинам относится также человеческий фактор, дающий значительный вклад в аварийность.

Внешние причины обусловлены взаимодействием объектов техносферы с окружающей (природной, техногенной, социальной) средой, в которой эпизодически возникают события, инициирующие опасные техногенные явления. Так, аварии на объектах техносферы могут быть вызваны опасными природными явлениями (природно-техногенные катастрофы), авариями на других объектах техносферы, опасными социальными явлениями (социотех-

ногенные аварии, вызванные, например, актами технологического терроризма). Социальный фактор является причиной подавляющего числа пожаров. В 90-е гг. XX в. доля ЧС техногенного характера в России росла вследствие общего снижения уровня промышленной безопасности.

По тяжести последствий обычно выделяют инциденты, происшествия, аварии и катастрофы.

Необходимо отметить, что техногенные опасности для жизнедеятельности проявляются не всегда, а лишь при возникновении необходимых и достаточных условий возникновения происшествия, что происходит достаточно часто. Событие, заключающееся в появлении одного из условий происшествия, называют предпосылкой к происшествию, а событие, заключающееся в появлении одного из условий предпосылки к происшествию, — признаком опасности.

В зависимости от объекта, особенностей развития и последствий различают следующие *виды* опасных техногенных явлений:

- транспортные аварии;
- пожары, взрывы в зданиях, на коммуникациях, технологическом оборудовании промышленных объектов, в зданиях и сооружениях жилого, социально-бытового и культурного назначения;
- аварии с выбросом (угрозой выброса) аварийно химически опасных веществ;
- аварии с выбросом (угрозой выброса) радиоактивных веществ;
- аварии с выбросом (угрозой выброса) опасных биологических веществ;
- внезапное обрушение зданий, сооружений различного назначения, пород;
- аварии на электроэнергетических системах;
- аварии на коммунальных системах жизнеобеспечения;
- аварии на очистных сооружениях;
- гидродинамические аварии.

Характеристика негативных факторов и последствий некоторых опасных техногенных явлений приведена в табл. 5.1.

К *транспортным авариям* относятся: крушения и аварии грузовых и пассажирских поездов и судов; авиационные катастрофы; дорожно-транспортные происшествия и автомобильные катастрофы (в России в 2005 г. произошло 223 342 дорожно-транспортных происшествия, при которых получили ранения 274 864 чел., а погибли 33 957 чел.); аварии на магистральных трубопроводах, внутрипромысловых нефтепроводах.

Пожаром называется неконтролируемое горение, причиняющее ущерб физическим и юридическим лицам, элементам антропосферы. В основе процесса горения лежат быстротекущие химические реакции окисления в атмосфере кислорода воздуха. Для Предупреждения пожара на пожароопасных объектах следует воз-

Негативные факторы и последствия опасных техногенных явлений

Вид опасного явления	Негативные факторы	Виды поражающего действия	Параметры, характеризующие поражающее действие	Последствия
Транспортная авария	Удар	Механическое	Перегрузки Деформации	Ранение и гибель людей, повреждение транспортного средства и перевозимого груза
	Вторичные явления и их негативные факторы: пожар, взрыв			
Пожар	Непосредственное действие огня на горящий предмет (горение)	Тепловое	Температура, продолжительность нагрева и его интенсивность	Гибель (термические повреждения различной степени) людей, домашних и сельскохозяйственных животных. Сгорание предметов, объектов, оборудования, их обугливание, разрушение. Прекращение выполнения объектами своих функций
	Дистанционное воздействие высоких температур за счет излучения		Тепловой поток	
	Задымление	Удушающее, токсическое	Концентрация опасных веществ	
	Вторичные явления и негативные факторы: взрывы; утечка ядовитых или загрязняющих веществ в окружающую среду; вода, используемая для тушения пожара			
Взрыв	Воздушная ударная волна	Механическое	Избыточное давление во фронте, длительность фазы сжатия	Гибель (ранение — термические и механические повреждения) людей. Разрушение (повреждение) зданий, сооружений, оборудования, транспортных средств
	Осколочное поле		Количество осколков, их пространственное распределение, кинетическая энергия и радиус разлета	

	Вторичные явления и негативные факторы: пожары; поле образующихся токсичных веществ; разрушение зданий			
Химическая авария	Химическое заражение окружающей среды (приземного слоя атмосферы — облако зараженного воздуха; водных источников; продуктов питания; почвы)	Токсическое: респираторное (основное); пищевое; поверхностное	Концентрация сильнейших ядовитых веществ, токсическая доза	Химическое поражение людей и животных
Радиационная авария	Дымовое (пылевое) облако выброса при взрыве (сгорании) — газоаэрозольная смесь радионуклидов, которая распространяется на сотни километров и испускает ионизирующее излучение. Радиоактивное загрязнение местности в результате осадения радиоактивных частиц из газоаэрозольного облака	Ионизирующее	Эффективная доза, мощность дозы	Лучевая болезнь, стохастические эффекты облучения
Гидродинамическая авария	Волна прорыва	Механическое, блокирующее	Высота волны, скорость ее движения. Скоростной напор, давление	Гибель людей, разрушение элементов инфраструктуры. Смыв плодородных почв или отложение наносов на обширных территориях
	Стремительное затопление местности		Длительность затопления	
Разрушение зданий	Обломки	Механическое, блокирующее	Объем завалов	Гибель, ранение людей, находящихся внутри объектов, обломками обрушенных конструкций, их изоляция в завалах
	Изоляция в завалах			

действовать на условия его возникновения и развития: начальный источник тепла, количество и распределение горючего, источник кислорода, дополненные человеческим фактором.

Возможность создания опасных пар из составляющих пожарного треугольника (горючее, кислород, температура), приводящих к ситуации пожара, делает объект пожароопасным (рис. 5.9). Человеческий фактор возникновения пожара проявляется как непредусмотрительность или поджог. В первом случае причиной является халатность в устранении возможной опасной размерности или динамики трех составляющих пожарного треугольника, трех опасных пар и возможности их одновременного присутствия. Во втором случае — это последовательные действия по созданию факторов, пар и синергизма.

Для управления пожарным риском необходимо анализировать возможность возгорания и принимать меры для ее снижения, уменьшения возможности распространения огня, его передачи между отдельными элементами объекта, выявления пожара и подавления его. Следует также уделять внимание раннему обнаружению (противопожарной сигнализации) и немедленным действиям по тушению.

Взрыв — это процесс выделения энергии за короткий промежуток времени, связанный с быстрым физико-химическим изменением состояния вещества, приводящим к возникновению скачка давления или ударной волны, сопровождающийся образованием сжатых газов или паров, способных производить работу. Взрывы можно классифицировать по виду высвобождаемой энергии: химической (чаще всего взрывчатых веществ); внутриядерной (ядерный взрыв), электромагнитной (искровой разряд, лазерная искра

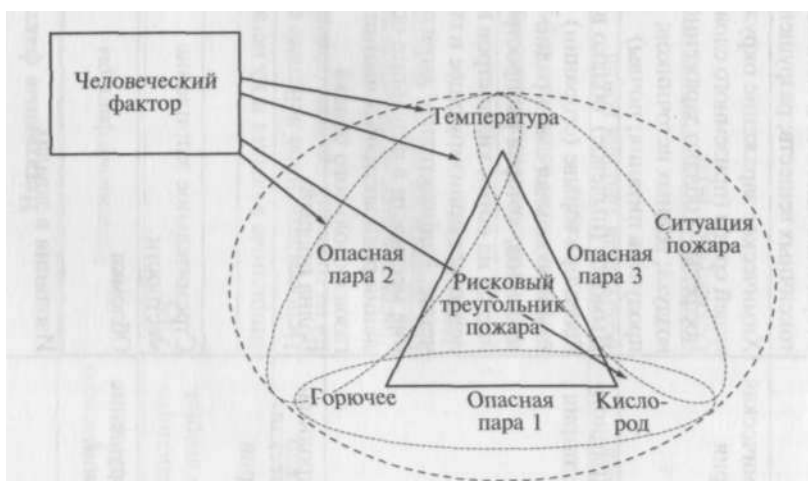


Рис. 5.9. Пожарный треугольник и рисковая пирамида пожара

и др.), механической (при высокоскоростном соударении астероидов и комет с Землей и др.), сжатых газов (при превышении давлением предела прочности сосуда — баллона, трубопровода и т.п.). Таким образом, взрывчатые превращения могут иметь в своей основе процессы либо физического, либо химического характера.

Применительно к взрывоопасным объектам различают три типа аварийных взрывов:

химические — сопровождаются химическими превращениями веществ с выделением тепла и продуктов горения (взрывы газоздушных облаков, конденсированных взрывчатых веществ (ВВ), пылевые взрывы);

физические — не сопровождаются химическими превращениями веществ с выделением тепла и образованием продуктов сгорания (разрыв трубопроводов, сосудов, находящихся под высоким давлением, наполненных негорючими газами, паром или многофазными сжимаемыми системами — пыль, пена);

«BLEVE» (взрыв паров вскипающей жидкости) — особый тип физико-химического взрыва, характерного для емкостей под давлением, наполненных легкокипящей жидкостью (чаще всего — сжиженным горючим газом) и подвергаемых внешнему нагреву. В процессе нагрева происходит быстрый рост внутреннего давления, разрыв емкости с малым фугасным эффектом, выброс горючего в атмосферу с последующим воспламенением и образованием огненного шара. Основные поражающие факторы при «BLEVE» — мощное импульсное тепловое излучение и осколочное поле, образующееся при разрыве емкости.

Для возбуждения (инициирования) взрывчатого превращения ВВ требуется сообщить ему с определенной интенсивностью необходимое количество энергии (начальный импульс), которая может быть передана одним из следующих способов: механическим (удар, накол, трение); тепловым (искра, пламя, нагревание); электрическим (нагревание, искровой разряд); химическим (реакции с интенсивным выделением тепла); взрывом другого заряда ВВ (взрыв капсуля-детонатора или соседнего заряда). Порог чувствительности к любому из этих внешних воздействий должен быть достаточно высоким, иначе обращение со взрывчатыми материалами становится крайне опасным. Инициирование взрывчатого превращения может реализоваться в аварийных ситуациях.

Другим видом взрывов являются аварийные взрывы физического характера. Причиной взрывов паровых котлов и баллонов со сжатыми газами является не химическая реакция, а физический процесс, обусловленный высвобождением внутренней энергии сжатого или сжиженного газа. Взрывы связаны с разрывом стенки резервуара вследствие того, что давление водяного пара (газа) по какой-либо причине начинает резко возрастать либо снижается несущая способность стенок вследствие аварийного воздействия.

Явление физической детонации возникает при смешении горячей и холодной жидкостей, когда температура одной из них значительно превышает температуру кипения другой (например, выливание расплавленного металла в воду). В образовавшейся парожидкостной смеси испарение может протекать взрывным образом вследствие развивающихся процессов тонкой фрагментации капель расплава, быстрого теплоотвода от них и перегрева холодной жидкости с сильным ее парообразованием. Физическая детонация сопровождается возникновением ударной волны с избыточным давлением в жидкой фазе, достигающим в некоторых случаях более тысячи атмосфер.

Физическая детонация может наблюдаться как в техносфере, так и в природе. Взрыв вулкана Кракатау в 1883 г. произошел в результате взаимодействия расплавленной лавы с морской водой. Гул взрыва был слышен на расстоянии 5 000 км в течение четырех часов после события.

Ядерный взрыв — это взрыв, вызванный выделением внутриядерной энергии. Аварийный ядерный взрыв (ядерная авария) возможен при эксплуатации ядерных боеприпасов и энергетических установок различного назначения. Объекты, в которых возможно развитие в определенных условиях неконтролируемой самоподдерживающейся цепной реакции деления, считаются ядерно опасными.

Электрические взрывы — это мощные искровые разряды в газах (например, молнии), взрывы металлических проводочек при пропускании импульсных токов высокого напряжения и т. п. Такие взрывы могут происходить в форме как техногенных, так и природных опасных явлений.

Высокоскоростное соударение наблюдается в военной сфере и в природе, например, при столкновении Земли с астероидом или кометой. Скорость соударения составляет 20 — 40 км/с. Соответствующая ей кинетическая энергия $E_{\text{астер}} = m_{\text{астер}}v_{\text{астер}}^2/2$ выделяется в виде взрыва в атмосфере или на поверхности Земли ($m_{\text{астер}}$ — масса астероида; $v_{\text{астер}}$ — скорость астероида).

Радиационная авария — это потеря управления источником ионизирующего излучения, вызванная неисправностью оборудования, неправильными действиями персонала, опасными явлениями или иными причинами и связанная с выходом радиоактивных веществ за установленные пределы, которая может привести или привела к незапланированному облучению людей или радиоактивному загрязнению окружающей среды, превышающему величины, регламентированные для контролируемых условий.

К радиационным авариям относятся аварии на атомных электростанциях, ядерных энергетических установках различного назначения; аварии на предприятиях ядерного топливного цикла; аварии транспортных средств и космических аппаратов с ядерны-

ми установками или грузом радиоактивных веществ на борту; аварии при промышленных или испытательных ядерных взрывах; аварии с ядерными боеприпасами. Чрезвычайной ситуацией считается и угроза выброса радиоактивных веществ, так как уже это требует принятия мер реагирования.

Потенциальным источником радиационных аварий являются радиационно опасные объекты. Аварии на них приводят к выходу (выбросу) радиоактивных веществ и (или) ионизирующих излучений за установленные границы (барьеры) в количествах, превышающих пределы безопасной эксплуатации. В некоторых случаях, когда вследствие повреждения барьеров безопасности происходит нарушение контроля и управления цепной ядерной реакцией деления в активной зоне реактора, радиационные аварии могут перерасти в ядерные. В этом случае могут произойти тепловые (как в случае аварии на Чернобыльской АЭС) и ядерные взрывы.

Химическая авария — это авария на химически опасном объекте, сопровождающаяся проливом или выбросом опасных химических веществ и приводящая к химическому заражению окружающей среды. *Выброс* — это выход опасных химических веществ за короткий промежуток времени из технологических установок и емкостей при разгерметизации. *Пролив* — это вытекание опасных химических веществ из технологических установок и емкостей при разгерметизации. Кроме того, некоторые химические вещества могут образовать токсичные вещества в определенных условиях (например, при взрывах, пожарах) в результате химических реакций. Это так называемые аварийно химически опасные вещества (АХОВ).

Гидродинамические аварии — это прорывы гидротехнических сооружений (плотин, запруд, дамб, шлюзов, перемычек и др.), являющихся гидродинамически опасными объектами, с образованием волн прорыва и катастрофических затоплений.

Процесс и результат *разрушения зданий* имеют свои особенности в зависимости от причин: сейсмического воздействия, оползания грунта, воздействия селевого потока, внутреннего взрыва газа или попадания извне артиллерийского снаряда, падения воздушного судна, воздействия воздушной ударной волны ядерного взрыва и др. Например, при землетрясениях принято рассматривать пять степеней разрушения зданий: слабые повреждения, для ликвидации которых достаточно их текущего ремонта; умеренные повреждения, для ликвидации которых необходим капитальный ремонт; тяжелые повреждения, при которых возможен восстановительный ремонт здания; частичные разрушения несущих конструкций, когда здание подлежит сносу; обвалы. Характер разрушения зданий в значительной степени зависит от их конструктивной схемы.

Разрушение происходит в случае превышения уровнями поражающих факторов различных опасных природных и техногенных явлений пределов стойкости зданий. При разрушении зданий образуются вторичные поражающие факторы, опасные для находящихся в них людей, а также образуются завалы. Спасение заблокированных в завалах людей зависит от своевременности проведения аварийно-спасательных работ.

5.5. Социальные опасности

Источники социальной опасности для различных объектов можно разделить на две группы:

связанные с низкими уровнями жизни (голод, отсутствие либо неблагоприятное жилище), социальной защищенности, здравоохранения (заболеваемость, смертность), социально-эпидемиологическим неблагополучием и т.д. Эти факторы являются следствием несовершенства социально-экономической системы безопасности жизнедеятельности, обусловленной социальным развитием соответствующего общества. Риски, связанные с данной группой факторов, могут быть названы социально-экономическими. Они приводят к повышенному риску преждевременной смерти людей от болезней, социально-биологическим ЧС, социальным кризисам;

связанные с опасными социальными процессами и явлениями (снижением уровня жизни, ростом дифференциации населения по доходам, экстремизмом, преступностью и др.).

Степень социальной опасности территории определяется характерными видами и уровнями опасности, территориальным (географическим) и временным распределениями. Например, на географическую карту могут быть нанесены зоны военных действий и активной террористической деятельности, повышенной преступности, санитарно-эпидемиологического неблагополучия.

Показатели социальных опасностей устанавливают по статистическим данным или результатам социологических опросов. Так, показателями уровня жизни и антагонизма социальной структуры служат: соотношение доходов 10% наиболее богатых и 10% наиболее бедных граждан; доля населения, находящегося за чертой бедности. Показателями в сфере межнациональных и межконфессиональных конфликтов являются: уровень дискриминации по национальному и конфессиональному признакам; степень межнациональной и межконфессиональной напряженности; уровень миграции из регионов межнациональной и межконфессиональной напряженности и конфликтов. Личная незащищенность оценивается: степенью неудовлетворенности деятельностью органов правопорядка, существующим законодательством; уровнем «повседневной» преступности (рэкет, мошенничество, хулиганство,

мелкие кражи, нанесение немотивированного ущерба собственности граждан, фальсификация продуктов и товаров и т.д.). Показатели массового девиантного (отклоняющегося) поведения: уровень преступности (количество преступлений на 1 000 чел. населения); уровень потребления абс. алкоголя, л/(чел. • год); число наркоманов на 1 000 чел.

К опасным социальным явлениям приводят следующие источники социальной опасности:

психологические особенности личности и особенности воспитания (склонность к насилию, преступлению);

неблагоприятное положение личности (снижение уровня жизни);

социальная несправедливость (напряженность в социальных отношениях вследствие социального неравенства, резкой дифференциации по доходам);

напряженность в межгрупповых, межконфессиональных и межнациональных отношениях вследствие соответствующих противоречий;

негативные социальные процессы, приводящие к разрушению нравственных устоев и социальной устойчивости личности, законопослушания.

В современном российском обществе наблюдаются следующие негативные социальные процессы: различного рода эксклюзии (социальные исключения) и депривации (лишения), основными из которых являются безработица (исключение из системы трудовых отношений) и отсутствие жилища; формирование «социального дна», включающего группы населения из состава нищих, бомжей, беспризорных детей, уличных проституток; развитие наркомании, алкоголизма и криминального поведения; рост числа страдающих болезнями социальной этиологии (туберкулез, педикулез, сифилис, ВИЧ-инфекция); расширение слоя населения, прошедшего через «машину» силовых органов, включая вышедших из заключения и их родственников; значительная группа бывших военных, участвовавших в локальных конфликтах и нуждающихся в реабилитации; мощный слой вынужденных переселенцев, сформировавшийся в результате распада СССР, лишенных, как правило, многих конституционных прав.

Указанные группы населения отличаются устойчивым асоциальным поведением, различной степенью разрушения социально-психологической структуры их личности. Значительная часть из них находится на переломе: они либо получают возможность восстановиться, либо «скатываются вниз», выходя из сферы нормальных социальных отношений.

Субъекты опасных явлений — отдельные люди (преступники, террористы), организованные социальные группы (организованная преступность, радикальные политические группировки, террористические организации).



Рис. 5.10. Классификация опасных социальных явлений

Классифицировать опасные социальные явления можно по уровню опасности, виду, форме социальных конфликтов и другим признакам (рис. 5.10).

Опасные социальные явления, например, *по уровню опасности* (в зависимости от объекта воздействия) подразделяют на следующие группы:

бытовые (на личность), например межличностные конфликты; преступность;

локальные (на организации), например, социальные конфликты;

региональные (на общество, государство), например, экстремизм, сепаратизм, терроризм; межнациональные и межконфессиональные конфликты;

глобальные (на человечество в целом), например, ядерная война, демографический взрыв.

Опасные социальные явления проявляются *в виде* различных *социальных конфликтов*: межличностных, межгрупповых, трудовых (между работниками и работодателями), межконфессиональных, межнациональных, между обществом и государством. В XX в. была разработана теория социального конфликта. Она положила

начало поискам компромиссных социальных решений и построению компромиссного социального поведения. Тем не менее социальные противоположности и противоречия продолжают оставаться источником совершенствования социальных отношений. Содержание социальных противоречий и возможности их разрешения лежат в экономике, но нация не может осуществлять экономический прогресс, не разрешив текущих социальных противоречий. Экономическое развитие при игнорировании социального замедляется.

Опасные социальные явления проявляются в различных формах противоправного поведения и социального протеста: оскорбление, насилие, демонстрации, забастовки, теракты, гражданское неповиновение, восстание и др.

5.6. Терроризм как опасное социально-политическое явление

Терроризм (от лат. *terror* — страх, ужас) является одной из наиболее жестких форм проявления политического, этнического и религиозного экстремизма, достижения его целей. В конце XX в. терроризм превратился в одну из наиболее значимых угроз национальной безопасности не только России, других стран, но и для глобальной безопасности. Статистические данные свидетельствуют об увеличении количества деяний террористической направленности. В России за пять лет (с 1997 по 2001 г.) число зарегистрированных преступлений по статье «терроризм» увеличилось в 10 раз — с 544 до 5 849. Статистика пострадавших и погибших в ЧС (табл. 5.2) показывает, что доля погибших в крупных терактах возросла с 4 % в 2001 г. до 20% в 2004 г. Масштабность террористических проявлений оказывает дестабилизирующее влияние на сло-

Таблица 5.2

Динамика числа погибших (пострадавших) в результате ЧС, чел.

Тип ЧС	Годы			
	2001	2002	2003	2004
Техногенные	1 157 (3 309)	1 433 (3 492)	891 (4 948)	1 930 (3 504)
Природные	37 (5 211)	332 (336 400)	18 (8 971)	27 (16 475)
Биолого-социальные	6 (2 645)	86 (2 851)	0 (796)	6 (2 331)
Крупные террористические акты	47 (406)	300 (1 083)	252 (916)	496 (872)

жившуюся систему международных отношений, на социально-политическую обстановку в стране и безопасность населения.

Уголовным кодексом РФ от 13 июня 1996 г. № 63-ФЗ понятие «терроризм» классифицируется как «совершение взрыва, поджога или иных действий, создающих опасность гибели людей, причинения значительного имущественного ущерба либо наступления иных общественно опасных последствий, если эти действия совершены в целях нарушения общественной безопасности, устрашения населения либо оказания воздействия на принятие решений органами власти, а также угроза совершения указанных действий в тех же случаях», а Федеральным законом «О противодействии терроризму» от 6 марта 2006 г. № 36-ФЗ как «идеология насилия и практика воздействия на принятие решения органами государственной власти, органами местного самоуправления или международными организациями, связанными с устрашением населения и (или) иными формами противоправных насильственных действий».

Террористический акт определяется Федеральным законом «О противодействии терроризму» как «совершение взрыва, поджога или иных действий, связанных с устрашением населения и создающих опасность гибели человека, причинения значительного имущественного ущерба либо наступления экологической катастрофы или иных особо тяжких последствий, в целях противоправного воздействия на принятие решения органами власти, органами местного самоуправления или международными организациями, а также угроза совершения указанных действий в тех же целях». Особенности терроризма являются скрытность в период подготовки террористического акта и максимальная гласность после его осуществления. Цель теракта часто заключается в том, чтобы привлечь внимание и затем передать некоторое послание общественности (правительству, владельцу больших материальных или финансовых средств и т.д.).

Поэтому современные средства массовой информации как основной канал передачи и широкого распространения информации играют важную роль в расчетах террористов. Распространив сведения о терроре и насилии с помощью СМИ на большую аудиторию, террористы обеспечивают максимальный эффект акции: политический, финансовый и т.д. Со своей стороны СМИ способствуют этому, так как для них наибольший интерес представляют события, способные произвести сенсацию и тем самым увеличить тиражи и прибыль. Таким образом, освещение СМИ террористических акций является неотъемлемым элементом последних. Если пресса перестанет информировать о террористических акциях, они потеряют свой смысл.

Отметим и другие негативные стороны освещения СМИ действий террористов:

оно налагает жесткие временные рамки на принятие решений правительственными структурами по разрешению кризиса, создаваемого террористами, так как после сообщений СМИ общественность ждет заявлений со стороны правительства. Последнее вынуждено это делать в срок до следующих вечерних новостей. Как правило, поспешные, принятые в условиях недостатка информации и давления отечественной или зарубежной общественности решения не являются адекватными реальной обстановке;

широкое освещение насилия при теракте влечет за собой неадекватное восприятие (завышение) населением соответствующего риска.

Терроризм как сложное социально-политическое явление проявляется в огромном разнообразии его видов, число которых с развитием и технологическим усложнением цивилизации расширяется. Непосредственно техногенная среда и общие условия жизни современного человека изменяют характер рассматриваемого явления. В историческом плане можно упомянуть «бомбовый» терроризм (с конца XIX в.). Процесс урбанизации (городское население планеты в настоящее время превышает 3/4 населения Земли) привел к появлению городского терроризма как феномена второй половины XX в. Развитие воздушных перевозок привело к всплеску воздушного терроризма с конца 60-х гг. XX в.

Терроризм является плодом сознательной агрессии людей. С этой точки зрения в большинстве случаев угроза терроризма может быть уменьшена обычными средствами, кроме одного типа — шахидизма. Европейская цивилизация признает жизнь отдельного человека высшей ценностью. Шахиды же готовы безоговорочно убить кого угодно и отдать жизнь за свои религиозно-националистические ценности и верования, полагая при этом, что попадут в рай. Земные ценности для них уже не имеют значения.

В современных условиях многие социально-экономические процессы и тенденции научно-технического прогресса, напрямую, казалось бы, с терроризмом не связанные, придают последнему принципиально новые формы. Условия информационно-индустриального общества и созданной им техносферы с неизбежностью порождают все новые разновидности терроризма. Возрастает количество вероятных целей террористических акций и степень их потенциальной опасности. Как следствие растут масштабы последствий террористической деятельности. Современный терроризм можно классифицировать по следующим признакам: источнику, целям, характеру, методам, субъектам и объектам воздействия, уровню, применяемым средствам и др.

По источнику (положению относительно рассматриваемой страны) терроризм подразделяют на международный (например «исламский») и внутренний (например «чеченский»).

По преследуемым целям различают политический и экономический терроризм. Политические цели террористов — физически устранить политических оппонентов; посеять в обществе неуверенность, дестабилизировать внутривнутриполитическое положение путем устрашения населения и запугивания высокопоставленных государственных деятелей, снижения доверия к государственным институтам, дезорганизации органов власти и государственного управления; осложнить межнациональные и межконфессиональные отношения; спровоцировать войну.

По характеру объектов различают адресный («селективный») и массовый («слепой») терроризм.

По используемым методам выделяют физический и психологический терроризм. Физический терроризм представляет собой противоправное посягательство на жизнь и здоровье людей, лишение или ограничение их свободы посредством незаконных захватов и похищения людей, насильственного лишения их возможных связей с внешним миром, удержание силой на месте пребывания. Психологический терроризм нацелен на запугивание должностных лиц, общественных деятелей или их близких путем открытых или анонимных угроз.

Субъектами террористических действий могут быть террористы-одиночки, террористические организации, спецслужбы (государственный терроризм, пользующийся государственной поддержкой).

В зависимости от целей террористические акции могут быть организованы как против отдельных личностей или групп граждан, так и против критически важных объектов, отдельных регионов, против государства и всего мирового сообщества. *По объектам* действий выделяют следующие виды терроризма:

индивидуальный террор против граждан, должностных лиц, известных деятелей в различных сферах деятельности;

технологический терроризм, направленный на объекты инфраструктуры, — разрушение зданий, сооружений, нарушение систем жизнеобеспечения, нарушение стабильности финансовой сферы;

сельскохозяйственный терроризм, направленный на сельскохозяйственное производство;

экологический терроризм, направленный на ухудшение природной среды.

Современный терроризм *по уровню* (стадии развития) может быть подразделен на три вида:

традиционный, связанный с применением обычного огнестрельного оружия, взрывчатых веществ и т.д. При этом доля первичных поражающих факторов в негативных воздействиях составляет 100%. Очевидно, что целью любого террористического акта является создание максимального резонанса в обществе при допустимых затратах и риске. С этой точки зрения наиболее эффект-

ным и впечатляющим является взрыв. В данном случае организаторы взрывов используют места массового скопления людей, а также наиболее уязвимые и известные объекты;

технологический, при котором происходит существенное перераспределение поражающих факторов. Если при традиционном терроризме основной ущерб наносится, как правило, на первичных стадиях террористических актов, то в рамках технологического терроризма первичные повреждения составляют уже меньшую долю (1 — 10 %), а основную часть составляют вторичные поражающие факторы (90 — 99 %). В число вторичных поражающих факторов, возникающих при террористических актах, следует отнести в первую очередь выход радиационно- и аварийно химически опасных веществ;

интеллектуальный, который может стать следующей стадией развития терроризма, при этом первичные поражающие факторы специально закладываются в конструкторско-технологические решения при создании новых объектов техносферы. Эти факторы будут создавать вторичные поражения и повреждения, ведущие к каскадным поражающим факторам третьего уровня, наносящим основной ущерб населению и инфраструктуре. Для интеллектуального терроризма характерно следующее распределение поражающих факторов: первичные < 0,1 %; вторичные < 10 %; каскадные > 90%.

Технологический терроризм включает такие преступления террористического характера, при подготовке и осуществлении которых использованы достижения в области науки и техники. При этом последние могут выступать как в качестве орудия преступления, так и в качестве объекта посягательства. Понятие «технологический терроризм» используется с 80-х гг. XX в. (в 1980 г. вышла книга американского политолога — профессора К. Кларка «Технологический терроризм»).

Под технологическим терроризмом обобщенно понимают две группы преступлений террористического характера:

акты, совершаемые с использованием современных технологических средств (например, отравляющих веществ);

акции, направленные против обладающих повышенной опасностью объектов, разрушение или уничтожение которых влечет за собой тяжелые последствия (некоторую часть этих объектов выделяют в группу критически важных).

Технологический терроризм можно рассматривать как одно из опасных социальных явлений, инициирующих чрезвычайные ситуации террористического характера и приводящих к дальнейшим каскадным явлениям, как это случилось после событий 11 сентября 2001 г. в США. Непосредственно пассажирские самолеты, взорванные в воздухе либо на взлетной полосе, не причинили бы столь огромного ущерба и количество жертв ограничилось бы чис-

лом пассажиров на борту (хотя это большая цифра). Однако использованные в качестве крылатых ракет, наведенных на самые большие здания центра огромного мегаполиса, они смогли в десятки раз усилить эффект преступной акции — количество жертв исчисляется тысячами, а материальный ущерб — сотнями миллиардов долларов. Выбор подобных целей террористами обусловлен желанием максимально усилить последствия преступной акции.

Жизнь и деятельность современного человека протекают в техносфере и связаны с развитием различных технологий. Высокие технологии, появившиеся в XX в., — ядерные, генетические, компьютерные — привели к тому, что люди овладели мощнейшими источниками энергии, возможностью искусственно конструировать живые объекты с помощью методов геной инженерии, создали единую мировую информационную систему. Однако такие технологии, позволяя решать острые социальные проблемы, одновременно создают новые угрозы для человека, общества и государства. Например, наряду с разработкой современных средств передачи, обработки и хранения информации параллельно идет процесс создания средств, нарушающих нормальное функционирование систем и сетей связи и обеспечивающих несанкционированный доступ к информационным ресурсам. Другие высокие технологии имеют столь же противоречивые социальные аспекты. Это предопределяет хрупкость техносферы как среды жизни человека. Она становится все более уязвимой. В этих условиях не менее быстрыми темпами трансформируется и преступность, принимая на вооружение достижения научно-технического прогресса. В связи с этим меняются формы преступности (включая терроризм), ее масштабы и, следовательно, возрастает степень ее опасности для личности, общества и государства. Таким образом, цивилизация оказывает влияние на трансформацию терроризма в двух направлениях:

вооружает его новыми технологиями совершения преступлений (наиболее опасные из них — применение средств массового поражения и информационных технологий);

создает большое количество потенциальных целей.

Терроризм в этих условиях неизбежно становится технологическим как в смысле использования наиболее совершенных вооружений, так и в отношении выбора непосредственных целей.

Успехи в развитии высоких технологий и средств коммуникации, высокие темпы урбанизации и концентрации потенциально опасных производств создают благоприятные условия для появления новых видов технологического терроризма с особо опасными последствиями для населения и государственных институтов власти.

В технологическом терроризме выделяют *высокотехнологический терроризм*, под которым понимают ограниченное число акций, где в качестве орудия преступления выступают средства, относя-

щиеся исключительно к сфере высоких технологий. По применяемым средствам воздействия выделяют следующие виды высокотехнологического терроризма: ядерный, радиологический, химический, биологический, информационный или кибернетический, электромагнитный.

ГЛАВА 6. УГРОЗЫ ДЛЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

6.1. Соотношение опасности и угрозы

Угроза — это степень возможности реализации опасности для рассматриваемого объекта. Угрозы для конкретных объектов от реализации опасности характеризуются возможностью воздействия на них негативных факторов и причинения им в результате этого вреда. Угроза объекту от источников опасности определяется их относительным положением в пространстве и во времени (для стационарных объектов только в пространстве), распределением направлений ветра в течение года, характеристиками источника опасности, достигнутым уровнем защищенности и стойкости объектов и другими факторами. Она реализуется, если объект окажется в зоне действия опасности. В игровых задачах с противоположными интересами сторон возникает также ситуационный фактор угрозы, зависящий от соотношения числа угрожающих и подвергаемых объектов.

Опасности представляют угрозу объекту только тогда, когда могут причинить ему ущерб. Угроза для объектов возникает при размещении их в областях возможного действия негативных факторов опасных природных, техногенных и социальных явлений. Например, для людей угроза имеет место при работе на объекте повышенной опасности или в зоне загрязнения; для перемещающихся объектов — при нахождении в момент реализации опасного явления в зоне воздействия его негативных факторов; для фирмы — при ведении дел в опасной сфере бизнеса.

Степень угрозы для объектов на некоторой территории (в сфере деятельности) в общем случае определяется по формуле:

$$C_y = C_o \Phi_{\text{пр.-вр}} \Phi_c, \quad (6.1)$$

где C_y — степень угрозы; C_o — степень опасности; $\Phi_{\text{пр.-вр}}$ — пространственно-временной фактор; Φ_c — ситуационный фактор.

Если объект вывести за пределы опасной территории, то угрозы для него не будет, хотя опасность территории сохранится. Угрозы для жизнедеятельности изменяется во времени: она может возникать, усиливаться, снижаться и исчезать вследствие изменения влияющих на ее степень факторов — пространственного, временного и ситуационного, а также степени опасности.

6.2. Пространственный, временной и ситуационный факторы угрозы

Пространственный и временной факторы угрозы связаны с тем, что как опасные явления, так и объекты воздействия некоторым образом распределены по времени и в пространстве.

Пространственный фактор. Этот фактор определяется положением объекта по отношению к источнику опасности. Он связан с локальным характером проявления источников опасности, случайным местоположением мест реализации многих источников, ослаблением уровней воздействующих факторов с удалением r от очага возникновения опасности (см. рис. 5.5). Чем ближе объекты и люди располагаются к источнику опасности (известному или предполагаемому), тем больше угроза (реальная или предполагаемая).

Взаимное положение источников опасности и объектов воздействия их негативных факторов может быть различным. Рассматриваемый объект может с определенной вероятностью попасть в зону поражения или оказаться вне ее. Возможность (угроза) для объекта, размещенного на некоторой территории, подвергнуться воздействию негативных факторов опасного явления зависит от относительного положения областей возможного возникновения опасного явления, их частоты и площади зоны действия негативных факторов.

Степень угроз для жизнедеятельности от природных и техногенных опасностей в процессе приспособления к ним людей меняется. Из общих соображений пространственный фактор техногенной угрозы выше, чем природной. Действительно, в процессе освоения новых земель, выбора мест для расселения людей выбирают менее опасные территории. Техногенная же опасность напрямую связана с жизнедеятельностью человека и потому географически максимально приближена к нему.

В целом степень приспособленности городов к фоновому и локальному природному риску прямо пропорциональна их возрасту и обратно пропорциональна скорости их роста в последнем столетии (С.М.Мягков, 1995). Источником локального риска являются опасности с площадью возможного возникновения $S_{0,y} \ll \ll S_T (S_{0,y} \in S_T)$ (например, карстовые процессы, наводнения), а фонового — в остальных случаях. Например, ураганы возможны на всей территории европейской части России, а полоса ветра при ураганах может полностью накрыть территорию целой области.

Известные техногенные угрозы постепенно снижаются по мере совершенствования технологий, принятия мер защиты, перемещения опасных производств за пределы населенных пунктов или даже в другие страны (из развитых в развивающиеся). Одновременно возникают новые. Одной из причин большого числа жертв самой крупной аварии на химическом производстве в Бхопале

(Индия, 1984 г.) за всю историю развития мировой промышленности явилась перенаселенность окрестностей предприятия, точнее, размещение опасного химического производства в густонаселенной местности.

Показателем пространственного фактора угрозы, используемого для его оценки, служит, в частности, доля α_n площади рассматриваемой территории, поражаемой негативными факторами опасного явления, в случае, если опасное явление на данной территории произойдет.

Угроза для населения возникает только в том случае, если оно проживает в опасных районах, где возможно возникновение опасных явлений (например, в районах размещения, перемещения потенциально опасных объектов) или на загрязненных территориях. Для оценки угрозы районы возможного возникновения опасных явлений и проживания населения удобно совмещать на картографической основе. По карте с характеристиками опасности, застройки и плотностью населения можно определить степень угрозы. Например, для строительных работ разрабатывают карты зон затопления различной силы и частоты (или повторяемости). Данные об угрозе территории и населению России от некоторых опасных природных процессов и явлений приведены в табл. 6.1.

При детерминированном расположении источников опасности в целях исключения угрозы управляют пространственным фактором: ограничивают проживание населения и хозяйственную

Таблица 6.1

Характеристика угрозы территории и населению России от воздействия некоторых опасных природных процессов и явлений

Процессы и явления	Подверженность, %		
	территории по площади	поселений (количество городов, подверженных процессу)	населения
<i>Геологические:</i>			
землетрясения	34	10 (103)	16
оползни и обвалы	5	71 (725)	7
лавины	9	0,6 (8)	3
сели	5	0,6 (13)	2
подтопление территорий	0,5	93 (960)	69
карстовые процессы	13	30 (301)	19
<i>Геолого-гидрологические:</i>			
цунами	0,1	1 (14)	0,1

Процессы и явления	Подверженность, %		
	территории по площади	поселений (количество городов, подверженных процессу)	населения
<i>Гидрологические:</i>			
наводнения	2,4	70 (746)	0,9
<i>Метеорологические:</i>			
сильные морозы, метели	100	100	100
засухи	24	8	13
ураганы, смерчи	21	49 (500)	12
<i>Биологические:</i>			
природные пожары	44,6	< 1	0,02
Итого	98	100	93

деятельность вблизи источников опасности (в зоне действия негативных факторов или их возможного действия в случае реализации опасного явления). Например, ограничивают хозяйственную деятельность вблизи действующих вулканов, в поймах рек, на побережьях морей, подверженных нагонным наводнениям. Для вредных и потенциально опасных объектов создают санитарно-защитные зоны, отселяют людей из загрязненных в результате техногенных аварий районов.

Рассмотрим такой частный случай пространственной угрозы, как *сейсмическая угроза*. Опасности землетрясений подвержено более 10% площади суши, на которой проживает половина населения Земли. Территория России также подвержена землетрясениям. Под сейсмической угрозой для элементов инфраструктуры следует понимать возможность воздействия на них поражающих факторов землетрясения. Угроза имеет место при их размещении в сейсмоопасных зонах. Для людей она может представлять опасность при дополнительном условии их нахождения в момент землетрясения в помещениях. Сейсмическая угроза количественно характеризуется следующими показателями:

долей сейсмоопасной площади в общей территории региона;

долей населения, проживающего на сейсмоопасной территории. В активных тектонических зонах (Дальневосточной, Кавказской, Байкальской, Алтайско-Саянской) проживают, подвергаясь сейсмической угрозе, более 20 млн чел. (14% населения Российской Федерации);

математическим ожиданием числа n подвергающихся сейсмическим воздействиям объектов в год.

Сейсмическая угроза актуализируется при наличии прогноза времени возникновения землетрясения, основанного, в частности, на вскры-

тии их периодичности. Так, разрушительные землетрясения на территории России в течение ближайших 10 лет ожидаются в трех сейсмоопасных регионах: Камчатка — Курильские острова, Прибайкалье и Северный Кавказ. Для снижения сейсмической угрозы элементы инфраструктуры следует размещать вне сейсмоопасных областей с высоким уровнем бальности.

Временной фактор. Этот фактор угрозы от источников опасности имеет значение для перемещающихся объектов (например, людей, транспортных средств с опасными грузами).

Для постоянно действующих вредных факторов (зоны загрязнения, вредные объекты, области с неблагоприятными климатическими условиями) временной фактор учитывается как доля $k_i = \tau/\Delta t$ времени, в течение которого люди находятся в зоне их действия ($\tau \in \Delta t$).

Для источников опасности, реализующихся в виде опасных явлений, временной фактор учитывают как вероятность того, что рассматриваемые объекты будут находиться в зоне действия их негативных факторов. В предположении пуассоновского потока опасных явлений их реализация в любой момент времени равновероятна и зависит лишь от частоты λ_n потока явлений и интервала времени, в течение которого объект находится в зоне действия негативных факторов. Поэтому степень угрозы подвергнуться воздействию негативных факторов опасного явления равна математическому ожиданию их числа или вероятности их реализации в течение периода времени τ :

$$a_n = \lambda_n k_i \Delta t; Q_n = Q_n(\tau/\Delta t) = 1 - \exp(-\lambda_n k_i \Delta t),$$

где τ — продолжительность периода нахождения объекта в области возможного действия негативных факторов опасного явления; $Q_n(\tau/\Delta t)$ — условная вероятность реализации опасного явления в интервале времени τ .

Опасности, с точки зрения создания угрозы, подразделяют на две группы:

опасные явления, создающие негативные факторы непосредственно для людей (люди уязвимы к первичным поражающим факторам);

опасные явления, создающие поражающие факторы для зданий и сооружений; для людей угрозу представляют вторичные поражающие факторы, формирующиеся при разрушении зданий и сооружений (например, в случае землетрясения, взрыва в здании).

Для опасностей второй группы угроза для людей возникает при наличии угрозы для объектов техносферы и при условии их нахождения в момент опасного явления в зданиях и сооружениях. Степень угрозы, таким образом, зависит от продолжительности пребывания любого человека из некоторой совокупности людей в

уязвимых по отношению к поражающим факторам опасного явления зданиях и сооружениях.

Угроза для людей может быть больше и меньше. Чем значительнее опасность и ближе размещение людей к ее источнику, продолжительнее время их пребывания в зоне действия (или возможного действия) негативных факторов, тем больше угроза. Ее степень характеризуется определенными показателями:

для опасных явлений — условной вероятностью подвергнуться воздействию негативных факторов в случае реализации опасного явления в данном месте и в данное время (первичными поражающими факторами; вторичными поражающими факторами при условии нахождения в зданиях);

для вредных объектов и зон неблагоприятных природных явлений, опасность которых характеризуется детерминированными уровнями воздействий (концентрациями вредных веществ, мощностями доз излучения), угроза для людей оценивается полученной ими дозой за время пребывания во вредной зоне. В дальнейшем риск причинения вреда здоровью определяется согласно зависимости «доза — эффект».

Угроза для людей изменяется с течением времени. С возрастанием опасности угроза также возрастает. В результате реализации мер по снижению опасности, защите объектов и людей угроза снижается. Управляют рисками для категорий лиц, подвергающихся повышенному риску, в частности, с помощью пространственного и временного факторов путем ограничения времени нахождения людей в зонах с повышенной вредностью (например, при работе с источниками ионизирующего излучения), работы вахтовым методом в районах с неблагоприятными климатическими условиями.

Если существует прогноз момента наступления опасного явления, то для снижения угрозы людей выводят из зданий (в случае землетрясений), размещают в укрытиях (при угрозе урагана, торнадо), эвакуируют в безопасное место (при наводнениях). Степень угрозы для людей в определенном месте при возможности прогнозирования момента наступления опасного явления зависит от величины ошибки 1-го рода — вероятности того, что опасное явление в рассматриваемом интервале времени произошло, хотя не было предсказано и, следовательно, меры защиты не были реализованы. Чем точнее прогноз, тем меньше угроза для людей.

Применительно к деятельности участников с антагонистическими интересами практический интерес представляет *ситуационный фактор* угрозы некоторому объекту одной стороны конфликта со стороны другой, учитываемый коэффициентом

$$k_c = \frac{1}{N},$$

(6.2)

где N — число представляющих для противоположной стороны потенциальный интерес объектов рассматриваемой стороны конфликта.

Пример. Террористическая опасность территории, на которой размещено 1 000 привлекательных для террористов объектов, характеризуется частотой террористических актов $\Lambda = 20$ 1/год. Необходимо оценить угрозу террористических действий против некоторого объекта на рассматриваемой территории.

Решение. Ситуационный фактор угрозы в отношении объектов на рассматриваемой территории в соответствии (6.2) оценивается коэффициентом $k_c = 1/1000$ 1/объект, тогда в соответствии с (6.1) степень террористической угрозы для конкретного объекта оценивается частотой террористических действий в отношении него $\lambda = \Lambda k_c = 20 \cdot 10^{-3}$ 1/(объект · год).

ГЛАВА 7. УЯЗВИМОСТЬ ОБЪЕКТОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ

7.1. Стойкость к внешним воздействиям и условная уязвимость

При наличии угрозы некоторым объектам (человеку, организации, объекту техносферы, территории) ущерб наступает только в том случае, если негативные воздействия приводят к нанесению им вреда (разрушению, повреждению, прекращению функционирования). Возможность нанесения вреда зависит от уязвимости объектов к негативным факторам, возникающим при реализации опасности.

Пусть $u_{кр}$ — критическая нагрузка (уровень негативного фактора), до которой разрушение объекта еще не наступает. Критическая нагрузка характеризует стойкость (например, электромагнитная стойкость, несущая способность) объекта к внешним воздействиям.

Стойкость — это свойство объекта сохранять свои параметры в пределах установленных допусков и выполнять свои функции во время и после действия внешних нагрузок. Свойством объекта, противоположным стойкости, является *условная уязвимость*, т.е. при условии действия нагрузки. Характеристика условной уязвимости совпадает с характеристикой стойкости: $u'_{кр} \equiv u_{кр}$ — это критическая нагрузка, начиная с которой наступает разрушение.

В широком смысле под уязвимостью понимают свойство материального объекта утрачивать способность к выполнению функций в результате внешних воздействий.

При инженерных расчетах последствий от опасных явлений любого происхождения на некоторой территории для больших

совокупностей объектов в результате действия многих неучитываемых факторов (назначения, особенностей конструкции, размещения, технического состояния) критическую нагрузку по совокупности объектов можно рассматривать как случайную величину $U_{кр}$. Полной вероятностной характеристикой условной уязвимости объектов на рассматриваемой территории является функция распределения $F_{кр}(u) = P(U_{кр} < u)$ критической нагрузки. Случайная величина критической нагрузки для типовых объектов обычно распределена по нормальному закону: $U_{кр} \in N(\mu_{кр}, \sigma_{кр}^2)$.

Функция распределения $F_{кр}(u)$ имеет смысл зависимости вероятности разрушения произвольного объекта из некоторой совокупности (или доли разрушенных объектов) от уровня действующей нагрузки, т.е. силы опасного явления. Эту функцию для объектов определенного типа называют физическим законом поражения этих объектов рассматриваемым негативным фактором. Соответственно полной вероятностной характеристикой стойкости объектов является функция $R_{кр}(u) = P(U_{кр} \geq u) = 1 - F_{кр}(u)$ — зависимость вероятности неразрушения объектов на рассматриваемой территории от уровня нагрузки.

Различают функции распределения $F_{кр}(u/g) = P(U_{кр}g < u)$ для различных степеней G повреждения объектов, или степеней разрушения не менее заданной G .

$$F_{кр}(u/G) = \sum_{g=1}^G F_{кр}(u/g).$$

Критические нагрузки для конкретных объектов, в частности зданий и сооружений, могут быть оценены следующими методами:

экспериментальным — по данным о степени разрушения зданий аналогичной конструкции и технического состояния при уже произошедших опасных явлениях с известной силой;

расчетно-экспериментальным — по результатам исследования реакции зданий на тестовые воздействия малой силы;

расчетным — с помощью теоретических моделей, учитывающих конструктивные особенности зданий с точки зрения возможности противостоять разрушению в результате воздействий поражающих факторов опасного явления и прочностные характеристики отдельных элементов конструкции.

Функцию $F_{кр}(u/g)$ для фиксированного значения u называют также *физической уязвимостью* территории, понимая под ней долю $\alpha_g(u) = N_g(u)/N$ разрушенных (поврежденных) объектов в случае опасного явления заданной силы u . Здесь $N_g(u)$ — число объектов, получивших степень повреждения g , из общего числа N объектов, находящихся в зоне действия негативных факторов опасного явления с силой u . Как видим, математически они совпадают: $\alpha_g(u) \equiv F_{кр}(u/g)$.

Стойкость объектов устанавливается стихийно (а затем закрепляется в нормативных документах) на уровне, при котором предотвращенный ущерб от повреждения (разрушения) еще превышает дополнительные затраты при строительстве на повышенный уровень стойкости.

7.2. Защищенность

На возможность нанесения вреда (поражения, разрушения) объектами, т.е. возникновения ущерба существенно влияет защищенность объектов и территорий, обеспечиваемая проведением заблаговременных мероприятий инженерного и других видов защиты. Количественно степень защищенности оценивают следующими коэффициентами защиты:

1) k_E равно отношению потока энергии в данной точке при отсутствии защитного устройства (ЗУ) к потоку энергии в данной точке при наличии ЗУ;

2) k_E равно отношению потока энергии на входе в ЗУ к потоку энергии на выходе из ЗУ.

Например, световое излучение, поток нейтронов или мощность дозы гамма-излучения, прошедшего через защиту толщиной h , вычисляют по формуле

$$E^- = E^+ e^{-\delta h},$$

где δ — линейный коэффициент ослабления материалом, 1/м.

Отсюда защищенность характеризуется кратностью ослабления защитой (например, радиационной, электромагнитной) $k_E = = 1/\tau = E^+/E^- = e^{\delta h} \in (1, \infty)$, где $\tau = E^-/E^+ = e^{-\delta h}$ — коэффициент пропускания внешних воздействий на защищаемый объект. В ранее принятых обозначениях $\tau = u'/u \in (0, 1)$, где u и u' — уровни воздействий соответственно до и после защиты.

Заряженные частицы при прохождении через материал экрана теряют свою энергию. Для защиты от заряженных частиц достаточно иметь толщину экрана, удовлетворяющую неравенству

$$h > R, \quad (7.1)$$

где R — максимальная длина пробега частицы в материале экрана.

Аналогично, для защиты от поражающих элементов (пуль стрелкового оружия, осколков снарядов и мин) также достаточно иметь броню (или корпус объекта) толщиной, удовлетворяющей неравенству (7.1), где R — максимальная глубина проникновения поражающего элемента с заданной допреградной скоростью в материал защиты.

В подобных случаях коэффициент прохождения (пропускания) можно (несмотря на потерю энергии в защите) представить бинарной функцией

$$\tau = \begin{cases} 0, & h > R, \\ 1, & h \leq R. \end{cases}$$

Пример 7.1. При защите объектов от баллистических воздействий в зависимости от толщины брони τ принимает значения 0 (пробитие есть) или 1 (пробития нет). В случае пробития (запреградная скорость поражающего элемента больше нуля) возможны такие негативные последствия, как ранение, инициирование взрывчатых превращений, выброс или пролив вредных веществ и т.д.

Пример 7.2. Если уровень воды при наводнении ниже высоты дамбы, то $\tau = 0$, в противном случае $\tau = 1$, и будет иметь место затопление.

Пример 7.3. Если возможности нарушителей при осуществлении противоправных действий в отношении объекта превышают возможности подразделения охраны, то цели противоправных действий будут достигнуты и объекту будет причинен ущерб. В противном случае противоправные действия будут пресечены.

При физической защите объектов от противоправных действий различные инженерно-технические средства охраны затрудняют действия нарушителей, например, снижают скорость их движения к цели.

При выполнении заблаговременных мероприятий инженерной и других видов защиты объектов и территорий уровни действующих нагрузок ослабляются: $U' = \tau U$. Если защита конструктивно входит в состав объекта, то меры по повышению защищенности можно учесть в стойкости объекта. В этом случае $U'_{кр} = k_E U_{кр}$. Как показывает опыт, мероприятия инженерной защиты обеспечивают снижение возможных человеческих жертв и материальных потерь на 30—40 %, но требуют значительных затрат.

Защиту от природных, техногенных и поражающих воздействий обычно рассматривают для двух случаев:

защита людей с помощью элементов техносферы (физических барьеров на пути распространения негативных факторов и специальных систем жизнеобеспечения);

защита объектов техносферы.

Рассмотрим наиболее общий случай защиты объектов техносферы. Для воспрепятствования воздействию внешних факторов на объекты и (или) удержания энергии и опасных веществ внутри объекта и воспрепятствования выходу из него вредных и поражающих факторов в случае аварии используют «барьерную» концепцию, основанную на использовании принципов множественности барьеров и эшелонированности защиты. Физические барьеры устанавливают на пути возможных внешних воздействий на объект и (или) возможного выброса вредных веществ. Так, на АЭС предусмотрено создание четырех физических барьеров на пути выброса радиоактивности в случае аварии.

Различные опасные грузы перевозят в специальных упаковках (транспортных контейнерах), к которым предъявляют специфические требования по снижению уровней внешних воздействий и недопущению выхода за их пределы вредных полей или веществ. Для снижения уровней термических, баллистических и других воздействий изготавливают многослойные корпуса упаковок.

Возможность реализации на рассматриваемой территории опасных социальных явлений в форме злоумышленных противоправных действий в отношении потенциально опасных (критически важных) объектов приводит к необходимости оснащения их системами физической защиты. Такие системы повышают защищенность объектов по отношению к противоправным действиям.

7.3. Условная вероятность поражения

Разрушение объектов инфраструктуры определяется соотношением силы негативных факторов и стойкости к ним объектов. Разрушение степени g наступает, если действующие нагрузки превышают стойкость объектов:

$$\tau U > U_{\text{кр}g}$$

Показателем условной уязвимости объекта является вероятность выполнения условия разрушения

$$q_g = P(\tau U > U_{\text{кр}g}),$$

т.е. *условная вероятность разрушения объекта* при условии, что опасное явление в районе его размещения произошло (численно равна доле объектов, получивших степень разрушения g).

Величину q_g вычисляют по заданным законам распределения действующей и критической нагрузок. Например, при распределении действующей и критической нагрузок по нормальному закону $U \in N(\mu, \sigma^2)$, $U_{\text{кр}g} \in N(\mu_{\text{кр}g}, \sigma_{\text{кр}g}^2)$

$$q_g = \Phi \left(\frac{\tau\mu - \mu_{\text{кр}g}}{\sqrt{\sigma^2 + \sigma_{\text{кр}g}^2}} \right),$$

где $\Phi(\cdot)$ — функция нормального распределения. Точность определения q_g зависит от точности определения вида и параметров распределений действующей и критической нагрузок.

Обратная величина $r_g = 1 - q_g$ имеет смысл вероятности неразрушения объекта. Рассматривают, например, вероятность пресечения противоправных действий в отношении объекта системой его физической защиты. При этом возможности подразделения охраны, подкрепленные инженерно-техническими средствами

охраны, сравниваются с возможностями потенциальных нарушителей.

С учетом условной вероятности разрушения безусловная уязвимость произвольного объекта из числа находящихся на данной территории по отношению к i -му опасному явлению характеризуется частотой его разрушения (повреждения)

$$\lambda_g = \alpha_n q_g \lambda$$

или вероятностью хотя бы одного разрушения (повреждения) за интервал времени Δt : $Q_g(\Delta t) = 1 - \exp(-\lambda_g \Delta t)$, где λ — частота опасных явлений на данной территории.

Свойством, противоположным безусловной уязвимости, в военном деле является живучесть объектов, группировок войск, а в экономике — финансовая устойчивость организаций.

Если $D[U] \gg D[U_{кр}]$, то разбросом предельной нагрузки можно пренебречь и считать ее детерминированной величиной, т.е. $U_{кр} \equiv u_{кр}$. Тогда $q = P(U > u_{кр})$. Зависимость вероятности поражения (разрушения) объектов со стойкостью, равной $u_{кр}$, от расстояния до очага возможного опасного явления (например, взрыва, землетрясения) $q(r) = P(U(r) > u_{кр})$, учитывающую разброс действующей нагрузки, называют координатным законом поражения. По заданному уровню вероятности $q = 0,5$ его можно аппроксимировать ступенчатым законом (см. рис. 5.5). В дальнейшем считается, что внутри этой зоны объекты со стойкостью $u_{кр}$ поражаются достоверно ($q = 1$), а вне — не поражаются ($q = 0$). Если эта зона имеет форму окружности, то она характеризуется радиусом зоны поражения R_n . Тогда площадь зоны поражения $S_n = \pi R_n^2$ — площадь зоны поражения объектов со стойкостью к поражающим факторам $u_{кр}$.

Площадь S_n или радиус R_n зоны поражения являются функцией силы опасного явления. Можно, например, рассчитать площадь зоны поражения объектов со стойкостью $u_{кр}$ взрывом с заданным тротиловым эквивалентом или землетрясением с заданной магнитудой.

7.4. Эффективность систем безопасности

Системы безопасности на объектах техносферы устанавливаются, в частности, для того, чтобы воспрепятствовать развитию иницирующих событий (аварийных ситуаций) в аварию. При их несрабатывании (отказе) аварийные ситуации могут перерасти в аварии. Соответствующие аналогии можно провести и для других сфер. Рассматривают, например, эффективность систем физической защиты потенциально опасных (критически важных) объектов от противоправных действий. Система физической защиты включает организационные мероприятия, использование инже-

нерно-технических средств защиты и действия подразделений охраны.

Процедура оценки эффективности систем безопасности состоит в оценке вероятности несрабатывания системы безопасности и является частью вероятностного анализа безопасности (ВАБ) объекта (см. подразд. 20.2). Цели ВАБ заключаются в следующем: выбор и оптимизация принципиальных организационных и технических решений по обеспечению безопасности; сравнительный анализ аварийных цепочек по выявлению слабых мест и определяющих безопасность событий; сравнительный анализ безопасности вариантов; сравнение при единых предпосылках с прототипами и аналогами; выявление принципиальной достижимости требуемой безопасности; консервативная (для наихудшего случая) оценка риска при всех рассматриваемых исходных событиях.

ГЛАВА 8. УЩЕРБЫ

В результате негативных воздействий от опасных явлений (происшествий), негативных тенденций развития, нерациональных решений, принятых в условиях неопределенности, наступает вред для человека и организаций. Вред от происшествий можно классифицировать по различным признакам (рис. 8.1): степени оцененности, месту и времени проявления последствий относительно воздействия негативных факторов, объектам воздействия негативных факторов происшествий, виду неудовлетворенных потребностей человека (организации) и степени влияния на его безопасность, жизнеспособность организаций.

Применительно к конкретному происшествию, чрезвычайной ситуации, кризису, решению говорят об их последствиях. Понятие «последствия» носит обобщенный, неэкономический характер, в то время как понятие «ущерб» — это экономическая количественная величина. Иными словами, *ущерб* — это оцененные тем или иным способом последствия.

Ущерб объекту изначально выражается в натуральном виде (так называемый «физический», или «материальный», ущерб) в форме ухудшения или утраты его свойств. Далее при помощи определенной методики характеристики ущерба могут быть переведены в денежную форму. На этом этапе ущерб называют *убытками* (экономический ущерб). Ущерб жизни и здоровью граждан также может быть определен в натуральном или денежном выражении. В финансовой сфере последствия неблагоприятного события, как правило, уже выражены в денежной форме (например, «получение прибыли ниже запланированной»).

Последствия большинства неблагоприятных событий не ограничиваются каким-либо одним видом ущерба. Первоначальная

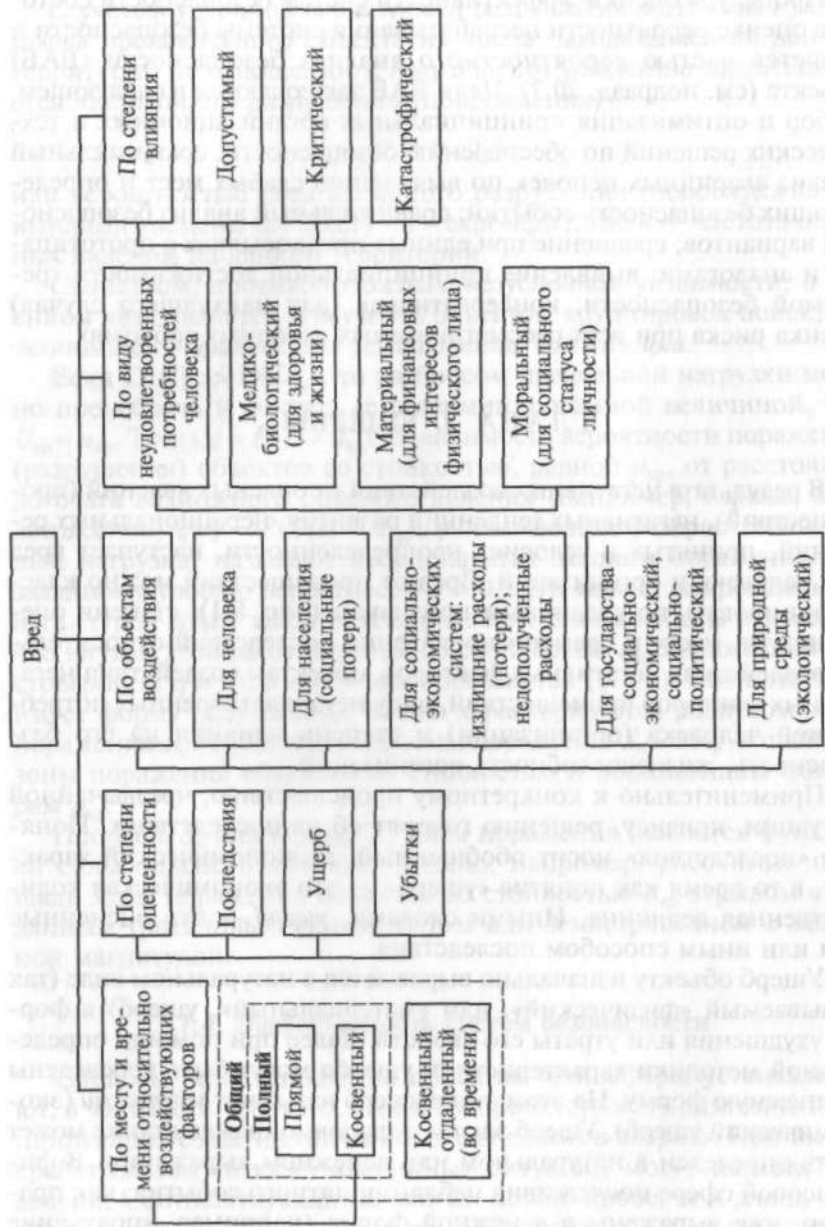


Рис. 8.1. Классификация видов вреда от происшествий

причина, например, опасное природное, техногенное, социальное, экономическое или политическое явление, влечет за собой последовательность событий, развивающихся согласно «принципу домино». Так, подземный толчок может вызвать разрушение системы газоснабжения в здании, что, в свою очередь, вызовет утечку газа, воспламенение и взрыв.

При аварии на предприятии может пострадать имущество, персонал, а также население прилегающих территорий. Произойдет загрязнение окружающей среды, ухудшение качества пахотных земель, возгорание лесов. В результате прерывания процесса производства предприятие понесет убытки, связанные с недопоставкой продукции. Потребуется средства на восстановление поврежденных зданий и оборудования. Не исключено, что в результате ремонтных работ будет нанесен дополнительный экологический вред. Кроме того, если потребители продукции предъявят претензии по поводу невыполнения обязательств по поставкам, то предприятие понесет судебные издержки и, возможно, будет вынуждено уплатить штраф.

Теракт 11 сентября 2001 г. в США привел не только к гибели двух самолетов, их экипажей и пассажиров, людей в башнях Всемирного торгового центра, но и к ущербу для экономики Нью-Йорка, авиакомпаниям, спровоцировал войну в Афганистане, завершившуюся свержением режима талибов и изменением геополитической карты мира.

Таким образом, последствия происшествий представляют собой цепь последовательных взаимосвязанных событий, распределенных в пространстве и во времени.

По месту и времени наступления ущерба в результате воздействия негативных факторов происшествия различают прямой, косвенный, полный и общий ущерб.

Прямой ущерб — это ущерб здоровью, имуществу или имущественным интересам объектов, попавших в зону действия негативных факторов происшествия.

Косвенный ущерб — это потери, убытки, упущенная выгода, которые понесут объекты, не попавшие в зону действия негативных факторов происшествия, а вызванные нарушениями и изменениями в сложившейся структуре хозяйственных связей, инфраструктуре, а также дополнительные затраты, вызванные необходимостью проведения мероприятий по ликвидации последствий происшествия.

Косвенные убытки предприятия возникают как следствие невозможности какое-то время осуществлять его нормальную деятельность. К их числу относятся: упущенная выгода, убытки в виде претензий и исков вследствие невыполнения обязательств перед контрагентами, потеря имиджа организации, расходы на юридическое урегулирование дел и т.д. Как показывает практика, кос-

венные убытки часто во много раз превышают размер прямых, т. е. размер прямых убытков — это лишь вершина айсберга.

Полный ущерб является суммой прямого и косвенного ущербов. Полный ущерб определяется на конкретный момент времени и является промежуточным по сравнению с *общим ущербом*, который будет определен количественно в отдаленной перспективе. Необходимость рассмотрения распределенных во времени или отдаленных проявлений ущерба особенно важна для аварий, связанных с воздействием на компоненты окружающей среды. Так, срок проявления ущерба от аварии на АЭС может достигать 100 лет.

По объекту воздействия негативных факторов происшествия рассматривают вред: для человека; некоторой социальной общности, например населения страны (социальные потери); социально-экономических систем, подвидами вреда для которых являются излишние расходы (в частности, на компенсацию потерь) и недополученные доходы; государства (социально-политический, социально-экономический); природной среды (экологический).

По группам потребностей человека, которые не удовлетворяются в результате происшествия, различают:

медико-биологический ущерб, который определяется конкретными нарушениями здоровья (отклонением здоровья человека от среднестатистического значения). При этом человека рассматривают как биологическое существо, индивид, а не удовлетворяется его потребность в безопасности, которую оценивают с помощью показателей безопасности жизнедеятельности;

материальный ущерб физическим потребностям человека, рассматриваемого как физическое лицо со своими материальными интересами (оценивают с помощью показателей качества жизни);

моральный ущерб человеку как личности, наносимый его социальному статусу и связанный с неудовлетворением его социальных потребностей.

Соответствующие аналогии можно провести для организации. Например, моральный ущерб организации состоит в нанесении вреда ее имиджу.

По степени влияния на состояние физических лиц, организаций, государства рассматривают допустимый, критический и катастрофический ущербы. Например, применительно к дорожно-транспортным происшествиям условием допустимого ущерба может явиться отсутствие человеческих жертв, а катастрофического — гибель 5 чел. и более, когда данное происшествие классифицируют как ЧС. Для ущербов от происшествий и ЧС в масштабе государства условием допустимого ущерба является 1 — 2% ВВП страны, а катастрофического — 6 — 7%. Применительно к предпринимательской организации условием катастрофического ущерба является превышение всего имущественного состояния предпринимателя.

По масштабу причиняемого ущерба от неблагоприятных событий выделяют ущербы локального, объектового, местного, регионального, национального, глобального и планетарного масштабов. В Министерстве по чрезвычайным ситуациям (МЧС) России широко применяют классификацию ЧС по тяжести последствий (утверждена Постановлением Правительства РФ от 13.09.1996 г. № 1094), в соответствии с которой в зависимости от числа пострадавших людей, числа людей, у которых нарушены нормальные условия жизнедеятельности, от материального ущерба и размера зоны действия негативных факторов выделяют локальные, местные, территориальные, региональные, федеральные и трансграничные ЧС. В соответствии с уровнем ЧС за ликвидацию их последствий отвечают соответствующие органы управления.

ГЛАВА 9. ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ФАКТОР

9.1. Человеческий фактор в проблеме безопасности

Безопасность любой системы определяется надежностью ее самого слабого звена. Наиболее сложным и одновременно самым уязвимым звеном любой системы, будь то человеко-машинная система или предпринимательская организация, является человек. Негативное влияние человека на безопасность обозначают понятием «человеческий фактор», т.е. совокупность социально-экономических способностей человека, степень реализации которых обусловлена мотивацией и отношением человека к процессу трудовой деятельности, его моральной и материальной заинтересованностью в высокопроизводительном труде. Основными проявлениями человеческого фактора являются следующие:

человек в процессе своей деятельности по тем или иным причинам может допускать ошибки различного характера (в соответствии с законами Парето 20 % растяп создают 80 % проблем). Свойство человека-оператора безошибочно выполнять свои функции при заданных условиях профессиональной деятельности во времени описывается его *надежностью*, которая является одной из составляющих профессиональной пригодности;

лицо, принимающее решение, в условиях неопределенности может принять ошибочные решения.

Необходимо также учитывать, что в процессе жизнедеятельности человек может оказаться в экстремальной ситуации, когда физические и психологические нагрузки достигают таких уровней, при которых индивидуум теряет способность к рациональным действиям и решениям, адекватным сложившейся ситуации.

Интерес к вопросам надежности персонала все заметнее проявляют такие науки, как биология, психология, а исследования

человеческого фактора развиваются не только в глубину, но также по горизонтали и вертикали.

Роль человеческого фактора ранее всего была осознана, по-видимому, применительно к военной безопасности (контрразведка). На научную основу эти вопросы были поставлены при рассмотрении проблемы техногенной безопасности. Значительное развитие вопросы влияния человеческого фактора получили в теории организации. Отметим такие ее аспекты, как профессиональное управление (требования к руководителям), управление межгрупповыми отношениями (разрешение конфликтов), организационная (в частности, корпоративная) культура, доверие в организации, социальная защищенность персонала и населения в условиях рисков.

Человеческий фактор влияет на различные виды безопасности человека, организаций, объектов экономики, государства. Если в человеко-машинных системах превалирует роль ошибок операторов, то с повышением уровня социальной системы возрастает роль ошибочных организационно-управленческих решений, влияющих на стабильность функционирования и устойчивость развития соответствующих систем. В настоящее время на самом высоком (государственном) уровне социальной организации общества важными аспектами являются имеющие место неадекватное понимание и недооценка руководителями, принимающими решения, человеческого фактора среди других факторов риска. Это обстоятельство не позволит, по-видимому, в ближайшей перспективе достичь в нашей стране уровня безопасности жизнедеятельности, сопоставимого с таковым в развитых странах.

Особое значение в решении данной проблемы имеет обучение и последующая аттестация ЛПР, в частности, в области управления рисками. В случае принятия ими решений возможны: отсутствие своевременного вмешательства; правильное, но несвоевременное вмешательство; неправильное, избыточное или вредное вмешательство. Возможность принятия руководителями правильных решений зависит от их компетентности и подготовленности. Современная система обучения предполагает мониторинг роста квалификации персонала, разработку методов оценки квалификации, применение современных образовательных технологий и методик.

9.2. Роль человеческого фактора в техногенной безопасности техносциальных систем

Социотехногенные факторы в развитии техногенных происшествий и ЧС по их местоположению относительно объекта техносферы можно подразделить:

на внешние, связанные с воздействием на объекты техносферы (рассмотрены ранее);

внутренние («человеческий фактор») — опасные действия персонала социотехнических (на уровне рабочего места — человеко-машинных) систем, связанные с его надежностью.

Классификация опасных действий персонала. Анализ причин техногенных катастроф показывает, что с помощью инженерных, технологических или организационных методов решить проблему снижения риска не удастся. В значительной степени это объясняется тем, что к ЧС приводят непредусмотренные сценарии развития событий, в которых реакция персонала является неадекватной, поэтому выполняются ошибочные действия. Проведенный в США анализ около 30 тыс. инцидентов на объектах ядерной энергетики показал, что примерно в половине из них складывалась уникальная комбинация технологических отказов и человеческих ошибок. Расширение сферы применения автоматизированных средств приводит к новым проблемам, поскольку при этом появляются новые типы отказов и ошибок, связанные, например, с программным обеспечением.

Вклад человеческого фактора в аварийные ситуации на объектах техносферы существен: 70 % авиакатастроф, 50 % катастроф на флоте за последние годы произошли из-за неправильных действий (низкой надежности) персонала. Статистические данные свидетельствуют, что основными причинами аварий являются неправильные действия (низкая надежность) персонала (60 — 70%), технические причины (20 — 30%), неблагоприятное воздействие внешних факторов и др. Таким образом, важнейшим условием безаварийной работы потенциально опасных объектов является обеспечение надежности их персонала. На надежность персонала влияет совокупность эмоциональных, волевых, мотивационных, интеллектуальных и других личностных качеств, обеспечивающих точное, безошибочное, адекватное восприятие сложившейся ситуации, своевременное и успешное выполнение регламентированных функций в различных режимах работы.

Проявлением ненадежности персонала являются опасные действия с его стороны в отношении объектов техносферы, которые могут привести к негативным последствиям. По целенаправленности такие действия подразделяют (рис. 9.1):

на умышленные (намеренные), в частности, злоумышленные; неумышленные (ненамеренные), т.е. ошибочные, связанные с неправильными решениями.

Ненамеренные (неумышленные) действия подразделяют на промахи и упущения, а намеренные (умышленные) — на оплошности и нарушения. Так, причинами *промахов* выступают недостатки внимания (например, перепутан порядок выполнения двух последовательных операций), а причинами *упущений* являются недостатки памяти (например, оператор забыл об одном звене в Цепи необходимых операций). Возможно совершение умышлен-



Рис. 9.1. Классификация причин опасных действий персонала (J. Reason, 1993)

ных ошибок, когда выполняются неверные действия, расцениваемые как правильные или адекватные обстановке.

Наиболее распространенными опасными действиями являются ошибочные действия. *Ошибки человека* — это непреднамеренные действия, выходящие за регламентированные границы, или невыполнение необходимых действий. Негативные последствия ошибочных действий при работе с техническими объектами возможны, если в конструкции не предусмотрены меры их нейтрализации.

Причина ошибок коренится в соотношении возможностей человека при заданных условиях деятельности и нагрузках (требованиях) на него, что можно количественно оценить с помощью модели «нагрузка—несущая способность». Возможности человека связаны с его психофизиологическими особенностями, степенью профессиональной подготовленности к выполнению своих функций в сравнении со сложностью конструкции объекта и средств его эксплуатации. Условия деятельности по отношению к нормативным ухудшаются при неблагоприятных воздействиях со стороны окружающей среды и нерациональной организации работ.

Вероятность ошибок в работе зависит от следующих факторов: долговременных медицинских и психофизиологических характеристик личности (общего состояния здоровья, типа темперамента, скорости реакции и устойчивости внимания, характера человека и его способностей); сиюминутных медицинских и психофизиологических характеристик личности (состояния здоровья на текущий момент — болезнь, алкогольное или наркотическое опьянение, последствия травм, настроение, усталость и т.п.); нали-

чия внешних возбудителей; уровня образования и развития, культурного уровня личности; квалификации специалиста в области выполняемых им работ; морально-волевых качеств человека; комфортности условий работы; степени удовлетворенности работой; качества нормативно-технических и организационно-распорядительных документов (четкость изложения требований, однозначность их понимания).

Специфический класс опасных действий составляют *несанкционированные действия*, к которым относятся ошибочные и злоумышленные действия персонала объекта. Целью злоумышленных действий является реализация негативных последствий. Злоумышленные действия могут быть направлены как на непосредственную реализацию потенциальной опасности — *диверсия*, так и на угрозу такой реализации — *шантаж*. Негативные последствия могут произойти и при *саботаже*, т.е. умышленном невыполнении или неправильном выполнении предусмотренных действий персоналом.

Причины (мотивация) совершения злоумышленных действий могут быть весьма разнообразны: денежное обогащение; месть; боязнь компрометации; боязнь за жизнь и здоровье (шантаж со стороны третьих лиц); идеологические и политические мотивы (неудовлетворенность социальной, экономической и политической обстановкой, своим положением в обществе); религиозные и националистические убеждения; негативные черты характера, проявившиеся в конкретной обстановке (завышенная самооценка, мстительность, завистливость, озлобленность и т.п.).

Злоумышленные действия классифицируют следующим образом:

по мотивации (мотивированные и немотивированные, совершаемые, например, психически неполноценными лицами);

отношению к объекту (внешние и внутренние, т.е. со стороны персонала).

Используя все это множество факторов, создают модели угрозы злоумышленных действий. Решая задачу нейтрализации этих угроз, формируют образ эффективной системы физической защиты объекта, реализуемой с учетом технических, экономических и других возможностей соответствующих организаций.

Анализ человеческой надежности. Количественная оценка риска аварий затрудняется неопределенностями характеристик надежности персонала — слабого звена человеко-машинных систем и их систем защиты. В последние десятилетия методы количественной оценки человеческой надежности существенно изменились по сравнению с традиционно используемыми в расчетах показателей надежности оборудования.

Для изучения человеческого фактора (стратегии поведения операторов, выявления основных ошибок) создают специальные

технические средства: комплексы, моделирующие взаимодействие человека с машиной, имитационные установки и исследовательские тренажеры. Моделирование влияния человеческого фактора является наиболее сложной частью вероятностного анализа безопасности потенциально опасных объектов. В нем учитывают лишь сравнительно простые ошибки персонала. Действия персонала в стрессовых условиях аварии при дефиците времени, сложные ошибки, число которых может быть весьма велико, множественные ошибки (подобные совершенным на Чернобыльской АЭС) практически не поддаются анализу.

Надежность персонала исследуют с различных позиций: принятия решений (в частности, теории риска), эргономики, инженерной психологии.

Надежность персонала *в процессе принятия решений* наиболее полно рассмотрена применительно к ошибочным решениям. *Ошибочное решение* — это неправильное непреднамеренное выполнение или невыполнение ряда последовательных действий из-за неверной оценки протекания регулируемого процесса. Для оценки вероятности ошибок используют, в частности, метод анализа ошибок персонала (Human Reliability Analysis — HRA). Анализируя процесс принятия решения можно установить причины ошибочных действий персонала, которые могут стать событиями, инициирующими аварии, либо способствуют развитию уже имеющей место аварийной ситуации в аварию.

Понятие риска является одним из ключевых в описании процесса принятия решений. Его широко используют в связи с оценкой управленческой ситуации, анализом возможных вариантов решения, принятием решения и его реализацией. В данных задачах риск — это действие (поступок), выполняемое в условиях выбора в ситуации неопределенности, когда существует опасность в случае неудачи оказаться в худшем положении, а в случае удачи — в лучшем. С этой точки зрения всякую деятельность в условиях опасности можно расценивать как проявление риска.

Риск зависит от многих факторов, в том числе индивидуальных особенностей человека-оператора, его профессиональных качеств, социальной принадлежности, условий деятельности и т.д. Построение моделей рискованного поведения возможно (М. А. Котик, 1985) путем описания структуры личности действующего субъекта, используемых им средств, объекта риска, материального и социального окружения. С помощью такого метода оказывается возможным дифференцировать различные виды рискованного поведения. Так, уточнение взаимодействующих в структуре подструктур позволяет описывать физические и социальные риски; уточнение связей между подструктурами — риски, мотивированные и немотивированные (бескорыстные); уточнение нечетких оценок — поступки с большим или меньшим риском. Расшире-

ние описания структур дополнительными условиями позволяет характеризовать риски объективные и субъективные, оправданные и неоправданные, риски с тяжелыми и легкими последствиями. Другие модификации структур помогают различать риски инновационные, направленные на достижение социальной пользы, от связанных только с личными интересами; риски правомерные в данной ситуации от неправомερных.

В *инженерной психологии* проблема человеческого фактора изучается в связи с анализом надежности человеко-машинных систем и поиском оптимальных решений в управлении опасными объектами. Анализ человеческой надежности проводят путем моделирования взаимодействия человека с машиной для количественной оценки возможности аварии на сложных человеко-машинных комплексах.

Типичными являются следующие ошибки: оператор стремится к ошибочной цели; поставленная цель не может быть достигнута из-за неправильных действий оператора; оператор бездействует, когда его участие необходимо. Качество выполнения действий оператором зависит от степени его нагрузки. Существует оптимальный уровень нагрузки (объема информации, механических действий), при котором число ошибок является минимальным. Слишком малая или высокая нагрузка приводит к снижению качества. Наконец, на качество работы влияют индивидуальные свойства оператора и психофизиологические факторы: усталость, стрессовое состояние, растерянность либо, наоборот, излишняя самоуверенность, переоценка собственного опыта, недооценка опасности ситуации и ее последствий. Отметим, что ошибки, связанные с психофизиологическим состоянием, могут возникать независимо от квалификации и опыта оператора.

Особое место среди причин аварий занимают природно-антропогенные факторы, в основе которых лежит влияние и природных, и техногенных факторов на очень многих людей. Для здоровья людей опасны магнитные бури в сочетании с высокой влажностью воздуха и быстрым падением давления. Эти и другие факторы приводят к их перевозбуждению, плохому самочувствию и, следовательно, неадекватному поведению и авариям. Если исключить подобные причины и чисто механические ошибки, то на первый план выходят ошибки интеллектуального уровня, т. е. ошибочные действия, предпринятые сознательно на основе собственных решений. В этом классе ошибок важную роль играет объем и качество получаемой оператором информации (более половины ошибок персонала связаны с недостаточной, некорректной или неадекватной информацией оператора о предпринимаемых действиях). Поэтому в конкретных областях деятельности создают системы поддержки принятия решений (СППР).

Надежность персонала включает следующие составляющие:

психосоматическую, которая обеспечивается обучением и зависит от свойств памяти;

когнитивную, которая обеспечивается контролем и восстановлением здоровья;

мотивационную (зависит от свойств трудовых коллективов, обеспечивающих формирование мотивации сотрудников).

Человек по аналогии с техническими устройствами имеет определенный ресурс. Работу с персоналом потенциально опасных объектов проводят по всем трем составляющим. Основная доля опасности связана с мотивационной ненадежностью, меньшую опасность представляет когнитивная ненадежность, доля психосоматической ненадежности персонала вообще незначительна.

По психосоматической составляющей определяют: перечень психосоматических ресурсов, необходимых персоналу разных должностей и профессий; эргономические особенности каждого рабочего места (интенсивность рабочих действий, монотонность, напряжение внимания, уровень освещенности рабочего места, уровень шума, удобство расположения пультов управления, уровень информационной засоренности, объем и различимость получаемой информации и другие эргономические характеристики); индивидуальные особенности исполнителей и руководителей и средний ресурс по каждому из психосоматических ресурсов (с помощью тестирования); периодичность восстановления готовности исполнителей и руководителей к выполнению работы; графики и программы чередования рабочего и нерабочего времени, медицинских осмотров, мероприятий по профилактическому оздоровлению и восстановлению необходимых для работы показателей психосоматической готовности исполнителя.

По когнитивной составляющей определяют следующие показатели: интенсивность обновления информации в областях знаний персонала; качество получаемых им знаний; индивидуальные характеристики забывания информации (с помощью тестирования); средний ресурс для каждого специалиста и раздела знаний, необходимых для данного специалиста, а также показатель надежности типа вероятности безотказной работы и периодичность переобучения.

По мотивационной составляющей с помощью методов социальной психологии определяют: критические трудовые коллективы; социальные институты, оказывающие заметное влияние на трудовой коллектив; особенности трудового коллектива в отношении характера формируемой в коллективе мотивации (мотивационные ресурсы трудового коллектива).

Описать каждое из свойств человека с помощью математических зависимостей, описывающих процесс исчерпания этого свойства как ресурса с точностью, достаточной для применения в практических расчетах, невозможно.

Ошибки влияют на безопасность потенциально-опасного объекта (ПОО) на всех этапах его жизненного цикла. На этапе формирования технического облика опасного объекта должны быть исключены неправильные оценки предполагаемых характеристик безопасности или недостаточно подробное исследование условий его эксплуатации. При разработке объекта должны исключаться ошибки в его конструктивном исполнении, при составлении технологической и эксплуатационной документации.

В процессе изготовления и эксплуатации объекта персоналом не должны совершаться действия, не предусмотренные или запрещенные документацией. Вероятность совершения ошибок человеком зависит от многих факторов: его физического и психологического состояния, квалификации, напряженности труда, вида деятельности, эргономики производственной среды и т.д. В сложных и напряженных ситуациях человек может совершить в среднем одну ошибку за 10 ч работы, т.е. интенсивность ошибок $\lambda_{\text{чел}} = 0,1 \text{ 1/(чел.}\cdot\text{ч)}$.

Особое внимание уделяют ошибкам в случае принятия решений при возникновении аварийных ситуаций с объектом. В связи с разнообразием аварийных ситуаций, в которых может оказаться ПОО, при разработке его конструкции, составлении технологической и эксплуатационной документации невозможно предусмотреть все возможные варианты, поэтому отработку его безопасности проводят по отношению к типичным, вероятным и наиболее неблагоприятным ситуациям (максимальная проектная авария). В реальных условиях аварийная ситуация может отличаться от принятой модели, что требует принятия решений, не предусмотренных в документации. Последние могут оказаться неадекватными сложившейся обстановке.

В анализе и прогнозировании ошибок важную роль играет база данных по статистике совершенных ошибок. В этом случае незамедлительно выполняют конструктивные и организационно-технологические изменения, направленные на исключение подобных ошибок или обеспечение нечувствительности к ним объекта. Необходимо учитывать вероятность ошибки для любого действия, совершаемого человеком. Сквозной анализ ожидаемых действий позволяет создать перечень потенциальных ошибок.

Повышение надежности персонала. Профессиональная надежность работника проявляется в работоспособности и функциональной готовности его психики работать в нормальных и экстремальных условиях на заданном уровне качества. Не каждый человек способен применить профессиональные знания в затруднительных ситуациях или при низкой мотивации на выполнение действий. Определяющими в обеспечении психологической готовности персонала применить профессиональные знания являются его личностные психологические и психофизиологические качества.

Центральное место в проблеме надежности персонала занимает психологическая готовность к работе в меняющихся условиях. На уровень психологической готовности оказывают влияние: профессиональная компетентность (знания, умения, навыки); функциональное состояние (утомление, внимание, острота реагирования, здоровье); личностные психологические качества (ответственность, добросовестность, выдержка); социально-психологический климат в коллективах (слаженность, конфликтность, социальные ценности); социальные условия работы и жизни персонала (оборудование рабочих мест, автоматизация и др.).

Существуют следующие способы повышения надежности персонала:

- повышение ответственности (духовный, правовой, организационный и другие аспекты);

- квалификационный и психофизиологический отбор, обучение и тренировка кандидатов на тренажерах;

- автоматизация рутинных операций, не требующих интеллектуальных усилий;

- усовершенствование рабочего места, информационного обеспечения и поддержки оператора, организации управления, взаимодействия и распределения ответственности персонала.

Обеспечение безопасности объектов за счет снижения роли человеческого фактора основано на следующих принципах:

- приоритет технических мер безопасности над организационными. Чем больше принято технических мер и совершеннее каждая из них, тем меньшее влияние на безопасность объекта оказывает человеческий фактор. Однако вряд ли когда-нибудь удастся исключить это влияние полностью. Исключение человека из процесса управления потенциально опасным объектом пока является несвоевременным и неэффективным, учитывая уникальные свойства человека находить оптимальные решения в сложных ситуациях. Пока это целесообразно только на короткое время сразу после аварии, когда человек еще находится в условиях стресса и не имеет объективной информации от СППР о развитии аварийного процесса;

- создание условий для принятия правильных решений по предотвращению аварий (внедрение СППР);

- совершенствование организационных мер обеспечения безопасности опасных объектов, дополняющих технические меры и по возможности компенсирующих их несовершенство.

Организационными мерами снижения предпосылок для совершения персоналом ошибочных и злоумышленных действий, могущих привести к негативным последствиям, являются: организация отбора персонала по медицинским и психофизиологическим характеристикам, морально-волевым качествам, уровню образования и способностям; проверка медицинского и психофизиоло-

гического состояния персонала непосредственно перед проведением опасных работ; совершенствование норм и правил безопасности при проведении опасных работ; обучение персонала нормам и правилам безопасности и периодическая проверка знаний; соблюдение «правила нескольких лиц» при проведении опасных операций; отработка персоналом практических навыков на макетах и тренажерах; инструктаж перед выполнением опасных работ и др.

Человеческий фактор регулируется в процессе потенциально опасной деятельности с помощью различных видов контроля.

Достижение безошибочного и своевременного выполнения действий и деятельности в целом является результатом надежного функционирования различных подсистем организма и психики человека. Надежность работы человека находится в прямой зависимости от качества его профессиональной подготовки, индивидуальных особенностей, в том числе свойств нервной системы и личностных факторов.

Если не затрагивать профессиональную подготовку, то можно сказать, что надежность персонала во многом определяется уровнем здоровья, так как в соответствии с определением Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) «здоровье — это состояние полного физического, психического и социального благополучия, а не только отсутствие болезни или физических дефектов». Поэтому на потенциально опасных объектах необходимы современные методики психофизиологического контроля персонала. Здоровье зависит от наследственности, среды обитания и образа жизни. К образу жизни относятся и вредные привычки человека (алкоголизм и наркомания), которые отрицательно влияют на здоровье и, прежде всего, на его психическую составляющую.

Для снижения риска несанкционированных действий необходимо проводить психофизиологическое обследование персонала. Установлено, что до 80 % инцидентов на потенциально опасных объектах обусловлены ошибками оперативного, ремонтного и руководящего персонала, но в 70% случаев правильные действия персонала предотвращают аварии. Это говорит о важности психологической профессиональной готовности персонала к работе в меняющихся условиях. Необходимо также проводить обучение работников, специфика деятельности которых требует специальной подготовки, с последующей аттестацией в соответствии с требованиями для определенного вида работ; изучение инструкций и сдача экзаменов по технике безопасности с периодической проверкой знаний; обучение операциям для конкретных видов работ.

Известно, что готовность человека к безопасному выполнению Работ не сохраняется бесконечно долго. Производственная база стареет, происходит ее обновление, стареют знания и забываются навыки. Поэтому регулярно осуществляемое дополнительное

(непрерывное) обучение персонала является обязательным условием для поддержания необходимого уровня квалификации и обеспечения безопасности работ.

9.3. Информационная безопасность в предпринимательских организациях

В современных условиях, характеризующихся повышением нестабильности деловой окружающей среды, при управлении предпринимательской организацией с конца 90-х гг. XX в. перешли на концепцию стратегического управления, в соответствии с которой персонал признан ключевым ресурсом организации. В настоящее время руководством компаний осознана роль персонала и в обеспечении информационной безопасности.

Люди как носители конфиденциальной информации занимают особое место как активный элемент, способный выступать не только источником, но и субъектом злонамеренных действий. Люди являются обладателями и распространителями информации в рамках своих функциональных обязанностей. Они способны ее анализировать, обобщать, делать соответствующие выводы, а при определенных условиях скрывать, продавать, вступать в преступные связи со злоумышленниками. При этом информационную безопасность дешевле обеспечить в процессе отбора, проверки, подготовки, выдвижения и увольнения кадров. Защищать конфиденциальную информацию проще, выявляя безответственных или нечестных работников до того, как их возьмут на работу и они смогут проявить свои отрицательные качества.

Надежность (в частности, лояльность) *персонала* — это внутренне присущее ему свойство, означающее возможность положиться на него, по крайней мере, в деловых вопросах. Надежность включает следующие составляющие:

профессиональную надежность, обеспечиваемую квалификацией и опытом;

психологическую надежность, определяемую психологическими свойствами личности, темпераментом, характером, позволяющими работнику уверенно действовать в различных ситуациях, включая нештатные. К психологической надежности относится способность человека выполнять свои функции в условиях длительных стрессов и перегрузок, характерных для современного бизнеса;

моральную надежность — преданность сотрудника своей организации, лояльность, чувство ответственности перед ней, отношение к делу как к своему собственному. Работник, надежный в моральном отношении, не пренебрежет интересами дела ради собственных, не обманет, не украдет, не навредит. Моральная надежность — это то, чего в первую очередь хотели бы работодатели от

персонала, и одновременно то, что труднее всего оценить. Она раскрывается в людях нечасто и с самой неожиданной стороны.

Вероятность проявления ненадежности человека зависит как от свойств его характера, так и условий деятельности. В экстремальных ситуациях эта вероятность повышается.

Надежность персонала имеет большой разброс и на хвосте распределения по надежности (или обратной характеристики — уязвимости к внешним дестабилизирующим воздействиям) находится «слабое звено». К характерным особенностям лиц, которые, с точки зрения надежности, могут составить «слабое звено» среди работников любой организации, относятся:

пренебрежение и даже презрение по отношению к общепринятым моральным нормам (не красть, не обманывать, не причинять зла людям, с которыми человек вместе живет и работает). Такой работник не будет испытывать угрызений совести от того, что подводит или предаст коллег, организацию, в которой трудится;

индивидуалистическая направленность личности, неумение и нежелание работать в единой команде, устойчивое стремление противопоставить себя коллегам, отсутствие корпоративных чувств, привязанности к месту работы и коллективу;

завышенная самооценка, не соответствующая реальным возможностям человека, вера в собственную непогрешимость, непомерное тщеславие, неудовлетворенные амбиции, завистливость;

черты характера, обусловленные психопатией и проявляющиеся в мстительности, злопамятности, повышенной обидчивости. Такие люди долго не могут освободиться от негативных переживаний, простить обиду и задетое самолюбие. Им свойственна конфликтность с окружающими (неуживчивость, намеренное противопоставление себя другим людям). Эти лица переживают конфликт в течение длительного времени. Особенно опасен конфликт «по вертикали», когда работник надолго сохраняет желание отомстить за нанесенные обиды своему руководителю;

инфантилизм (личностная незрелость), отсутствие самостоятельности суждений, ориентация на других, более сильных в психологическом отношении людей, в принятии решений и действиях (легкая добровольная подчиненность влиянию со стороны). Таким людям не хватает самоорганизации. Они не умеют планировать свой бюджет, свою жизнь, не способны противостоять внешнему давлению, проявляют трусость. Такими людьми легче управлять, их легче втянуть в совершение противоправных действий;

импульсивность, доминирующая в поведении. Она проявляется в том, что человека легко «завести», привести к потере самоконтроля и совершению необдуманных, безрассудных действий. Такие люди нередко болтливы, их легко разговорить по любым вопросам, в том числе и по составляющим служебную тайну. Осо-

бенно часто у них «развязывается язык» в неформальной обстановке, после принятия алкоголя, при вовлечении в спор. Такие люди подвластны эмоциям, чувствам и страстям, которые целиком захватывают их. Под влиянием страстей они не могут «вовремя остановиться», принять рациональное решение. Им присущи слабости личного характера (злоупотребление спиртными напитками, пристрастие к азартным играм и др.). Они могут, например, проиграть свои и чужие деньги, потратить их на предмет личных увлечений, «потерять голову» от любви и т. п. Поступки таких людей определяются не осознанными целями и намерениями, а внутренними импульсами или внешними обстоятельствами (например, навязанными извне желаниями);

неустроенность в личной жизни, отчужденность от других, одиночество, «потеря корней», отсутствие близких людей, связи с ними. Такое положение облегчает совершение аморальных поступков, поскольку человек считает, что в случае неприятности, ошибки в работе он один будет нести ответственность, а страдать или переживать будет некому;

острая ситуативная жизненная потребность (например, в дорогостоящем лечении кого-либо из близких), которую человек не может реализовать самостоятельно. Этот фактор наименее прогнозируем, а значит и наименее управляем. В то же время оперативное получение информации о возникновении такой ситуации может снизить ее негативное воздействие на надежность работника;

наличие связи данного человека с представителями конкурирующих фирм. Это опасный фактор, поскольку наибольший ущерб может быть нанесен организации благодаря полученной изнутри информации о ее состоянии.

Важным элементом обеспечения безопасности является *оценка надежности персонала*. В последние десятилетия взгляды на оценку персонала и оценочный инструментарий в России существенно эволюционировали. До «перестройки» для оценки персонала использовали оценочные интервью и аттестационные комиссии. С переходом к рыночной экономике формальные процедуры были упразднены и на работу начали принимать родственников, друзей и знакомых. Со временем оказалось, что с друзьями и знакомыми возникает множество проблем: работать они не всегда хотят, а если и хотят, то не умеют или просто не могут. Поэтому работники кадровых подразделений столкнулись с необходимостью надежного оценочного инструментария при отборе персонала. Для этого начали использовать:

психологические тесты (личностные опросники), которые позволяют оценивать не реальное поведение человека, а его представление о своем поведении;

ситуационно-поведенческие тесты (оценка реального поведения испытуемых в конкретной ситуации);

комплексные процедуры (ассесмент-центры), включающие ситуационно-поведенческие тесты, психологическое тестирование и оценочное интервью;

аппарат «Полиграф», так называемый «детектор лжи». Вначале предполагалось, что он позволяет измерить практически все: честность, порядочность, стрессоустойчивость, коммуникативные и организаторские способности, лидерский потенциал, интеллект. Однако на практике оказалось, что «полиграф» способен дать лишь ситуационную оценку (ложь/правда), да и то с точностью до 70—80 %. Причем именно ситуационную оценку (т.е. лжет человек в данный момент или нет), а не лживость/правдивость (надежность/ненадежность) как личностное качество. При этом использование «полиграфа» сопряжено со значительными моральными издержками;

нетрадиционные методы (астрология, графология и т.д.). С повышением профессионализма российских менеджеров по персоналу интерес к этим методам неуклонно падает;

введение вновь, но уже в рамках систем управления персоналом, процедур аттестации, необходимых для регулярной оценки эффективности работы этих систем.

В перспективе прогнозируется распространение мягких способов оценки в ходе тренингов и деловых игр, а также сращивание процессов оценки и обучения. Это потребует повышения профессионализма людей, занимающихся оценкой, а также расширения их компетенции.

Основными формами оценки надежности кандидатов и проверки на лояльность действующего персонала являются:

беседы с кандидатом при приеме на работу, предполагающие выяснение его взглядов на жизнь, профессиональных мотивов (что побуждает его поступать на работу в данную организацию), самооценки сильных и слабых сторон;

беседы с лицами, знающими кандидата (работника), и выяснение их мнений о нем;

психологические тесты в целях определения черт характера, которые могут отрицательно повлиять на надежность кандидата (работника), позволяющие с высокой вероятностью оценить субъективные предпосылки ненадежности человека (но не дать прогноз проявления нелояльности в будущем);

ролевые тестирующие ситуации для проверки персонала, при которых человек должен принимать решение в моделируемой кризисной обстановке;

активные формы проверки (например, сообщение разных вариантов конфиденциальной информации нескольким работникам с анализом последствий такого сообщения);

использование технических методик, в частности, с применением «Полиграфа».

Для повышения достоверности результата проверку персонала организации необходимо проводить с применением различных методик.

Основное внимание в *обеспечении безопасности* работы компании должно быть сосредоточено на предупреждении случаев неояльности.

Повышению надежности и предупреждению неояльности работников организации способствуют определенные направления работы.

1. Проведение всестороннего отбора кадров, предполагающего: получение информации с прежних мест учебы или работы и анализ результатов предыдущей деятельности кандидата; недопущение приема на работу лиц, имеющих серьезные личностные недостатки (социальные связи, порочащие их; биографию, свидетельствующую о наличии у них моральных дефектов) и без испытательного срока, который позволяет точнее оценить личные и деловые качества сотрудника, его пригодность к выполнению определенных задач; неформальное применение психологических методов и учет результатов тестирования при принятии решения о приеме на работу; использование личного поручительства работников, по рекомендации которых берут на работу кандидата, и др.

2. Создание условий, при которых работнику невыгодно осуществлять действия, наносящие ущерб организации и ее руководству (система мер по моральному и материальному стимулированию, формированию престижности работы именно в этой компании, заботе об имидже компании, созданию в ней благоприятного социально-психологического климата).

3. Формирование корпоративности (чувства принадлежности к организации) работников с тем, чтобы считать ее «своей» и в случае затруднений обращаться за помощью к компании, а не искать ее на стороне.

4. Предупреждение ситуаций, при которых работник или близкие ему люди оказываются в безвыходном положении. Профилактика критических ситуаций (в частности, долгов, материальных затруднений) должна осуществляться путем кредитования работников, создания кассы взаимопомощи и др. Работники должны быть уверены в том, что в случае возникновения у них трудностей компания придет им на помощь.

5. Введение прогрессивной системы материального и иных видов стимулирования, которые работник не получит в конкурирующих организациях (доплаты за стаж работы в данной организации, поощрения за добросовестную работу и др.), дополнительно привязывающих работника к компании.

6. Обеспечение взвешенного стиля руководства, которое не должно быть жестко авторитарным, унижать достоинство подчи-

ненных, с тем чтобы не провоцировать обратной негативной реакции.

7. Создание в компании морально-психологического климата, препятствующего возникновению случаев нелояльности, благоприятного для эффективной работы каждого. Этому способствуют, в частности, коллективные неформальные мероприятия, в которых работники могут совместно проводить время, участвовать в них семьями.

8. Проведение периодических аттестаций работников, посредством которых получают объективные ответы на следующие вопросы: Хочет ли человек работать в компании?; Может ли он работать на том уровне, который от него требуется?; Насколько он в состоянии выполнять возложенные на него обязанности?; Справляется ли он со своими обязанностями?; Как относится к своей работе?; Удовлетворен ли работой?; К категории каких работников можно его отнести (отличных, хороших, посредственных, слабых)?; Каков уровень его притязаний?; Насколько он умеет работать в коллективе?; Способен ли следовать корпоративной культуре?; Не является ли он источником постоянных конфликтов, ссор, споров по малозначимым вопросам, отвлекающим от основной работы?

9. Формирование командного духа, сплоченности. Однако сплоченность персонала не должна означать круговой поруки, попустительства, когда случаи явного отступления от установленных норм замалчиваются, работники покрывают нарушения дисциплины их коллегами и не доводят эти случаи до сведения руководства.

Руководитель организации должен быть информирован о каждом таком случае. Кроме того, подобное поведение должно получить соответствующую общественную оценку. Между тем, часто рядовые сотрудники относятся сочувственно к виновнику, ставя себя на его место; в лучшем случае коллектив проявляет безразличие к ненадлежащему поведению своего коллеги.

10. Взятие подписки о неразглашении служебной информации и необходимости соблюдения правил поведения, препятствующих проявлению ненадежности. В подписку должен включаться пункт о том, что в случаях выявления фактов нелояльности, наносящих материальный ущерб компании или причиняющих вред ее деловой репутации, ее руководство оставляет за собой право привлечь работника к ответственности в соответствии с действующим законодательством.

Персонал должен быть информирован о том, что может следовать в случае нарушения конкретных норм (выговор, лишение премии, понижение в должности, лишение определенных льгот и др.). В этом же документе должен быть пункт о согласии работника на возможные меры по проверке его лояльности по отноше-

нию к компании. Например, в договор может вноситься пункт о согласии работника на проверку с помощью аппарата «Полиграф» в необходимых случаях.

11. Периодическое неформальное напоминание работникам о необходимости соблюдения определенных правил поведения с возобновлением соответствующей подписки.

12. Организационные меры, способствующие сохранению коммерческой и иной служебной тайны. В частности, каждый работник должен владеть только той информацией, которая необходима ему для качественного выполнения своих обязанностей.

13. Увольнение работника за грубые нарушения дисциплины и нелояльность должно происходить мирно, чтобы после ухода из компании работник не предпринимал попыток отомстить или причинить вред.

Контрольные вопросы

1. Что входит в понятие «опасность»? Какие опасности выделяют по среде возникновения? Назовите виды опасностей для существования и развития организаций по масштабу. Приведите примеры регулярно действующих опасностей.

2. Чем отличается повторяемость от периодичности? Объясните суть понятия «встречаемость». Какими показателями она оценивается?

3. Что понимают под термином «опасные природные явления»? Какие виды опасных природных явлений наблюдаются в России? Приведите примеры отдельных видов, различаемых по их происхождению.

4. Какие тенденции снижают частоту природных ЧС, а какие увеличивают? Уменьшается ли в результате число пострадавших от природных ЧС?

5. На какие группы можно разделить техногенные опасности? Какие промышленные объекты считают опасными и неопасными? Чем отличаются вредные объекты от потенциально опасных?

6. Как классифицируют опасные техногенные явления?

7. Какие факторы влияют на степень угрозы для рассматриваемого объекта от определенной опасности? Для каких объектов характерен временной фактор угрозы? В каких случаях следует рассматривать ситуационный фактор?

8. В чем заключаются различия между понятиями условной и безусловной уязвимости? Какое из этих понятий характеризует свойство объекта?

9. Зависит ли величина критической нагрузки от силы внешнего воздействия?

10. Объясните значение термина «человеческий фактор». Как проявляется влияние человеческого фактора на безопасность?

11. Применимы ли показатели надежности технического объекта к надежности персонала этих объектов? С каких позиций (в рамках каких дисциплин) обычно исследуют надежность персонала? Распределите по

важности следующие составляющие надежности человека: психологическая, когнитивная, мотивационная.

12. Какие причины аварий преобладают на технических объектах: технические, воздействие внешней среды, человеческий фактор?

13. Охарактеризуйте различие таких видов злоумышленных действий, как диверсия, шантаж, саботаж.

14. Какой нарушитель опаснее: внешний или внутренний?

15. В каких целях создают системы поддержки принятия решений?

16. Какие меры обеспечения безопасности потенциально опасных объектов являются приоритетными: технические или организационные?

РАЗДЕЛ III

МЕТОДИЧЕСКИЙ АППАРАТ АНАЛИЗА РИСКА

ГЛАВА 10. СОДЕРЖАНИЕ АНАЛИЗА РИСКА

10.1. Концепции анализа риска

Анализ риска является важной составной частью теории и практики управления риском. Необходимость анализа риска для различных объектов связана с нестабильностью природных, техногенных, социально-экономических и социально-политических процессов, возможностью реализации в них опасных явлений, их негативным воздействием на антропосферу, возможностью негативных сценариев развития и нестабильности условий деятельности организаций, приводящей к отклонению фактического результата их работы от ожидаемого и влияющей на эффективность принимаемых решений.

О важности такого анализа свидетельствует тот факт, что законодательства некоторых экономически развитых стран уже используют нацеленные на охрану здоровья людей и среды обитания стандарты и нормативы, основанные не только на предельно допустимых уровнях негативных воздействий, но и на связанных с ними рисках.

В настоящее время используют несколько концепций анализа риска (рис. 10.1), различаемых по исследуемым сферам его проявления:

технократическая, исследующая объект;

экономическая, рассматривающая объект в системе экономических отношений;

психологическая, изучающая отношение индивидуума к риску в связи с рассматриваемым объектом;

социологическая, исследующая отношение общества к риску в связи с рассматриваемым объектом.

Технократическая концепция основана на анализе относительной частоты возникновения опасных явлений с нежелательными последствиями как способе программирования их вероятностей. При ее использовании имеющиеся статистические данные усредняют по масштабу, группам населения и времени. Так, при оценке риска аварии на объекте техносферы рассматривают вероятности исходных событий (аварийных ситуаций), сценарии их разви-

тия в аварию с соответствующими вероятностями реализации, последствия различных исходов аварии.

В рамках *экономической концепции* анализ риска рассматривают как часть более общего затратно-прибыльного исследования. В последнем риски являются ожидаемыми потерями полезности, возникающими вследствие некоторых событий или действий, а прибыль (выгода) — это предотвращенный ущерб. Конечная цель состоит в распределении ресурсов таким образом, чтобы максимизировать их полезность для рассматриваемой социальной системы.

Психологическая концепция концентрируется вокруг исследований межличностных предпочтений относительно вероятностей и направлена на то, чтобы объяснить, почему индивидуумы не вырабатывают свое мнение о риске на основе средних значений; почему люди реагируют в соответствии со своим восприятием риска, а не с объективным уровнем рисков, т.е. на основе его научной оценки. Данная концепция важна для лиц, принимающих связанные с риском решения.

Социологическая (культурологическая) концепция основана на социальной интерпретации нежелательных последствий с учетом групповых ценностей и интересов. Социологический анализ риска связывает суждения в обществе относительно риска с личными или общественными интересами и ценностями. Культурологический подход предполагает, что существующие культурные прототипы определяют образ мыслей отдельных личностей и общественных организаций, заставляя их принимать одни ценности и от-



Рис. 10.1. Методический аппарат анализа риска

вергать другие. Эту концепцию используют в PR-технологиях, информационном противоборстве конфликтующих сторон.

10.2. Виды и задачи анализа риска

Анализ риска — это систематические научные исследования и практическая деятельность, направленные на выявление опасностей и количественное определение различных видов риска при выполнении какой-либо деятельности и хозяйственных проектов, включая изучение факторов, влияющих на них, определение размера ущерба, а также изменения рисков во времени и степень взаимосвязи между ними. От правильной организации анализа риска в значительной степени зависит, насколько эффективными будут дальнейшие решения и, в конечном итоге, удастся ли рассматриваемому субъекту в достаточной мере защититься от угрожающих ему рисков.

Анализ рисков направлен на достижение следующих основных целей:

- формирование у лица, принимающего решения, целостной картины рисков, угрожающих интересам рассматриваемой социально-экономической системы;

- ранжирование рисков по степени влияния на деятельность организации и выявление среди них наиболее опасных. При исследовании, например, рискового профиля организации следует иметь в виду известное в теории управления «правило 20 — 80», в соответствии с которым можно предположить, что 20 % рисков организации наносят ей 80 % убытков;

- сопоставление альтернативных вариантов проектов и технологий;

- создание баз данных и баз знаний для экспертных систем поддержки принятия технических и других решений;

- обоснование мер по снижению рисков.

В результате анализа делают вывод о приемлемости (неприемлемости) рисков и организуют адекватную систему управления рисками, способную обеспечить приемлемый уровень защиты организации с учетом возможности реализации выявленных рисков.

Анализ риска направлен на обеспечение дальнейших процедур управления риском, обоснование необходимости снижения виртуального (возможного) ущерба, на основе которого предлагают вполне реальные затраты на предупредительные меры и передачу риска. Однако то, что негативные события с тяжелыми последствиями происходят относительно редко (и являются, таким образом, сферой исследования теории риска), объясняется своевременно принимаемыми предупредительными мерами. В техно-сфере такими мерами являются: функционирование системы тех-

нического обслуживания, планово-предупредительные ремонты, замены оборудования, гарантийный срок службы которого закончился, а также другие меры, направленные на снижение вероятностей инициирующих событий, развития аварийных ситуаций в аварию, последствий аварии. Эти меры принимаются на основании мирового и отечественного опыта развития техносферы, закрепленного в технических регламентах и других нормативных документах.

Виды анализа рисков различаются по полноте и решаемым задачам.

По полноте различают качественный и количественный виды анализа риска.

Качественный анализ риска предназначен для определения факторов риска и обстоятельств, приводящих к рисковым ситуациям. Он включает в себя: выявление источников и причин риска, т. е. установление потенциальных зон риска; идентификацию всех возможных рисков; выявление практических выгод и возможных негативных последствий, которые могут наступить при реализации содержащего риск решения; ранжирование рисков по экспертным данным. Качественный анализ позволяет выделить наиболее значимые риски, которые будут являться объектом дальнейшего количественного анализа.

Количественный анализ риска предполагает количественное определение отдельных рисков и риска проекта (принимаемого решения) в целом.

По решаемым задачам анализ риска включает его идентификацию, оценивание и прогноз.

Анализ обычно начинают с *идентификации риска* — выявления рисков, характерных для определенного вида деятельности, причин их возникновения, форм проявления и рискообразующих факторов. Идентификация основана на анализе статистических данных об опасных явлениях и результатах их взаимодействия с антропосферой — стихийных бедствиях, авариях и катастрофах, экономических и политических кризисах, а также на анализе механизмов возможного воздействия их негативных факторов на различные группы населения и субъекты деятельности в случае реализации опасностей. Для принятия обоснованного решения важно выявить все возможные риски. От предполагаемого риска можно застраховаться (вплоть до отказа от проекта), а невыявленный или проигнорированный риск может привести к краху организации.

Оценивание риска (ГОСТ Р 51898 — 2002) — это основанная на Результатах анализа риска процедура проверки, не превышен ли Допустимый риск. *Допустимый риск* — это риск, который в данном контексте считается допустимым при существующих общественных ценностях.

Оценивание риска включает оценку риска и определение его приемлемости путем сравнения с допустимым уровнем, например, с использованием критерия вида:

$$\begin{array}{ccc} \text{Показатель} & & \text{Предельно допустимый уровень} \\ \text{риска} & \leq & \text{приемного риска} \end{array} \quad (10.1)$$

Критерий (от греч. *kriterion* — средство для суждения) — признак, на основании которого проводят оценку, определение или классификацию чего-либо; мерило суждения, оценки; правило или условие, позволяющее разделять множество объектов на интересующие исследователя подмножества.

Входящий в правую часть критерия (10.1) приемлемый уровень риска определяется экономическими и социальными факторами. Экономические факторы связаны с экономическими возможностями объекта риска, а социальные — с предпочтениями лиц, принимающих решения (в частности, населения, если речь идет об индивидуальном либо социальном риске). Это означает, что на принятие решения о допустимости (величине допустимого уровня приемлемого риска) влияет восприятие и приемлемость различных рисков человеком и обществом.

Оценка риска заключается в количественном измерении фактического уровня показателя риска, входящего в левую часть критерия. Целью оценки является выработка решений, направленных на его снижение. Оценка риска включает определение вероятностей неблагоприятных событий и распределения ущербов.

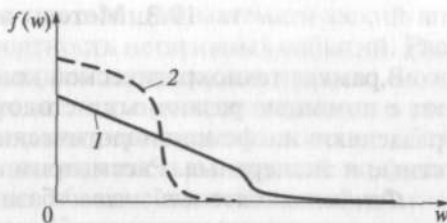
Прогноз риска — это оценка риска на определенный момент времени в будущем с учетом тенденций изменения условий его проявления.

Основная проблема при анализе риска состоит в том, чтобы выявить показатели неопределенности и риска в условиях недостаточного объема (дефицита) исходной информации. Ограниченность исходной информации приводит к статистической неопределенности, что чревато возможностью принятия ошибочного решения.

Источники информации подразделяют на внешние и внутренние.

Адекватной информацией по определенному виду риска являются данные, полученные из внутренних источников — статистика за прошедший период по соответствующему объекту. Такие данные учитывают все специфические особенности функционирования и развития изучаемого объекта. Прогнозирование в этом случае базируется на предположении о том, что тенденции, наблюдаемые в прошлом, сохранятся и в будущем. Однако их изменение может существенно ограничить полезность собранных данных. В некоторых случаях в статистику можно внести поправки, позво-

Рис. 10.2. Распределение ущерба $f(w)$ до (1) и после (2) реализации предупредительной меры



ляющие использовать ее для оценок будущего развития. Например, для исключения влияния инфляции широко используют пересчеты (индексы-дефляторы) тех или иных экономических показателей.

При недостатке статистики или ее непригодности для анализа внутренние источники данных должны быть дополнены сведениями из внешних источников информации, напрямую не связанных с деятельностью данной фирмы (отраслевая статистика, данные, полученные в результате анализа деятельности конкурентов, сведения об авариях, произошедших в других странах). Конечно, подобная информация может не вполне соответствовать условиям функционирования и свойствам объекта, но при ее дефиците можно также получить сведения, важные для принятия решений в области управления риском.

При анализе рисков следует использовать *визуализацию рисков*, т. е. их наглядное изображение при помощи графиков, гистограмм и т. п.; сопоставление на изображениях альтернативных ситуаций. Это позволяет полнее понять своеобразие тех или иных рисков, особенности неблагоприятных для организации последствий их реализации, выявить наиболее существенные стороны соответствующих рисков. Замена таблиц и формул графическими образами позволяет дополнить логический, количественный анализ качественным, что облегчает понимание ситуации и способствует принятию более адекватных управленческих решений. При этом изображения не должны быть перегружены деталями, что значительно затрудняет их восприятие. Основное требование к процедурам визуализации — повышение наглядности отображаемой информации.

Пример 10.1. Распределение ущерба до реализации какого-либо предупредительного мероприятия и соответствующее распределение после его осуществления. Их сравнение на одном графике (рис. 10.2) позволяет визуально оценить результативность предлагаемых мер. Так, применение подушек безопасности не уменьшает общего числа ДТП, но снижает тяжесть их последствий.

Пример 10.2. Представление индивидуальных рисков для жизнедеятельности на картографической основе с помощью географической информационной системы.

10.3. Методы анализа риска

В рамках технократической концепции анализ риска выполняют с помощью различных методов, которые в общем случае подразделяют на феноменологические, детерминистские, вероятностные и экспертные. Рассмотрим области их применения.

Феноменологический метод базируется на определении возможности протекания негативных процессов исходя из результатов анализа необходимых и достаточных условий, связанных с реализацией тех или иных законов природы. Этот метод наиболее прост в применении, но дает надежные результаты, если рабочие состояния и процессы имеют достаточные запасы по отношению к предельным уровням, и ненадежен вблизи границ резкого изменения состояния веществ и систем. Феноменологический метод предпочтителен при сравнении запасов безопасности различных типов потенциально опасных объектов, но малопримогод для анализа разветвленных аварийных процессов, развитие которых зависит от надежности тех или иных частей объекта или (и) его средств защиты. Феноменологический метод реализуется на базе фундаментальных закономерностей, которые в последние годы объединяют в рамках новой научной дисциплины — физики, химии и механики катастроф.

Детерминистский метод предусматривает анализ последовательности этапов развития аварий, начиная от исходного события через последовательность предполагаемых стадий отказов, деформаций и разрушения компонентов до установившегося конечного состояния системы. Ход аварийного процесса изучают и предсказывают с помощью математического моделирования, построения имитационных моделей и проведения сложных расчетов. Детерминистский подход обеспечивает наглядность и психологическую приемлемость, так как позволяет выявить основные факторы, определяющие ход процесса. В ядерной энергетике этот подход долгое время являлся основным при определении степени безопасности реакторов.

Недостатки метода заключаются в следующем: существует потенциальная возможность упустить из вида какие-либо редко реализующиеся, но важные последовательности событий при развитии аварии; построение достаточно адекватных математических моделей является трудной задачей и требует большого числа исходных данных; для тестирования расчетных программ необходимо проводить сложные и дорогостоящие экспериментальные исследования.

Вероятностный метод анализа риска предполагает как оценку вероятности возникновения негативных событий, так и расчет относительных вероятностей того или иного канала развития процессов. При этом анализируют разветвленные цепи событий и от-

казов оборудования, выбирают подходящий математический аппарат и оценивают полную вероятность негативных событий. Расчетные математические модели в этом подходе, как правило, можно значительно упростить в сравнении с детерминистскими схемами расчета. Основные ограничения вероятностного анализа безопасности (ВАБ) связаны с недостаточностью сведений по функциям распределения параметров, а также недостаточной статистикой по отказам оборудования. Кроме того, применение упрощенных расчетных схем снижает достоверность получаемых оценок риска для тяжелых аварий. Тем не менее вероятностный метод в настоящее время считается одним из наиболее перспективных.

Вероятностный метод оценки риска обеспечивает приемлемую достоверность результатов анализа при условии сохранения в перспективе тенденций развития исследуемой системы и ее внешней среды. На практике для оценки тенденций развития широко используют методы экспертных оценок. Поэтому наиболее приемлемым вариантом в практической деятельности является комбинация вероятностного и экспертного методов.

Экспертный метод основан на получении количественных оценок риска путем обработки мнений экспертов (высококвалифицированных специалистов в исследуемой области).

Таблица 10.1

Методический аппарат анализа риска

Методики	Решаемая задача		
	Идентификация	Оценивание	Прогноз
Статистические; вероятностно-статистические	Проверка статистических гипотез, корреляционный, дисперсионный и факторный анализ	Статистическое оценивание, теория распределений, проверка гипотез	Временные ряды; нейропрогнозирование
Теоретико-вероятностные	Феноменологические и детерминистские методы, теория вероятностей, теория графов	Теория вероятностей; теория графов; имитационное моделирование	Случайные процессы; нелинейная динамика; химия, физика и механика катастроф
Эвристические	Экспертное оценивание (качественно-количественное ранжирование рисков)	Экспертное оценивание; нечеткие модели	Экспертное оценивание; теория перемен

Конкретные методики идентификации, оценки и прогноза рисков в зависимости от используемой исходной информации можно свести в следующие группы:

- статистические;
- вероятностно-статистические;
- теоретико-вероятностные;

эвристические, основанные на использовании субъективных вероятностей, получаемых с помощью экспертного оценивания, или других (нетрадиционных) подходов.

Некоторые математические методы и модели, лежащие в основе этих методик, применительно к задачам идентификации, оценивания и прогноза различных рисков для человека и социальных систем приведены в табл. 10.1.

Так, для решения задачи идентификации факторов риска и степени их влияния статистическим методом можно использовать различные методы статистической обработки данных, в том числе корреляционный и дисперсионный анализ, факторный анализ, анализ временных рядов и другие методы многомерной классификации.

ГЛАВА 11. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ РИСКА

11.1. Выбор метода оценки показателя риска типа вероятности

Рассмотрим методы оценки (количественного вычисления) риска применительно к определению показателя риска типа вероятности Q некоторого негативного события (например, аварии; смерти по какой-либо причине, от определенной опасности и др.) для объекта анализа за интервал времени A . Оценку можно проводить различными методами. Выбор адекватного метода оценки показателя риска определяется: его фактическим уровнем; требуемой точностью оценки; имеющимся объемом статистических данных (объемом наблюдений и числом реализовавшихся негативных событий); видом и объемом доступной дополнительной информации.

В результате все методы оценки имеют свою область применения (рис. 11.1, *a*). Учитывая, что вероятность Q представляет собой отношение числа негативных событий n к общему числу наблюдений N , то чем она меньше, тем труднее ее оценивать (необходимо больше наблюдений для того, чтобы реализовались негативные события). Инвариантом же, учитывающим как фактический уровень оцениваемого риска, так и имеющийся объем наблюдений, является число реализовавшихся негативных событий

$$n = QN.$$

(11.1)

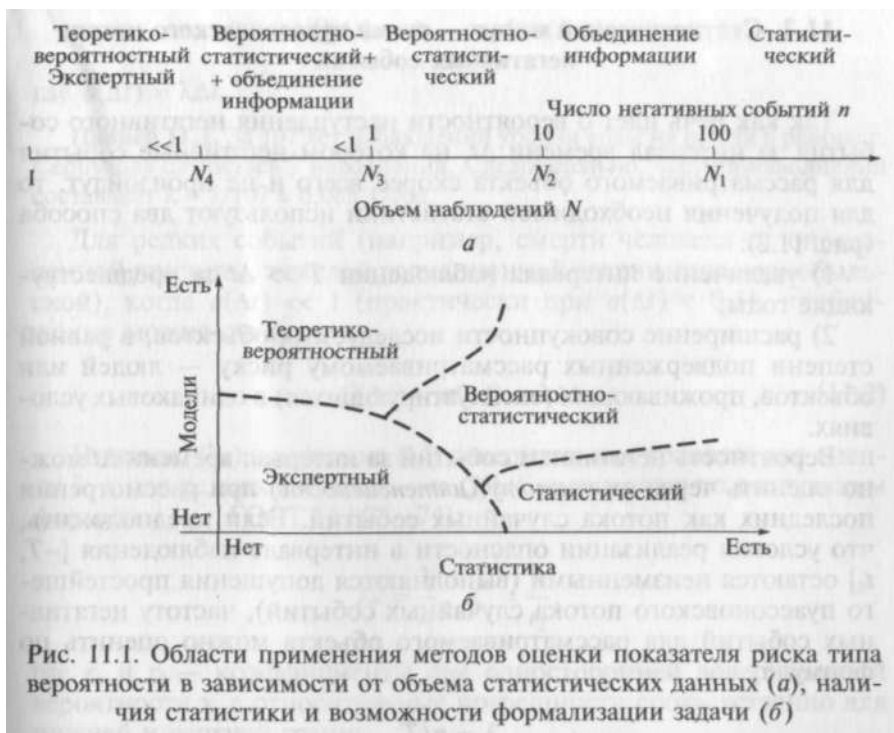


Рис. 11.1. Области применения методов оценки показателя риска типа вероятности в зависимости от объема статистических данных (а), наличия статистики и возможности формализации задачи (б)

Наиболее предпочтительным при наличии достаточной статистики является, конечно же, статистический метод, так как практика — критерий истины. Статистический метод применяют при минимальном числе допущений, но необходим большой объем статистической информации. Объем наблюдений должен превышать некоторую величину N_1 , зависящую от оцениваемой вероятности, при этом число реализовавшихся негативных событий за один год должно быть больше 100. Снизить требования к необходимому объему наблюдений позволяет объединение имеющейся статистической информации по проявлению рассматриваемого риска за прошедшие годы и в аналогичных объектах, подвергающихся той же опасности, а также привлечение дополнительной информации, в том числе знаний и опыта экспертов.

Области применения основных методов оценки показателя риска типа вероятности в зависимости от наличия статистической информации и математических моделей приведены на рис. 11.1, б.

Исторически сложилось так, что методы оценки риска развивались от наиболее простого статистического, применимого при наличии достаточной статистики, к теоретико-вероятностному, необходимость в котором возникла тогда, когда на повестку дня встали вопросы оценки рисков редких аварий на потенциально опасных объектах техносферы с тяжелыми последствиями.

11.2. Статистический метод — схема пуассоновского потока негативных событий

Так как речь идет о вероятности наступления негативного события за интервал времени Δt , на котором негативные события для рассматриваемого объекта скорее всего и не произойдут, то для получения необходимой статистики используют два способа (рис. 11.2):

1) увеличение интервала наблюдения $T \gg \Delta t$ за предшествующие годы;

2) расширение совокупности исследуемых объектов, в равной степени подверженных рассматриваемому риску — людей или объектов, проживающих (эксплуатирующихся) в одинаковых условиях.

Вероятность негативных событий за интервал времени Δt можно оценить через их частоту (интенсивность) при рассмотрении последних как потока случайных событий. Если предположить, что условия реализации опасности в интервале наблюдения $[-T, t_0]$ остаются неизменными (выполняются допущения простейшего пуассоновского потока случайных событий), частоту негативных событий для рассматриваемого объекта можно оценить по формуле

$$\lambda = n/T,$$

где n — число негативных событий за время наблюдения T , а вероятность хотя бы одного негативного события за интервал времени Δt в соответствии с (5.2)

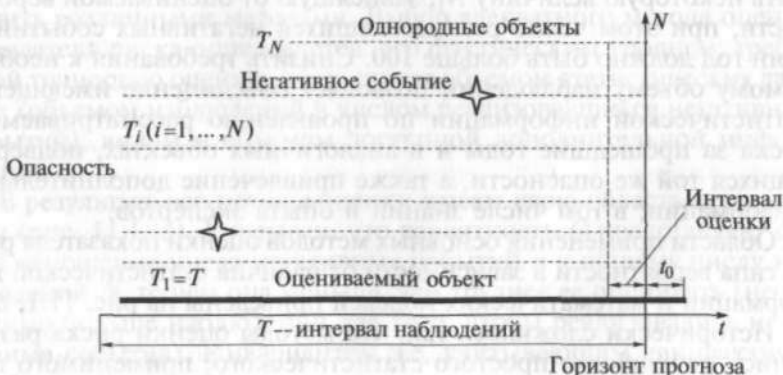


Рис. 11.2. Иллюстрация статистики негативных событий (t_0 — текущий момент времени; T_i — интервал наблюдения за i -м объектом; T_N — интервал наблюдения за N -м объектом)

$$Q(\Delta t) = 1 - \exp[-a(\Delta t)],$$

где $a(\Delta t) = \lambda \Delta t$.

Пример 11.1. За 107 лет наблюдений уровня воды на р. Ока в районе г. Серпухова случилось 7 наводнений. Следовательно, частота наводнений составляет $\lambda = 7/107 = 0,065$ 1/год.

Для редких событий (например, смерти человека от определенной причины, тяжелой радиационной аварии типа чернобыльской), когда $a(\Delta t) \ll 1$ (практически при $a(\Delta t) < 0,1$), приближенно можно считать, что

$$Q(\Delta t) \approx a(\Delta t) = \lambda \Delta t. \quad (11.2)$$

Нижнюю (λ_*) и верхнюю (λ^*) доверительные границы для оценки λ , а для редких событий — и $Q(\Delta t)$, вычисляют по следующим формулам (см. ГОСТ 11.005—74):

$$\lambda_* = \frac{\lambda}{r_1}; \quad \lambda^* = \frac{\lambda}{r_2},$$

где r_1 и r_2 — коэффициенты для односторонней доверительной вероятности γ , а относительные погрешности соответственно для нижней и верхней границ

$$\delta_* = 1 - \frac{1}{r_1}; \quad \delta^* = \frac{1}{r_2} - 1. \quad (11.3)$$

При недостаточной точности оценки *объединяют статистические данные о негативных событиях* по совокупности N однородных объектов (групп людей, технических объектов), подверженных в равной степени рассматриваемой опасности. Негативные события в этом случае также представляют собой пуассоновский поток случайных событий, а оценку частоты негативных событий для i -го объекта (вернее, рабочего места, на которое после гибели одного работника берут другого; отказавший объект заменяют новым или восстанавливают) определяют по формуле

$$\lambda_i = \frac{n_i}{T_i}, \quad 1/\text{год} \quad (i = 1, \dots, N),$$

где n_i — число негативных событий для i -го объекта за интервал наблюдения T_i , лет.

Усредненную частоту негативных событий для совокупности из N объектов, находящихся в одинаковых условиях, оценивают по формуле

$$\lambda = \frac{n}{S}, \quad (11.4)$$

где $n = \sum_{i=1}^N n_i$ — суммарное число негативных событий по совокупности N однородных объектов за их суммарную наработку в одинаковых условиях $S = \sum_{i=1}^N T_i$. При $T_i = T \forall i = 1, \dots, N$

$$\lambda = \frac{n}{NT}. \quad (11.5)$$

Пример 11.2. Допустим, $Q(\Delta t) = 1 \cdot 10^{-4}$. Тогда в соответствии с (11.2) $\lambda = 1 \cdot 10^{-4}$ 1/год. Этой частоте при $N = 1000$ тыс. объектов соответствует значение $n = 100$ негативных событий; при $N = 100$ тыс. объектов $n = 10$; при $N = 10$ тыс. объектов $n = 1$. Из табл. 6 (приведенной в ГОСТ 11.005—74) при $\gamma = 0,9$ находим: для $n = 100$ $r_1 = 1,14$, $r_2 = 0,88$; для $n = 10$ $r_1 = 1,61$, $r_2 = 0,65$; для $n = 1$ $r_1 = 9,48$, $r_2 = 0,26$. Относительные погрешности оценки λ (а следовательно, и $Q(\Delta t)$), вычисленные по формулам (11.3), приведены в табл. 11.1.

Если условия проявления опасности изменяются ($\lambda(t) \neq \text{const}$), то по формуле (11.2) оценивают среднюю вероятность $\bar{Q}(\Delta t)$ негативных событий в год от рассматриваемой причины за время наблюдения T .

Для частоты редких негативных событий (например, катастроф) статистическим методом, как правило, может быть определен лишь доверительный интервал. Пусть, например, имеется N опасных объектов. Полагая, что случайная величина числа катастроф при фиксированной продолжительности наблюдений распределена по

Таблица 11.1

Относительные погрешности оценки частоты (вероятности) негативных событий

Число n реализовавшихся негативных событий	Относительная погрешность, %	
	δ_*	δ^*
1	89,5	284
10	37,9	53,8
100	12,3	13,6

закону Пуассона, время до первой катастрофы (между катастрофами) будет распределено по экспоненциальному закону. При отсутствии катастроф выражения для доверительных границ их частоты для планов наблюдений $[N, R, T]$, $[N, M, T]$ имеют следующий вид согласно ГОСТ 11.005—74:

$$\lambda_0^* = 0; \quad \lambda_0^* = \frac{r_0}{S}, \quad (11.6)$$

где S — суммарная продолжительность наблюдений за всеми объектами рассматриваемого вида, объект · год. Коэффициент r_0 определяют по таблицам математической статистики и для односторонней доверительной вероятности $\gamma = 0,9$ равен 2,30.

Допустим, имеется $N = 10$ опасных объектов — источников возможных катастроф, эксплуатирующихся в течение $T = 10$ лет, причем за все время эксплуатации не было ни одной катастрофы. Тогда $S = NT = 10^2$ объект · год и по формулам (11.6) получим $\lambda_0^* = 2,3 \cdot 10^{-2}$ (объект · год) $^{-1}$. Это означает, что усредненная за весь период наблюдений по всем объектам частота катастроф с доверительной вероятностью $\gamma = 0,9$ находится в интервале $[0; 2,3 \cdot 10^{-2}$ (объект · год) $^{-1}]$.

Расчет по формулам (11.6) показывает, что при частоте катастроф 10^{-1} 1/год ее оценку по данным наблюдений за 10 лет можно сделать лишь с нижней и верхней относительными погрешностями 90 и 284 % соответственно, а за 100 лет — 38 и 54 %. Для достаточно точной оценки частоты редких событий с катастрофическими последствиями необходимы данные наблюдений за сотнями лет. Естественно, что вследствие технического прогресса и сравнительно быстрого изменения условий жизнедеятельности людей такого интервала наблюдений, как правило, не бывает. С развитием техносферы не только осваиваются новые территории, но и изменяются условия перерастания опасных природных явлений в стихийные бедствия, исчезают одни и появляются другие виды ущерба и иницирующие события для них. Так, с появлением скоростных магистралей туман стал опасным природным явлением, способствующим авариям на автомобильных дорогах. Даже в стабильных рыночных экономиках с течением времени существенно изменяются условия хозяйственной деятельности.

11.3. Статистический метод — биномиальная схема

Анализ схемы пуассоновского потока случайных событий показывает, что при малых $a(\Delta t)$ (когда $Q(\Delta t) \rightarrow 0$, $N \rightarrow \infty$) для числа событий в интервале времени Δt справедливо биномиальное распределение.

Для оценки вероятности негативного события для конкретного объекта рассмотрим совокупность однородных объектов объемом N ,

подверженных в равной степени рассматриваемой опасности, т.е. принадлежащих одной и также генеральной совокупности.

Допустим, $n = 1, \dots, N$ — число негативных событий (например, смертей или аварий) в оцениваемом году по рассматриваемой причине, а N — объем наблюдений, т.е. число наблюдаемых объектов (например, численность популяции), подверженных рассматриваемому риску. Если негативные события являются независимыми, то случайная величина числа негативных событий (например, погибших) ξ ($n \leq \xi \leq N$) имеет биномиальное распределение

$$F(n) = P(\xi \leq n) = \sum_{k=0}^n \frac{N!}{k!(N-k)!} Q^k (1-Q)^{N-k}$$

с математическим ожиданием

$$M[\xi] = NQ \quad (11.7)$$

и дисперсией

$$\sigma^2[\xi] = NQ(1-Q). \quad (11.8)$$

Из выражения (11.7) следует, что $Q = M[\xi]/N$, а ее несмещенная оценка совпадает с оценкой максимального правдоподобия и вычисляется по формуле

$$\tilde{Q} = \frac{n}{N}, \quad 1/(\text{объект} \cdot \text{год}). \quad (11.9)$$

Это соотношение совпадает с формулой (11.5), если в последнем принять, что T равно 1 году.

Дисперсию оценки (11.9) для редких событий с учетом (11.8) вычисляют по формуле

$$\sigma^2[Q] = \frac{1}{N^2} \sigma^2[\xi] = \frac{Q(1-Q)}{N} \approx \frac{Q}{N}, \quad (11.10)$$

а ее абсолютная статистическая погрешность $\Delta[Q] = z_\gamma \sigma[Q]$, где z_γ — квантиль нормального распределения уровня γ .

Следовательно, в предположении биномиального распределения числа негативных событий (объектов, в которых произошли негативные события) из общего числа подвергающихся рассматриваемому риску объектов статистическая неопределенность оценки (11.9) характеризуется относительной погрешностью, оцениваемой по аналитической зависимости:

$$\delta = \frac{\Delta[Q]}{Q} = \frac{z_\gamma}{\sqrt{QN}}. \quad (11.11)$$

При малых $Q(\Delta t)$ и больших N соотношения (11.3) и (11.11) приводят к одинаковым результатам, но для применения (11.11) не требуется использование таблиц.

Таким образом, чем меньше оцениваемый риск $Q(\Delta t)$ и имеющийся объем наблюдений N , тем больше статистическая погрешность. Следовательно, для ее снижения следует увеличивать объем наблюдений.

Наложим на точность оценки показателя риска ограничение

$$\delta = \delta_T, \quad (11.12)$$

где δ_T — требуемая точность или допустимое значение относительной погрешности оценки $Q(\Delta t)$.

Получим из (11.11) соотношение для объема наблюдений, необходимого для выполнения ограничения (11.12):

$$N \geq N_1 = \frac{z_\gamma^2}{Q\delta_T^2}, \quad (11.13)$$

зависящего от уровня оцениваемой вероятности Q . Из выражения (11.11) с учетом (11.1) следует и ограничение на реализовавшееся число негативных событий:

$$n \geq n_1 = \frac{z_\gamma^2}{\delta_T^2}.$$

Допустим $\delta_T = 1 - \gamma$. Тогда при $\delta_T = 10\%$ $n_1 = 164$. Для качественных оценок применимости статистического метода будем использовать условие $n > 100$ (см. рис. 11.1, а).

Статистический метод количественной оценки риска требует значительного объема данных, которые не всегда есть (особенно при оценке вероятностей редких событий), а их сбор и обработка могут весьма дорого обойтись. Поэтому при недостаточности информации для использования статистического метода (обеспечения требуемой точности оценки показателя риска) необходимо использовать другие методы (см. рис. 11.1), основанные на привлечении дополнительных данных. На точность получаемых с их помощью оценок влияет точность этой информации. Чем меньше объем наблюдений, тем больше необходимо дополнительной информации для обеспечения требуемой точности оценки.

В случае оценки показателей риска от редких событий, когда имеет место значительная статистическая погрешность оценки, т. е. имеющейся статистики по рассматриваемому объекту недостаточно для оценки показателя риска с приемлемой точностью ($N < N_1$, $n < 100$), ее можно повысить за счет привлечения дополнительной информации. По ее виду различают способы объединения информации о величине оцениваемого параметра, которые в свою очередь подразделяют на методы объединения данных, оценок и привлечения информации о вероятностных распределениях.

Для повышения точности используют объединение однородных (включая байесовские методы объединения априорной информации и данных наблюдений (В. П. Савчук, 1989)) и неоднородных данных. Объединение однородных (принадлежащих одной генеральной совокупности) данных проводят путем их суммирования. Для объединения неоднородных данных необходимы процедуры пересчета, основанные на привлечении дополнительной информации о моделях переноса информации. К методам объединения оценок относятся линейное объединение независимых оценок, применение множественной регрессии для линейного объединения оценок и др.

Объединение однородных статистических данных. Для снижения статистической погрешности и обеспечения требуемой точности оценки показателя риска во многих случаях можно увеличить объем наблюдений за счет расширения интервала наблюдения, т. е. путем объединения статистических данных (при их наличии) за несколько лет — временной ряд.

Предположим, что условия реализации негативных событий в течение T лет остаются неизменными, т. е. исследуемые ежегодные выборки являются однородными и принадлежат одной генеральной совокупности. Тогда показатель риска на рассматриваемый год оценивают по формуле

$$Q(\Delta t) = \frac{\sum_{t=1}^T n_t}{\sum_{t=1}^T N_t}, \quad (11.14)$$

где n_t и N_t — число негативных событий и среднегодовой объем наблюдений в t -м году; $t = 1, \dots, T$ — порядковый номер года; T — общее число лет наблюдения (последнего в ряду) года.

Если $N_t = N \forall t = 1, \dots, T$, то получим соотношение $Q(\Delta t) = \frac{n}{NT}$, совпадающее с (11.5). Повышения точности оценки достигают за счет увеличения объема наблюдений в T раз. Домножив числитель и знаменатель в формуле (11.14) на $1/T$, получим

$$Q(\Delta t) = \frac{n_{\text{ср}}}{N_{\text{ср}}},$$

где $n_{\text{ср}} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T n_t$ — среднегодовое число негативных событий по

рассматриваемой причине; $N_{\text{ср}} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T N_t$ — среднегодовой объем

наблюдений (например, численность рассматриваемой популяции).

Повышение точности оценки вероятности в этом случае объясняется повышением точности оценки средних значений с увеличением числа интервалов наблюдений.

Аналогичный результат получим и в результате рассмотрения индивидуальной вероятности негативных событий за T лет. Так как

$$Q(T\Delta t) = \frac{\sum_{t=1}^T n_t}{N_{\text{ср}}}, \text{ то } Q(\Delta t) = \frac{1}{T} Q(T\Delta t).$$

С увеличением периода наблюдения объем статистических данных возрастает, а точность оценки повышается. При использовании данного способа повышения точности неравенство (11.13) записывается в виде

$$N \geq N_2 = \frac{z_\gamma^2}{TQ\delta_\gamma^2},$$

т.е. $N_2 = N_1/T$. Учитывая, что (11.1) записывается в виде $n = QNT$, то для $T = 10$ лет получим $n_2 = n_1/T = 100/10 = 10$.

Если допущение об однородности не выполняется, то по формуле (11.14) оценивают среднюю вероятность \bar{Q} негативного события в год от рассматриваемой причины за интервал наблюдения, которая при наличии тенденции к снижению (повышению) частоты реализации опасности может стать весьма далекой от истинной. В результате будет иметь место некоторая систематическая погрешность $\Delta_{\text{сист}}$ оценки (рис. 11.3).



Рис. 11.3. Временной ряд и его аппроксимация линейной функцией

Объединение неоднородных данных за несколько лет. Повышение точности оценок требует увеличения объема статистических данных, что связано с увеличением интервала наблюдения. Однако под влиянием множества противоречиво влияющих неконтролируемых факторов число n негативных событий является случайным (имеется случайный разброс по годам). Кроме того, с течением времени меняются и условия проявления рассматриваемой опасности. Это приводит к тому, что статистические данные уже не принадлежат исследуемой генеральной совокупности, т.е. являются неоднородными. Например, на железных дорогах наблюдается долговременная устойчивая тенденция к снижению аварийности за счет внедрения новых технических средств. Для повышения точности оценивания показателя риска в рассматриваемом году с учетом данных за прошлые годы, принадлежащих разным генеральным совокупностям, необходимо использовать методы объединения неоднородных данных. Имеющиеся данные можно пересчитать на условия оцениваемого года при известной модели динамики (при этом возникают вопросы точности используемой модели) числа негативных событий.

Так как на основе полученных оценок показателей принимают долгосрочные решения, то при оценке риска в рассматриваемом году целесообразно ориентироваться не на реализовавшееся число негативных событий n , а на детерминированную составляющую ряда (тренд) (В.Н.Афанасьев, 2001). Задача ставится следующим образом. Необходимо по имеющейся статистике за T лет дать на рассматриваемый T -й год оценку (или прогноз на $T+1$ -й год) математического ожидания числа (частоты) $a(\Delta t)$ негативных событий.

Математическое ожидание числа негативных событий на рассматриваемый год можно оценить по статистике за несколько лет (временному ряду) с помощью интерполяции (см. рис. 11.2)

$$a(T) = f(n_1, \dots, n_T), \quad (11.15)$$

а прогнозировать с помощью экстраполяции:

$$a(T + \tau) = \varphi(n_1, \dots, n_T), \quad (11.16)$$

где $\tau = 1, 2, \dots$ — горизонт прогноза.

Вообще прогноз числа негативных событий возможен, если имеется адекватная математическая модель. При ее отсутствии обычно проводят обработку имеющихся статистических данных n_1, n_2, \dots, n_T (временных рядов), представляющих собой запись поведения объекта в прошлом. При наличии такой информации возможно: построить систему уравнений, с определенной точностью воспроизводящую поведение наблюдаемого объекта; дать прогноз будущего поведения временного ряда n_{T+1}, n_{T+2}, \dots .

Будем интерполировать (экстраполировать) математическое ожидание числа негативных событий от некоторой причины с помощью линейной модели, построенной по статистическим данным за несколько лет:

$$a(t) = \alpha + \beta t, \quad (11.17)$$

где t — номер года.

Точность оценки (прогноза) $a(\Delta t)$ по модели (11.17) определяется через характеристику колеблемости ряда σ_n . Так как исходный временной ряд рассматривают как выборку из генерального ряда, продолжаемого и в прошлое, и будущее, то при вычислении σ_n следует учитывать потерю степеней свободы колеблемости:

$$\sigma_n = \sqrt{\frac{1}{T-g} \sum_{t=1}^T [n_t - a(t)]^2},$$

где g — число параметров в уравнении тренда (для (11.17) $g = 2$).

Среднегодовые объемы наблюдений за определенный интервал представим рядом $N_1, N_2, \dots, N_t, \dots, N_T$. Допустим $N = \text{const}$. Тогда вероятность негативного события в рассматриваемом году оценивают по формуле

$$Q_T(\Delta t) = \frac{a_T(\Delta t)}{N}, \quad (11.18)$$

где $a_T(\Delta t) = \alpha + \beta T$ — оценка по выражению (11.17) математического ожидания числа негативных событий в T -м году, точность которой характеризуется величиной σ_n .

Так как наряду со статистической погрешностью необходимо учитывать и случайный разброс числа негативных событий по годам под воздействием различных неконтролируемых факторов, то точность оценки $Q_T(\Delta t)$ по (11.18) определяют по формуле $\sigma_Q =$

$= \frac{1}{N} \sqrt{\sigma_n^2 + \sigma^2}$, где σ^2 вычисляют по формуле (11.10). Тогда относительную погрешность оценки вероятности негативного события с учетом (11.11) определяют по формуле

$$\delta = \frac{z_\gamma \sqrt{\sigma_n^2 + \sigma^2}}{NQ}.$$

Вероятность негативного события в рассматриваемом году оценивают также по формуле

$$Q_T(\Delta t) = \bar{Q} + \frac{1}{2} \beta T,$$

где \bar{Q} вычисляют по формуле (11.14). Точность этой оценки зависит от статистической погрешности расчета \bar{Q} и погрешности определения коэффициента модели β , учитывающей флуктуации

числа негативных событий по годам: $\sigma^2 = \sigma_{\bar{Q}}^2 + \frac{1}{2} T \sigma_{\beta}^2$.

При изменяющемся объеме наблюдений вероятность негативного события в рассматриваемом году можно оценить по формуле $Q_T(\Delta t) = \alpha_Q + \beta_Q T$, где α_Q и β_Q — параметры модели $Q(t) = \alpha_Q + \beta_Q t$, устанавливаемой по временному ряду Q_1, \dots, Q_T . Можно получить выражения для оценки показателя риска и для случаев, когда тренд аппроксимируется кусочно-линейной либо нелинейной функцией.

11.4. Вероятностно-статистический метод

Суть метода. Вероятностно-статистический метод основан на привлечении дополнительной информации о распределении ущербов для объекта анализа от рассматриваемой опасности в случае ее реализации. Допустим, распределение $f(w)$ негативных событий (несчастных случаев на производстве) по ущербу (рис. 11.4) для рассматриваемых условий деятельности известно. Тогда $q =$

$\int_{KC}^{\infty} f(w)dw$ — доля катастрофических событий от общего числа

негативных событий (здесь KC — критериальное значение для классификации негативных событий как катастрофических). Считая эту долю постоянной $q(t) = \text{const}$ либо прогнозируя по временно-

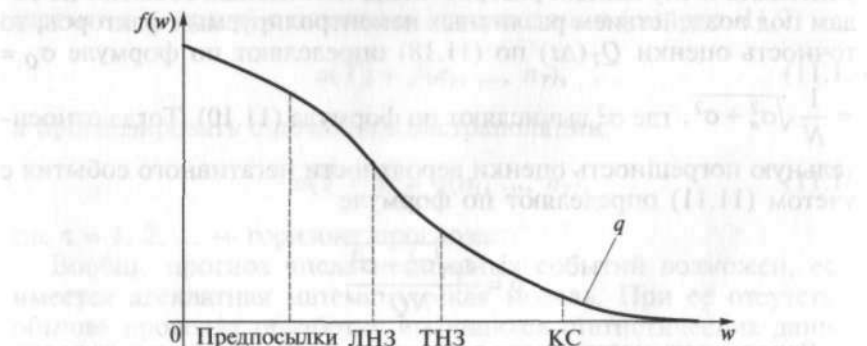


Рис. 11.4. Распределение $f(w)$ несчастных случаев на производстве по тяжести (w):

легкое (ЛНЗ) и тяжелое (ТНЗ) нарушение здоровья; KC — катастрофическое событие (смертельный исход)

Статистика дорожно-транспортных происшествий в России

Характеристика	Численность по годам					
	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Число пострадавших	179 401	187 790	215 678	243 919	251 386	274 864
Число погибших	29 594	30 916	33 243	35 602	34 509	33 957
Доля погибших, q	0,142	0,141	0,134	0,127	0,121	0,110

му ряду с помощью некоторой модели ее значение на заданный момент времени (табл. 11.2), можно построить методику оценки вероятности катастрофического события.

Если n_{Σ} — общее число негативных событий для рассматриваемого объекта в оцениваемом году, то индивидуальную вероятность негативного события для него вычисляют по формуле

$$Q_{\Sigma}(\Delta t) = n_{\Sigma}(\Delta t)/N,$$

а вероятность катастрофического события

$$Q(\Delta t) = Q_{\Sigma}(\Delta t)q. \quad (11.19)$$

Если считать значение q известным точно, относительную статистическую погрешность оценки $Q(\Delta t)$ можно определить соотношением

$$\delta = \frac{z_{\gamma}}{\sqrt{\frac{Q}{q} N}},$$

а необходимый объем наблюдений для его оценки с требуемой точностью может быть установлен из условия

$$N \geq N_3 = \frac{z_{\gamma}^2 q}{Q \delta_{\gamma}^2}.$$

Благодаря тому, что $Q_{\Sigma} \gg Q$, требования к необходимому объему наблюдений снижаются в $1/q = n_{\Sigma}/n$ раз.

При совместном использовании объединения информации за несколько лет и дополнительной информации о распределении негативных событий по размеру ущерба условие для выбора необходимого объема наблюдений можно записать в следующем виде:

$$N \geq N_4 = \frac{z_{\gamma}^2 q}{T Q \delta_{\gamma}^2}.$$

Пример 11.1. Оценка профессионального риска по составляющей, связанной с несчастными случаями со смертельным исходом (см. подразд. 19.2), с учетом общего числа несчастных случаев.

Пример 11.2. Оценка частоты ЧС отдельных видов с учетом общего числа ЧС.

В общем случае статистическая погрешность оценки $Q(\Delta t)$ по (11.19) определяется соотношением

$$\sigma_Q = \sqrt{q^2 \sigma_{Q_x}^2 + Q_x^2 \sigma_q^2},$$

где σ_q^2 — дисперсия оценки q .

Долю

$$q_j = P(w_{\text{ЧС } j-1} < W = w_{\text{ЧС } j}) \quad (11.20)$$

рассматриваемого класса негативных событий (например, ЧС j -го класса по степени тяжести) можно определить двумя способами:

по формуле (11.9) как долю негативных событий j -го класса от общего числа негативных событий в рассматриваемом году. Для снижения статистической погрешности оценки q_j необходимо объединять статистические данные за интервал наблюдения;

по известному распределению негативных событий по ущербу.

Однако частота негативных событий с тяжелыми последствиями, находящихся на «хвосте» распределения негативных событий по размеру ущерба (например, катастроф), мала, т. е. они являются редкими событиями (происходят не каждый год либо для объекта анализа не происходили до рассматриваемого момента времени вообще). Для таких событий даже при использовании объединенной выборки за интервал наблюдения характерна значительная статистическая неопределенность оценок как вероятности реализации, так и их доли q_j , определяемой по формуле (11.9) (относительные погрешности могут составлять сотни процентов). Поэтому для прогноза доли негативных событий, находящихся на «хвосте» распределения (катастроф), целесообразно использовать условие (11.20) и теоретическое распределение негативных событий по ущербу, которое устанавливают по статистическим данным известными методами проверки согласия опытного распределения с теоретическим (табл. 11.3). В табл. 11.3 $\Phi(\cdot)$ — функция Лапласа. Можно использовать и другие распределения негативных событий по размеру ущерба, относящиеся к классу распределений с «тяжелыми правыми хвостами».

Объединение неоднородных данных по ущербу на основе моделей динамики. Для негативных событий, классифицируемых как катастрофические, точность оценки q_j по (11.20) существенно зависит от точности определения вида и параметров формы распре-

Соотношения для вычисления доли негативных событий j -го класса в их распределении по ущербу

Распределение $F(w)$	Соотношение для вычисления q_j	Параметры
Нормальное усеченное со степенью усечения, равной 0,5	$2 \left[\Phi \left(\frac{w_{\text{чс } j}}{\sigma} \right) - \Phi \left(\frac{w_{\text{чс } j-1}}{\sigma} \right) \right]$	$\sigma^2 = D[W]$
Логарифмически нормальное	$\Phi \left(\frac{\ln w_{\text{чс } j} - \mu}{\sigma} \right) - \Phi \left(\frac{\ln w_{\text{чс } j-1} - \mu}{\sigma} \right)$	$\mu = M[\ln W]$
Вейбулла	$\exp \left[- \left(\frac{w_{\text{чс } j-1}}{a} \right)^b \right] - \exp \left[- \left(\frac{w_{\text{чс } j}}{a} \right)^b \right]$	a, b
Экспоненциальное	$\exp \left(- \frac{w_{\text{чс } j-1}}{\bar{w}} \right) - \exp \left(- \frac{w_{\text{чс } j}}{\bar{w}} \right)$	$\bar{w} = M[W]$

деления $F(w)$. Для ее повышения также необходимо увеличить объем статистических данных, что связано с расширением интервала наблюдения. Однако с течением времени условия проявления рассматриваемой опасности меняются и статистические данные уже не принадлежат исследуемой генеральной совокупности; при этом изменяется не только число n негативных событий, но и их распределение $F(w)$ по ущербу. Это означает, что прямое объединение статистик невозможно. Для объединения данных по ущербу от негативных событий в некотором интервале времени наблюдения необходимо пересчитывать с учетом тенденций изменения их распределения по ущербу.

Допустим, имеются статистические данные негативных событий за T лет, включающие данные об ущербах в n_1, n_2, \dots, n_T негативных событиях. Будем считать условия реализации негативных событий меняющимися по годам, а в течение одного года неизменными. Тогда случайные величины W_1, \dots, W_T , характеризующие последствия негативных событий, различаются, т.е. в общем случае имеющиеся данные о негативных событиях принадлежат различным генеральным совокупностям, описываемым своими функциями распределения $F_1(w), \dots, F_T(w)$. При этом параметры (в первую очередь математические ожидания $M[W]$), а возможно, и виды распределений, различаются. Указанные функции распределения отличаются и от функции распределения $F_T(w) = P(W_T < w)$ возможных последствий W_T негативных событий в оцениваемом году.

Объединим известные статистические данные о негативных событиях за T лет. Предположим, что виды распределений случайных величин W_1, W_2, \dots, W_T близки, а различаются лишь масш-

табы распределений, т. е. математические ожидания $M[W_1]$, $M[W_2]$, ..., $M[W_T]$. Приведем известные статистические данные о последствиях негативных событий за указанные годы к оцениваемой генеральной совокупности негативных событий, описываемой функцией распределения $F_T(w) = P(W_T < w)$. Для этого воспользуемся теорией стохастического подобия. Инвариантом подобия различных выборок при одинаковых законах распределения является равенство математических ожиданий:

$$M[W_t] = idem \quad \forall t = 1, \dots, T.$$

Отсюда следует соотношение для коэффициента пересчета данных о негативных событиях, полученных в t -м году, на оцениваемый год:

$$k_{перt} = \frac{M[W_T]}{M[W_t]} \quad \forall t = 1, \dots, T.$$

Данные по ущербу в k -м негативном событии пересчитываются по формуле

$$w_{kT} = k_{перt} w_{kt},$$

где $k = 1, \dots, n$.

Объем объединенной выборки возрастает примерно в T раз. Учитывая существенное увеличение объема статистических данных в объединенной выборке, более точно можно оценить параметры распределения $F_T(w)$ на оцениваемый год, а после классификации данных об ущербах — доли q_j негативных событий различных классов.

11.5. Теоретико-вероятностный метод

Суть метода. Теоретико-вероятностный метод применяют для оценки частот или вероятностей редких негативных событий с тяжелыми последствиями, по которым статистика практически отсутствует (таких, например, как стихийные бедствия на определенной территории, техногенные катастрофы типа катастроф в Чернобыле, Бхопале и Севезо), происходящих в среднем один раз в несколько лет и даже десятков лет. Отсутствие катастроф даже в течение достаточно длительного времени не исключает их появления в будущем. Значительные последствия W катастроф делают их вероятное значение в течение заданного промежутка времени (риск) значимым фактором, требующим возможно более точного учета при планировании социально-экономического развития. Кроме экономических важны также социально-политические и психологические последствия катастроф.

Метод основан на использовании математических моделей, в основе которых лежат закономерности перерастания инициру-

ющих событий в ЧС, декомпозиции задачи, оценке частных показателей и определении частоты (вероятности) редких негативных событий с учетом взаимосвязи частных показателей. Частные показатели определяют из анализа источников потенциальной опасности на рассматриваемой территории, статистики их реализации в форме инициирующих событий, предполагаемых сценариев развития и последствий. Теоретико-вероятностный метод достаточно трудоемок и имеет невысокую точность, но при отсутствии других оценок его использование оправданно.

Рассмотрим применение метода для оценки риска ЧС на некоторой территории. Для этого воспользуемся вероятностной моделью возникновения ЧС, основанной на установлении структуры риска по факторам, влияющим на его величину. Влияние этих факторов учитывается частными показателями, оцениваемыми по статистическим данным или теоретически на основе исследования фундаментальных закономерностей. В рамках этой модели ЧС рассматривается как сложное событие, происходящее при совместном наступлении следующих случайных событий:

возникновение опасного явления на рассматриваемой территории;

воздействие негативных факторов опасного явления на инфраструктуру рассматриваемой территории;

разрушение элементов инфраструктуры в результате действия негативных факторов опасного явления;

отказ системы безопасности объекта из-за различных сочетаний недостаточной надежности технических устройств и персонала («человеческий фактор») и других причин;

нанесение ущерба инфраструктуре территории, превышающего установленные критерии для его классификации как ЧС.

Влияние указанных факторов (опасности, угрозы, уязвимости, эффективности систем безопасности, ущерба) на возможность наступления ЧС оценивают с помощью частных показателей, приведенных в табл. 11.4. Таким образом, частота ЧС зависит не только от характеристик опасности территории, но и степени угрозы от источников опасности для объектов воздействия (пространственного, временного и ситуационного факторов угрозы), уязвимости (защищенности и стойкости) объектов, эффективности систем безопасности опасных или важных объектов, оснащенных специальными системами безопасности, а также размера ущерба.

Возможность наступления опасных явлений на рассматриваемой территории оценивается их частотой λ и распределением $F_{\max}(u)$ по силе.

Возможность воздействия негативных факторов опасного явления на стационарный объект в первом приближении характеризуется долей α_n площади территории, подвергающейся воздей-

Характеристика рискообразующих факторов для происшествий и ЧС

Фактор (свойство)	Случайное событие	Частный показатель	Допущения при оценке
Опасность территории	Возможность наступления опасных явлений на рассматриваемой территории	Частота λ опасных явлений с силой u , не менее заданной. Распределение $F_{\max}(u)$ опасных явлений по силе	Простейший пуассоновский поток опасных явлений
Угроза для объекта	Возможность воздействия негативных факторов опасных явлений на объект	Пространственный фактор угрозы α_n Временной фактор угрозы k_t Ситуационный фактор угрозы k_c	Равномерное распределение очагов опасных явлений и уязвимых объектов по территории
Уязвимость объекта	Возможность разрушения объекта	Условная вероятность разрушения объекта $q_p = P(U_{\max} > U_{кр})$	Известны $F_{\max}(u)$ и распределение случайной величины критической нагрузки для объекта $F_{кр}(u)$
Эффективность системы безопасности объекта	Возможность отказа системы безопасности объекта	Вероятность перерастания аварийной ситуации на объекте в аварию $q_{ав}$	Известна структурная схема надежности системы безопасности
Ущерб от ЧС на объекте	Возможность причинения ущерба, превышающего установленные критерии	Вероятность классификации последствий как ЧС j -го класса по степени тяжести $q_{чс}$	Известно распределение $F(w)$ ЧС на объекте по ущербу

ствию негативных факторов. Для перемещающихся объектов необходимо также учитывать временной фактор k_t — долю времени, в течение которого объект находится в зоне действия негативных факторов опасного явления в случае его реализации, а для объектов — потенциальных целей для злоумышленных действий — ситуационный фактор угрозы k_c .

Сила опасных явлений характеризуется распределением $F_{\max}(u) = P(U_{\max} < u)$ случайной величины U_{\max} , действующей от опасных явлений на элементы антропосферы нагрузки, а стойкость этих элементов к действию негативных факторов опасного явления —

случайной величиной критической нагрузки $U_{кр}$, при которой еще не наступает разрушение, описываемое функцией распределения $F_{кр}(u) = P(U_{кр} < u)$. Уязвимость элементов антропоферы характеризуется условной вероятностью разрушения застройки (превышения действующей нагрузкой критической для объекта воздействия) при условии, что опасное явление произошло: $q_p = P(U_{max} > U_{кр})$.

Возможность отказа системы безопасности объекта характеризуется вероятностью $q_{ав}$ перерастания аварийных ситуаций в аварию, оцениваемой с помощью вероятностного анализа безопасности для различных сценариев развития аварии.

Размер ущерба зависит от многих факторов: числа объектов, попавших в зону действия негативных факторов опасного явления, возможности формирования в случае их разрушения вторичных негативных факторов для других объектов и людей и др. По совокупности возможных опасных явлений последствия инициированных ими ЧС характеризуются случайной величиной W . Вероятность классификации последствий негативного события как ЧС j -го класса по степени тяжести определяется по выражению (11.20).

Таблица 11.5

Взаимосвязь показателей опасности, угрозы, уязвимости и риска

Источник опасности	Показатель			
	опасности	угрозы	уязвимости	риска
Постоянно действующие вредные факторы	Местоположение (x, y) и площадь $S_n(x, y)$ зоны действия негативных факторов с уровнем $p_{max}(t)$	Условный — k_t . Безусловный — $k_t u$, $u = \int_{\Delta t} p_{max}(t) dt$	Условный — $q = F_{кр}(u) = P(U_{кр} < u)$. Безусловный — $k_t F_{кр}(u)$	$Q(\Delta t) = P(U_{кр} < k_t u)$
Опасные явления	Область возможного возникновения; частота λ , 1/год; распределение по силе $F(u)$ сопутствующих негативных воздействий	Условный — $\alpha_n k_t$. Безусловный — $\alpha_n k_t \lambda$	Условный — $F_{кр}(u) = P(U_{кр} < u)$. Безусловный — $\lambda_{ЧС} = \alpha_n k_t \lambda P(U > U_{кр})$	Условный — W . Безусловный — $M[W/\Delta t] = Q(\Delta t) = \alpha_n k_t P(U > U_{кр})$ $\Delta t \int wf(w) dw$

В рассмотренной модели все события кроме первого (инициирующего) являются условными и наступают при реализации предыдущих событий. Поэтому показатели угрозы, уязвимости, ущерба рассматриваются условными либо безусловными (табл. 11.5).

Определение частоты ЧС по известной частоте инициирующих событий с помощью распределения Пуассона. Некоторые из рассмотренных событий (случайных величин) являются стохастически зависимыми. Например, такие случайные величины, как сила опасного явления, площадь зоны действия его поражающих факторов и размер ущерба положительно коррелированы. Это приводит к зависимости между соответствующими показателями, в частности α_n , q_p и $q_{чс}$, по общему режиму. В предположении независимости рассмотренных случайных величин и соответствующих им событий получим для рассматриваемой территории верхние (консервативные) оценки частоты ЧС j -го класса по степени тяжести:

$$\lambda_{чс j} = \lambda \alpha_n k_i q_p q_{ав} q_{чс j}. \quad (11.21)$$

Если существует прогноз вероятности $q(\Delta t)$ наступления опасного явления в течение интервала времени Δt , то вероятность ЧС на рассматриваемой территории в этом интервале времени можно определить по формуле

$$Q_{чс j}(\Delta t) = q(\Delta t) \alpha_n k_i q_p q_{ав} q_{чс j}.$$

Точность определения частоты ЧС по формуле (11.21) зависит от точности оценок частных показателей. Считая средние квадратические отклонения σ_{Φ_k} малыми (Φ_k — факторы риска), разлагая зависимость $\lambda_{чс} = f(\Phi_1, \dots, \Phi_k, \dots, \Phi_l)$ в ряд Тейлора и ограничиваясь ввиду малости погрешностей линейными членами, получим соотношение для вычисления среднего квадратического отклонения погрешности определения частоты ЧС. Для некоррелированных составляющих

$$\sigma_{чс} = \sqrt{\sum_{k=1}^l \left(\frac{\partial f}{\partial \Phi_k} \right)^2 \sigma_{\Phi_k}^2} = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial \lambda} \right)^2 \sigma_{\lambda}^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial \alpha} \right)^2 \sigma_{\alpha}^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial q} \right)^2 \sigma_q^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial w} \right)^2 \sigma_w^2},$$

где $\frac{\partial f}{\partial \lambda} = \alpha_n q q_{чс j}$, $\frac{\partial f}{\partial \alpha} = \lambda_{о.я} q q_{чс j}$, $\frac{\partial f}{\partial q} = \lambda_{о.я} \alpha_n q_{чс j}$, $\frac{\partial f}{\partial w} = \lambda_{о.я} \alpha_n q$ — коэффициенты чувствительности повторяемости ЧС к отдельным факторам; σ_{λ} , σ_{α} , σ_q , σ_w — средние квадратические отклонения оценок частных показателей.

Объекты инфраструктуры могут подвергнуться воздействию опасных явлений нескольких видов, как правило, одновременно. Следовательно, результаты их воздействия можно считать независимыми и оценивать частоту ЧС j -го класса по формуле

$$\lambda_{\text{ЧС}j} = \sum_{i=1}^n \lambda_i \alpha_{ni} k_i q_{pi} q_{авi} q_{\text{ЧС}j} \quad (11.22)$$

Вероятный ущерб на определенной территории за фиксированный интервал времени характеризуется риском, который количественно определяется произведением частоты чрезвычайных ситуаций на их последствия:

$$R(\Delta t) = M [W/\Delta t] = a_{\text{ЧС}}(\Delta t) \bar{w},$$

где $a_{\text{ЧС}}(\Delta t) = \lambda_{\text{ЧС}} \Delta t$; \bar{w} — средний ущерб от чрезвычайной ситуации в результате взаимодействия реализовавшегося опасного явления с антропосферой.

Определение частоты ЧС по частоте инициирующих событий с помощью распределения Эрланга. Пусть $\alpha_n, k, q_{ав}, q_{\text{ЧС}} = 1$. В этом случае опасное явление в некотором пункте с координатами x , подвергающемуся воздействию негативных факторов процесса $u(t/x)$, приводит к ЧС при превышении его негативными факторами предела прочности элементов инфраструктуры к воздействию этих факторов, т.е. когда происходит разрушение объекта.

Случайный интервал времени между ЧС обозначим T . Получим соотношение для распределения времени между ЧС $F(t) = P(T < t)$ в рассматриваемом пункте x .

В предположении, что поток ЧС, так же, как и поток опасных явлений, является простейшим, время между ЧС будет распределено по экспоненциальному закону с частотой, определяемой в соответствии с (11.21):

$$\lambda_{\text{ЧС}} = \lambda q_p \quad (11.23)$$

Однако поток ЧС, вызванных опасными явлениями, следует рассматривать как поток с ограниченным последствием, когда простейший поток опасных явлений «прореживается», так как не все явления вызывают разрушение застройки и ЧС, а лишь те, амплитуда которых превышает стойкость элементов инфраструктуры. Если все опасные явления приводят к разрушению ($q_p = 1$), то получаем экспоненциальное распределение времени между ЧС с $\lambda_{\text{ЧС}} \equiv \lambda$. Если каждое второе опасное явление не приводит к ЧС ($q_p = 1/2, k = 1/q_p = 2$ временных интервала до ЧС), то оставшиеся опасные явления, приводящие к ЧС, образуют поток Эрланга первого порядка. Поток Эрланга второго порядка получится, если к ЧС приводит каждое третье опасное явление ($q_p = 1/3$), а два промежуточных не приводят. Вообще потоком Эрланга $(k - 1)$ -го порядка называется поток, получаемый из простейшего, если сохранить каждую k -ю точку, а остальные выбросить, т.е. рассматривать k временных интервалов.

Найдем закон распределения времени между ЧС для территории в потоке Эрланга $(k - 1)$ -го порядка. Обозначим T_{τ} — промежутки времени между опасными явлениями на данной территории в простейшем потоке, которые представляют собой независимые случайные величины, имеющие экспоненциальное распределение с параметром λ . Тогда время полного ожидания наступления k -го события можно представить в следующем виде

$$T = \sum_{\tau=1}^k T_{\tau}.$$

Если условная вероятность ЧС на территории при условии, что опасное явление произошло, равна q_p , то поток ЧС является потоком Эрланга порядка $k - 1 = 1/q_p$. Функция распределения $F(t) = P(T < t)$ должна учитывать сумму экспонент, отвечающих пуассоновскому распределению событий:

$$F(t) = 1 - \sum_{m=0}^{k-1} \frac{(\lambda t)^m}{m!} \exp(-\lambda t), \quad (11.24)$$

с математическим ожиданием

$$\mu_{k-1} = k\mu_0, \text{ где } \mu_0 = 1/\lambda,$$

и дисперсией

$$D_{k-1} = \frac{k}{\lambda^2}.$$

Дифференцируя выражение (11.24) по t , получим функцию плотности вероятности в виде

$$f(t) = \frac{\lambda(\lambda t)^{k-1}}{(k-1)!} \exp(-\lambda t), \quad t > 0.$$

Таким образом, математическое ожидание и дисперсия случайной величины T равны соответственно

$$M[T] = 1/(\lambda q_p); \quad D[T] = 1/(\lambda^2 q_p).$$

Следовательно, при уменьшении q_p (увеличении порядка потока Эрланга) увеличиваются как математическое ожидание, так и дисперсия времени между ЧС. При $k = 1$ последствие отсутствует, а при $k \rightarrow \infty$ между моментами ЧС существует жесткая функциональная связь.

На рис. 11.4 приведены рассчитанные по двум моделям функции распределения времени между ЧС на территории, подверга-

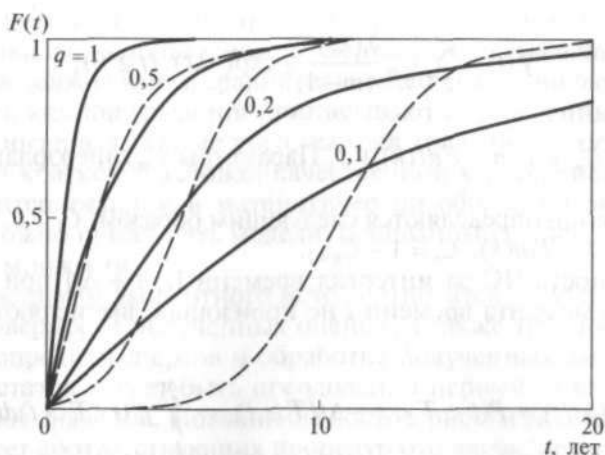


Рис. 11.5. Функции распределения времени до ЧС:

сплошными линиями обозначено экспоненциальное распределение с $\lambda_{\text{ЧС}} = \lambda q_p$; пунктиром обозначено распределение Эрланга порядка $k - 1 = 1/q_p$

ющейся воздействию негативных факторов опасных явлений, происходящих с интенсивностью $\lambda = 1$ 1/год. Видим, что модель экспоненциального распределения времени между ЧС с интенсивностью (11.23) приводит к существенным отличиям расчетных значений вероятностей от фактических, которые возрастают при $q_p \rightarrow 0$. При этом для $t < \mu_0$ вероятности ЧС занижаются, а для $t > \mu_0$ — завышаются. Таким образом, при малых t использование экспоненциального распределения дает нижнюю оценку защищенности рассматриваемого пункта. Более опасной является ситуация с обеспечением защищенности территорий в больших интервалах времени, для которых использование экспоненциального распределения завышает защищенность.

Таким образом, можно сделать следующие выводы. Для слабозащищенных территорий допустимо использовать экспоненциальное распределение времени между ЧС и простейший пуассоновский поток этих ЧС. Для хорошо защищенных (слабоуязвимых) территорий на больших временных интервалах после очередной ЧС использование экспоненциальной модели занижает вероятность ее наступления: если ЧС не произошла до сих пор, то скорее всего вот-вот произойдет!

Гиперэрланговское распределение. Распределение Эрланга описывается только при целых k . Однако для произвольных q_p порядок k является не целым числом. Теоретической моделью распределения времени между ЧС в этом случае является гиперэрланговское распределение (смесь распределений Эрланга), плотность распределения вероятностей которого

$$f(t) = \sum_{m=1}^n C_m \frac{\lambda(\lambda t)^{m-1}}{(m-1)!} \exp(-\lambda t) \quad (t \geq 0), \quad (11.25)$$

$C_m \geq 0$, $\sum_{m=1}^n C_m = 1$, $n = \text{Ent}(k) + 1$. Параметры C_m гиперэрланговского распределения определяются следующим образом: $C_1 = 0, \dots, C_{n-2} = 0$, $C_{n-1} = k - \text{Ent}(k)$, $C_n = 1 - C_{n-1}$.

Вероятность ЧС за интервал времени $[t, t + \Delta t]$ при условии, что ЧС до момента времени t не произошла, вычисляют по формуле

$$Q(\Delta t/t) = P(t < T < t + \Delta t / T \geq t) = \int_t^{t+\Delta t} f'(t/T > t) dt, \quad (11.26)$$

где $f'(t/T > t)$ — условная плотность распределения вероятностей времени до очередной ЧС при условии, что после нее и до момента времени t опасное явление не произошло. Вероятность определяется как усеченное распределение (11.25) со степенью усечения,

равной $\int_0^t f(t) dt$, где $f(t)$ вычисляют по формуле (11.25).

Используют и другие теоретико-вероятностные модели оценки показателя риска.

Примеры. Оценка радиационного риска для персонала и населения по модели зависимости «доза — эффект» (см. подразд. 19.2); оценка риска аварий и катастроф с помощью вероятностного анализа безопасности (см. подразд. 20.2).

11.6. Экспертный метод

Экспертный метод основан на использовании знаний и опыта экспертов — высококвалифицированных специалистов в рассматриваемой предметной области. Экспертный метод оценки риска целесообразно применять в том случае (см. рис. 10.2), когда отсутствуют не только статистические данные по объекту (негативные события являются редкими), но и математические модели (задача является сложноформализуемой).

Сущность экспертного метода оценки показателей риска заключается в том, что экспертам предлагают ответить на вопросы о состоянии или будущем поведении объектов, характеризующихся неопределенными параметрами или неизученными свойствами. Экспертные оценки оформляют, в частности, в виде качественных характеристик или количественных значений вероятностей рассматриваемых событий, отнесенных к определенному отрезку

времени. Важное значение при этом придается формированию оценочной шкалы, используемой экспертами. Оптимальная оценочная шкала должна иметь сравнительно небольшое число градаций (от 3 до 8); каждой градации приписывают определенный вероятностный интервал. Кроме того, каждая градация должна сопровождаться краткой текстовой качественной характеристикой.

Для интерпретации и математической обработки экспертных данных можно привлекать модели, основанные на использовании нечетких множеств.

К недостаткам экспертного метода относятся отсутствие гарантий достоверности полученных оценок, а также трудности в проведении опроса экспертов и обработке полученных данных. Вторым недостатком может быть преодолен, а первый — имеет принципиальное значение. Повышение достоверности экспертных оценок требует соответствующих процедур отбора экспертов по многим критериям и количественных методов обработки их мнений. При правильной организации процедуры экспертизы и проверки согласованности мнений экспертов обеспечивается достаточная достоверность оценок. Повысить точность экспертных оценок можно путем приглашения экспертов более высокой квалификации и увеличения числа независимых экспертов.

ГЛАВА 12. МЕТОДЫ ПРОГНОЗА РИСКА

12.1. Прогноз возможности возникновения опасных явлений

Для управления рисками необходимо их прогнозировать. Прогноз риска — это оценка его показателей на некоторый интервал времени в будущем, которая может быть дана методами экстраполяции временных рядов, скользящего среднего, авторегрессии и др. Очевидно, что для решения задачи прогноза необходимы модели, описывающие изменение состояния управляемой системы в перспективе, которые основаны на изучении ее прошлого поведения.

Существует легенда о том, что однажды к древнегреческому философу Диогену Синопскому (ок. 400 — 325 до н.э.), жившему в бочке на берегу залива, обратился неизвестный путник с посохом и мешком за плечами с вопросом: «Скажи, мудрый человек, дойду ли я отсюда к закату до Афин?» Диоген, посмотрев на стоящего путника, велел ему идти. Путник пожал плечами и пошел вдоль берега. Некоторое время Диоген смотрел ему вслед, а затем позвал назад. Путник вернулся. «Вот теперь я могу тебе сказать, что до заката солнца ты до Афин не дойдешь», — ответил Диоген. «Лучше оставайся до завтра у меня». — «А что же ты мне сразу не сказал, зачем прогнал меня?» — спросил путник. На что Диоген

ответил: «А как же я скажу, дойдешь ли ты к закату до Афин, если я не видел, как быстро ты идешь?»

В этой легенде выражена суть прогнозирования по тренду: чтобы определить, какого уровня достигнет тот или иной «идуший» процесс (в том числе изменения риска во времени), например в следующем году, нужно знать среднюю скорость изменения уровня за год, т.е. знать параметры тренда. Установление этих параметров для показателя риска типа вероятности негативного события на некоторый интервал времени в будущем рассмотрено ниже.

Легенда о Диогене содержит и ограничения прогноза по тренду: неудовлетворительный прогноз (например, высокая вероятность катастрофического события для организации) стимулируют принятие мер по снижению риска (скорости его изменения по сравнению с первоначальным трендом) и прогноз по прежнему тренду уже не оправдывается. Однако и в этом случае прогноз вовсе не бесполезен, наоборот, он сыграл роль «предупреждения» о необходимости изменить скорость процесса. Роль предупреждающего прогноза не в том, чтобы он исполнился (прогноз не фатален!), наоборот, его роль заключается именно в том, чтобы менеджеры фирмы, правительство страны приняли меры, не допускающие исполнения прогноза.

Например, прогнозы, сделанные в 1980 г. по моделям мирового развития, предвещали демографический взрыв к 2000 г. и связанные с этим катаклизмы. Однако принятые на основе этого пугающего прогноза меры по контролю за рождаемостью позволили удержать численность населения Земли в допустимых пределах.

Специфические вопросы прогноза риска рассмотрим применительно к задаче прогноза риска ЧС природного и техногенного характера, которую необходимо решать в целях управления обеспечением безопасности населения и территорий. По компонентам, входящим в прогноз риска, выделяют следующие методы (рис. 12.1):

прогнозирование возможности возникновения ЧС, т.е. инициирующих их опасных явлений;

прогнозирование последствий опасных явлений (т.е. ЧС).

Методы прогнозирования наиболее развиты применительно к опасным природным явлениям, вызывающим ЧС природного характера. Для своевременного прогнозирования опасных явлений либо их обнаружения на стадии зарождения или распространения необходима хорошо отлаженная общегосударственная система мониторинга за предвестниками стихийных бедствий. По информации, полученной в результате мониторинга, местные органы власти принимают меры защиты в целях предупреждения и/или смягчения последствий ЧС. Для прогнозирования ЧС техногенного характера используют методы диагностики состояния объектов техносферы.

Методы прогнозирования возможности возникновения опасных явлений по прогнозируемым параметрам в свою очередь подразделяют на методы прогноза их места, силы, времени наступ-

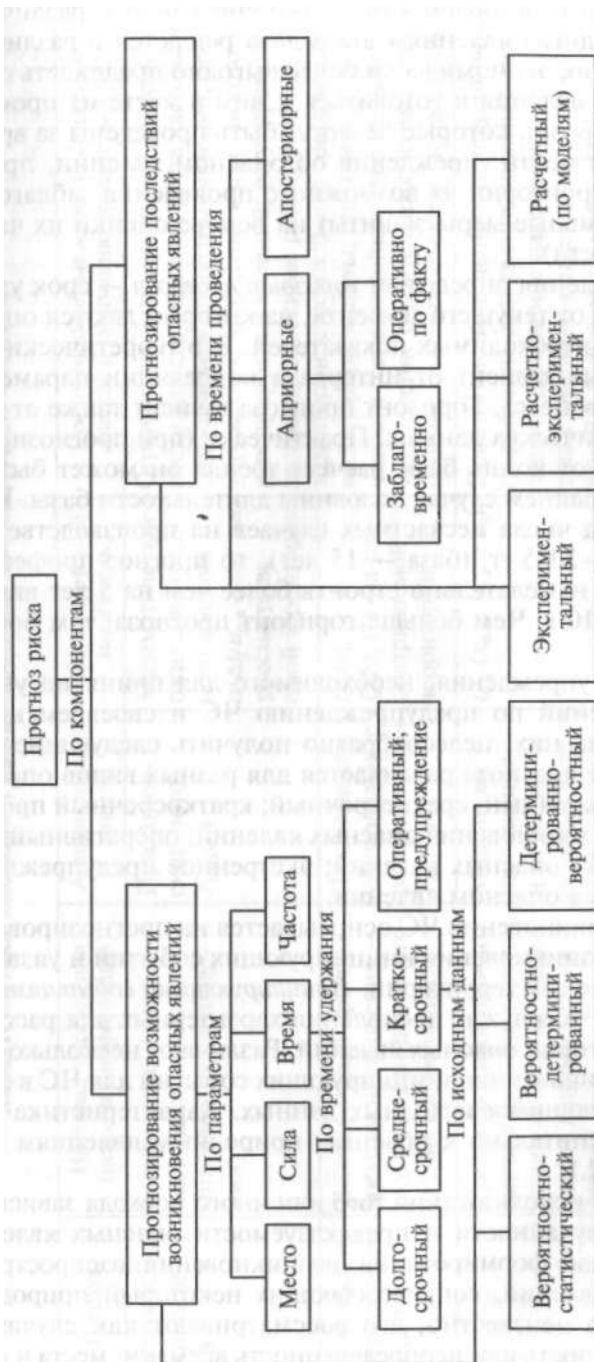


Рис. 12.1. Методический аппарат прогноза рисков

ления и частоты (повторяемости). Применительно к различным опасным природным явлениям эта задача решается в различной степени. Конечно, экономически более выгодно предвидеть опасные природные явления и готовиться к ним в месте их проявления. Те мероприятия, которые не могут быть проведены за время, имеющееся с момента упреждения об опасном явлении, применяют на всей территории их возможного проявления заблаговременно (превентивные меры защиты) на основе оценки их частоты (повторяемости).

Время упреждения определяет *горизонт прогноза* — срок удаления по времени от текущего момента, на который даются оценки (т.е. прогнозы) необходимых показателей. Его теоретически возможное значение зависит от интервала корреляции параметров исследуемого процесса. Горизонт прогноза зависит также от имеющихся статистических данных. Практически (при прогнозировании по тренду) от конца базы расчета тренда он может быть не более трети, в крайнем случае половины длительности базы. Если, например, тренд числа несчастных случаев на производстве рассчитан за 1990 — 2005 гг. (база — 15 лет), то прогноз профессионального риска нежелательно строить более чем на 5 лет вперед, т.е. не далее 2010 г. Чем больше горизонт прогноза, тем больше его ошибка.

По времени упреждения, необходимого для принятия управленческих решений по предупреждению ЧС и своевременному реагированию на них, целесообразно получить следующие прогнозы (горизонт прогноза различается для разных видов опасных явлений): долгосрочный; среднесрочный; краткосрочный прогноз возможности возникновения опасных явлений; оперативный прогноз наступления опасных явлений; экстренное предупреждение о надвигающемся опасном явлении.

Прогноз возникновения ЧС основывается на прогнозировании возможности возникновения иницирующих событий и уязвимости рассматриваемой территории. *Иницирующими событиями* для возникновения ЧС служат проявления характерных для рассматриваемой территории опасных явлений. Различают несколько подходов к прогнозированию иницирующих событий для ЧС в зависимости от имеющихся исходных данных. Характеристика этих подходов применительно к опасным природным явлениям приведена в табл. 12.1.

Возможность использования того или иного подхода зависит от соотношения случайности и предсказуемости опасных явлений. Когда о механизме формирования (возникновения, распространения) опасных явлений, сопровождающих некоторый природный процесс, ничего неизвестно, его рассматривают как случайное явление. Случайность или неопределенность времени, места и силы опасных явлений обусловлена двумя основными причинами:

Характеристика подходов к прогнозированию инициирующих событий

Подход	Интервал упреждения (исходная информация)	Аппроксимация модели	Прогнозируемый показатель	Предпринимаемые меры по снижению рисков и смягчению последствий ЧС
Вероятностно-статистический	Бесконечный (оценка частоты по данным многолетних наблюдений)	Пуассоновский поток, $F_{\max}(u)$	Математическое ожидание опасного явления $\alpha(\Delta t / u_{0,y} \geq u_0)$ на рассматриваемой территории	Ограничение антропогенной деятельности для сдерживания роста частоты и силы опасных природных явлений; предупреждение (снижение силы) некоторых природных явлений; регулирование застройки на основе районирования территории; строительство сооружений инженерной защиты; повышение устойчивости (сейсмостойкое строительство); ужесточение строительных нормативов; перенос опасных объектов, переселение
Вероятностно-детерминированный	Долгосрочный прогноз времени наступления — годы (по данным многолетних наблюдений)	Цикличность, унимодальные распределения $F_{\max}(t)$	$t_{0,y} (u_{0,y} \geq u_0)$, $Q(\Delta t / t^*)$ на рассматриваемой территории	Повышение защищенности территорий (укрепление сооружений инженерной защиты); обучение населения и подготовка аварийно-спасательных формирований к действиям в условиях ЧС
Вероятностно-детерминированный	Среднесрочный прогноз места и времени наступления — месяцы, недели (по данным мониторинга)	Модели возникновения и развития опасных явлений, погрешности методики	$t_{0,y} (x_{0,y}, u_{0,y} \geq u_0)$	Смягчение последствий (оповещение; эвакуация; своевременное начало аварийно-спасательных работ)
Вероятностно-детерминированный	Краткосрочный прогноз места, силы и времени наступления — дни (по предвестникам); предупреждение — часы (по оперативной информации)		$t_{0,y}, x_{0,y}, u_{0,y}$	

отсутствием или недостаточностью наших знаний о закономерностях формирования в определенном месте и определенный момент времени опасного природного явления;

стохастическим характером влияющих на развитие процесса факторов.

Напомним, что *неопределенность* — это понятие, отражающее отсутствие однозначности. Неопределенность обусловлена внутренними свойствами объектов и неполнотой сведений о них. Чем больше факторов непредсказуемо (случайным образом) влияет на развитие природного процесса, тем меньше теоретически возможное время упреждения (горизонт прогноза) $t_{\text{упр}}^{\text{теор}}$ (рис. 12.2) о развитии опасного природного явления. В предельном случае это время равно нулю. От этих же факторов зависит и точность прогноза. Чем меньше случайных факторов и глубже изучены физические процессы, приводящие к опасным явлениям, тем выше точность прогноза, а время упреждения $t_{\text{упр}}$, определяемое с достаточной точностью, может быть больше приближено к $t_{\text{упр}}^{\text{теор}}$.

Стимулом к изучению опасных явлений, эпизодически происходящих на рассматриваемой территории, являются вызываемые ими экономические потери, требующие значительных затрат на защиту от происходящих в случайный момент времени и в произвольном месте опасных явлений. Чем чаще происходят опасные явления, тем больше внимания уделяют их изучению и тем лучше по прошествии некоторого времени территория защищена от них благодаря целенаправленному выделению ресурсов на принятие превентивных мер. Это приводит к снижению потерь.



Рис. 12.2. Зависимость точности прогноза повторяемости от интервала наблюдения T (слева) и момента наступления опасного явления от времени упреждения $t_{\text{упр}}$ (справа): хуже (1) и лучше (2) изученный механизм формирования опасного явления; t_0 — текущий момент времени (пояснение в тексте)

Очевидно, что экономически выгоднее предпринимать меры защиты на локальных территориях (по отношению к конкретным объектам) в течение фиксированного интервала времени. Это стимулирует разработку методов прогноза места, силы и времени возникновения опасных явлений. Чем больше знаний, тем меньше неопределенность и ущерб в результате предпринимаемых в соответствии с имеющимися знаниями мер защиты, меньше средние потери от принятия ошибочных решений. Другими словами, чем больше информации и чем лучше подготовлены руководители и персонал организации, тем выше экономическая эффективность затрат на защиту (больше предотвращенный ущерб на единицу затрат).

Уровень наших знаний о времени, месте и силе опасных природных явлений приведен в табл. 12.2. Если время наступления природного явления с некоторой силой в конкретном пункте на основе имеющихся знаний может быть предсказано с интервалом упреждения, отличным от нуля, то говорят о предсказуемых явлениях. В случае *полной неопределенности* механизмов возникновения и развития (распространения) опасных явлений их пространственное, временное и энергетическое распределения вычисляют на основе статистических данных многолетних наблюдений в виде характеристик повторяемости и встречаемости в областях возможного возникновения.

При *частичной определенности* механизмов возникновения и развития опасных явлений или наличии статистических данных, указывающих на некоторую закономерности их наступления (на-

Таблица 12.2

Показатели предварительного прогноза опасных явлений

Распределение	Уровень информированности		
	Полная неопределенность	Частичная определенность (неопределенность)	Полная определенность
Временное	Частота λ , 1/год (повторяемость $1/\lambda$, лет)	Цикличность явлений; вероятность возникновения опасных явлений в заданном интервале времени в рассматриваемом пункте с силой, не менее заданной	Время возникновения $t_{0,я}$
Энергетическое	Распределение по силе $F_{\max}(u) = P(U_{\max} < u)$ — встречаемость		Сила $u_{0,я}$
Пространственное	Область возможного возникновения $F_{0,я}(x) = P(X_{0,я} < x)$ — опасная территория		Место $x_{0,я}$

пример, цикличность по времени), опасное явление можно предсказать, хотя и со значительной погрешностью (например, в форме вероятности возникновения опасного явления с силой, не менее заданной, на рассматриваемой территории или в определенном пункте за заданный интервал времени в будущем).

При *полной определенности* все три параметра опасного явления можно предсказать с приемлемой точностью в целях своевременного принятия адекватных мер защиты, объем которых зависит от имеющихся материальных ресурсов и запаса времени (времени упреждения).

С увеличением интервала T наблюдения за развитием опасных процессов и явлений точность оценки повторяемости, встречаемости и областей возможного возникновения опасных явлений возрастает. При прогнозе времени, места и силы опасного явления с увеличением интервала упреждения $t_{\text{упр}}$ точность, наоборот, снижается (см. рис. 12.2). Поэтому те меры защиты, которые не могут быть реализованы за время упреждения, определенное с приемлемой точностью, планируют на основе информации о повторяемости опасного явления.

Возможный горизонт прогноза информативных параметров — время $t_{\text{теор упр}}$ определяется интервалом корреляции значений совокупности информативных параметров в момент времени t_0 и текущий момент t . Чем больше случайных факторов влияет на развитие опасного явления (описывающих этот процесс во времени и пространстве), тем меньше интервал корреляции.

Изучение механизмов возникновения и развития опасных явлений сопровождается повышением точности прогноза их времени возникновения, силы и места, т.е. переходом от их описания как случайного явления к описанию как закономерного явления. Эту задачу решают в рамках фундаментальных исследований в соответствующих областях знаний. На основе этой информации разрабатывают методический аппарат прогнозирования, использующий, в частности, идеи обучения (теория распознавания образов, нейропрогнозирование и др.).

Вероятностно-статистический подход. Значительная часть процессов реального мира, происходящих в природе, техносфере, обществе, рыночной экономике, политике, практически не поддается априорному прогнозированию. Доступный способ научного предвидения в этих случаях заключается в их статистическом анализе, позволяющем на основании исторических данных по поведению рассматриваемого или аналогичного объекта обнаружить устойчивые тенденции и количественные взаимосвязи отдельных элементов процесса. Базой такого анализа служат методы теории вероятностей и математической статистики, применяемые при определенных допущениях.

Вероятностно-статистический подход основан на определении вероятностей и числовых характеристик распределения результатов деятельности по имеющимся статистическим данным (при их наличии) за прошедшие периоды деятельности (временные ряды) либо для аналогичных объектов (параллельные ряды), что бывает полезным при прогнозе рисков для предстоящей деятельности. При этом изучают статистику аварий, стихийных бедствий, погибших и пострадавших, потерь и прибылей, имевших место на определенной территории, рассматриваемом или аналогичном производстве, в виде деятельности; устанавливают размер и частоту получения тех или иных последствий, того или иного экономического результата и составляют наиболее вероятный прогноз на перспективу. Это необходимо для правильного принятия решений по управлению риском.

В рамках вероятностно-статистического подхода природные явления на рассматриваемой территории или аварийные ситуации на совокупности однотипных объектов могут быть представлены пуассоновским потоком случайных событий. Последний используют для оценивания частот опасных явлений λ с силой не менее заданной ($u_{0.я} \geq u_0$) и аварийных ситуаций определенного вида. Повторяемость инициирующих событий (средний интервал времени между ними) определяется по формуле $t_{cp} = 1/\lambda$, лет.

При прогнозировании возможности наступления сравнительно редких событий (при $a(\Delta t) = \lambda \Delta t < 1$) интерес представляет вероятность $Q(\Delta t)$ хотя бы одного инициирующего события за предстоящий интервал времени Δt . В общем случае

$$Q(\Delta t/t^*) = P(t^* \leq T_{0.я} < t^* + \Delta t / T_{0.я} \geq t^*) = \\ = \frac{P(T_{0.я} < t^* + \Delta t) - P(T_{0.я} < t^*)}{P(T_{0.я} < t^*)},$$

где $T_{0.я}$ — случайная величина интервала между событиями, t^* — момент начала рассматриваемого интервала времени Δt после реализации последнего инициирующего события.

Если инициирующее событие не произошло до момента времени t^* , то его вероятность за последующий интервал времени рассчитывают по условному (усеченному) распределению. Для пуассоновского потока время между событиями подчиняется экспоненциальному закону. С учетом свойства отсутствия последствия

$$Q(\Delta t/t^*) = Q(\Delta t) = 1 - \exp(-\lambda \Delta t).$$

Для редких событий, когда $a(\Delta t) < 0,1$, $Q(\Delta t) \approx a(\Delta t)$.

По многолетним наблюдениям за опасными явлениями на определенной территории определяют также их распределение по силе $F_{max}(u) = P(U_{max} < u)$, где U_{max} — случайная по совокуп-

ности произошедших опасных явлений величина уровней создаваемых ими негативных факторов для объектов инфраструктуры и людей.

Вероятностно-детерминированный подход. Данный подход основан на установлении законов и закономерностей развития опасных процессов во времени и пространстве, их цикличности, что можно использовать в целях их долго- и среднесрочного прогнозирования. Если существует циклически действующий фактор, то свойство отсутствия последствия нарушается и поток природных явлений не подчиняется закону Пуассона. Например, если выявлена цикличность землетрясений, то время до очередного землетрясения подчиняется некоторому унимодальному распределению. При периодичности (для пуассоновского потока используется термин «повторяемость») землетрясений $t_{\text{ср}}$ с дисперсией σ_t^2 , т.е. при нормальном распределении времени между землетрясениями $T_{\text{о.я}} \in N(t_{\text{ср}}, \sigma_t^2)$, их вероятность определяется формулой

$$Q(\Delta t / t^*) = \frac{\Phi\left(\frac{t^* + \Delta t - t_{\text{ср}}}{\sigma_t}\right) - \Phi\left(\frac{t^* - t_{\text{ср}}}{\sigma_t}\right)}{\Phi\left(\frac{t_{\text{ср}} - t^*}{\sigma_t}\right)},$$

где $\Phi(\cdot)$ — функция Лапласа.

Так, сильные землетрясения в Алма-Ате случались в 1887 и 1911 гг. По оценкам специалистов, их цикличность составляет 100 ± 15 лет. Исходя из этого в настоящее время алма-атинцы живут в период сейсмической активности, когда на территории города возможны сильные подземные катаклизмы.

Применительно к объектам техносферы вероятностно-детерминированный подход основан на установлении закономерностей развития деградационных процессов, накопления повреждений, образования и распространения трещин, приводящих к авариям, и состоит в прогнозировании срока службы их критических по безопасности составных частей, ограничиваемого параметрическими отказами вследствие процессов старения, изнашивания, разрегулирования. На основе оценки вероятности параметрических отказов определяют необходимость профилактических замен составных частей с истекшим сроком службы.

При среднесрочном (месяцы, недели) прогнозировании на основе этой информации кроме вероятности может быть уточнено также наиболее вероятное время наступления иницирующего события:

$$\bar{t}_{o,y}(t^*) = \int_{t^*}^{\infty} t f'_{o,y}(t) dt,$$

где $f'_{o,y}(t) = f_{o,y}(t/T_{o,y} \geq t^*)$ — плотность распределения вероятности условного времени до очередного инициирующего события при условии, что до момента времени t^* оно не произошло.

С помощью методик прогнозирования, базирующихся на знании закономерностей формирования инициирующих событий, прогнозируют время $t_{o,y}$ и место $x_{o,y}$ опасных явлений с силой, превышающей заданную величину u_0 , время наступления на конкретных объектах техносферы аварийных ситуаций определенного вида.

Детерминированно-вероятностный подход. Этот подход, используемый для краткосрочного (дни, часы) прогнозирования и опирающийся в основном на оперативную информацию, получаемую от сетей мониторинга, — о предвестниках, о приближающемся опасном явлении, с учетом неопределенностей методик прогноза их развития и перемещения. При этом кроме времени наступления опасного явления $t_{o,y}$ прогнозируют его место $x_{o,y}$ и силу $u_{o,y}$. Подход применим и для прогнозов аварийных ситуаций на технических объектах с непрерывным контролем технического состояния.

12.2. Показатели достоверности прогноза

Относительно опасного явления в рассматриваемом интервале времени могут быть высказаны две гипотезы: наступит или не наступит. Если опасное явление предсказано и наступило (или не предсказано и не наступило), то это правильный прогноз, на основе которого приняты правильные решения. Количественно степень достоверности прогноза опасного явления на рассматриваемом интервале времени характеризуется показателями оправданности O и предсказуемости Π (табл. 12.3).

Допустим, $N_{наст/пр} = N_{пр/наст}$ — число наступивших опасных явлений из числа предсказанных или предсказанных опасных явлений из числа наступивших. Оно определяется как пересечение двух подмножеств (рис. 12.3):

Таблица 12.3

Показатели достоверности прогноза возникновения опасного явления

Прогноз	Предсказано		Не предсказано	
	Не наступило	Наступило	Не наступило	Наступило
Наступление опасного явления	Не наступило	Наступило	Не наступило	Наступило
Показатели достоверности прогноза	Ошибка 1-го рода	O	—	Ошибка 2-го рода

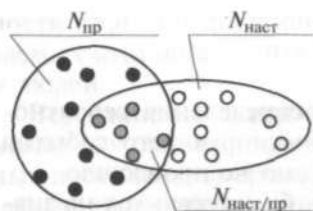


Рис. 12.3. Оправдываемость прогнозов опасных явлений и предупредительность вызываемых ими чрезвычайных ситуаций

$$N_{наст/пр} = N_{наст} U N_{пр},$$

где $N_{наст}$ — число наступивших в рассматриваемом интервале времени опасных явлений; $N_{пр}$ — число опасных явлений, наступление которых в рассматриваемом интервале времени предсказано. Тогда *оправдываемость* прогнозов опасных явлений данного вида на рассматриваемой территории можно определить по формуле

$$O = N_{наст/пр} / N_{пр},$$

а *предупредительность* произошедших опасных явлений —

$$П = N_{наст/пр} / N_{наст}.$$

Если опасное явление предсказано, но не наступило, то имеет место ошибка 1-го рода (приводит к неоправданным затратам на защиту), которая характеризуется вероятностью α , оценку которой определяют по формуле

$$\alpha = \frac{N_{пр} - N_{наст/пр}}{N_{пр}}.$$

Ошибка 2-го рода состоит в том, что опасное явление не предсказано, но наступило (приводит к ущербу от происшествий и чрезвычайных ситуаций). Она характеризуется вероятностью β , оцениваемой по формуле

$$\beta = \frac{N_{наст} - N_{наст/пр}}{N_{наст}}.$$

12.3. Методы прогнозирования последствий опасных явлений

Исторически первыми развивались методы прогнозирования последствий опасных техногенных явлений, в частности применения оружия массового поражения, которые интенсивно развивались начиная с 50-х гг. XX в. — после появления ядерного оружия. Методы прогнозирования последствий стихийных бедствий развиваются в последние десятилетия. Отметим, в частности, методы прогнозирования последствий землетрясений.

Методы оценки и прогнозирования последствий ЧС *по времени проведения* можно подразделить на две группы:

методы, основанные на априорных (предполагаемых) оценках, полученных с помощью теоретических моделей и аналогий;
методы, основанные на апостериорных оценках (оценки последствий уже произошедшей ЧС).

По используемой исходной информации методы прогнозирования последствий подразделяют:

на экспериментальные, основанные на обработке данных произошедших ЧС;

расчетно-экспериментальные, когда имеющиеся статистические данные обрабатывают с помощью математических моделей;

расчетные, основанные на использовании только математических моделей.

Расчетные модели, используемые для априорных оценок, тестируют по реально произошедшим стихийным бедствиям и катастрофам.

Априорные оценки последствий ЧС различают по времени проведения и назначению:

заблаговременные оценки для различных сценариев инициирования стихийных бедствий и катастроф, проводимые в интересах планирования мероприятий по смягчению последствий ЧС (создания запасов материальных средств, подготовки аварийно-спасательных формирований, разработки планов действий в случае ЧС, обучения руководителей, специалистов и населения действиям в условиях таких ситуаций);

оперативные оценки по информации о произошедших опасных явлениях, проводимые в целях адекватного оперативного реагирования в интересах смягчения последствий ЧС.

Успешно функционирует, в частности, система оперативного прогноза последствий сильных землетрясений на основе ГИС-технологий. Используемая географическая информационная система содержит информацию о населении и характеристиках застройки всех населенных пунктов на территории России и сопредельных стран. Система по получаемой через Интернет в реальном масштабе времени информации о координатах, глубине очага и магнитуде землетрясения выдает прогноз его последствий, а также расчет необходимых сил и средств для выполнения аварийно-спасательных работ. Известно, что эффективность этих работ, т. е. доля спасенных людей от числа попавших в завалы, сильно зависит от своевременного начала аварийно-спасательных работ и достаточности привлекаемых сил и средств. Эксплуатируется автоматизированная система безопасности на транспорте (АСБТ), предназначенная для своевременного получения информации об авариях при перевозке радиационноопасных грузов и адекватного реагирования на них.

В настоящее время задачи выявления и картирования опасных явлений, оценки риска, раннего предупреждения и организации работ по смягчению последствий стихийных бедствий в значительной степени решаются на основе данных, получаемых с помощью космических средств дистанционного зондирования Земли.

В целях определения влияния поражающих факторов источников ЧС на жизнедеятельность человека, работу объектов экономики и действия сил ликвидации чрезвычайных ситуаций, обоснования и принятия мер защиты проводят прогнозирование и оценку обстановки; складывающейся при ЧС. Под *оценкой и прогнозированием обстановки* понимают сбор и обработку исходных данных о чрезвычайных ситуациях, определение размеров зон чрезвычайных ситуаций и нанесение их на карту; определение влияния негативных факторов источников ЧС на работу объектов экономики, жизнедеятельность населения и действия сил ликвидации чрезвычайных ситуаций. На основе оценки решают задачи по выбору рациональных вариантов действий сил ликвидации чрезвычайных ситуаций, работе объектов экономики и жизнедеятельности населения, которые обеспечивают максимальное снижение потерь. Классификация задач оценки и прогноза последствий ЧС по заблаговременности их проведения и комплексу учитываемых неопределенных факторов приведена в табл. 12.4.

Оценку риска ЧС (повторяемости ЧС и предполагаемого ущерба от них) на рассматриваемой территории проводят периодически (при составлении или корректировке паспортов безопасности территорий, потенциально опасных объектов и в других

Таблица 12.4

Характеристика задач оценки и прогноза ЧС

Класс	Учитываемые неопределенные факторы	Использование результатов
Оценка риска ЧС	Опасность — угроза — уязвимость — эффективность систем безопасности — ущерб	Управление риском ЧС
Прогноз последствий ЧС	Опасное явление с учетом его неопределенности по месту и силе — угроза — уязвимость — ущерб	Планирование превентивных мер защиты
Экстренная оценка обстановки	Воздействие — уязвимость — ущерб	Выбор рационального сценария реагирования
Оценка фактической обстановки	Воздействие — ущерб	Планирование действий сил и средств ликвидации ЧС

случаях) в целях управления риском. При оценке риска все основные влияющие факторы являются неопределенными, используют их оценочные значения.

Прогноз последствий ЧС — это заблаговременный прогноз обстановки на рассматриваемой территории для случая, если произойдет ЧС определенного вида. При оценке последствий аварий стационарных опасных объектов известно также местоположение источника ЧС. Заблаговременная оценка последствий ЧС представляет собой частную задачу оценки риска при условии, что инициирующее событие произошло (опасность реализовалась). Прогноз проводят по расчетным параметрам неопределенных факторов с учетом преобладающих среднегодовых метеоусловий. Результаты прогнозирования используют для планирования превентивных мер по защите населения и территорий.

В основу математических моделей прогнозирования последствий ЧС положена ее вероятностная модель, но при условии, что негативное событие произошло. При этом учитывают как вероятностный характер воздействия негативных факторов на объекты, так и уязвимость объектов к этому воздействию. Невозможно заранее достоверно определить, какая интенсивность колебания земной коры будет действовать в районе расположения здания или какая величина давления во фронте Воздушной ударной волны будет действовать на сооружение. Уровни поражающих факторов являются случайными величинами и описываются своими законами распределения.

Уязвимость зданий и сооружений также описывается случайными величинами вследствие разброса в прочности материалов, отклонения размеров строительных элементов от проектных, различий в условиях изготовления элементов и в результате влияния других факторов.

Возможность поражения людей будет зависеть от многих случайных факторов, в частности, от вероятности нахождения людей в потенциально опасной зоне, плотности расселения в пределах населенного пункта и вероятности поражения людей обломками при той или иной степени повреждений зданий.

Основные случайные факторы, влияющие на последствия ЧС, связаны с факторами опасности, пространственно-временными факторами угрозы и уязвимостью территории: размещением населенного пункта относительно очага воздействия; уровнями поражающих факторов; характеристиками грунтов; конструктивными решениями и прочностными свойствами зданий и сооружений; плотностью застройки и расселения людей в пределах населенного пункта; режимом нахождения людей в зданиях в течение суток и в потенциально опасной зоне в течение года и др.

Экстренная оценка обстановки в случае произошедшей ЧС осуществляется по данным о месте, силе и времени опасного явле-

ния, поступившим от вышестоящих, нижестоящих и взаимодействующих органов управления, объектов экономики и сил разведки, наблюдения и контроля с учетом реальных метеоусловий. Экстренная оценка представляет собой частный случай предыдущей задачи при условии, что факторы опасности и угрозы реализовались и известны. Результаты оценки используют для принятия решения соответствующими органами управления по защите населения и территорий (выбора рационального сценария реагирования), а также для уточнения задач органам разведки и проведения экстренных мероприятий по защите.

Оценку фактической обстановки, сложившейся в результате произошедшего опасного явления, проводят по данным, полученным от органов разведки, наблюдения и контроля. В результате такой оценки исчезает неопределенность относительно единственного оставшегося неопределенным фактора риска — ущерба. Результаты оценки используют для уточнения ранее принятых решений по защите населения и проведения работ по ликвидации чрезвычайной ситуации.

Контрольные вопросы

1. Как разграничиваются области применения концепций анализа риска?
2. Какие задачи решают при анализе риска? В чем состоит оценка риска?
3. Назовите недостатки использования детерминистского метода анализа рисков, имеющихся при эксплуатации сложных технических систем. Какими достоинствами характеризуется вероятностный метод анализа риска по отношению к детерминистскому?
4. Как оценить вероятность негативных событий, по которым статистические данные практически отсутствуют?
5. В каких случаях целесообразно применять для анализа риска экспертный метод?
6. Для решения каких задач необходимы прогнозы риска чрезвычайных ситуаций?
7. От каких факторов зависит горизонт прогноза возникновения опасных явлений?
8. На какие группы подразделяются методы прогнозирования возникновения опасных явлений в зависимости от параметров?
9. Перечислите основные подходы к прогнозированию событий, инициирующих ЧС.
10. В чем состоят ошибки 1-го и 2-го рода при прогнозе возникновения опасных явлений на некоторой территории? Каким образом количественно оценить оправдываемость прогнозов?

РАЗДЕЛ IV

УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ

ГЛАВА 13. ОРГАНИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ

13.1. Необходимость и возможность управления рисками в социотехноприродных системах

Наличие опасностей во всех сферах жизнедеятельности человека и общества, их реализация в различных формах и связанные с ними потери требуют для обеспечения безопасности населения, существования и развития организаций, стабильности общественного воспроизводства, устойчивого развития человечества в социотехноприродной системе выработки механизмов снижения рисков до приемлемого уровня в конкретных социально-экономических условиях.

Вопросы обеспечения безопасности жизнедеятельности были актуальны во все времена в истории человечества. Описание различных форм защиты от опасностей (эпидемий, неурожая, землетрясений, наводнений, нашествий врага) можно найти в письменных памятниках древнего мира (создание государственных резервов зерна в Древнем Египте в XXIII в. до н.э., формирование элементов социальной защиты в законодательстве правителя Вавилонии царя Хаммурапи в XVIII в. до н.э. в древнеримском праве, в Библии и в истории права средних веков (Указ «О борьбе с бедностью» Елизаветы I в 1601 г., в уставах гильдий и цехов, правовых уложениях свободных городов Европы).

Однако необходимость решения вечной проблемы безопасности путем управления рисками вышла на первый план в настоящее время — лишь на рубеже тысячелетий — по двум основным причинам:

во-первых, в связи с системным кризисом цивилизации и осознанием мировым сообществом глобальных опасностей для человечества при сохранении современных тенденций развития, результаты которых в значительной мере являются неопределенными;

во-вторых, в связи с устранением в процессе социально-экономического развития часто реализовавшихся ранее опасностей и повышением чувствительности населения к уже редко реализующимся опасностям, которым ранее не придавали значения.

Повышение требований к безопасности жизнедеятельности.
С ростом экономических возможностей общества в развитых странах растет степень удовлетворения всех групп потребностей насе-

ления — качества жизни, безопасности жизнедеятельности, социальных потребностей. Одновременно с этим возрастает степень неприятия населением редко реализующихся опасностей со значительным ущербом. Поэтому предъявляются повышенные требования не только к качеству жизни, но и безопасности жизнедеятельности.

К настоящему времени, по крайней мере, в развитых странах массовое проявление опасности в виде почти детерминированного и достаточно предсказуемого нанесения вреда в результате различных природных, техногенных и социальных процессов и явлений может быть практически исключено благодаря существующим технологиям, а также применению социально-экономической и технической систем безопасности. К массовым проявлениям опасности с незначительным ущербом приспособились, включив неизбежные (проявляющиеся с вероятностью, близкой к единице) потери, например, в цену производимой продукции. Сохранились, одновременно став неприемлемыми для современного общества, проявления опасностей и угроз в виде достаточно редких негативных событий со значительным ущербом. Появились и новые опасности, например террористическая. Редко реализующиеся опасности со значительным ущербом оцениваются риском, а для обеспечения безопасности по отношению к ним необходимо этим риском управлять. Управление риском возникло на определенном этапе, когда социально-экономическое развитие общества достигло такого уровня, что управление риском стало экономически и социально оправданным.

Необходимость внедрения на всех уровнях систем управления рисками. Концепции развития в условиях риска получили значительное развитие во второй половине XX в. благодаря разработке теорий, относящихся к сложным открытым системам, — теорий катастроф; бифуркаций; ансамблей; хаоса и т.п. Они относятся прежде всего к физическим, химическим, биологическим и экологическим системам. Однако все больше осознается применимость этих теорий к потребностям развития социоприродных, техносociальных и социально-экономических систем. Новые научные открытия, результаты которых применимы в практике управления обществом, бизнесом, — дело недалекого будущего. Как отмечал И. Пригожин (1986), мы переживаем глубинные изменения в научной концепции природы и человеческого общества. Эти изменения обусловили потребность в новых отношениях между человеком и природой так же, как и между людьми. Идеи о нестабильности и флуктуациях начинают проникать в социальные науки. Человеческое общество представляет собой необычайно сложную систему, способную претерпевать огромное число бифуркаций, что подтверждается наличием множества культур, сложившихся на протяжении сравнительно короткой истории челове-

ства. Установлено, что сложные системы обладают высокой чувствительностью к флуктуациям.

Беспорядок и хаос, неопределенность и непредсказуемость, столкновение интересов и конкуренция, временность и постоянные перемены — это общий закон природы. И в этой обстановке человек должен научиться выживать. Число факторов риска для человека в настоящее время увеличилось. Это обусловило создание Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России), в течение 15 лет своего существования не оставшегося без работы.

Возможность управления рисками. Риск как сложный феномен имеет объективную и субъективную составляющие. Возможность управления риском связана с наличием объективной составляющей.

Следует иметь в виду, что опасности как причины риска вообще (безотносительно к конкретному объекту), не существует, а опасность как сложное социальное явление носит конкретно-исторический характер и тесно связана со всеми формами и направлениями взаимодействия в системе «природа—человек—общество».

Для обеспечения безопасности членов общества в настоящее время на государственном уровне утвердилась концепция приемлемого риска, а национальную безопасность уже предлагается обеспечивать на основе анализа стратегических рисков. Обсуждаются глобальные риски для перспектив развития человечества, нашедшие свое отражение в созданных моделях мирового развития и концепции устойчивого развития.

13.2. Структура, уровни и механизмы управления рисками

Управление риском в различных сферах жизнедеятельности человека, существования и развития организаций в интересах обеспечения приемлемой безопасности на существующем уровне социально-экономического развития является предметом теории риска и безопасности.

Риски связаны со свойством неопределенности процессов, происходящих в мире, и возможности достаточно редкой и непредсказуемой в пространстве и времени реализации объективно существующих опасностей. Риск существует везде, где есть неопределенность будущего и возможность причинения вреда либо недополучения ожидаемой выгоды. Чем больше неопределенность будущего, тем выше риск. Риск — это неизбежная реальность для всех, поэтому нужно управлять им в интересах дальнейшего повышения безопасности. Применительно к рискам, возникающим в природе, техносфере, обществе, экономике и политике это возможно в различной степени.

Управление риском состоит в заблаговременном выявлении связанных с риском опасностей, влияющих факторов и принятии мер по снижению риска путем целенаправленного изменения этих факторов с учетом эффективности принимаемых мер. Управление риском включает систему мероприятий, осуществляемых как до проявления негативного события, так и после его реализации.

Таким образом, под термином «управление риском» понимают разработку и обоснование оптимальных программ деятельности, призванных эффективно реализовать решения в области обеспечения безопасности. Главный элемент такой деятельности — процесс оптимального распределения ограниченных ресурсов на исключение или снижение различных видов риска в целях достижения такого уровня безопасности населения, организаций и окружающей среды, какой только возможен с учетом экономических и социальных факторов.

Управление риском включает решение следующих основных задач (рис. 13.1):

анализ риска;

обоснование и принятие решений в условиях неопределенности и риска;

реализация мер по снижению риска (обеспечению безопасности);
коммуникация риска.

Ключевым этапом, информационной основой управления риском, является его *анализ*. Содержанием анализа является исследование влияющих на результат деятельности рискообразующих факторов. На основе анализа риска обосновывают и реализуют меры по его снижению (устранению опасностей и угроз, защите, обеспечению безопасности), которые состоят в целенаправленном воздействии на рискообразующие факторы.

Практически важным для принятия связанных с риском решений является его *коммуникация*, так как для реализации связанных с риском проектов не достаточно научных оценок риска. Эф-



Рис. 13.1. Схема управления риском для жизнедеятельности

фективно управлять риском невозможно без учета психологических и социальных аспектов восприятия и приемлемости риска человеком и обществом, конструктивного взаимодействия с ответственностью.

Управление риском должно быть отражено в структуре и функциях органов власти на всех уровнях социальной организации общества. Отсутствие такого управления будет означать несоответствие государственного управления реалиям современных опасностей, угроз и рисков для жизнедеятельности, приводить к накоплению противоречий, сдерживающих социальное развитие общества и способствующих созданию объективных условий для кризиса. Рассматривают следующие уровни управления рисками по масштабу:

человек — индивидуальные риски;

организации (риск-менеджмент) — хозяйственные (финансовые, эколого-экономические и др.) риски для стабильного функционирования организации;

сферы жизнедеятельности общества (федеральные органы исполнительной власти, специально уполномоченные обеспечивать и регулировать безопасность) — риски личности, общества и государства в социальной, техногенной, экологической и других сферах;

государство (высшие органы государственной власти) — стратегические риски для национальной безопасности страны;

мировое сообщество (межгосударственные органы, государственные правительства) — глобальные риски для устойчивого развития человечества.

Очевидно, что системные кризисы, вызывающие катастрофы и бедствия в социальной сфере, возникают в результате накопления количественных и назревания качественных переходов в социальных, природных и технических системах. Их негативные последствия могут быть компенсированы лишь своевременным и адекватным совершенствованием социальной организации общества и технологий защиты.

Человечество подходит к пониманию того, что выбранный путь развития цивилизации как общества потребления исчерпал себя и ведет человечество в тупик. Дальнейшее движение вперед возможно лишь при изменении концепции развития, выборе оправданных, с точки зрения устойчивого развития, целей, а значит, и учета при стратегическом управлении не только политико-экономических критериев, но и требований безопасности человека, общества, окружающей среды.

Безопасность территорий (населения и организаций) также достигается управлением соответствующими рисками (природными, техногенными, экономическими, экологическими и др.). Управление рисками касается каждого человека.

Характеристика механизмов управления рисками

Механизм	Принцип	Субъект управления
Учет в деятельности	Оправданного риска	Каждый человек
Регулирование	Нормирования (непревышение уровня приемлемого риска или предельных уровней негативных факторов)	ФОИВ, специально уполномоченные осуществлять регулирование в соответствующей сфере; саморегулируемые организации
Управление	Обоснования (критерий «затраты — выгоды»); оптимизации	ФОИВ, специально уполномоченные осуществлять управление в соответствующей сфере; риск-менеджеры

Можно выделить три механизма деятельности, направленной на снижение рисков, т.е. управления рисками (табл. 13.1):

учет риска в деятельности (принятие разумных предосторожностей), осуществляемый на основе *принципа оправданного риска* на бытовом уровне каждым человеком. Необходимо иметь в виду, что поведение большинства людей, предупрежденных об опасности, значительно отличается от поведения того же человека в той же обстановке, но не знающего об опасности. И успех организации также сильно зависит от усилий по информированию и обучению сотрудников различным аспектам жизни и деловой активности в условиях риска;

регулирование рисков, выполняемое в соответствии с *принципом нормирования* на государственном уровне специально уполномоченными (обычно постановлением правительства) федеральными органами исполнительной власти (ФОИВ). Регулирующими органами являются, например, Федеральная служба по финансовым рынкам, Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору и др. Регулирование рисков может также осуществляться саморегулируемыми организациями (например, профессиональных участников рынка ценных бумаг);

собственно *управление* риском, реализуемое на основе *принципов обоснования и оптимизации*. На государственном уровне управление риском осуществляют специально уполномоченные ФОИВ. Например, Федеральное агентство по атомной энергии России специально уполномочено осуществлять управление в области использования атомной энергии. На уровне фирмы управление выполняют специальные институты специалистов (в частности, риск-менеджеры). Переход к управлению риском оправдан при наличии методик, позволяющих проводить мониторинг необхо-

димых для принятия решений показателей риска в соответствующей системе.

13.3. Процесс управления рисками

Управление как целенаправленное воздействие управляющей системы на управляемую проявляется в виде множества взаимосвязанных процессов (этапов) подготовки, принятия и организации выполнения управленческих решений, составляющих технологию процесса управления, которая схематично представлена на рис.13.2



Рис. 13.2. Схема процесса управления риском

1. Определение параметров имеющейся или планируемой ситуации. Этот процесс основан на *сборе и обработке данных* по влияющим на риск факторам. Информация играет ключевую роль в процессе управления рисками. Своевременное предоставление ЛПР всей необходимой информации позволяет снизить неопределенность при принятии решения и, следовательно, потери от ошибочных решений. К информации предъявляют следующие основные требования:

полнота, так как отсутствие полной информации является одним из существенных факторов риска, а принятие решений в этих условиях служит причиной дополнительных потерь;

достоверность (или точность), для обеспечения которой информация должна поступать из разных источников. Наиболее достоверной информацией по конкретному риску являются статистические данные за прошедший период по соответствующему объекту;

своевременность (оперативность поступления) и др.

Информационное обеспечение процесса управления риском служит важным средством снижения его уровня, но повышение полноты и точности информации также требует затрат. Следует учитывать и фактор времени — получение полной и достоверной информации связано со значительными его затратами, а решение необходимо принимать в ограниченные сроки. Многие виды информации часто являются коммерческой тайной. Получение такой информации либо невозможно, либо связано со значительными затратами. Поэтому в процессе сбора и обработки информации следует стремиться к оптимальному соотношению между ее полнотой и качеством, с одной стороны, и стоимостью получения — с другой. Иногда экономически выгоднее работать с неполной информацией, чем собирать практически полную, но очень дорогую информацию, требующую к тому же недопустимых затрат времени.

Для определения экономически обоснованного объема информации следует соизмерить предотвращенные благодаря ей убытки со стоимостью получения дополнительной информации в приемлемые для жизнеспособности проекта сроки. Предотвращенный ущерб определяют как разность между ожидаемыми результатами хозяйственной деятельности в условиях, когда имеется дополнительная информация, и без нее.

Удовлетворению противоречивых требований к информации способствуют информационные технологии ее получения и обработки. Для более глубокого понимания риска используют его *визуализацию* — наглядное изображение в графическом виде, подчеркивающим существенные стороны соответствующих рисков, важные для анализа и последующего принятия решений.

2. Анализ риска. Информационной основой процесса управления риском служит его анализ. Основной целью анализа является

формирование у ЛПР целостной картины рисков и масштабов потенциальной ответственности. На предприятии подобное исследование позволит в дальнейшем правильно организовать систему управления риском. В результате анализа риска складывается картина возможных рисков событий, вероятностей их наступления и последствий, определяется возможность снижения или увеличения (в случае, когда полученные значения риска значительно ниже допустимого уровня, а его увеличение повысит ожидаемую отдачу) риска. Это имеет место, например, при оптимизации портфеля ценных бумаг по критерию максимума его доходности при ограничении на риск.

3. Сравнение данных анализа с предельно допустимыми уровнями. После сравнения полученных значений показателей рисков с предельно допустимыми (уровнями приемлемого риска) вырабатывают стратегию управления риском и меры по его снижению.

4. Обоснование программы управления риском. Этот процесс включает следующие этапы:

поиск вариантов снижения (увеличения, т. е. рискованного вложения капитала) риска за счет подходящих превентивных мероприятий и покрытия ущерба в случае его возникновения;

оценка экономической эффективности затрат на управление риском для каждого варианта;

сопоставление вариантов и выбор оптимального.

При поиске вариантов снижения риска прогнозируют изменения параметров имеющейся ситуации и моделируют поведение рассматриваемого объекта. Варианты снижения риска первоначально отбирают с использованием *принципа обоснования* (см. выражение (14.6)). При выборе методов управления риском следует учитывать их различную эффективность, разный объем ресурсов, необходимых для их реализации в условиях бюджетных, временных и иных ограничений.

Задачу выбора методов управления риском можно сформулировать как задачу оптимизации в условиях ограничений. Критерии выбора могут быть различными. Однако при принятии решения нельзя все сводить к экономической отдаче. Важно учитывать и другие критерии, например технические (отражающие возможности снижения риска) или социальные (сведение риска к уровню, приемлемому для общества).

Соответствующие инструменты нужно применять в первую очередь в отношении рисков, наиболее сильно влияющих на деятельность организации. При жестких бюджетных ограничениях часть рисков, которые оценивают как незначительные, игнорируют.

Для каждой из планируемых мер, удовлетворяющих принципу обоснования, определяют экономическую эффективность (14.7). Сложность оценки эффективности состоит в том, что в течение

анализируемого периода риски могут не реализоваться, тем не менее организация несет расходы на программу управления рисками. Поэтому приходится сопоставлять реальные расходы с сокращением гипотетических потерь.

Отбор мер для реализации проводят на основе *принципа оптимизации* с учетом ограничений затрат, т.е. выбирают только те мероприятия из наиболее эффективных, затраты на которые не превышают выделенных ресурсов. Их совокупность образует рациональную программу управления рисками, которая включает также информационное и ресурсное обеспечение реализуемых мер, критерии эффективности выполнения и систему распределения ответственности за принимаемые решения.

5. Принятие решения о степени достаточности планируемых мер. После выбора определенного набора мер принимают решение о степени их достаточности. В случае достаточности проект реализуют (принятие оставшихся рисков на себя), в противном случае следует отказаться от этого (избежать риска, уклониться от него).

6. Мониторинг результатов. Данный процесс обеспечивает обратную связь в системе управления риском, позволяет принять меры по ее совершенствованию. Мониторинг проводят на основе оценки эффективности применяемых мероприятий.

ГЛАВА 14. ПРИНЦИПЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ОБ УПРАВЛЕНИИ РИСКАМИ

14.1. Принцип нормирования (критерии приемлемости и уровни приемлемого риска)

Многие менеджеры не склонны к риску, не рассчитывая на серьезную прибыль. Хозяйственные руководители, добивающиеся стабильного успеха, часто избегают заведомо рискованных, авантюристических проектов и предпочитают надежные осмотрительные решения.

В настоящее время в основе практических мероприятий по управлению риском лежит концепция приемлемого риска, которая состоит в стремлении к снижению риска до безопасного уровня. В качестве критериальных в процессе управления рисками используют их пороговые уровни, которые общество (организация) считает приемлемыми. Обычно целью процесса управления рисками является снижение рисков до приемлемого уровня. Вопросы о том, какой риск можно считать приемлемым и где проходит граница между приемлемым и неприемлемым рисками, являются одними из самых сложных и важных в теории и практике управления риском.

Применительно к безопасности жизнедеятельности уровень приемлемого риска назначается для индивидуального риска смерти по конкретным причинам или социального риска (при рассмотрении в качестве причины риска опасных объектов). Принцип нормирования реализуется путем проверки приемлемости фактических рисков по критерию вида (см. формулу (10.1)).

Учитывая приемлемый уровень риска, можно установить нормативы на уровне обуславливающих риск негативных факторов, например, в форме предела дозы.

Применяют, в частности, следующие критерии приемлемости:

$$R \leq R_{пр},$$

где $R = Q\bar{w}$ — вероятный ущерб за операцию (проект) или единичный интервал времени; $R_{пр}$ — его приемлемое значение; Q — вероятность негативного события за операцию или единичный интервал времени; $\bar{w} = M[W]$ — средний ущерб в случае реализации негативного «события»;

$$Q \leq Q_{пр},$$

где $Q_{пр}$ — приемлемое значение вероятности негативного события (например, индивидуальной вероятности смерти) за операцию или единичный интервал времени по данной причине или совокупности причин.

Критерии приемлемости устанавливают также для рискового капитала, характеристик разброса ожидаемого результата некоторой операции и других показателей.

14.2. Принцип обоснования (критерий «затраты — выгоды»)

Существует ряд правил для принятия решений, основанных на принципе обоснования.

Критерий «затраты — выгоды» заключается в том, что экономический результат от проведения операции (реализации проекта) должен быть положительным:

$$V = B - C > 0, \quad (14.1)$$

где B и C — соответственно выгоды от проведения операции и затраты (инвестиции) на ее проведение в стоимостном выражении.

Критерий «затраты — выгоды — риск» состоит в том, что принятие решений о проведении операций, связанных с потенциально опасными объектами, должно быть основано на обобщенном принципе обоснования:

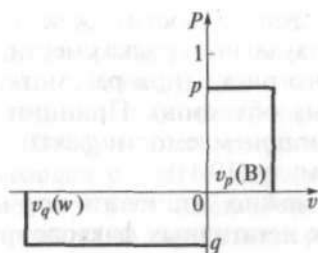


Рис. 14.1. Риски при принятии решения в предпринимательской деятельности:

P — вероятность исхода (выигрыша — p , потеря — q)

$$V = B - C - R > 0, \quad (14.2)$$

где R — вероятный ущерб от реализации опасностей, связанных с проведением операции. Например, при принятии решения о разработке потенциально опасного объекта следует учитывать вероятный ущерб от аварий в процессе его эксплуатации.

Принцип обоснования при принятии решения о проведении рискованной операции с учетом возможных выигрыша и потерь требует от предпринимателя (в том случае, если он знает распределение — средний или максимальный размер — возможных убытков) определить риск и принять его на свою ответственность, передать на ответственность другому лицу (случай страхования риска) или отказаться от риска, т.е. от операции.

В хозяйственной деятельности возможны три экономических результата принятия некоторого решения (рис. 14.1) или проведения некоторой операции (осуществления проекта):

отрицательный (проигрыш, ущерб, убыток) $v_q = w$;

нулевой (когда операция вообще не проводится, т.е. реализуется «уклонение от риска»);

положительный (выигрыш, выгода, прибыль) $v_p = B$.

Условие обоснованности проведения операции

$$V = Bp - wq > 0. \quad (14.3)$$

При числе возможных исходов проведения операции $n \rightarrow \infty$ условие (14.3) записывается в виде

$$M[V] > 0, \quad (14.4)$$

где $M[V] = \int_{-\infty}^{+\infty} v f(v) dv$; $f(v)$ — плотность распределения вероятностей ожидаемого экономического результата от проведения операции.

В общем случае необходимо еще учесть затраты (инвестиции) на проведение операции (реализацию проекта) и тогда условие (14.4) совпадает с (14.2).

Существует правило принятия решения в рискованной ситуации с учетом средних потерь в случае принятия ошибочных решений.

Условия наступления рискованных ситуаций при принятии решений связаны:

с альтернативностью, которая предполагает необходимость выбора решения из нескольких возможных вариантов. Если нет альтернатив, то рискованная ситуация не возникает;

неопределенностью будущей ситуации, которая представляет собой отсутствие однозначности или незнание истинного значения влияющего на результат решения параметра. Риск возникает в том случае, если ход реальных событий отличается от ожидаемого, что обуславливает как выигрыш, так и потери.

В хозяйственной деятельности самые ответственные рискованные ситуации наступают, когда предприниматель принимает решение о реализации какой-либо бизнес-идеи и принимает связанные с этим финансовые обязательства.

Рассмотрим случай двух альтернатив («да — нет»): проводить или не проводить операцию (реализовывать или не реализовывать проект). Допустим, v — некоторый критериальный параметр (в частности, экономический результат деятельности), v_d — его допустимое значение, а условие принятия решения χ на проведение некоторой операции имеет вид:

$$\chi = \begin{cases} 1, & v \geq v_d, \text{ — проведение операции целесообразно,} \\ 0, & v < v_d \text{ — проведение операции нецелесообразно.} \end{cases}$$

Тогда, если решение принимают по наблюдаемому (измеренному с погрешностью) значению параметра

$$V = v + \Delta,$$

то возможны ошибочные решения — ошибки 1-го и 2-го рода:

вероятность ошибки 1-го рода (принятие необоснованного решения)

$$\alpha = P(\chi = 1 / V \geq v_d, v < v_d)$$

и вероятность ошибки 2-го рода (непринятие решения, которое было бы обоснованным)

$$\beta = P(\chi = 0 / V < v_d, v \geq v_d).$$

Схема образования основных составляющих риска при принятии решения в условиях неопределенности приведена на рис. 14.2. Решение о проведении операции принимают по результату прогноза (наблюдаемому значению параметра): будет выигрыш (В) или проигрыш (П) от проведения операции. При принятии решения о проведении операции делают необходимые затраты С. Результатом проведения операции является выигрыш (В) либо проигрыш (П).

При принятии решения возможны следующие ситуации:



Рис. 14.2. Показатели риска при принятии решений в условиях неопределенности:

В — выигрыш; П — проигрыш; С — необходимые затраты

В—П — в расчете на ожидаемый выигрыш организация выполнила необходимые действия и произвела затраты, но операция закончилась неудачей (проигрышем);

В—В — прогнозируя выигрыш, провели операцию, в результате которой получили ожидаемый выигрыш;

П—П — прогнозируя провал, отказались от проведения операции и, действительно, опыт организаций, которые провели аналогичную операцию, показал, что она бы провалилась;

П—В — прогнозируя провал, операцию отменили. Однако впоследствии оказалось (на примере других организаций), что в случае проведения она была бы успешной.

Таким образом, в рискованной ситуации рассматриваемого типа возможны два правильных и два ошибочных решения.

Риски, связанные с принятием (непринятием) управленческих решений на проведение операций в условиях неопределенностей, характеризуются не только вероятностями α и β ошибок 1-го и 2-го рода, но и соответствующими потерями w_α и w_β . Поэтому при принятии решения необходимо использовать определенные критерии, включающие функционал $\bar{W}(\alpha, \beta, w_\alpha, w_\beta)$, вид которого выбирают в зависимости от наличия или отсутствия части информации и определенных предпочтений у ЛПР. В частности, средние потери (критерий минимума средних потерь) от принятия ошибочных решений вычисляют по формуле

$$R = \bar{W} = \alpha w_\alpha + \beta w_\beta.$$

С учетом возможности потерь от ошибочных решений при неопределенности исходной информации критерий «затраты — выгоды» модифицируется и записывается в следующем виде:

$$V = B - C - R, \quad (14.5)$$

который совпадает с (14.2).

Если потери от принятия ошибочного решения 1-го рода $w_\alpha = C$, потери от принятия ошибочного решения 2-го рода $w_\beta = B - C$, то средние потери (риск) из-за принятия ошибочных решений

$$\bar{W} = \alpha C + \beta(B - C).$$

Пример 14.1. Вероятность ошибки 1-го рода $\alpha = 0,5$, а 2-го рода — $\beta = 0,3$. Затраты C на реализацию проекта составляют 2 млн р., а ожидаемый выигрыш $B = 3$ млн р. Необходимо проверить экономическую обоснованность проекта.

Решение. Определим средние потери от принятия ошибочных решений:

$$\bar{W} = \alpha C + \beta(B - C) = 0,5 \cdot 2 \cdot 10^6 + 0,3 \cdot 1 \cdot 10^6 = 1,3 \text{ млн р.}$$

Тогда $V = B - C - R = 3 - 2 - 1,3 = -0,3$ млн р., т. е. проект экономически не обоснован.

Научные исследования снижают неопределенности («нет ничего практичнее хорошей теории») и, следовательно, вероятности α и β , но также требуют затрат.

Пример 14.2. Благодаря проведенным научным исследованиям, затраты на которые составили 0,1 млн р., неопределенности при принятии решений (см. пример 14.1) снизились, приведя к уменьшению ошибок 1-го и 2-го рода на 0,1. Насколько проведенное исследование являлось оправданным?

Решение. С учетом затрат на реализацию проекта $C' = 2,0 + 0,1 = 2,1$ млн р. средние потери от ошибочных решений после проведенного исследования составят $\bar{W}' = \alpha C' + \beta(B - C') = 0,4 \cdot 2,1 \cdot 10^6 + 0,2 \cdot 0,9 \cdot 10^6 = 1,02$ млн р., т. е. сократились на величину $\Delta \bar{W} = \bar{W} - \bar{W}' = 1,3 - 1,02 = 0,28$ млн р. Таким образом, благодаря затратам 0,1 млн р. средние потери сократились на большую величину (0,28 млн р.). Поэтому их следует признать обоснованными. Это связано с тем, что из-за неопределенности рентабельные проекты могут попасть в разряд необоснованных, следствием чего являются недополученные доходы.

Можно посчитать по-другому. Средний экономический результат от осуществления проекта с учетом дополнительных затрат на получение информации составит $V' = 3 - (2 + 0,1) - 1,02 = -0,12$ млн р., т. е. $V' > V$ и, следовательно, затраты на дополнительные исследования обоснованны (средний экономический результат от реализации проекта увеличился на 0,18 млн р.).

Для того чтобы проект оказался обоснованным, необходимы либо увеличение доходности от него, либо дальнейшее снижение неопределенности.

Чем больше неопределенных факторов, тем менее обоснованным может оказаться проект. Это вынуждает разрабатывать и для реализации выбирать проекты, сулящие такую выгоду, которая перекрывает потери от ошибочных решений (тогда неопределенностью можно пренебречь), но это чаще всего невозможно. По мере проработки проекта значения компонент, входящих в выражение (14.5), уточняются, а неопределенные факторы уменьшаются. При принятии решений в соответствии с выражением (14.5) даже при самой неблагоприятной реализации неопределенных факторов экономический результат будет положительным.

Принятие решений о реализации мер защиты предполагает соизмерение возможного сокращения убытков в результате принимаемых мер по уменьшению риска или передачи его другому лицу с дополнительными затратами C , связанными с реализацией этих мер (например, соизмерение страховой суммы и страхового взноса и др.):

$$V = \Delta R - C > 0, \quad (14.6)$$

где $\Delta R = R - R'$ — риск, предотвращенный в результате принятых мер; R' — риск после реализации мер защиты.

14.3. Принцип оптимизации

Имеет смысл проводить только операции (реализовывать проекты, меры защиты), приводящие к экономическому выигрышу $V > 0$, а при ограниченных ресурсах C — только те из наиболее эффективных, на реализацию которых ресурсов хватает.

Допустим, C_i — затраты на реализацию i -й операции (проекта, меры), i — ее номер в ранжированном ряду по экономической эффективности

$$\eta_i = \Delta R_i / C_i, \quad \eta_1 > \eta_2 > \dots > \eta_i \dots \quad (14.7)$$

Если C_b — выделенные ресурсы, то реализуется k операций (проектов, мер), выбираемых в соответствии с условием

$$\sum_{i=1}^k C_i \leq C_b. \quad (14.8)$$

Из всего набора мер $i \in I$ на снижение риска в условиях ограничения (14.8) выбирают (из числа обоснованных) наиболее эффективные по критерию

$$i^* = \arg \max_{i \in I} \eta_i \quad (\eta_i > 1).$$

В общем случае для решения задачи оптимизации в условиях ограничений используют методы математического программирования. Принципы обоснования и оптимизации применяют в области приемлемого риска.

ГЛАВА 15. ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ О ПРОВЕДЕНИИ ОПЕРАЦИЙ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

15.1. Классическая схема принятия решений

В основе управления риском лежит целенаправленный поиск и организация работы по снижению риска, получение и увеличение отдачи в неопределенной хозяйственной ситуации. В зависимости от стратегии развития фирмы и предпочтений ЛПР могут применяться различные правила принятия решений о выборе приема управления риском и варианта решений. Математической основой принятия решений в условиях неопределенности и риска является математическая теория исследования операций.

Рассмотрим схемы принятия решений на примере финансовых операций, которые почти всегда проводят в условиях неопределенности и, следовательно, их результат невозможно предсказать заранее. Поэтому финансовые операции являются рискованными: при их проведении возможны как прибыль, так и убыток (или не очень большая прибыль по сравнению с той, которую прогнозировали).

Операция называется *рискованной*, если она может иметь несколько исходов, не равноценных для ЛПР, заинтересованного в успехе операции (например, инвестора, вкладывающего деньги в ценные бумаги и т. п.).

Пример 15.1. Рассмотрим три операции (O_1, O_2, O_3) — альтернативы — с одним и тем же множеством двух исходов — результатов A и B , которые характеризуют доходы, получаемые ЛПР:

	A	B
O_1	-5	25
O_2	-10	50
O_3	15	20

Все три операции являются рискованными. Понятно, что особенно рискованными являются первая и вторая операции, так как при их проведении возможны убытки. В третьей операции неудачей является воз-

можность недобора дохода в 5 ден. ед. по отношению к его максимально-му значению.

Понятие риска предполагает наличие *рискующего*, т.е. лица, заинтересованного в результате операции. Непосредственно риск возникает в том случае, если операция может закончиться исходами, не равноценными для него, несмотря на все усилия по управлению операцией. Будем считать, что результаты операций отличаются доходами и этого достаточно для их различения и оценки риска от операции. Итак, в условиях неопределенности операция кроме дохода приобретает еще одну характеристику — риск.

Оценим операцию с точки зрения ее доходности и риска. Предположим, что ЛПР рассматривает возможные решения $x = (x_1, \dots, x_n)$. Ситуация является неопределенной, понятно лишь, что имеются какие-то варианты (ситуации) $y = (y_1, \dots, y_m)$. Если будет принято i -е решение ($i = 1, \dots, n$), а ситуация j -я ($j = 1, \dots, m$), то организация получит доход v_{ij} . Матрица $V = (v_{ij})$ называется *матрицей последствий* (возможных решений). Какое же решение нужно принять ЛПР? В этой неопределенной ситуации могут быть высказаны лишь некоторые рекомендации предварительного характера, которые необязательно будут приняты ЛПР. Многое будет зависеть, например, от его склонности к риску. Каким образом оценить риск в данной схеме?

Допустим, мы хотим оценить риск, который несет i -е решение. Нам неизвестна реальная ситуация y , но если бы мы ее знали (фиксируем y и рассматриваем столбец матрицы), то выбрали бы наилучшее решение, т.е. приносящее наибольший доход. Если си-

туация j -я, то было бы принято решение, дающее доход $v_j = \max_i v_{ij}$.

Значит, принимая i -е решение, мы рискуем получить не v_j , а только v_{ij} , т.е. принятие i -го решения несет риск недобора $w_{ij} = v_j - v_{ij}$. Матрица $W = (w_{ij})$, или

$$W(x, y) = \max_{x \in X} V(x, y) - V(x, y) \quad (15.1)$$

называется *матрицей рисков*.

Пример 15.2. Допустим, имеется матрица последствий

$$V = (v_{ij}) = \begin{array}{c} \text{Решение } x \\ \begin{array}{c} 1 \\ \dots \\ i \\ \dots \\ n \end{array} \end{array} \begin{array}{c} \text{Ситуация (исход) } y \\ 1, \dots, j, \dots, m \\ \left(\begin{array}{cccc} 5 & 2 & 8' & 4 \\ 2 & 3 & 4 & 12' \\ 8' & 5' & 3 & 10 \\ 1 & 4 & 2 & 8 \end{array} \right) \end{array}$$

Составим матрицу рисков. Имеем $v_1 = \max_i v_{1i} = 8$, $v_2 = 5$, $v_3 = 8$, $v_4 = 12$ (в исходной матрице выделены знаком «'»). Следовательно, в соответствии с правилом (15.1) матрица рисков

$$W = (w_{ij}) = \begin{pmatrix} 3 & 3 & 0 & 8 \\ 6 & 2 & 4 & 0 \\ 0 & 0 & 5 & 2 \\ 7 & 1 & 6 & 4 \end{pmatrix}.$$

Компонентами этой матрицы являются значения потерь, возникающих при принятии i -го решения в случае, если реализуется j -я ситуация.

15.2. Методы принятия рациональных решений

Критерии принятия решений в условиях полной неопределенности. Ситуация полной неопределенности характеризуется отсутствием какой бы то ни было дополнительной информации (например, о вероятностях тех или иных вариантов реальной ситуации, т.е. о функции распределения $F_i(v) = P(V_i < v)$). Например, существует возможность отклонения будущего дохода от его ожидаемой величины и невозможно даже приблизительно указать вероятности наступления каждого возможного результата (исхода). Правила-рекомендации по принятию решений в этом случае следуют из классических критериев.

1. *Правило Вальда (критерий крайнего пессимизма, или принцип гарантированного результата)*, в соответствии с которым рациональное решение определяется по правилу:

$$i^* = \arg \max_{x \in X} \left(\min_{y \in Y} V(x, y) \right).$$

При принятии решения i^* получаем такое значение показателя v^* , которое мы можем гарантировать при наихудшем для нас значении неопределенного параметра y .

Так, в примере 15.2 имеем $\min_j v_{1j} = 2$, $\min_j v_{2j} = 2$, $\min_j v_{3j} = 3$, $\min_j v_{4j} = 1$. Теперь из чисел 2, 2, 3, 1 находим максимальное — 3.

Значит, правило Вальда рекомендует принять третье решение, приносящее доход в 12 ден. ед.

Критерий максимакса, или оптимизма. Этот критерий определяет решение, которое максимизирует максимальный результат для каждой альтернативы:

$$i^* = \arg \max_{x \in X} \left(\max_{y \in Y} V(x, y) \right).$$

Так, для примера 15.2 это будет второе решение.

Однако этот критерий слишком оптимистичен, поэтому чаще применяют критерий Гурвица, «взвешивающий» пессимистический и оптимистический подходы к ситуации и состоящий в выборе решения по правилу

$$i^* = \arg \max_{x \in X} \left(\alpha \min_{y \in Y} V(x, y) + (1 - \alpha) \max_{y \in Y} V(x, y) \right),$$

где α принимает значения от 0 до 1. При $\alpha = 1$ получается пессимистический подход к принятию решения на основе правила Вальда; при $\alpha = 0$ — оптимистический подход (критерий максимакса). Значение α выбирается из субъективных соображений (экспертная оценка).

Задача. Какое решение будет принято в соответствии с критерием Гурвица в условиях примера 15.2, если $\alpha = 0,7$?

Правило (критерий) Сэвиджа (минимального риска, или минимаксный критерий). Данный критерий соответствует позиции крайней осторожности. Вначале по матрице (15.1) находят матрицу риска W , показывающую потери (отклонения от наилучшего значения) для каждого решения $x \in X$ при всех значениях параметра $y \in Y$. Критерий Сэвиджа состоит в выборе решения на основе матрицы риска $W(x, y)$ с использованием принципа гарантированного результата:

$$V_0 = \min_{x \in X} \max_{y \in Y} \left(\max_{x \in X} V(x, y) - V(x, y) \right).$$

Так, в примере 15.2 имеем $\max_j w_{1j} = 8$, $\max_j w_{2j} = 6$, $\max_j w_{3j} = 5$, $\max_j w_{4j} = 7$. Теперь из чисел 8, 6, 5, 7 выбираем минимальное, т.е. 5. Значит, правило Сэвиджа рекомендует принять третье решение.

Правила Вальда и Сэвиджа приводят к одинаковым решениям, поэтому их применяют в зависимости от имеющейся информации.

Принятые по рассмотренным правилам решения никто не считает окончательными, самыми лучшими. Это лишь первый шаг, некоторые предварительные соображения. Далее пытаются узнать

что-то о вариантах реальной ситуации, в первую очередь о возможности (вероятности) того или иного варианта. Оценка вероятности варианта предполагает повторяемость рассматриваемой схемы принятия решений: что-то уже было в прошлом или произойдет в будущем, или это повторяется где-то в пространстве, например в филиалах фирмы.

Критерии принятия решений в условиях частичной (вероятностной) неопределенности. Предположим, что в рассматриваемой схеме для каждого i -го решения известны вероятности p_j того, что реальная ситуация развивается по варианту j с соответствующим результатом v_{ij} . В ситуации частичной неопределенности решения принимают в соответствии со следующими правилами.

Правило максимизации среднего ожидаемого дохода. Доход, получаемый фирмой при реализации i -го решения, является случайной величиной V_i с плотностью распределения вероятностей $f_i(v)$, т. е. вероятностями p_{ij} результатов (гистограммой), приведенными в табл. 15.1 (считаем эти вероятности для всех решений равными как вероятности различных состояний, оказывающих влияние на результат реализации решения среды), т. е. $p_{ij} = p_j \forall i$.

По данным табл. 15.1 для каждого решения рассчитываем средний ожидаемый доход $\bar{V}_i = M[V_i] = \sum_{j=1}^m p_j v_{ij}$. Правило рекомендует принять решение, приносящее максимальный средний ожидаемый доход:

$$i^* = \arg \max_{i=1, \dots, n} \bar{V}_i$$

Предположим, что в схеме примера 2 вероятности $p_j: 1/2, 1/6, 1/6, 1/6$. Тогда $\bar{V}_1 = 5/2 + 2/6 + 8/6 + 4/6 = 29/6$, $\bar{V}_2 = 25/6$, $\bar{V}_3 = 7$, $\bar{V}_4 = 17/6$. Максимальный средний ожидаемый доход равен 7 и соответствует третьему решению.

Правило Лапласа (равновозможности или безразличия). Это правило применяют иногда в условиях полной неопределенности,

Таблица 15.1

Распределение возможных результатов i -го решения

Характеристика	Результат реализации решения				
	1	...	j	...	m
Доход v_i	v_{i1}	...	v_{ij}	...	v_{im}
Вероятность p_j его реализации	p_1	...	p_j	...	p_m

Распределение потерь при принятии i -го решения

Характеристика	Результат реализации решения				
	1	...	j	...	m
Потери w_i	w_{i1}	...	w_{ij}	...	w_{im}
Вероятности p_j их реализации	p_1	...	p_j	...	p_m

предполагая, что каждое из возможных состояний среды может наступить с равной вероятностью $p_j = p = 1/n \quad \forall j = 1, \dots, m$.

Правило минимизации среднего ожидаемого риска. Потери ЛПР при реализации i -го решения являются случайной величиной W_i с вероятностями реализации p_j (табл. 15.2).

Для каждого решения вычисляют риск (средние ожидаемые потери) $R_i = M[W_i] = \sum_{j=1}^m p_j w_{ij}$. Правило рекомендует принять решение, в результате которого риск (средние ожидаемые потери) будет минимален:

$$i^* = \arg \min_{i=1, \dots, n} R_i$$

Вычислим средние ожидаемые потери при указанных выше вероятностях. Получаем $R_1 = 20/6$, $R_2 = 4$, $R_3 = 7/6$, $R_4 = 32/6$. Минимальные средние ожидаемые потери равны $7/6$ и соответствуют третьему решению.

При значительном наборе вариантов классические критерии целесообразно использовать в качестве «фильтра» для отсеивания неуместных вариантов решения.

Стохастическое программирование. Данный метод является обобщением нелинейного программирования на тот случай, когда нет точной информации о целевой функции и ограничениях экстремальной задачи. Задачи стохастического программирования возникают при выборе оптимальных решений в ситуациях, когда каждое решение приводит к неоднозначному исходу и с каждым решением связана величина целевой функции, зависящая от случайных параметров, описываемых заданным или неизвестным вероятностным распределением.

Принятие решений в условиях поведенческой неопределенности. Решения в игровых ситуациях, когда в этом процессе участвует несколько сторон (игроков), принимают *методами теории игр*. Теория игр впервые была систематически изложена Дж. фон Нейманом и О. Моргенштерном в 1944 г. (Дж. Нейман, 1970). Если интересы игроков противоположны, то игры называют антагани-

стичесКими; если игроки могут объединиться для получения более высокого выигрыша, то игры называют кооперативными. Если конфликт может возникнуть не только в результате сознательных действий различных участников, то говорят об «играх с природой».

Для характеристики игровой ситуации используют следующие понятия: «игроки (участники)» — множество заинтересованных сторон; «стратегии» — возможные действия каждой из сторон; «функции выигрыша (платежи)» — числовые характеристики, выражающие интересы игроков. Стратегии бывают «чистыми» и «смешанными». Чистая стратегия ориентирована на определенное поведение игрока-противника, а смешанная — на несколько его возможных стратегий поведения.

Игры классифицируют по следующим признакам:

числу игроков — игры с двумя, тремя и большим количеством участников (в частном случае при одном игроке получаем задачу математического программирования);

количеству стратегий, которыми располагают игроки — конечные и бесконечные игры. Так, в системе «продавец—покупатель» каждый из игроков может назвать любую устраивающую его цену и количество продаваемого (покупаемого) товара;

свойствам функции выигрыша — игры с нулевой суммой (антагонистические), т.е. игры, в которых есть прямой конфликт и выигрыш одного участника равен проигрышу второго, и игры с постоянной разностью, в которых игроки проигрывают и выигрывают одновременно, так что им выгодно действовать сообща;

возможности предварительных переговоров и взаимодействия между игроками в ходе игры — кооперативные и некооперативные игры.

Алгоритм формулировки задачи в игровой постановке:

1) определение участников игры (игроков). Анализируют условия задачи, выделяют участников игры и определяют суть конфликта между ними;

2) определение стратегий игроков, следующих из их целей. В матричных играх с нулевой суммой цели игроков прямо противоположны;

3) определение выигрышей (платежей) игроков при использовании каждой стратегии в количественном выражении, являющихся показателями степени достижения их целей. Выигрыши определяются для различных сочетаний стратегий игроков;

4) представление матрицы выигрышей (платежей) в нормальной форме.

Основным принципом решения матричных антагонистических игр является предположение о том, что каждый игрок стремится обеспечить себе максимально возможный выигрыш при любых Действиях партнера. В этих условиях оптимальной стратегией игро-

ка № 1 вне зависимости от стратегии противника будет стратегия, максимизирующая минимальный выигрыш (максиминная стратегия), а для игрока № 2 оптимальной тогда является минимаксная стратегия. Фундаментальным результатом теории игр является *теорема о минимаксе*, которая утверждает, что сформулированные задачи для игроков № 1 и 2 всегда имеют решение для любой матрицы выигрышей и решения совпадают.

15.3. Методы оптимизации решений по управлению рисками

В условиях полной определенности, когда исходы каждой операции (решения) известны, для принятия рациональных решений используют методы оптимизации: математическое (линейное, нелинейное, динамическое) программирование, сетевое планирование и др. При этом имеющиеся случайные факторы учитывают в параметрах моделей: например, ожидаемые доходы являются случайными величинами, а количественно характеризуются их средними значениями и средними квадратическими отклонениями, содержащими информацию о рисках.

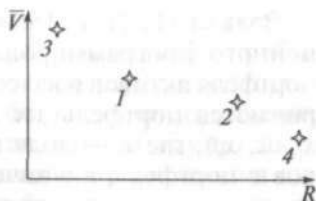
Выбор наилучшего решения осложняется тем, что каждое решение имеет две характеристики — средний ожидаемый доход \bar{V} и средние ожидаемые потери (риск) R , т. е. имеем многокритериальную задачу. При этом возможны различные постановки задач оптимизации варианта решения.

Оптимальность по Парето. Допустим, X — некоторое множество операций (решений). Каждая операция $x \in X$ имеет две числовые характеристики: эффективность $\bar{V}(x)$ и риск $R(x)$. Разные операции обязательно различаются хотя бы одной характеристикой. При выборе наилучшей операции желательно, чтобы в среднем эффективность \bar{V} была больше, а риск R меньше. Наилучшую операцию ищут на так называемом множестве Парето. *Множество Парето* образуют такие альтернативы решения одной и той же многокритериальной задачи, если относительно любой их пары нельзя сказать, какая из них лучше. На множестве Парето каждая из характеристик \bar{V} и R — однозначная функция другой, т. е. если операция принадлежит множеству Парето, то по одной ее характеристике можно однозначно определить другую.

Продолжим анализ рассмотренного ранее примера 15.2. Каждую операцию (решение) (R, \bar{V}) отметим как точку на графике (рис. 15.1). Получим четыре точки. Предпочтение следует отдавать точке (R, \bar{V}) , расположенной выше и левее.

Для нахождения лучшей операции в этом случае иногда применяют подходящую взвешивающую функцию $f(R, \bar{V})$, выражающую отношение ЛПР к доходу и риску, которая для операции x с характеристиками $[R(x), \bar{V}(x)]$ дает одно число, по которому и

Рис. 15.1. Выбор наилучшей операции на множестве Парето (пояснение в тексте)



определяют лучшую операцию. Например, при взвешивающей формуле $f(x) = 2\bar{V}(x) - R(x)$ человек, принимающий решение, согласен на увеличение риска операции на две единицы, если ее доход увеличится при этом не менее чем на одну единицу. Тогда для операций (решений) примера 15.2 имеем: $f(x_1) = 2 \cdot 29/6 - 20/6 = 6,33$; $f(x_2) = 4,33$; $f(x_3) = 12,83$; $f(x_4) = 0,33$. Видно, что третья операция — лучшая, а четвертая — худшая.

Методы математического программирования. На практике более прибыльные варианты, как правило, являются и более рискованными. Для поиска рационального решения в этих случаях применяют методы математического программирования, сводящие двухкритериальную оптимизационную задачу к поиску решения, доставляющего максимум (минимум) одного из параметров при ограничении на другой параметр. Постановка задачи математического программирования предполагает наличие целевой функции, ограничений, критерия (максимум или минимум) оптимальности и оптимизируемых параметров (вариантов решения).

Задача на максимум состоит в том, что из возможных вариантов, содержащих риск решений, выбирают тот, который обеспечивает максимальный результат (эффективность, доход, прибыль и т.п.) при приемлемом для ЛПР риске:

$$\begin{aligned} \max : & \quad \bar{V} \\ x \in X & \quad R \leq R_{\text{пр}} , \\ & \quad X \in X_{\text{доп}} \end{aligned} \quad (15.2)$$

где \bar{V} — средний доход; R и $R_{\text{пр}}$ — соответственно риск и его приемлемое значение; X — множество возможных вариантов решения с различающимися \bar{V} и R ; $X_{\text{доп}}$ — множество допустимых вариантов.

Критерий минимума риска (в экономике используют корпорации, добившиеся устойчивого положения на рынке):

$$\begin{aligned} \min : & \quad R \\ x \in X & \quad \bar{V} \geq \bar{V}_{\text{пр}} , \\ & \quad X \in X_{\text{доп}} \end{aligned} \quad (15.3)$$

где $\bar{V}_{\text{пр}}$ — приемлемое значение дохода.

Задачи (15.2) и (15.3) решаются методами линейного и нелинейного программирования. Например, в задаче оптимизации портфеля активов в качестве оптимизируемых параметров рассматриваются портфельные веса, описываемые вектором $X = (x_1, \dots, x_i, \dots, x_n)$, где x_i — доля инвестиций в i -й актив, n — число активов в портфеле, а в качестве риска R — разброс доходности, характеризующий его средним квадратическим отклонением $\sigma = \sqrt{D[V]}$. Для поиска оптимального решения в этих задачах используют методы квадратической оптимизации.

ГЛАВА 16. ПРЕДПОЧТЕНИЯ ПРИ ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ

16.1. Роль теории полезности при принятии решений

Риски имеют *объективную основу* из-за неопределенности внешней среды по отношению к рассматриваемому объекту, наличия случайных факторов, существование которых не зависит от деятельности организации. Внешняя среда включает объективные природные, экономические, социальные, политические и другие условия, в рамках которых организация осуществляет свою деятельность и к динамике которых вынуждена приспосабливаться. Неопределенность внешней среды обусловлена зависимостью ее состояния от множества факторов, динамику которых не всегда можно предсказать с приемлемой точностью.

Но риски имеют и *субъективную основу*, поскольку всегда реализуются через человека. Именно человек оценивает рисковую ситуацию, формирует множество возможных альтернатив и выбирает из них одну. Кроме этого, восприятие риска зависит от конкретного человека с его характером, складом ума, психологическими особенностями, уровнем знаний и опыта в определенной области деятельности. Поэтому фундаментальными вопросами, например, финансового анализа кроме объективных являются и субъективные: «Почему люди дают деньги в займы?»; «Как и когда предпочитают их отдавать?»; «Какова для них ценность или полезность денег?»

Ранее были рассмотрены правила принятия рациональных решений без учета предпочтений ЛПР. Предпочтения людей в сфере выбора и принятия решений изучает *теория полезности*. Понятие полезности вводят для измерения меры предпочтительности. Мир полон желанных вещей, но разные люди готовы платить за них разную цену. И чем больше мы чего-то имеем, тем меньше склонны платить за то, чтобы получить больше. Например, полезность прибыли для инвестора в общем случае не пропорциональна ве-

личине прибыли. Существует эффект насыщения. С другой стороны, получение даже небольшого убытка (отрицательной прибыли) обычно болезненно воспринимается инвесторами. «Огорчение» инвестора при получении убытка более значимо, чем его «удовлетворение» при получении прибыли, равной ему по абсолютной величине. При определенных условиях предпочтения инвесторов могут быть представлены в виде функции.

Теория полезности позволяет ЛПР влиять на выбор альтернатив согласно своим оценкам их полезности. Предпочтения при принятии решений рассматривают для двух случаев:

без учета неопределенности и риска, т.е. используется детерминированный вариант теории полезности;

с учетом неопределенности и риска — используется теория ожидаемой полезности (стохастический вариант), основы которой были заложены Д.Бернулли в 1738 г., раньше детерминированного варианта. Основателями теории ожидаемой полезности в современном виде являются американские ученые Дж. фон Нейман и О. Моргенштерн.

Введенное Д. Бернулли понятие полезности легло в основу закона спроса и предложения, стало основой объяснения процесса принятия решения и теории выбора. Понятие полезности лежит в основе теории игр, оно оказало решающее влияние на психологию и философию, потому что Д. Бернулли предложил стандарт для оценки разумности человеческого поведения.

16.2. Предпочтения при принятии решений в условиях определенности

Система предпочтений индивида. Будем считать, что поведение участника рынка — индивида (конкретного человека), а также домашнего хозяйства, предприятия, банка, полностью описывается следующей аксиомой: каждый индивид принимает решения о покупках, обмене, взятии денег в долг исходя исключительно из своей системы предпочтений. Последние определяют, что нечто является более желательным, чем что-то другое. Система предпочтений индивида указывает, какой из двух наборов товаров предпочтительнее для него.

Обозначим $X = (x_1, \dots, x_n)$ — некоторый набор товаров, где x_i — количество i -го товара. Под товаром понимают некоторое благо или услугу, поступившие в продажу в определенное время и в определенном месте. Каждый товар желателен для индивида. В число товаров входят и деньги v . Потребитель различает наборы товаров, предпочитая один набор другому. Запись $X \leq Y$ означает, что потребитель предпочитает набор Y набору X либо не делает между ними различий (отношение *слабого предпочтения*). Для любого X множество слабой предпочтительности P_X выпукло. *Выпуклость оз-*

начает, что лучше иметь комбинацию товаров, допустим, в меньших количествах, чем только один из этих товаров (лучше иметь по-немногу соли, сахара, кофе, хлеба, чем одну только соль или один сахар, хотя и в большем количестве).

Отношение равноценности или безразличия $X \sim Y$ является эквивалентностью и разбивает пространство товаров на непересекающиеся подмножества, называемые классами или множествами равноценности (или безразличия), а в случае двух или трех товаров — кривыми, или поверхностями равноценности. Каждое отдельное множество или класс равноценности состоит из наборов товаров, одинаково привлекательных для потребителя. Типичная картина для двух видов товаров показана на рис. 16.1, а, где K_x , K_y — классы равноценности наборов X , Y соответственно ($X < Y$); заштриховано множество слабого предпочтения P_y . Кривые (линии) безразличия соединяют потребительские наборы, имеющие один и тот же уровень удовлетворения потребностей индивида. Множество линий безразличия называется картой линий безразличия. Линия безразличия, расположенная выше и правее, соответствует большему удовлетворению потребностей.

Простой обмен наборами товаров может быть выгодным для обоих участников. А. Смит приводил пример такого обмена: дальнорукый и близорукий имеют каждый не те очки, а в результате обмена получают ценные для себя вещи. Похожий вариант обмена показан на рис. 16.1, б. Допустим, первый участник имеет набор товаров A , а второй — B . Теперь представим, что они поменялись этими наборами. Так как набор B лежит выше кривой равноценности первого участника (сплошная линия), на кото-

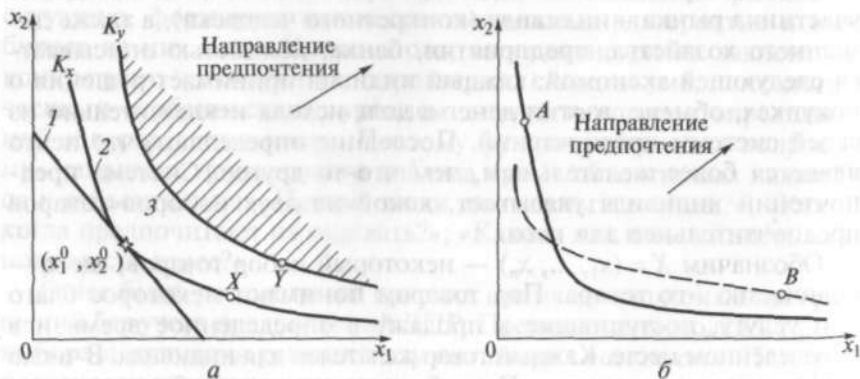


Рис. 16.1. Линии безразличия индивида для случая двух товаров:

а — карта линий безразличия; б — иллюстрация варианта обмена наборами товаров A и B ; 1 — бюджетная прямая; 2, 3 — линии безразличия; x_1 и x_2 — соответственно количество товаров A и B

рой лежит прежний набор A , то набор B для него ценнее. Аналогично и для второго участника, кривая равноценности которого изображена пунктирной линией. Если одним из товаров являются деньги, то подобный вариант обмена является покупкой товара одним из участников у другого и эта сделка обоюдовыгодна.

Функция полезности. Привлекательность набора товаров количественно оценивается функцией полезности $u(X)$. Если набор A предпочтительнее набора B , то $u(A) > u(B)$. Каждый потребитель имеет свою функцию полезности. Чем больше количество товара (блага) x , тем больше полезность от обладания им. Таким образом, полезность рассматривается как неубывающая функция $u(x)$, $u(0) = 0$.

Линия безразличия является линией уровня функции полезности. Функция полезности потребителя определяется на множестве потребительских наборов (x_1, \dots, x_n) и показывает потребительскую оценку индивидуумом этого набора, т.е. степень удовлетворения потребностей индивидуума, если он приобретает данный набор.

Задача рационального поведения потребителя на рынке заключается в выборе такого потребительского набора (для двух видов товаров x_1^0, x_2^0), который максимизирует его функцию полезности $u(x_1, x_2)$ при заданном бюджетном ограничении. Бюджетное ограничение означает, что денежные расходы на товары не могут превышать денежного дохода, т.е. $c_1x_1 + c_2x_2 \leq I$, где x_1 и x_2 — количество единиц первого и второго товара соответственно; c_1 и c_2 — рыночные цены одной единицы первого и второго товаров соответственно. Считают, что потребитель располагает доходом I , который он полностью тратит на приобретение благ (товаров), т.е. величина I — это не доход, а расход данного потребителя. Потребитель решает статическую задачу, т.е. в модели не учитываются межвременные предпочтения и возможность делать или расходовать сбережения. Математическая постановка задачи потребительского выбора имеет вид:

$$\begin{aligned} \max: & \quad u(x_1, x_2) \\ x_1, x_2 & \quad c_1x_1 + c_2x_2 \leq I, \\ & \quad x_1 \geq 0, \\ & \quad x_2 \geq 0. \end{aligned}$$

Временная ценность денег для индивида. Математическая эквивалентность денежных сумм V и v в различные моменты времени T и t при процентной ставке i выражается соотношением

$$V(T) = v(t)(1 + i)^{T-t}. \quad (16.1)$$

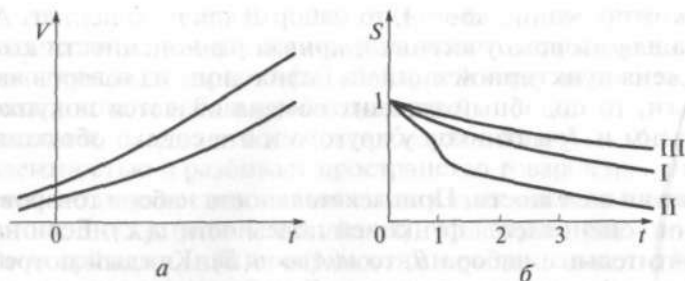


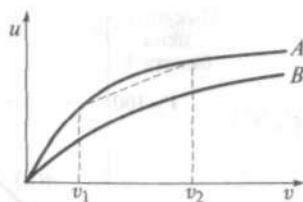
Рис. 16.2. Математическая эквивалентность (а) денежных сумм в различные моменты времени и функции (б) временной ценности денег (пояснение в тексте)

На графике в координатах «время t — деньги V » (рис. 16.2, а) проведены две кривые безразличия, каждая из которых является классом эквивалентности, задаваемым уравнением (16.1). Можно сказать, что сумма v в момент t эквивалентна «сиюмоментной» сумме $v(1+i)^{-t}$. При этом можно ограничиться рассмотрением единичной суммы и неотрицательными моментами времени. Обозначим «сиюмоментную» ценность единичной суммы в момент t через $S(t)$. График объективной функции временной ценности денег $S(t) = (1+i)^{-t}$ изображен на рис. 16.2, б кривой I.

Однако у конкретного индивида эквивалентность «время — деньги» необязательно совпадает с математической. Положение вполне аналогично отношению конкретного индивида к деньгам и ценам на разные товары: в магазинах установлены ценники на товары и все это создает эквивалентность на пространстве наборов товаров вместе с деньгами — это так называемая всеобщая эквивалентность — аналог математической. Вместе с тем у каждого индивида есть свое конкретное отношение к деньгам, товарам, времени, и поэтому своя функция временной ценности денег, которая может отличаться от математической. Например, у человека, который через год вступит во владение большим наследством, она может выглядеть как кривая II на рис. 16.2, б, а у человека, доходы которого через два года значительно уменьшатся — как кривая III. Можно выделить три типа функций временной ценности денег, называя их по отношению к объективной пессимистической (III), нейтральной (I) и оптимистической (II). Тогда принцип дачи и взятия денег в долг состоит в том, что берут займы в промежутки большей ценности денег, а отдают в промежутки меньшей ценности.

Полезность денег. Хорошо известно различное отношение людей к деньгам. Обозначим функцией $u(v)$ — полезность денежной суммы v для индивида (рис. 16.3). Функция $u(v)$ обладает свойством вогнутости — $u(v_1 + v_2) \leq u(v_1) + u(v_2)$ для любых сумм v_1 и v_2 , т.е. полезность денег уменьшается с увеличением их количе-

Рис. 16.3. Зависимость полезности денег (u) для индивида от их количества (v) (пояснение в тексте)



ства. Это аксиома, характеризующая поведение индивидуума и подтверждаемая всей человеческой практикой. С помощью функций полезности денег можно выразить характерное отношение к ним индивида. На рис. 16.3 изображены функции полезности денег индивидов A и B . Можно сказать, что индивид A хотел бы и будет доволен, если его доход лежит на промежутке $[p, q]$. В случае превышения такого дохода он начинает ценить деньги меньше, возможно, переключится на другие «радости» жизни. Для индивида B такое состояние наступает при больших суммах.

16.3. Предпочтения при принятии решений в условиях риска (теория ожидаемой полезности)

Отношение ЛПР к риску имеет важное значение для анализа принятия им различных решений. Теория полезности требует от разумного человека способности оценивать полезность, на этой основе делать выбор и принимать соответствующие решения в условиях неопределенности. На выбор решения, например о реализации инвестиционного проекта, влияет несколько факторов: ожидаемая доходность; временные предпочтения; вероятностные оценки риска; степень неприятия риска ЛПР, связанная с его отношением к риску, и др. Один и тот же человек может в одних обстоятельствах идти на риск, а в других — избегать его.

В подразд. 16.2 были рассмотрены предпочтения ЛПР в зависимости лишь от количества товара x (или размера дохода v). При этом не учитывалось влияние различных факторов на предпочтения ЛПР и, следовательно, на вид кривых полезности. В том случае, когда речь идет о случайных величинах, для формализации предпочтений используют теорию ожидаемой полезности.

Оценим влияние на полезность некоторого дохода v степени возможности p его получения.

Простейшие лотереи. Если индивид покупает лотерейный билет при вероятности $p = 0,5$ выигрыша (дохода) $V = 100$ р. за сумму $M[V] = pV = 0,5 \cdot 100 = 50$ р., равную математическому ожиданию выигрыша, то он — «объективист». Если он согласен заплатить за билет менее $M[V]$, то он «пессимист» — не любит рисковать, не верит в выигрыш. Если же он согласен заплатить за билет более $M[V]$, т.е. верит в выигрыш, то его отношение к риску положи-

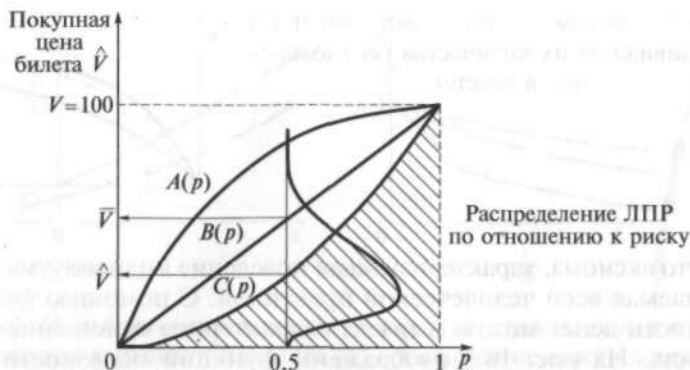


Рис. 16.4. Зависимость покупной цены лотерейного билета (\hat{V}) от вероятности выигрыша и склонности ЛПР к риску (p) (пояснение в тексте)

тельное и его можно назвать «оптимистом» или «любящим риск». Будем теперь изменять p . В результате получим графики покупной цены такого билета (рис. 16.4) для оптимиста $A(p)$, объективиста $B(p)$ и пессимиста $C(p)$. Понятно, что экономическое поведение по типу C , при котором человек больше боится потерять, чем желает приобрести, будет отличаться от поведения типов A и B в пользу осторожных решений и умеренных действий.

Известно, что разные люди относятся к риску по-разному: одни не любят рисковать, другие считают себя «счастливчиками», которым непременно повезет. Отношение разных ЛПР к риску можно оценить долей f площади под соответствующими кривыми на рис. 16.4 по отношению к площади квадрата: для объективиста $f = 0,5$ — его отношение к риску нейтральное; для пессимиста $0 < f < 0,5$ — он риска не любит и чем меньше f , тем больше он не любит риск; для оптимиста $0,5 < f < 1$ и чем ближе f к 1, тем благожелательнее его отношение к риску.

Большинство людей не любит рисковать и вообще во всех серьезных решениях риск предпочитает уменьшать. Поэтому поведение инвестора, например, наиболее адекватно описывает кривая $C(p)$.

Рассмотрим лотерею не с конечным множеством исходов, а более общую ситуацию. Когда множество исходов является множеством всех неотрицательных денежных сумм $R^+ = [0, \infty]$, лотерея задается функцией распределения $F(v) = P(V < v)$ случайной величины дохода V в лотерее. Если для ЛПР определена функция полезности $u(v)$, то средняя ожидаемая полезность лотереи V рассчитывается по формуле

$$M[u(V)] = \int_{R^+} u(v)f(v)dv,$$

где $f(v)$ — плотность распределения вероятностей случайной величины V . Ее дискретный аналог —

$$M[u(V)] = \sum_i p_i u(v_i), \quad (16.2)$$

где $\sum_i p_i = 1$.

Средняя ожидаемая полезность лотереи $M[u(V)]$ — это, во-первых, размер денежной суммы, который для ЛПР равноценен величине $\int_{R^+} u(v) dF(v)$, а во-вторых, аналог покупной цены лотерейного билета.

Пример 16.1. Допустим, функция полезности $u(v) = \sqrt{v}$, а выигрыши лотереи равномерно распределены в интервале $[0, 1]$. Тогда средняя ожидаемая полезность лотереи $M[u(V)] = \int_0^1 \sqrt{v} dv = 2/3$.

Обозначим средний выигрыш в лотерее $\bar{V} = M[V] = \int_{R^+} v dF(v)$.

Свойство вогнутости функции полезности $u(v)$ эквивалентно выполнению неравенства

$$M[u(V)] = \int_{R^+} u(v) dF(v) \leq u \left[\int_{R^+} v dF(v) \right] = u(\bar{V}), \quad (16.3)$$

т.е. для ЛПР ценность усредненной денежной суммы больше усредненной полезности этих денежных сумм. Таким образом, поведение ЛПР напоминает поведение «пессимиста».

Ожидаемая полезность лотереи $M[u(V)]$ не больше $u(\bar{V})$ — полезности среднего ожидаемого размера денежной суммы, которую ЛПР может выиграть в лотерее V . Величину $M[u(V)]$ называют безусловным эквивалентом лотереи V (эквивалентом без всяких вероятностных соображений). Разность $u(\bar{V}) - M[u(V)]$ показывает степень неприятия ЛПР риска и характеризует сумму, от которой ЛПР готово отказаться, чтобы не принимать на себя риск. В теории полезности считают инвестора не склонным к риску, если он предпочитает гарантированное получение выигрыша \bar{V} участию в лотерее, выигрыш которой описывается случайной величиной V . Это означает, что полезность выигрыша \bar{V} для инвестора выше, чем полезность участия в лотерее:

$$u(\bar{V}) > M[u(V)].$$

Детерминированным эквивалентом лотереи, выигрыш которой является случайной величиной V , называется такая величина \hat{V} , при которой инвестор безразличен в выборе между участием в лотерее и получением \hat{V} наверняка. Величина \hat{V} определяется из равенства $u(\hat{V}) = M[u(V)]$, т.е.

$$\hat{V} = u^{-1}M[u(V)].$$

Так, в условиях примера 16.1 из равенства $\sqrt{\hat{V}} = 2/3$ получим $\hat{V} = 4/9$.

Разность $h = \bar{V} - \hat{V}$ между ожидаемым выигрышем в лотерее и ее детерминированным эквивалентом называют *премией (надбавкой) за риск* (рис. 16.5). Премию за риск требует, например, инвестор, когда ожидаемый доход является случайной величиной, или кредитор от не вполне надежного заемщика, добавляя ее к процентной ставке по предоставляемому кредиту.

В условиях примера 16.1 $h = 1/2 - 4/9 = 1/18$.

Степень неприятия риска ЛПР. Она зависит от вида его функции полезности денег $u(v)$. Для представления предпочтений инвестора в теории ожидаемой полезности обычно используют следующие функции:

квадратичная

$$u(v) = v - \frac{bv^2}{2}, \quad v < 1/b;$$

экспоненциальная

$$u(v) = 1 - e^{-bv}, \quad b > 0;$$

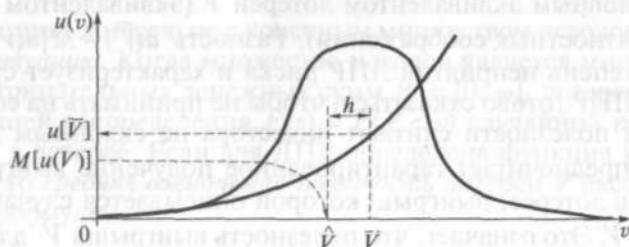


Рис. 16.5. Ожидаемый выигрыш, детерминированный эквивалент и премия за риск (пояснение в тексте)

логарифмическая

$$u(v) = \log(v + b), \quad v > -b.$$

Для характеристики степени неприятия риска в различных точках области ее определения используют локальную несклонность ЛПР к риску:

$$r(v) = -\frac{u''(v)}{u'(v)},$$

которая в конкретной точке v определяет коэффициент Эрроу—Пратта неприятия риска.

Такой вид характеристики выбран из следующих соображений: степень неприятия риска определяется вогнутостью функции полезности. Математически степень вогнутости определяется величиной второй производной. Однако одной второй производной недостаточно: если функцию полезности увеличить, например, в 2 раза, то система предпочтений ЛПР не изменится, но вторая производная тоже возрастет в 2 раза, хотя неприятие риска, очевидно, не изменилось. Для устранения этого применяют отношение производных;

для функции полезности первая производная положительна, а вторая — отрицательна. Для отношения производных $r(v) > 0 \quad \forall v$.

Если функция $r(v)$ положительна при всех v , то $u(v)$ — выпукла, а ЛПР — не склонно к риску.

Пример 16.2. Найти коэффициент Эрроу—Пратта неприятия риска для ЛПР с функцией полезности $u(v) = 1 - e^{-bv}$, $b > 0$ в некоторой точке v_0 . Имеем $u'(v) = be^{-bv}$, $u''(v) = -b^2e^{-bv}$. Значит, $r(v) = b$, т.е. локальная несклонность к риску ЛПР постоянна и положительна, так как $b > 0$, а коэффициент Эрроу—Пратта $r(v_0) = b$.

Локальная несклонность к риску для квадратичной функции полезности определяется зависимостью

$$r(v) = \frac{b}{1 - bv}.$$

При $v < 1/b$ функция $r(v)$ является положительной и возрастающей.

В случае логарифмической функции полезности $r(v) = 1/(v + b)$. Поскольку $v > -b$, то $r(v) > 0 \quad \forall v$. Рассматриваемая функция полезности характеризует инвестора с убывающей несклонностью к риску.

Функция полезности $u(v)$ для рационального инвестора должна обладать следующими свойствами:

1) $u'(v) > 0$ (ненасыщаемости богатства). Чем больше богатство, тем больше полезность от обладания им, т.е. $u(v)$ — неубы-

вающая функция (см. рис. 16.4). Один из двух постулатов, принятых Г. Марковицем при построении современной теории портфельного инвестирования заключается в том, что при двух вариантах инвестирования ЛПР выбирает вариант с большей доходностью (Н. Markovitz, 1952); второй постулат состоит в том, что при равной доходности инвестор выбирает вариант с меньшим риском;

2) $u''(v) < 0$ (несклонности к риску). Несклонность к риску объясняется следующими факторами: уменьшением ценности денег с увеличением их количества — имеет место эффект насыщения (см. рис. 16.4); риском потери того, что уже есть, в попытке получения дополнительного богатства, которое к тому же становится все менее ценным. А богатые люди не склонны рисковать заработанным;

3) $u'''(v) > 0$ (осторожности);

4) $u''''(v) < 0$ (сдержанности).

Для описания склонности или несклонности ЛПР к риску воспользуемся следующими понятиями:

простого шанса (лотереи) $L = (V_1, V_2/p)$, где V_1 и V_2 — выигрыши с вероятностями p и $(1-p)$ соответственно;

детерминированного эквивалента \hat{V} .

Под детерминированным эквивалентом понимают:

а) такой гарантированный доход, который для данного лица эквивалентен простому шансу;

б) сумму, которую ЛПР согласно заплатит за участие в простой лотерее, т. е. за $(100 \cdot p)\%$ -й шанс выиграть V_1 рублей.

Склонность или несклонность ЛПР к риску определяется в зависимости от соотношения ожидаемого выигрыша в простой лотерее $\bar{V} = M[V] = pV_1 + (1-p)V_2$ и гарантированного эквивалента \hat{V} :

если

$$\hat{V} > \bar{V}, \quad (16.4)$$

то ЛПР считается *склонным к риску*;

если

$$\hat{V} < \bar{V}, \quad (16.5)$$

то это ЛПР *не склонно к риску*;

если

$$\hat{V} = \bar{V}, \quad (16.6)$$

то данное ЛПР *безразлично к риску*.

Полученные условия позволяют сделать вывод о виде функции рисковой полезности $u(V)$. В соответствии с формулой (16.2) значение функ-

ции рискованной полезности на примере простой лотереи определяется выражением:

$$M[u(V)] = u(V_1, V_2/p) = \sum_{i=1}^2 p_i u(V_i) = pu(V_1) + (1-p)u(V_2).$$

Соответствие простой лотереи гарантированному эквиваленту $u(\hat{V})$ означает, что их полезность для инвестора одинакова:

$$u(\hat{V}) = u(V_1, V_2/p) = pu(V_1) + (1-p)u(V_2).$$

С учетом условия (16.4) для ЛПР, склонного к риску, имеем

$$u(\hat{V}) = pu(V_1) + (1-p)u(V_2) > u[pV_1 + (1-p)V_2],$$

т.е. функция рискованной полезности $u(V)$ является *выпуклой*.

Если ЛПР не склонно к риску, то с учетом условия (16.5) имеем

$$u(\hat{V}) = pu(V_1) + (1-p)u(V_2) < u[pV_1 + (1-p)V_2]$$

и функция $u(V)$ — *вогнутая*.

Если ЛПР безразлично к риску, то с учетом условия (16.6) верно равенство

$$u(\hat{V}) = pu(V_1) + (1-p)u(V_2) = u[pV_1 + (1-p)V_2]$$

и функция $u(V)$ — *линейная*.

Для практического использования функции рискованной полезности ее необходимо построить для каждого ЛПР. Для этого проводят опрос методом простого шанса (простой лотереи).

Пример 16.3. Допустим, начальный капитал V_0 ЛПР составляет 4 тыс. р., а его функция полезности денег $u(v) = \sqrt{v}$. Ему предлагают лотерею, в которой возможен выигрыш $V_1 = 12$ тыс. р. с вероятностью $p_1 = 0,5$ и «выигрыш» $V_2 = 0$ р. с вероятностью $p_2 = 0,5$. Следует ли ЛПР участвовать в такой лотерее?

Решение. Полезность 4 тыс. р. для ЛПР равна $u(V_0) = u(4) = \sqrt{4} = 2$. Полезность его капитала в случае принятия решения об участии в лотерее и выигрыша 12 тыс. р. равна $u(4 + 12) = 4$, а после «выигрыша» 0 тыс. р.

$u(4) = 2$. Средняя ожидаемая полезность лотереи $M[u(V)] = \sum_{i=1}^2 p_i u(V_i) = 0,5 \cdot 4 + 0,5 \cdot 2 = 3$, что больше первоначальной. Следовательно, ему целесообразно участвовать в лотерее. А сколько ему можно заплатить за право участия в этой лотерее? Плата s определяется из условия

$$\sum_{i=1}^2 p_i u(V_i - s) \geq u(V_0).$$

Тогда из уравнения $0,5(4 - s + 12) + 0,5(4 - s) = 2$ находим: $s = 3,75$ тыс. р.

Учет отношения ЛПР к риску. Введем в рассмотрение функцию полезности $u(r, v)$, с помощью которой ЛПР оценивает операцию с риском R и эффективностью (средней ожидаемой доходностью) \bar{V} . Любая линия уровня функции u , определяемая из условия $u(r, v) = \text{const}$, дает операции, равноприемлемые для ЛПР (кривые безразличия). В зависимости от отношения ЛПР к риску эти функции могут быть трех видов (рис. 16.6):

соответствуют неприятию риска; двигаясь по кривой безразличия, ЛПР компенсирует увеличение риска все большим увеличением дохода (платой за риск). При этом чем круче вверх идут ветви кривых, тем выше степень избегания риска ЛПР (см. рис. 16.6, а);

соответствуют нейтральному (безразличному) отношению к риску (см. рис. 16.6, б);

соответствуют благожелательному отношению к риску, когда ЛПР считает, что ему непременно повезет, и предпочитает более рискованные операции (см. рис. 16.6, в).

Наиболее естественным представляется поведение ЛПР с неприятием риска. Функция полезности такого ЛПР может быть следующей: $u(r, v) = v - 2r$. Допустим, $u(r, v) = 0$, тогда $v = 2r$, т.е. ЛПР готово увеличить риск на 1 ед., если при этом эффективность увеличится на 2 ед.

Отношение ЛПР к риску посредством его функции полезности учитывают, например, при решении задачи об оптимальном портфеле ценных бумаг: среди всех портфелей π найти портфель P , наиболее полезный для данного ЛПР, т.е. максимизирующий его функцию полезности:

$$\begin{aligned} \max : & u(P) \\ & P \in \pi \end{aligned} \quad (16.7)$$

Такой портфель надо искать среди портфелей π , оптимальных по Парето (или эффективных).

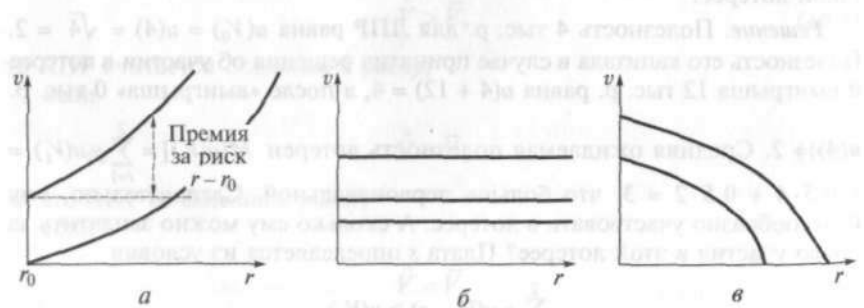


Рис. 16.6. Зависимость доходности от риска при различном отношении ЛПР к риску

Множество портфелей с различными портфельными весами X характеризуется определенными значениями средней доходности \bar{V}_p и риска (дисперсии доходности) R_p . Естественной функцией полезности портфеля является такая, которая возрастает с увеличением его средней доходности \bar{V}_p и уменьшением риска R_p . Поэтому можно ограничиться лишь портфелями, оптимальными по Марковицу, т.е. имеющими максимальную среднюю доходность при данном риске или минимальный риск при данной средней доходности. В модели Марковица допустимыми являются только стандартные портфели без коротких позиций (покупка в долг на короткий срок для последующей продажи актива или продажа актива без покрытия), т.е. инвестор по каждому активу находится в длинной позиции (купил актив за свои деньги для последующей продажи). Из-за недопустимости коротких позиций на портфельные веса кроме естественного условия $\sum_{i=1}^n x_i = 1$ наложено условие неотрицательности $x_i \geq 0 \forall i$.

Если построить зависимость между средней доходностью и средним квадратическим отклонением доходности для оптимизированных в соответствии с (15.2) или (15.3) портфелей, то получится кривая, вид которой изображен на рис. 16.7. Для каждого портфеля, представленного точкой из отрезка кривой AB , существует портфель с таким же средним квадратическим отклонением и большей средней доходностью, которому соответствует точка на отрезке BC . Таким образом, отрезок кривой BC представляет множество наилучших портфелей, или, как говорят, эффективное множество. Из двух портфелей P_1 и P_2 , принадлежащих отрезку BC , если P_1 предпочтительнее P_2 с точки зрения средней доходности, то P_2 лучше P_1 по дисперсии, и наоборот.



Рис. 16.7. Зависимость доходности от ее среднего квадратического отклонения для оптимизированных портфелей P_1 и P_2 (пояснение в тексте):

- — эффективные портфели; ○ — допустимые, но неэффективные портфели; ◐ — недопустимые портфели

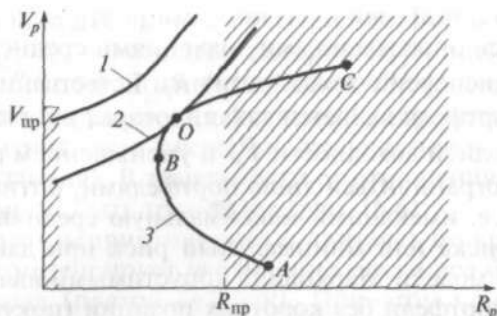


Рис. 16.8. Выбор оптимального портфеля:

1, 2 — кривые безразличия; 3 — кривая эффективного множества; $R_{пр}$ — возможное ограничение на риск; заштрихована область недопустимых рисков либо доходности

Портфель эффективен, если он допустимый и, кроме того, для заданной доходности, например \bar{V}_{P_1} , содержит меньший риск R_{P_1} по сравнению с другими портфелями, приносящими такую же доходность \bar{V}_{P_1} , или при определенном риске R_{P_2} обеспечивает более высокую доходность \bar{V}_{P_2} по сравнению с другими комбинациями с R_{P_2} .

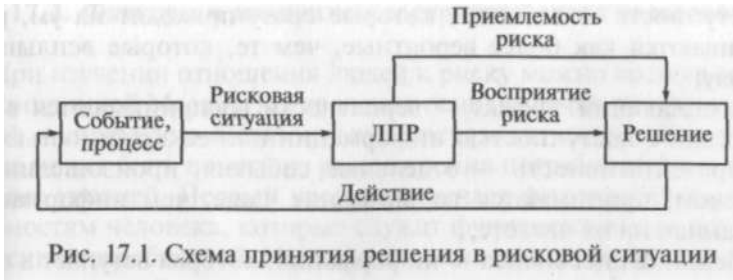
Выбор портфеля из эффективного множества зависит от отношения инвестора к риску. Для того чтобы определить это отношение, используют кривые безразличия (см. рис. 16.6). Все портфели, находящиеся на одной кривой, одинаково устраивают инвестора. Последний имеет бесконечное множество параллельных друг другу кривых безразличия. Если кривые вогнутые, то инвестор готов идти на увеличение риска только в том случае, если это даст увеличение средней доходности. Такого инвестора называют не склонным к риску.

Для того чтобы выбрать из эффективного множества наиболее подходящий портфель, инвестор должен изобразить свои кривые безразличия на одном графике с кривой эффективного множества (рис. 16.8). Наилучший портфель будет соответствовать точке, в которой кривая безразличия касается кривой эффективного множества (в нашем случае это точка O).

ГЛАВА 17. ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В РИСКОВЫХ СИТУАЦИЯХ

17.1. Направления исследований восприятия риска

Риск многомерен по своей природе. Решения в рискованных ситуациях принимают не только на основе информации о вероятно-



сти (частоте) негативных событий, их возможных последствиях, выгодах от вида деятельности, затратах на реализацию рискованного проекта и защиту, но и в соответствии с восприятием риска различными людьми и социальными группами, приемлемости для них различных рисков (рис. 17.1). Поэтому для принятия решений и управления риском важное значение имеют результаты исследований его восприятия. *Восприятие риска* — это отношение людей и общества к риску, которое необходимо учитывать при принятии решений об осуществлении рискованных проектов и выработке мероприятий по снижению риска, с тем чтобы они были правильно восприняты и адекватно реализованы.

При принятии решений об осуществлении деятельности с повышенным риском или о снижении риска необходимо учитывать не только количественные, но и качественные характеристики риска, которые обусловлены различными факторами и механизмами его восприятия. Выявленные приоритеты в общественно-экономическом состоянии природной, техногенной, промышленной, пожарной, радиационной, общественной, экономической, экологической, национальной безопасности должны учитываться при подготовке необходимых мероприятий. Результаты исследований восприятия риска имеют существенное значение для адекватной коммуникации риска.

Психологические исследования риска с учетом субъективных суждений о природе и величине рисков ведутся в трех направлениях (О.Ренн, 1999).

1. Исследования различий в рискованных действиях, т.е. *индивидуальных предпочтений относительно вероятностей*, для того чтобы объяснить, почему индивидуумы не вырабатывают свое мнение о риске на основе средних значений. Так, например, люди не склонны рисковать, если потенциальные потери высоки, и рискуют, если велика возможная прибыль.

2. Исследования *индивидуального восприятия риска* в процессе принятия решений, когда делают выводы на основе вероятностной информации. Они выявили ряд человеческих (интуитивных) предубеждений в восприятии риска, влияющих на его приемлемость:

доступность — события, которые сразу приходят на ум, рассматриваются как более вероятные, чем те, которые всплывают не сразу;

закрепляющий эффект — вероятности воспринимаются в соответствии с доступностью информации или ее значимостью;

репрезентативность — отдельные события, произошедшие с человеком, принимаются во внимание чаще, чем информация, основанная на их частоте;

избегание диссонанса — информация, которая вступает в противоречие с воспринимаемыми вероятностями, являющимися частью системы убеждений, будет либо проигнорирована, либо недооценена.

3. Исследования *общественного восприятия риска*. Психологические исследования могут помочь в создании более полного набора вариантов принятия решений и критериев их оценки. Подобно другим психологический взгляд на риск несет ценную информацию для понимания реакции на него людей и для выработки политики в отношении риска.

Выделяют следующие теории восприятия риска: теория знания, в основе которой лежит неявное представление, что люди воспринимают технологии как опасные, потому что они знают об их опасности; теория личности, объясняющая отношение к риску особенностями личного отношения к нему (одни люди любят рисковать, другие — не любят) и др. Установлено, что восприятие риска — интерактивный феномен: индивидуальное восприятие риска опосредовано восприятием риска в местном сообществе.

И вероятность, и величина ущерба как объективно-статистические характеристики ситуации влияют на поведение человека не сами по себе, а опосредованно: через рефлексию — осознание ситуации, «примеривание» ее к себе, своим возможностям. В этом случае риск выступает как вероятностная прогностическая характеристика действий личности, регулируемых рефлексивным механизмом. Это означает, что риск как психологическое понятие отражает лишь сознательную человеческую деятельность и является характеристикой сознательно действующего субъекта.

Исследование восприятия риска расширяет взгляды ученых на понимание отношения к риску, на общие и уникальные механизмы реакции, адаптации и действий, которые люди используют, когда имеют дело с неопределенными результатами. Несмотря на противоречивость, механизмы восприятия играют важную роль как противовес техническому анализу риска. В ходе эволюции люди приобрели сложное, многомерное (хотя довольно неопределенное) понимание риска, подразумевающее осторожный подход к его новым видам и лишь небольшое беспокойство в отношении тех из них, к которым человек уже привык.

17.2. Факторы и механизмы восприятия риска человеком

При изучении отношения людей к риску можно воспользоваться концепцией Маслоу, которая дает основу для рассмотрения действий индивидуума в связанных с риском ситуациях. Восприятие риска может быть понято из рассмотрения потребностей первого и второго уровней. Первый уровень отвечает физиологическим потребностям человека, которые служат фундаментом для психологических потребностей. Непосредственно на этом фундаменте находится низший уровень психологических потребностей — потребность в безопасности. Ее роль и положение относительно других потребностей имеют важнейшее значение в понимании психологической основы восприятия риска. Потребности двух низших уровней требуют удовлетворения в первую очередь для сохранения здоровья. После их удовлетворения заявляют о себе потребности более высоких уровней, становясь мотиватором поведения.

Потребность в безопасности имеет собственную внутреннюю структуру — она включает не только обеспечение физической безопасности, но также достижение чувства защищенности от физических и эмоциональных угроз. Чувство эмоциональной безопасности (комфорта) близко к чувству защищенности от болезни. Потребность в эмоциональной безопасности в значительной степени определяет восприятие риска. Таким образом, восприятием риска управляют сложные процессы, имеющие психологическую, антропологическую и социально-психологическую природу. Исследования по изучению факторов, определяющих восприятие риска, направлены на установление связи между двумя процессами: восприятием риска и выработкой решений по приемлемости (допустимости) риска. От восприятия риска зависит его оценка, управление им (принятие мер по его предотвращению или снижению), а также выбор пути информирования людей о том или ином риске. Проведенные исследования выявили закономерности этих процессов. Психологи и социальные психологи установили, что уровень риска — это не единственный фактор, влияющий на восприятие риска. Считаться необходимо также со следующими факторами (V.T.Covello, 1996).

Фактор катастрофичности. События, в результате которых являются человеческие жертвы, сгруппированные по времени и месту (например, взрыв на потенциально опасном объекте), затрудняют восприятие риска по сравнению с событиями, жертвы которых рассеяны по месту и времени (дорожно-транспортные происшествия). Следствием действия данного фактора является социальное неприятие рисков аварий на потенциально опасных объектах, связанных со значительным ущербом.

Фактор знакомства, т.е. риски, вызванные незнакомыми явлениями или процессами, воспринимаются с трудом.

Фактор понимания явления или процесса простыми людьми. Чем меньше понимание, тем больше внутренняя обеспокоенность и недоверие и, следовательно, больше невосприятие соответствующего риска. Например, степень неприятия риска, связанного с воздействием радиации, непосредственно не воспринимаемой органами чувств, существенно выше, чем риска, которому подвергаются жители любого промышленного города в результате выброса в атмосферу и водную среду вредных химических веществ.

Фактор неопределенности в последствиях. Чем меньшим объемом имеющихся научных данных характеризуется событие или процесс, тем больше неприятие обусловленного им риска.

Фактор контролируемости действий или событий. Этот фактор проявляется в виде осознаваемой индивидуумом возможности влиять на то действие, в которое он вовлечен. Если человек находится в ситуации, развитие которой происходит независимо от его личного контроля, он склонен к большему беспокойству за последствия. Например, человек за рулем автомобиля воспринимает риск попасть в аварию в меньшей степени, чем его пассажир. Аналогичная ситуация имеет место в случае проживания в районе АЭС.

Фактор добровольности. Люди меньше задумываются о риске, если идут на него по собственной воле. Увлечение альпинизмом, например, сопряжено с немалыми угрозами жизни и здоровью, но в этих случаях проблем с восприятием риска нет. Напротив, экологические риски, обусловленные, например, загрязнением питьевой воды или воздуха, наличием даже небольшого превышения уровня ионизирующего излучения по сравнению с естественным фоном воспринимаются болезненно, так как не являются добровольными.

Фактор воздействия на детей (на будущие поколения). Риск, вызванный событиями или процессами, последствия которых сказываются в первую очередь на детях, труднее воспринимается. Примером может служить угроза попадания пестицидов или иных токсикантов в продукты детского питания.

Фактор времени проявления эффектов. Риски, обусловленные задержанными эффектами, воспринимаются хуже, чем риски от немедленных эффектов.

Фактор идентифицируемости жертв. Проявляется в различном отношении людей к конкретным лицам пострадавших в опасных ситуациях и к статистике жертв. Неприятие группой шахтеров риска оказаться в завале значительнее неприятия статистических сведений о среднем числе шахтеров, погибающих под землей ежегодно.

Фактор обратимости. Неприятие риска необратимых событий (например, кислотного дождя или радиоактивного загрязнения территории) больше, чем обратимых (например, перелом ноги У лыжника при неудачном спуске с горы).

Фактор доверия ответственным за управление риском государственным структурам. При достаточно высоком уровне доверия неприятие риска снижается и, напротив, неприятие риска возрастает в случае дефицита доверия к указанным институтам.

Фактор внимания средств массовой информации (СМИ). Если СМИ совсем не уделяют внимания каким-либо опасным событиям или информируют о них в незначительной мере, то неприятие риска этих событий как бы заторможено. Но стоит сведениям о таких событиях появиться в заголовках новостей, как неприятие соответствующих рисков существенно возрастает.

Фактор предшествующей истории. Риск деятельности, в ходе развития которой не было ни крупных аварий (катастроф), ни даже происшествий, воспринимается как малосущественный. Если же в истории производства или иной деятельности были аварии (катастрофы), то риск воспринимается как весьма серьезный. Так, новая технология — генная инженерия — имеет совсем короткую историю, в которой еще нет никаких фатальных происшествий. Поэтому люди не относят ее риск к категории важных (хотя это может быть неверным). История же ядерной энергетики включает несколько крупных аварий, следствием чего является негативное восприятие ее риска.

Фактор справедливости. Если риск распределен между членами общества более или менее равномерно, то его неприятие невелико. Однако оно резко увеличивается при явно неравномерном распределении (например, для людей, проживающих вблизи потенциально опасного объекта).

Фактор выгоды. Если польза, которую предполагается извлечь в ситуации риска, ясна, то неприятие риска мало, а в противном случае — велико.

Фактор личной вовлеченности. Возможность принятия решения прямо пропорциональна степени подверженности риску отдельного индивидуума.

Фактор происхождения. Отражает различие в восприятии риска, обусловленного антропогенными и неантропогенными опасностями. Чувствительность к риску, вызываемому опасными действиями (или бездействием) людей, выше чувствительности к риску, обусловленному, например, явлениями природы.

Действие перечисленных факторов на восприятие риска количественно изучают в ходе психометрических исследований с опросом десятков — сотен людей, данные которого обрабатывают с помощью методов многомерной статистики (например, факторного анализа).

Механизмы восприятия риска исследуют такие науки, как психология и социальная психология. Эксперименты по восприятию сопряженных с риском событий и процессов показали, что при обработке получа-

емой информации люди по-разному относятся к «хорошим» и «плохим» новостям. Человеческой психике присущ особый механизм, который значительно повышает чувствительность к негативной информации (*принцип асимметрии*). Причины этого заключаются в следующем: по сравнению с положительными событиями отрицательные (катастрофы, разоблачение лжи или преступных действий) представляются более зримыми и эффектными; кроме того, люди склонны полагать, что источники плохих новостей в большей степени заслуживают доверия, чем источники, из которых поступает положительная информация (P. Slovic, 1993).

Социальное усиление риска. Исследования в области социальной психологии показали, что прохождение сообщений по информационным каналам (прежде всего, через СМИ), сопровождается изменениями нагрузки этих сообщений: сигналы о риске могут усиливаться или ослабляться. Роль социального усиления риска возрастает (сфера действия расширяется) по следующим причинам:

существенно расширились возможности выявления в среде обитания низких концентраций опасных веществ. Следовательно, возросло количество первоначально слабых коммуникационных сигналов о техногенном и экологическом рисках, которые могут усилиться в информационных системах. Вот образец представления данных по радиационной обстановке: «В течение года в приземной атмосфере г. Курчатова наблюдалось 27 случаев регистрации йода-131. Концентрация йода-131 была на 5 порядков ниже допустимой по НРБ-99». Здесь приведены факты регистрации радионуклидов на уровнях, в 10^5 раз меньших ПДК;

усиление зависимости людей от новых технологий, многие из которых в случае аварийных ситуаций способны привести к тяжким последствиям;

снижение доверия к оценкам безопасности, которые дают специалисты. В последние годы в мире имели место экологические и технологические катастрофы (авария на Чернобыльской АЭС, гибель космических кораблей «Челленджер» и «Колумбия», разрушение башен-близнецов Всемирного торгового центра в США), которые широко освещались в средствах массовой информации. Эти катастрофы произошли именно там, где были приняты максимальные меры по обеспечению надежности и безопасности;

наличие выгод от научно-технического прогресса обычно считается не требующим особых доказательств. Поэтому когда люди затрудняются осознать выгоды от какого-либо вида деятельности, они могут стать нетерпимыми даже к малой степени риска от нее;

в настоящее время людям говорят, что они способны контролировать многие виды риска. Действительно, использование ремней безопасности снижает количество жертв аварий на автотранспорте, отказ от курения снижает возможность заболеть раком легких, соблюдение диеты предотвращает появление лишнего веса и ведет к увеличению продолжительности жизни и т.д. Возросшая уверенность в способности держать некоторые риски под контролем приводит к тому, что люди болезненно реагируют на ситуацию, в которой они оказываются в результате увеличения количества неподконтрольных им рисков;

психологические исследования показывают, что чем богаче люди и больше у них того, что можно потерять, тем осторожнее они ведут себя при принятии решений. Это относится не только к богатству, но и к здоровью. Осторожность в решениях, касающихся здоровья, создает благоприятные условия для усиления даже самых слабых сигналов о риске; возрос катастрофический потенциал современных опасностей.

Механизм усиления (ослабления) риска приводит к тому, что средства массовой информации в процессе передачи новостей уделяют очень мало внимания многим важным данным научного характера. Журналистов обычно не интересуют количественные оценки вероятностей и последствий реализации опасностей, они склонны искать связанные с ними политические причины или социальные конфликты.

Неадекватное восприятие вероятностей. Люди часто неправильно судят о вероятностях различных событий и в результате действуют вопреки логике, следующей из вероятностных представлений. Действие указанного механизма зависит от нескольких факторов, ведущим из которых является двойственный характер вероятности. Кроме объективной вероятности, рассматриваемой в математике, вводится понятие так называемой субъективной вероятности, определяемой как степень уверенности индивидуума в совершении действия или события. Объективная вероятность предполагает возможность использования частотного подхода к ее интерпретации. Такой подход характерен для специалистов, остальные люди склонны полагаться на интуитивную степень уверенности, т.е. пользуются субъективной вероятностью.

Если события или процессы происходят достаточно часто, то при решении связанных с риском задач трудностей обычно не возникает. Действительно, здесь для оценки вероятности неблагоприятного события можно ориентироваться на его частоту и применять такой показатель, как объективная вероятность. Но если приходится оценивать вероятность крайне редкого события, то частотный подход невозможен и тогда прибегают к субъективной вероятности, получаемой с помощью экспертных оценок.

Разновидностью механизма неадекватного восприятия вероятностей является систематическое искажение оценок риска. Это проявляется в недооценке людьми относительно высоких уровней риска и, напротив, переоценке ими низких уровней. Например, подавляющее большинство людей увеличивает риск полетов на самолете и занижает риск езды на автомобиле. Это можно объяснить влиянием таких факторов восприятия риска, как катастрофичность, контролируемость, добровольность, понимание и т.д.

Искажение оценок вероятности приводит к тому, что риски, характеризующиеся низкими вероятностями событий, но тяжелыми последствиями, воспринимаются как более угрожающие по сравнению с рисками, обусловленными событиями с большой вероятностью, но умеренными последствиями. По этой причине общественное мнение склонно, в частности, преувеличивать опасность использования ядерных реакторов для производства электроэнергии по сравнению с тепло- и гидроэлектростанциями.

Эксперименты свидетельствуют об определенной склонности людей подвергнуться риску, чтобы избежать потерь, и в то же время явной недооценке ими перспективы выигрыша. В этом заключается так называемая *стратегия оптимизации риска* («лучше синица в руках, чем журавль в небе»). Человек обычно идет на определенный риск, чтобы предотвратить потерю чего-либо или свести эту потерю к минимуму, даже если при этом он рискует большей потерей. Однако когда речь идет не о потере, а возможном приобретении, люди, как правило, не желают подвергаться риску, предпочитая получить меньше, но со стопроцентной уверенностью (теория ожидаемой полезности Бернулли).

Устрашение «скрытыми» рисками. Механизм устрашения рисками, условно называемыми скрытыми, близок по действию к эффектам, проявляющимся в случае восприятия риска от крайне редких, но катастрофических событий. Люди склонны преувеличивать риск, обусловленный маловероятными событиями или процессами, являющимися катастрофами. Термин «скрытые риски» следует понимать в двух значениях.

Во-первых, он охватывает риски, связанные с гипотетическими событиями или процессами, которые не имели места в истории человечества, но теоретически могут произойти: ядерная война, столкновение Земли с крупным астероидом, изменение климата. Именно вследствие очень малой вероятности подобных событий их восприятие оказывается неопределенным и совершенно различным у разных людей, прежде всего у специалистов и неспециалистов.

Во-вторых, значение термина «скрытые риски» относится к радиационному риску. Угроза радиации воспринимается людьми по-особому, так как они знают, что ее носитель невидим и обладает высоким энергетическим потенциалом. В течение многих лет вся информация, связанная с ядерной энергией, хранилась в тайне. С термином «ядерная энергия» ассоциируются представления об атомных бомбардировках США японских городов Хиросимы и Нагасаки, мощных взрывах, разрушениях, радиоактивных осадках, лучевой болезни, генных мутациях. Все это способствовало формированию радиофобии (боязни облучения, неприятию ядерной энергетики).

Архетип «поверженного героя». Выдающийся психолог К. Юнг ввел понятие о *коллективном бессознательном*, обозначающем ту область человеческой психики, в которой удерживается и из которой передается по наследству многое из накопленного психологической сферой всего человечества. Имеются существенные различия между личным и коллективным бессознательным. Последнее можно считать суммой всех наследственных факторов духовной эволюции людей. З.Фрейд, как известно, считал область бессознательного вместилищем вытесненных комплексов (в основном сексуальных), т.е. той доли психической субстанции, которая выходит за пределы сознания в течение жизни индивидуума. К. Юнг полагал, что коллективное бессознательное отнюдь не является простым вместилищем комплексов, оно представляет собой более глубокий и несравненно более важный слой, в фундаментальной

части которого хранится генетическая память всего человеческого рода. Коллективное бессознательное возрождается в мозгу каждого индивидуума, где оно впоследствии функционирует и проявляется. Основные виды этого проявления — разнообразные образы и символы, за которыми угадываются контуры универсальных структур, называемых *архетипами*.

Согласно представлению К. Юнга архетипы — это те устойчивые формы, в которых существует коллективное бессознательное. Их универсальная природа доказывается тем, что порождаемые ими символические представления с постоянством повторяются в снах, видениях, галлюцинациях и фантазиях совершенно разных людей в абсолютно разных условиях и обстоятельствах, а также в мифах различных народов, никогда не имевших контактов друг с другом. Архетипы несут на себе мощную эмоциональную нагрузку и могут интенсивно влиять на сознание человека, его поведение, отношение к чему-либо. Архетипические структуры коллективного бессознательного постоянно и активно воздействуют на сознание и играют важную роль в его формировании. Архетипы находятся вне сферы личного осознанного контроля, они могут быть вызваны некоторым стимулирующим сигналом в виде конкретного послания, мысли или внешнего события. Именно архетипы создают религии, мифы и философские течения, которые влияют на судьбы народов и характеризуют целые исторические эпохи. Одним из самых распространенных является миф о герое.

Миф о герое встречается повсюду — в античной мифологии Греции и Рима, в средневековых сказаниях европейских стран, в эпосе народов стран Ближнего и Дальнего Востока. Детали мифа варьируют, но главное остается неизменным: некий герой вначале был любим и обласкан богами, но потом возгордился и восстал против них, в результате был жестоко наказан. Это составляет основу архетипа поверженного героя, его типичными представителями можно считать Икара и Прометея. Можно предположить, что архетип поверженного героя играет значительную роль в формировании негативного отношения к ядерной энергии и в проявлении радиофобии. Последняя связана с представлением об энергии атома и заключается в необоснованном страхе, вызываемом возможностью подвергнуться даже ничтожному облучению. Люди подсознательно проводят аналогию между ситуацией с высвобождением атомной энергии и мифом о Прометее. По этой аналогии современный человек, овладевший невиданной энергией, уподобился похитившему у богов огонь Прометею и должен быть за это сурово наказан. Доказательством этого должны служить такие катастрофы, как чернобыльская, или возможность гибели цивилизации в результате ядерной войны.

Значение архетипов состоит в том, что человек становится зависимым, им управляет некая сила, о которой он ничего не знает, но которая еще с доисторических времен является ему в представлениях, напоминая с их помощью о себе. Зависимость людей от архетипов проявляется в процессе восприятия ими риска.

17.3. Восприятие риска обществом в целом

Психологические исследования выявляют различные смысловые значения понятия «риск» в зависимости от контекста, в котором этот термин используется. В то время, как в естественных науках риск обозначает вероятность эффекта, умноженную на его величину, в обыденное понимание риска входят различные дополнительные смысловые значения.

Можно выделить главные семантические образы техногенного риска в его общественном восприятии (О.Ренн, 1999):

неминуемая опасность («дамоклов меч») — искусственный источник риска; большой катастрофический потенциал; восприятие случайности как угрозы;

медленные убийцы («ящик Пандоры») — искусственные ингредиенты в пище, воде, воздухе; отдаленные некатастрофические эффекты; контингент населения в большей степени полагается на информацию, чем на опыт; поиск детерминированных решений по управлению риском;

соотношение «затраты — выгоды» («весы Афины») — ограниченное рассмотрение только денежных доходов и потерь; большая ориентация на дисперсию распределения, чем на математическое ожидание; асимметрия между рисками и прибылью; преобладание вероятностного стиля мышления;

любители острых ощущений (образ Геркулеса) — личный контроль над степенью риска; требуется индивидуальное мастерство для преодоления опасности; добровольная деятельность; некатастрофические последствия.

Они демонстрируют, что интуитивное понимание риска многомерно и не может быть сужено до произведения вероятностей и последствий. Восприятие риска сильно различается в зависимости от социальной и культурной среды. С точки зрения психологии риск включает в себя все нежелательные или желательные последствия, которые люди связывают с определенной причиной. Отражают ли эти причинно-следственные связи реальные опасности или выигрыши — не столь важно. Люди реагируют согласно своему восприятию риска, а не объективному уровню рисков или его научной оценке. Научные оценки риска заменяются верой в то, что люди знают из личного опыта о вероятности появления любого нежелательного результата. Это отражается формулой, в которой обычно больший вес имеет величина последствия, чем вероятность его появления.

Недостатком психологического подхода является излишняя концентрация на субъективных оценках индивидуума. Многообразие точек зрения, которыми люди пользуются, чтобы формировать суждения, а также зависимость от интуитивной эвристики и услышанного опыта делают почти невозможным объединение

индивидуальных предпочтений и нахождение общего критерия для сравнения индивидуальных восприятий риска. Восприятие риска меняется в зависимости от индивида и группы. В то же время это восприятие отражает реальные интересы людей и включает нежелательные последствия, которые часто пропускает технический анализ риска. Каким образом исследования восприятия риска, столкнувшись с этой дилеммой, могут способствовать совершенствованию политики управления риском? Они могут выявлять общественные интересы и ценности; служить индикаторами общественных предпочтений; помочь определить стратегию взаимодействия с общественностью; представлять личный опыт способом, бесполезным для научных оценок риска.

Перспективными являются следующие направления исследования восприятия риска:

- концентрация внимания на межиндивидуальных разногласиях и общих чертах восприятия риска среди наций и социально-культурных групп;

- изучение влияния условий проявления риска на его приемлемость;

- совершенствование знания о взаимосвязи между восприятием риска, отношением к объектам риска и поведением людей.

Отношение людей к риску варьирует от активной готовности рисковать до пассивного безразличия к опасностям. Готовность бывает вынужденной или добровольной. Примером первой является освоение заведомо опасных территорий и технологий в целях повышения обороноспособности государства, замена неприемлемо высокого риска военного поражения на меньшие природные и техногенные риски. На добровольной готовности к риску основано рыночное предпринимательство. Безразличие к опасностям наступает у людей, отчаявшихся, с низким уровнем интеллекта, а также у людей, страдающих определенными психическими заболеваниями.

Характеристика факторов восприятия риска общественностью (коллективного восприятия) приведена в табл. 17.1.

Таблица 17.1

Условия восприятия риска

Фактор	Условия, повышающие общественный интерес	Условия, снижающие общественный интерес
Вероятность возникновения	Высокая вероятность нежелательных последствий	Низкая вероятность нежелательных последствий
Обратимость	Необратимые последствия	Последствия кажутся обратимыми
Осведомленность	Незнакомые риски	Знакомые риски

Фактор	Условия, повышающие общественный интерес	Условия, снижающие общественный интерес
Научная неопределенность	Риски кажутся неясными и неопределенными для ученых	Риски, относительно известные науке
Контролируемость	Низкий личный контроль над риском	События кажутся контролируруемыми
Институциональное доверие	Отсутствие доверия институтам, ответственным за управление риском	Наличие доверия
Атрибутивность	Причина риска — человек	Причина риска — природа
Внимание СМИ	Большое внимание СМИ	Малое внимание СМИ

В целом отношение людей к риску связано с их мировоззрением и жизненными обстоятельствами; оно может быть понято и предвидимо: в зависимости от особенностей этнической культуры (развитости коллективизма, традиционализма и ответственности перед будущими поколениями); этапа развития культуры и соответствующего государства; частных кратковременных колебаний общественно-психологической обстановки; уровня социально-экономического развития страны и степени богатства отдельного человека; состояния здоровья отдельного человека.

Социально-экономическая обусловленность риска иллюстрируется кривыми безразличия в системе предпочтений индивидуумов (рис. 17.2), показывающими, что более высокого качества жизни



ни можно достичь за счет снижения безопасности жизнедеятельности, и наоборот, повышение безопасности жизнедеятельности достигается за счет снижения качества жизни.

С повышением уровня социально-экономического развития улучшается качество жизни и одновременно возрастают требования к безопасности жизнедеятельности, при этом некоторые риски переходят в разряд социально неприемлемых. Аналогично в пределах одного уровня социально-экономического развития общества для конкретного индивидуума с более высоким уровнем жизни его кривая безразличия проходит выше и правее усредненной кривой, что указывает на большую степень неприятия рисков для него. Для конкретного человека повышение качества жизни связано со снижением безопасности жизнедеятельности, и наоборот. Аналогичная картина наблюдается в предпринимательской деятельности — возможность получения повышенного дохода связана с повышенным риском.

17.4. Поведение людей в условиях риска

Поведение людей определяется схемой: «потребности — интересы (осознанные потребности) — мотивы — установки — решения — действия». Коррективы в эту схему вносят неопределенности при принятии решения и возможный вред, причиняемый человеку из-за непредсказуемой по времени и месту реализации присутствующих в условиях деятельности человека опасностей. Рисковые спектры, угрожающие людям на разных социальных уровнях (индивидуум, семья, малые неформальные группы, организации, страны и группировки) существенно различаются. Принято считать, что рациональные люди склонны уклоняться от рисков. Это не значит, что они не согласны рисковать. Эти люди готовы рисковать, если компенсация за это их удовлетворяет. *Склонность к риску* можно определить как сумму денег, которые человек или организация готовы без сожалений заплатить (потерять) за проверку исходов данного проекта. Это внутреннее свойство человека, организации. У разных фирм и на разных этапах развития одной и той же фирмы склонность к риску может быть различной.

Люди не только по-разному относятся к риску, один и тот же человек в различных условиях также по-разному относится к риску. Динамика готовности пойти на риск и рискового поведения (реакции на риск) человека многомерна. Поведение в рисковом ситуациях может различаться в зависимости от следующих параметров, формирующих психологическую сторону восприятия рисков людьми:

- по периодам жизни одного и того же человека: младенчество, детство, отрочество, юность, молодость, зрелость, увядание, ста-

рость. Возможны и другие деления на этапы, например, дошкольный, школьный, добрачный, фертильный, климактерический, старческий. Каждый этап при любом делении имеет свою психологическую окраску, видоизменяющую поведенческую реакцию на риск;

- *по психологическим типам* — любая классификация людей по психологическим типам дает свой срез сложной картины рискованного поведения людей — меланхолики, холерики, сангвиники и флегматики, экстраверты и интроверты будут реагировать на риск по-разному;

- *по возрасту* — люди разных возрастов как группа и каждый индивидуум в разном возрасте по-разному реагируют на риск. Дети, как известно, довольно безрассудны; юноши и девушки «круты»; старики становятся очень осторожными;

- *по половой принадлежности*, т. е. половые различия в восприятии риска довольно очевидны — женщины, как правило, более пугливы и осторожны;

- *по уровню накопленного человеком благосостояния*. Бедные люди более смелы, чем богатые, так как им терять нечего. Богатые склонны скорее сохранять накопленное, чем рисковать им ради нового богатства;

- *по национальности* — существуют национальные различия в восприятии риска. Например, чувствительность к риску (рисковая толерантность) руководителей из Германии значительно ниже, чем у американцев. Эти различия важно учитывать в политике;

- *по видам риска*, т. е. психологическое отношение к различным видам риска разное. Можно рискнуть и проиграть в казино. Для одних это вполне достойное занятие, а для других нет. Одну вещь мы не боимся потерять, а ради сохранения другой готовы броситься в горящий дом;

- *по самооценке и оценке противника* в противостоянии. Поведение человека и групп в рискованных ситуациях сильно зависит от оценки людьми степени серьезности опасности и близости этой оценки к пределу выживания человека или группы. В рискованной ситуации поведение человека, группы и организации зависит от соотношения оценки опасности и оценки их способности противостоять этой опасности. На уровне государств это используется, например, в процессе информационного противоборства конфликтующих сторон.

Известно, например, что люди с высокой самооценкой склонны преуменьшать вероятность отрицательных последствий, преувеличивать свои возможности достижения цели. Для такой личности «порог» опасности, при котором он может отказаться от действия, сдвинут в сторону большей вероятности неблагоприятного исхода, а для личности с низкой самооценкой — в сторону меньшей вероятности.

Прогнозировать отношение людей к тому или иному риску полезно, в частности, в риск-менеджменте: при оценке профессиональной пригодности в связи с приемом на работу. Не стоит, например, привлекать к определенной деятельности людей, которые слишком рискуют в опасных ситуациях, или, наоборот, избегают риска в ситуациях, когда он необходим; такие прогнозы необходимы при аттестации для работы в зонах повышенного риска.

ГЛАВА 18. КОММУНИКАЦИЯ РИСКА

18.1. Подходы к коммуникации риска

Коммуникация риска — это целенаправленный процесс обмена сведениями о различных видах риска между заинтересованными сторонами. Обмен сведениями может затрагивать: уровень риска; его значимость для благосостояния человека, его здоровья и состояния среды обитания; различные решения и действия (политические, административные, правовые, экономические), направленные на управление риском. Заинтересованными сторонами являются правительственные учреждения, промышленные предприятия, профсоюзы, СМИ, ученые, общественные организации и отдельные граждане. Согласно приведенному определению процесс коммуникации риска — не односторонний, а *интерактивный процесс*, базирующийся на существовании и действии обратных связей, обеспечивающих взаимный обмен сведениями. В этом заключается отличие коммуникации риска от информирования о нем. Действия социальных институтов по управлению риском изменяют его социальную интерпретацию.

Коммуникация риска направлена на решение следующих основных задач: сделать сообщения максимально доступными, чтобы все адресаты смогли понять их смысл; обеспечить условия для широкого обсуждения проблем риска с привлечением всех заинтересованных участников в рамках демократического процесса, направленного на разрешение конфликтов; создать предпосылки для того, чтобы убедить получателей сообщений изменить свое отношение к тому или иному виду риска.

Инструментами управления риском служат результаты образования (обучения), экономические и социальные мотивы, правовые ограничения. Выбор инструментов зависит от уровня риска (результата анализа риска), технических возможностей по его предотвращению или снижению, а также политических и социальных критериев, определяющих приемлемый (допустимый) риск. Формирование этих критериев зависит от процесса коммуника-

ции риска. Действительно, представления о допустимом риске не могут сложиться без знаний и обмена мнениями о всех сторонах сопряженного с риском события, его последствиях, возможных альтернативах этому событию. Чем сложнее связанная с риском проблема, тем больше необходимо исходных сведений и подготовительной работы, чтобы принять соответствующее решение.

Таким образом, методология коммуникации риска позволяет аргументированно воздействовать на общественное мнение, ориентируя его на объективные оценки.

Научные исследования процессов, протекающих при формировании, передаче и приеме сообщений о риске, начались с конца 80-х гг. XX в. Они выявили низкую эффективность подобных сообщений. Это обусловлено тем, что люди, как правило, не понимают смысл таких выражений, как «увеличение индивидуального риска характеризуется величиной 10^{-6} » или «сокращение средней ожидаемой продолжительности жизни, обусловленное данной причиной, равно 60 дням». Если подобные сообщения обычны для специалистов, то для обывателей они не понятны. Оказалось, что дело не только в отличии лексикона специалистов от обычного языка. Различия состоят непосредственно в подходах к коммуникации риска.

Выделяют два подхода к коммуникации риска — технократический и социолого-культурологический.

Технократический подход основан на абстрактном анализе риска вне связи с конкретными условиями его проявления. Он оперирует со статистическими оценками, вырабатываемыми специалистами, и фактически неприемлем для широких слоев населения.

Преимуществом *социолого-культурологического подхода* является то, что подвергающийся риску индивидуум ставится в центр социума. Результатом этого должно явиться чувство социальной защищенности, которое может изменить индивидуальное восприятие риска. Вместе с тем данный подход нуждается в услугах технократической элиты общества, поскольку лишь она способна выполнить профессиональное оценивание того или иного риска.

Человек не может держать в поле зрения все многообразие рисков. В любом обществе люди относятся к риску избирательно, проявляя повышенное внимание лишь к нескольким его видам и игнорируя остальные. Таким образом, общественное восприятие риска — это социальный процесс, в котором люди проецируют на риск свои ценности и убеждения, сформированные общественными институтами, моральными установками, традициями. В общественном сознании он преувеличивается или преуменьшается в зависимости от того, является ли вызывающая его деятельность приемлемой с точки зрения социальных, нравственных и культурных критериев данного общества.

Преобладающее мнение технической элиты заключается в том, что общественность реагирует на ограниченную, неверную и неадекватную информацию, находящуюся в противоречии с заключениями хорошо информированных и квалифицированных специалистов. С точки зрения общественности выводы экспертов являются слишком обобщенными и не учитывают многих факторов, которые важны для отдельного человека или группы людей, проживающих в конкретном месте.

18.2. Значение средств массовой информации в коммуникации риска

Значение СМИ в коммуникации рисков возрастает в связи со следующими факторами:

- возрастание роли электронных СМИ при одновременном снижении значения печатных СМИ;

- развитие как технических, так и организационных форм СМИ, увеличивающих объем передаваемой информации и сферу ее распространения;

- «конвергенция» (сходимость) СМИ, выражающаяся в размывании прежде четких границ между телевидением, радио и прессой;

- интернационализация СМИ, включающая такие аспекты, как владение, финансирование, организация, производство, распространение продукции, содержание и объем информации, правовое регулирование.

Особое влияние СМИ на восприятие риска объясняется с помощью теории социального обучения. Согласно этой теории последние достижения в развитии средств коммуникаций существенно повысили роль так называемого замещающего обучения, развивающегося в среде символов. Это означает, что вместо непосредственных контактов с объектами в целях их изучения люди все чаще знакомятся с представляющими эти объекты образами (символами). В процессе замещающего обучения сравнительно легко происходит искажение информации об объектах. Эффекты такого искажения широко используют в рекламе, когда необходимо индуцировать явно приукрашенное представление о товаре. Напротив, при описании какой-нибудь новой технологии довольно просто вызвать обеспокоенность последствиями ее применения. В результате формируется неадекватное отношение к риску, связанному с данной технологией.

В своих сообщениях о рисках СМИ почти всегда делают упор на ущербе — в них говорится о материальных потерях, заболеваниях, человеческих жертвах, которые могут иметь место или уже произошли где-то. Однако эти сообщения обычно не упоминают о положительных результатах использования той же самой техно-

логии. Действительно, не бывает так, чтобы информация об аварии самолета сопровождалась, например, дополнением: «Остальные самолеты (а их было несколько тысяч), выполнявшие свои рейсы в тот же день, благополучно приземлились в аэропортах назначений». Подобный сдвиг информации в негативную область неминуемо смещает реакцию регулярно принимающих ее индивидуумов в том же направлении. Замещающее обучение способно внушать страх и такое внушение будет иметь гораздо больший социальный эффект, чем страх, возникший после непосредственного контакта с опасным событием.

Таким образом, нельзя утверждать, что параллельно развитию СМИ происходит совершенствование процесса коммуникации риска. Ученые постоянно упрекают журналистов в том, что в погоне за сенсациями в их материалах есть искажения и смещены акценты; они слишком упрощены. Со своей стороны журналисты жалуются на то, что ученые не дают им всех нужных сведений, употребляют слишком много непонятных терминов, а иногда вообще отказываются разговаривать или давать интервью.

Журналисты, представляя широкой публике информацию о риске, затрагивают те вопросы, ответы на которые хочет получить большинство людей. К ним относятся вопросы о степени изученности потенциально катастрофических событий, возможности устранения неопределенности в понимании их природы, распределении риска между нынешним и будущими поколениями и т.д. Все эти проблемы стоят и перед специалистами, работающими в области природной, техногенной, экологической безопасности и здравоохранения. Анализ выявил различие задач, решаемых при этом СМИ и специалистами.

Если задача специалистов заключается в том, чтобы обучать, то задача СМИ — информировать или развлекать; если специалисты работают по долгосрочным программам и стремятся обеспечить понимание сложной информации, то СМИ освещают текущие события и концентрируются на привлекающих внимание новостях; если специалисты пытаются изменять процессы в обществе, то СМИ — отражать их; если специалисты обращаются к озабоченности всего общества, то СМИ — к озабоченности отдельной личности; целью специалистов является улучшение благосостояния, здоровья людей и состояния среды обитания, а СМИ — получение прибыли.

Особый характер стоящих перед СМИ задач приводит к ограничению их возможностей в адекватной подаче информации. У этого ограничения есть свои объективные причины. Большинство журналистов не имеют достаточного времени для расследований и получения более надежных сведений. Журналисты за небольшим исключением располагают слишком коротким телевизионным временем и малым объемом газетного текста, чтобы изло-

жить сложность и неопределенность ситуации, связанной с риском. Понятие об объективности (истине) в журналистике и науке неодинаково: журналистам необходимо прежде всего выявить различия в противоречащих друг другу мнениях и честно осветить их. Поэтому они достигают объективности путем сбалансированного представления противоположных точек зрения. В значительной степени журналисты зависят от источников информации, они почти всегда полагаются на более доступные и склонные к открытости источники. Те источники, контакты с которыми затруднены, или те, которые неохотно предоставляют сведения, не освещаются СМИ вообще или освещаются очень мало. Наконец, среди журналистов весьма немногие имеют достаточный уровень технического образования, чтобы воспринять сложные научные данные о риске или разобраться в дискуссиях специалистов о нем.

18.3. Эффективность коммуникации риска

Для повышения эффективности коммуникации риска необходимы специальные программы, которые должны предусматривать следующие действия:

понять сущность и изучить основные характеристики риска, сведения о котором будут распространяться;

выявить особенности всех категорий аудитории (слушателей, зрителей или читателей), для которых предназначена информация. К этим особенностям относятся демографические и психологические характеристики, данные по восприятию риска и отношению к его источникам, пути и направления использования получаемых сведений;

подготовить и апробировать сообщения. Последние должны быть такими, чтобы привлечь внимание всех категорий аудитории, стимулировать намерение изменить отношение к риску и обусловленному им поведению, указать конкретные способы и приемы изменения поведения;

организовать и передать сообщения. При этом необходимо точно рассчитать время передачи и дозировку информации, выбрать подходящие каналы передачи и тех лиц, которые будут непосредственно передавать ее (телеведущие, журналисты, политические или общественные деятели, ученые, врачи и т.д.);

закрепить воздействие сообщений и индуцированного ими изменения поведения. Это означает поощрение индивидуальных контактов телезрителей, радиослушателей или читателей, выявление и поддержку связанных с изменением поведения социальных сдвигов, оценку эффективности всех этапов программы.

Перечисленные действия должны учитывать психологические факторы и механизмы восприятия риска. Особое значение имеет так называемый «эффект обрамления» сведений о риске, влияние

которого иллюстрируется следующим примером. Испытуемым было предложено представить, что у них выявлен рак легких и необходимо выбрать один из двух методов лечения — хирургическую операцию или лучевую терапию. Участников опыта разделили на две группы, каждая из которых получила одну и ту же информацию о методах лечения, но подача этой информации была различной. Первую группу участников знакомили с кумулятивными вероятностями, характеризующими процент выживших после лечения в зависимости от количества прошедших после него лет. Второй группе предоставляли те же фактические данные, но в комментариях о них говорилось не о выживаемости, как в первом случае, а о смертности. Например, если участникам первой группы было сказано, что 68 % больных, подвергнутых операции, проживут не менее года, то членам второй группы сообщили, что после операции 32 % больных умрут в течение первого года. Аналогичный переход к терминам смертности был сделан и при сообщении сведений о результативности лучевой терапии. Такая подача информации о риске привела к тому, что число участников эксперимента, выбравших лучевую терапию, резко сократилось с 44 до 18%. Исследования показывают, что различное (но логически эквивалентное) представление одной и той же информации о риске может вести к разному восприятию и решениям.

С 1988 г. Агентство США по охране окружающей среды использует в своей эколого-информационной политике «семь кардинальных правил»:

- 1) рассматривать общественность в качестве полноправного партнера и привлекать ее к участию в процессе коммуникации риска;
- 2) тщательно готовить все связанные с коммуникацией риска мероприятия и давать им оценку;
- 3) прислушиваться к мнению аудитории;
- 4) быть честными, искренними и открытыми;
- 5) сотрудничать и координировать действия с заслуживающими доверия источниками;
- 6) удовлетворять запросы средств массовой информации;
- 7) говорить ясно и с заинтересованностью.

Агентство отмечает, что цель коммуникации риска заключается в том, чтобы прийти к информированному обществу, подготовленному к диалогу и совместным действиям, заинтересованному в этих действиях, ориентированному на принятие конструктивных решений.

В Германии разработаны следующие рекомендации для вовлечения общественности в принятие решений, сопряженных с риском:

стратегия коммуникации должна быть хорошо структурирована и тщательно подготовлена. Фактический материал, его интер-

претация, мнения и выводы, а также оценки этих выводов должны рассматриваться и готовиться по отдельности с учетом возможных изменений формы коммуникации на каждом этапе;

стратегию коммуникации необходимо ориентировать на диалог. Аудитория должна иметь возможность не только высказывать свое отношение к рассматриваемым проблемам, но также принимать участие в подготовке соответствующей программы и иметь доступ к тем, кто ответствен за политику в соответствующей области;

в процессах всестороннего оценивания риска и последующего управления им нужно учитывать трудности, стоящие перед теми, кто вырабатывает и принимает решения (администраторы, юристы и т. п.). Это подразумевает наличие доверия к властным структурам.

Контрольные вопросы

1. Почему актуальность проблемы управления рисками возросла в последние десятилетия?
2. Решение каких задач включает в себя управление риском?
3. Какие меры необходимо принимать, если в рассматриваемом виде деятельности имеет место чрезмерный риск?
4. Каким принципом руководствуется отдельный человек при управлении рисками?
5. Чем отличается управление от регулирования?
6. Какая концепция лежит в основе принципа нормирования?
7. Имеет ли место риск, если два возможных результата некоторой операции — разные, но в обоих случаях положительные?
8. В чем состоит отличие частичной неопределенности от полной?
9. Какая зависимость существует между восприятием и приемлемостью риска?
10. Какие группы потребностей в основном определяют восприятие риска человеком?
11. Объясните суть таких факторов восприятия риска, как катастрофичность, контролируемость, добровольность, справедливость, выгода.
12. По каким причинам происходит «социальное усиление» риска?
13. Какие факторы влияют на приемлемость риска человеком?
14. Для чего необходима коммуникация риска?
15. Почему в своих сообщениях СМИ «сгущают краски»?

РИСКИ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ОБЪЕКТОВ

**ГЛАВА 19. ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ РИСК ДЛЯ ЖИЗНИ
И ЗДОРОВЬЯ ЛЮДЕЙ**

19.1. Характеристика индивидуального риска

Об индивидуальном риске говорят в том случае, если в качестве объекта воздействия негативных факторов рассматривают человека, а неблагоприятного события — его смерть или потерю здоровья. К риску преждевременной смерти или потери здоровья произвольного человека из некоторой совокупности людей, проживающих на некоторой территории, приводят следующие факторы:

- неблагоприятные условия жизнедеятельности;
- неблагоприятные изменения условий жизнедеятельности (влиют на психологическое состояние человека);
- опасные природные, техногенные и социальные явления.

На взаимосвязь условий жизни и здоровья указывал еще Гиппократ (460 — 377 гг. до н.э.), а подробные исследования влияния условий труда и быта на здоровье различных групп людей появились в XVIII в. Широко известна работа выдающегося ученого и врача из Падуи Б. Рамаццини (1633—1714) «О болезнях ремесленников» (1700). Изучение зависимости популяционного здоровья от социально-экономических условий жизни населения получило значительное развитие в XIX в. в Англии и России. Российская школа гигиенистов, представленная плеядой выдающихся исследователей — А. М.Доброславиным, Ф.Ф. Эрисманом, Д.Н.Жбанковым, Н. И.Тезяковым и другими, глубоко и детально разрабатывала вопросы взаимосвязи здоровья населения, заболеваемости с социально-бытовой обстановкой, условиями трудовой деятельности.

Уровень здоровья служит показателем адаптированности конкретной общности людей к определенным условиям жизни. Он отражает, насколько данные условия комфортны для нормальной жизнедеятельности людей. Здоровье населения формируется и поддерживается всей совокупностью условий повседневной жизни. Оно является результатом действия и взаимодействия биологических и социальных факторов. Условия, обстоятельства, конкретные причины, более других ответственные за возникновение и развитие болезней, приводящих к преждевременной смерти, на-

зывают факторами риска (табл. 19.1). Например, такие факторы, как плохие материально-бытовые условия, низкое качество и несвоевременность медицинской помощи являются производными от уровня социально-экономического развития страны, совершенства социально-экономической системы безопасности, в частности систем социальной защиты и здравоохранения.

Наука, техника, архитектура, транспортные средства, санитарная инфраструктура способствовали созданию «брони цивилизации», которая в основном защищает человека от *негативных природных условий*. В настоящее время на здоровье населения влияют как отдельные компоненты природной среды, так и их сово-

Таблица 19.1

**Характеристика факторов риска для здоровья человека
(Ю. П. Лисицын, 1989)**

Сфера	Группа факторов	Факторы риска	Примерная доля, %
Образ жизни	Нездоровый образ жизни	Курение; несбалансированное, неправильное питание; употребление алкоголя; вредные условия труда; стрессовые ситуации; адинамия, гиподинамия; плохие материально-бытовые условия; употребление наркотиков; злоупотребление лекарствами; непрочность семей, одиночество; низкие образовательный и культурный уровни; чрезмерно высокий уровень урбанизации	49—53
Генетика	Биология человека	Предрасположенность к наследственным болезням; предрасположенность к дегенеративным болезням	18—22
Внешняя среда	Природные условия	Загрязнение воздуха и воды канцерогенами; другие загрязнения воздуха и воды; загрязнение почвы; загрязнение жилища; резкие смены погоды; повышенные гелиокосмические, магнитные и другие излучения	5—7
Здравоохранение	Неэффективность профилактических мероприятий	Низкое качество медицинской помощи и ее несвоевременность	8—10

купность. Среди них наиболее существенными являются следующие: приземный слой атмосферы со всеми происходящими в нем процессами и явлениями, природные воды (поверхностные и подземные), почвенный покров, геологическое строение территории, растительность и дикие животные. Поэтому характер и структура заболеваемости в каждом конкретном регионе в определенной мере зависят от его природных условий.

К риску приводят также *техногенные и социальные процессы и явления*. Например, превышение пределов эксплуатационных возможностей технических устройств, инженерных сооружений и конструкций приводит к авариям с высвобождением новых негативных факторов — веществ или энергии в количествах и дозах, представляющих угрозу здоровью и жизни персонала и населения. Негативные факторы имеют разное происхождение и обладают различными поражающими свойствами. Это могут быть объекты живой и неживой природы (например, люди, животные, растения, микроорганизмы), твердые тела, жидкости, газы, поля, частицы и др. Негативные факторы действуют в определенных пространственных областях (опасных зонах). Величина опасной зоны может увеличиться в случае выхода, например в результате аварии, негативного фактора из-под контроля. При этом утрата качества объекта (вред объекту) может возникнуть сразу после воздействия, спустя некоторое время после воздействия или после длительного неслучайного воздействия на объект.

По степени и характеру действия на организм человека все негативные факторы условно подразделяют на вредные и опасные. К *вредным* относятся факторы, приводящие к заболеваниям или снижению работоспособности. *Опасными* (поражающими) называют такие факторы, которые приводят в определенных условиях к травматическим повреждениям или внезапным и резким нарушениям здоровья. Опасные и вредные производственные факторы (ГОСТ 12.0.003—74) по природе действия подразделяют (табл. 19.2) на физические, химические, биологические (являются внешними по отношению к человеку) и психофизиологические (возникают в организме человека при нарушении условий деятельности).

Уровни воздействия на работающих вредных производственных факторов нормируются в Системе стандартов безопасности труда и санитарно-гигиенических правилах. Предельно допустимое значение вредного производственного фактора (по ГОСТ 12.0.002—80) — это такое значение фактора, воздействие которого при ежедневной регламентированной продолжительности в течение всего трудового стажа не приводит к снижению работоспособности и заболеванию как в период трудовой деятельности, так и к заболеванию в последующий период, а также не оказывает неблагоприятного влияния на здоровье потомства.

Негативные факторы производственной деятельности

Степень влияния на организм человека	Виды негативных факторов			Психофизиологические
	Физические	Химические	Биологические	
Опасные	Движущие машины и механизмы; полъемно-транспортные устройства и перемещаемые грузы; незащищенные подвижные элементы оборудования; отлетающие частицы обрабатываемого материала; электрический ток; повышенная температура обрабатываемого материала и инструмента и др.	Пары, газы различных химических веществ и элементов, токсичные пыли, агрессивные жидкости. По характеру действия на организм человека подразделяются: на общетоксические, раздражающие, сенсбилизирующие (вызывающие аллергические заболевания), канцерогенные, мутагенные (воздействующие на генетические механизмы человека)	Микро- (бактерии, вирусы и др.) и макроорганизмы (растения и животные)	Физические (статические и динамические) и нервно-психические перегрузки (перенапряжение анализаторов слуха, зрения, умственное перенапряжение и др.)
Вредные	Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны; повышенные уровни шума, вибрации, ультразвука и различных излучений; запыленность и загазованность воздуха; недостаточная освещенность рабочих мест и др.			

Совокупность факторов производственной среды, формирующихся в процессе труда и влияющих на здоровье, работоспособность человека и эффективность труда, представляет собой *условия труда*. Выделяют следующие условия:

санитарно-гигиенические — вредные химические вещества, запыленность воздуха, вибрация, освещение, уровень шума, инфразвук, ультразвук, электромагнитное поле, лазерное, ионизирующее, ультрафиолетовое излучения, микроклимат, микроорганизмы, биологические факторы. Уровни этих факторов должны быть в допустимых пределах;

психофизиологические — уровни физической (динамической и статической) нагрузки, рабочая поза, темп работы, напряженность внимания и анализаторных функций, монотонность, нервно-эмоциональное напряжение, эстетический и физический дискомфорт (использование индивидуальных средств защиты, сменность). Ограничение и регламентация физических усилий, оптимальное сочетание физической и умственной работы способствуют снижению утомляемости рабочих;

эстетические — цветное оформление интерьеров помещений и рабочих мест, озеленение производственных и бытовых помещений, прилегающих территорий, обеспечение специальной одеждой и др. Эти факторы воздействуют на работающего посредством создания эмоционального производственного фона. Приятнее, легче и продуктивнее работать на рабочем месте, оснащенном современным оборудованием, в конструкции которого учтены эргономические требования, когда соблюден эстетически выразительный внешний вид оборудования, механизмов, инструмента, помещений, рабочей одежды;

социально-психологические — характеризуют взаимоотношения в трудовом коллективе и создают у работников соответствующий психологический настрой.

В результате опасных явлений на человека действуют негативные факторы: взрыва, обрушения строительных конструкций и разрушения элементов оборудования, электрического тока, пожара или отравления (сероводородом, продуктами сгорания), облучения, токсического действия опасных химических веществ, барического действия воздушной ударной волны и т.д. Результатом этих воздействий может быть вред для жизни и здоровья. Так как риск оценивается произведением вероятности негативного события от данной причины на причиняемый в результате этого события ущерб, то если в качестве неблагоприятного события рассматривают смерть или потерю здоровья отдельного человека из некоторой совокупности, то говорят об индивидуальном риске смерти и потери здоровья. Дают следующие определения *индивидуального риска*:

1) риск для жизни и здоровья человека, обусловленный определенными причинами или их совокупностью, для определенных

видов деятельности или условий проживания на определенной территории, характеризуемый вероятностью преждевременной смерти или ущерба здоровью произвольному индивидууму из некоторой совокупности;

2) вероятность (частота возникновения) поражающих воздействий определенного вида (смерть, травма, заболевание) для индивидуума, возникающая при реализации определенных опасностей в определенной точке пространства (где находится индивидуум);

3) применительно к персоналу опасных объектов — это мера возможности наступления негативных последствий для здоровья в результате действия на человека на территории его возможного нахождения в течение времени Δt опасных факторов профессиональной деятельности, проявляющихся постоянно, либо в случае реализации опасных явлений.

Индивидуальный риск R для жизнедеятельности человека (преждевременной смерти или ущерба здоровью), обусловленный различными опасностями (определенными причинами) или их совокупностью, характеризуют индивидуальной вероятностью $Q(\Delta t)$ преждевременной смерти произвольного человека из некоторой совокупности на рассматриваемой территории (условиях проживания) или в рассматриваемой сфере деятельности (от определенной причины) в расчете на единицу времени:

год (размерность — смерть/(чел. • год); 1/(чел. • год); 1/год);

продолжительность жизни человека (принимают обычно равной 70 годам), 1/жизнь.

Индивидуальные риски смерти от различных опасностей по странам мира приведены в табл. 19.3 (О. Ренн, 1989). Показатель риска жизнедеятельности равен сумме рисков видов деятельности, входящих в процесс жизнедеятельности.

Например, из статистических данных, приведенных в табл. 19.4 и 19.5, видно, что в России наряду с ростом частоты смерти от всех причин, наблюдается устойчивый рост смертности от несчастных случаев. Всего от несчастных случаев, отравлений и травм в стране в последнее время ежегодно гибнет около 340 тыс. чел., что соответствует индивидуальному риску $2,4 \cdot 10^{-3}$ 1/(чел. год), почти на порядок превышая аналогичный показатель для развитых стран.

Смертельный травматизм на производстве составляет около 4 тыс. чел. в год (табл. 19.6) и его уровень является высоким по сравнению с другими странами. В 2001 г. частота несчастных случаев со смертельным исходом составляла в России 0,15 на 1 тыс. работающих, а в США — 0,04 на 1 тыс. работающих. Если рассматривать смертельный травматизм отдельно по отраслям экономики России, то его уровень составил в 2002 г.: в угольной промышленности — 0,34; рыболовстве — 0,28; лесном хозяйстве — 0,28;

Индивидуальные риски для жизни человека от различных источников опасности

Источник опасности		Причины смерти	Индивидуальная вероятность смерти (чел. год) ⁻¹	
Среда	Окружающая об-щая	Природная	Несчастные случаи при опасных природных явлениях	$10^{-9} - 10^{-5}$
		Искусственная	Несчастные случаи в быту, на транспорте, заболеваемость от загрязнений внешней среды и т. д.	$10^{-5} - 10^{-3}$
	Обитания человека	Социальная	Самоубийства и самоповреждения, убийства и повреждения с преступными целями, убийства и ранения, связанные с военными действиями и т. п.	$10^{-4} - 10^{-2}$
		Внутренняя (организма)	Генетические и соматические заболевания	$10^{-4} - 10^{-2}$
Деятельность	Профессиональная	Профессиональные заболевания, несчастные случаи на производстве	$10^{-5} - 10^{-2}$	
	Непрофессиональная	Заболеваемость и несчастные случаи в любительском спорте и других видах непрофессиональной деятельности	$10^{-4} - 10^{-2}$	

строительстве — 0,32; на транспорте — 0,16; в сельском хозяйстве — 0,2.

На опасных производственных объектах, подконтрольных Ростехнадзору, где возможны серьезные аварии и катастрофы, смертельный травматизм не превышает уровня 450 чел. в год. В целом в России вклад производственного травматизма не превышает 0,1 %

Таблица 19.4

Динамика смертности населения России, тыс. чел. в год

Причины смертности	Годы					Средняя за 1990—2002 гг.
	1985	1990	1995	2000	2002	
Всего	1 625,3	1 656,0	2 203,8	2 225,3	2 332,3	2 100,4
В том числе от несчастных случаев, отравлений и травм	197,6	198,3	348,5	318,7	339,3	299,2
Из них: от отравлений алкоголем	23,5	16,1	43,5	37,2	44,7	32,5
самоубийств	44,6	39,2	61,0	56,9	55,3	54,6
убийств	15,0	21,1	45,3	41,1	44,3	37,8

Таблица 19.5

Число погибших и индивидуальный риск гибели россиян от внешних причин

Причина гибели	1997 г.		2002 г.	
	Число погибших, тыс. чел.	Индивидуальный риск, $[1/(\text{чел.} \cdot \text{год})] \cdot 10^{-4}$	Число погибших, тыс. чел.	Индивидуальный риск, $[1/(\text{чел.} \cdot \text{год})] \cdot 10^{-4}$
Самоубийства	55	3,7	55,3	3,8
Дорожно-транспортные происшествия	27	1,8	33,2	2,3
Отравления некачественным алкоголем	27,9	1,9	44,7	3,0
Убийства	35,0	2,4	44,3	3,0
Пожары	13,8	0,9	19,9	1,4
Несчастные случаи на производстве	4,7	1,7	3,9	1,4
Природные ЧС	0,14	0,0095	0,33	0,023

Динамика производственного травматизма в России

Год	Общее количество несчастных случаев		Количество несчастных случаев со смертельным исходом	
	Всего, тыс.	На 1 тыс. работающих	Всего	На 1 тыс. работающих
1975	689	10,8	11 766	0,185
1980	570	8,4	12 349	0,183
1985	456	6,5	9 819	0,142
1990	432	6,6	8 393	0,129
1995	271	5,5	6 789	0,138
2000	152	5,1	4 404	0,149
2002	128	4,5	3 920	0,138

общего числа смертельных несчастных случаев от внешних причин. Постоянный рост числа несчастных случаев (при сокращающемся населении страны) происходит исключительно за счет роста числа несчастных случаев в быту (см. табл. 19.4)

Промежуточное положение между бытовым и производственным травматизмом занимают потери при пожарах. Пожары дают значительный вклад в число жертв несчастных случаев в России. Ежегодно в России происходит около 250 тыс. пожаров, при которых погибает 18 — 20 тыс. чел. По числу пожаров Россия занимает 4 — 5-е место в мире, а по числу жертв пожаров — первое, опережая остальные страны. В 2004 г. зарегистрировано 231 486 пожаров, погибли 18 377 чел., прямой материальный ущерб составил 5,8 млрд р. Для сравнения: в США в 2004 г. в огне пожаров погибло 3 900 чел., прямой ущерб составил 9,8 млрд долл.

Отметим в числе причин смерти употребление наркотиков (50 тыс. чел. в 2003 г.) и гибель на воде (20 — 25 тыс. чел. в год).

19.2. Оценка индивидуального риска преждевременной смерти

Методики оценки. Вероятность смерти произвольного человека из некоторой совокупности по определенным причинам может быть оценена в зависимости от имеющейся исходной информации статистическим и вероятностно-статистическим методами, рассмотренными в разд. III. Применение *теоретико-вероятностного метода* для оценивания индивидуального риска имеет свои особенности. Для конкретного человека последствия от негативных воздействий любого вида выражаются бинарной переменной

$$w = \begin{cases} w_0 = 0 \text{ (ущерба нет)}, & \text{если } u \leq u_{\text{кр}}, \\ w_1 = 1 \text{ (ущерб есть)}, & \text{если } u > u_{\text{кр}}, \end{cases}$$

где u — действующая нагрузка; $u_{\text{кр}}$ — «несущая способность» (стойкость, выносливость) конкретного человека. Величина «несущей способности» зависит от дифференциальных характеристик негативных воздействий, в частности длительности действия. Среди совокупности индивидов она имеет существенный разброс (т.е. является случайной величиной $U_{\text{кр}}$), который в задачах прогноза обычно не учитывают (берут средние значения).

Вред для человека может быть обусловлен как прямым воздействием, так и связан с отдаленными последствиями опасных явлений, механизм наступления которых аналогичен механизму действия неблагоприятных условий (например, профессиональной вредности). Соответственно различают две модели количественной оценки ущерба для здоровья человека в зависимости от длительности и уровней негативных воздействий:

факторную модель «действующая нагрузка — критическая нагрузка (несущая способность)», применяемую для оценки ущербов, обусловленных прямым кратковременным действием опасных (поражающих) факторов значительной интенсивности, обусловленных происходящими в случайные моменты времени опасными явлениями. Ущерб наступает в случае превышения уровнями воздействий некоторых предельных для объекта значений, в данном случае человека. Приведем «несущие способности» для человека по отношению к некоторым факторам: эквивалентная доза ионизирующего излучения — 4,5 Зв, избыточное давление — 100—200 кПа, пули стрелкового оружия — 200—300 м/с, алкоголь в крови — 5 промилле, электрический ток напряжением 220 В — 100 мА;

модель зависимости «доза — эффект», применяемую для оценки отдаленных последствий, обусловленных опасными явлениями и негативными процессами, характеризующимися продолжительно действующими слабинтенсивными негативными факторами (например, повышенные концентрации вредных веществ в воздухе, малые дозы радиации и др.), в результате которых в организме человека наблюдаются неблагоприятные эффекты, влияющие на его здоровье.

Случай А. Риск здоровью произвольного человека из некоторой совокупности, подвергающейся эпизодически возникающим экстремальным воздействиям, можно определить с помощью модели «нагрузка — несущая способность» через частоту смертей

$$\lambda = \lambda_n P(U > U_{\text{кр}}),$$

где λ и λ_n — частоты соответственно поражающих и негативных воздействий; U — случайная величина уровней негативных воз-

действий; $P(U > U_{кр})$ — условная вероятность смерти, т.е. поражающего воздействия, условием которого является превышение действующей нагрузкой, критической для человека.

Отсюда

$$a(\Delta t) = a_n(\Delta t)P(U > U_{кр}),$$

где $a_n(\Delta t) = \lambda_n \Delta t$ и $a(\Delta t) = \lambda \Delta t$ — математические ожидания числа соответственно негативных и поражающих воздействий за интервал времени Δt (обычно за один год).

Индивидуальную вероятность смерти вычисляют как вероятность хотя бы одного поражающего воздействия в год. Для редких событий

$$Q(\Delta t) \approx a(\Delta t),$$

т.е. риск выражается через частоту λ поражающих воздействий.

Индивидуальный риск для человека можно также определить по формуле

$$R = \sum_{i=0}^1 P(H_i)w_i = Qw_1 + (1 - Q)w_0 = Q(\Delta t)w_1 = Q(\Delta t),$$

где $P(H_1) = Q(\Delta t) = Q_n(\Delta t)P(U > U_{кр})$ — вероятность гипотезы хотя бы одного поражающего воздействия на человека в интервале Δt ; $P(H_0) = 1 - Q(\Delta t)$ — вероятность гипотезы отсутствия поражающих воздействий на человека в интервале времени Δt ; $Q_n(\Delta t)$ — вероятность хотя бы одного воздействия негативных факторов на человека в интервале Δt .

Случай Б. Для продолжительно действующих факторов $Q_n(\Delta t) = 1$. Тогда индивидуальная вероятность смерти от продолжительно действующих факторов, создающих нагрузку u , определяется по зависимости «доза — эффект»:

$$Q(\Delta t/u) = P(U_{кр}(\Delta t) < u),$$

которую можно интерпретировать как функцию распределения критической нагрузки для произвольного человека из некоторой совокупности. Если действующей нагрузкой является накопленная за интервал времени Δt доза от рассматриваемого фактора, то

$u = \int_{\Delta t} p_{\max}(t)dt$, где $p_{\max}(t)$ — зависимость уровня действующей на-

грузки от времени. При этом и несущая способность человека зависит от продолжительности накопления дозы. Чем больше время действия негативного фактора, тем выше несущая способность, так как подключаются компенсаторные механизмы человеческого организма.

Вид зависимости «доза — эффект» устанавливают по результатам теоретических исследований, а ее параметры — по достаточной представительной выборке статистических данных. В дальнейшем с помощью зависимости по измеренным дозам определяют вероятность наступления неблагоприятного эффекта у облученных.

При управлении риском для жизнедеятельности (деятельности), учитывая ограничение на индивидуальную вероятность смерти (и на продолжительность воздействия) от источников негативных факторов, с помощью модели «доза — эффект» устанавливают ограничения на их уровни.

Пример 19.1. Зависимость «доза — эффект» для радиационно-индуцированного рака имеет вид $R = rE$, где $r = 5 \cdot 10^{-2} \text{ 1/Зв}$ — коэффициент фатального риска. Какой риск смерти от рака объясняется облучением, если радиационный фон на поверхности Земли составляет $10^{-3} \text{ Зв/(чел. \cdot год)}$?

Решение. При использовании линейной беспороговой концепции фоновой радиацией объясняется риск смерти от рака, равный $R = 5 \cdot 10^{-2} \times 10^{-3} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ 1/(чел. \cdot год)}$, что составляет 4 % случаев спонтанного рака.

Пример 19.2. Коллективный риск $N = 119\,416$ участников ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС, получивших коллективную дозу S в $12\,483,1 \text{ чел. \cdot Зв}$, составляет $n = rS = 5 \cdot 10^{-2} \text{ 1/Зв} \cdot 12\,483,1 \text{ чел. \cdot Зв} = 624 \text{ чел.}$ (т.е. будущих смертей). Это число смертей в течение последующей жизни по причине радиационно индуцированного рака (заметим, что прогноз смертности от спонтанного рака для той же когорты дает $n = 167$ смертей). Индивидуальная вероятность смерти по этой причине

составит $Q = 624 \frac{\text{смертей}}{\text{жизнь}} / 119\,416 \text{ чел.} = 5,2 \cdot 10^{-3} \text{ 1/(чел. \cdot жизнь)}$. Если считать средний возраст ликвидаторов в момент облучения равным 30 годам, а среднюю продолжительность жизни — 70 годам, то средняя индивидуальная вероятность смерти в год в последующей жизни (на самом деле зависимость вероятности от времени не является постоянной), равной $70 - 30 = 40$ годам, в среднем составит $Q = \frac{5,2 \cdot 10^{-3} \text{ 1/(чел. \cdot жизнь)}}{40 \text{ лет/жизнь}} = 1,3 \times 10^{-4} \text{ 1/(чел. \cdot год)}$.

Пример 19.3. В 2001 г. на дозиметрическом контроле в Росатоме состояло 66 791 чел., которые получили коллективную дозу $185 \text{ чел. \cdot Зв}$. Определить для них популяционный риск, если принять среднее время работы на вредном производстве равным 20 годам. Коллективный риск для находящихся на дозиметрическом контроле составляет $n = 5 \cdot 10^{-2} \text{ 1/Зв} \cdot 185 \text{ чел. \cdot Зв/год} \times 20 \text{ лет} = 185 \text{ чел./жизнь}$, а индивидуальный риск смерти в течение последующей жизни — $Q = 185 \frac{\text{смертей}}{\text{жизнь}} / 66\,791 \text{ чел.} = 2,8 \cdot 10^{-3} \text{ 1/(чел. \cdot жизнь)}$. Если средний возраст работающих принять равным 40 годам, а сред-

нюю продолжительность жизни — 70 годам, то в расчете на год получим

$$Q = \frac{2,8 \cdot 10^{-3} \text{ 1/(чел. \cdot жизнь)}}{30 \text{ лет / жизнь}} = 9,3 \cdot 10^{-5} \text{ 1/(чел. \cdot год)}.$$

Выражение последствий реализации опасностей количеством фатальных случаев (смертей) в единицу времени получило широкое распространение, но оно не является единственным. Существуют другие способы выражения риска смерти:

сокращение средней ожидаемой продолжительности предстоящей жизни (ССОППЖ), лет или дней;

количество смертей на 1 млн населения (или индивидуальная вероятность смерти от всех причин или конкретной причины);

количество смертей на 1 млн населения в пределах зоны определенного радиуса с центром в месте источника опасного воздействия;

количество смертей на единицу концентрации токсиканта в окружающей среде;

количество смертей, обусловленных функционированием данного объекта;

количество смертей на 1 т токсиканта, поступившего в организмы людей;

количество смертей на 1 т вещества, выработанного на данном объекте;

количество смертей на 1 млн долл. США вырабатываемого вещества.

Оценивать и сравнивать риски по ССОППЖ предложил Б. Коэн. Эта величина показывает, на какой срок укорачивается в среднем жизнь индивидуума, подвергающегося данному риску. Преимущество ее использования состоит в наглядности. Так, показатель смертности, выраженный величиной $1 \cdot 10^{-4}$ 1/год, труднее для восприятия, чем характеризующее тот же риск значение ССОППЖ, равное, например, 20 дням. Методика расчета ССОППЖ основана на использовании детальных статистических данных. Если зарегистрированы статистические показатели смертности для всех возрастных групп, то подсчет значений ССОППЖ проводят следующим образом. Каждой возрастной группе приписывают индекс i : 1 — для возрастной группы от 0 до 1 года, 2 — для группы от 1 до 4 лет, 3 — для группы от 5 до 9 лет и т. д. Вероятность смерти $q(i)$ для каждой возрастной группы берут из статистических данных. Пример распределения вероятности смерти для России по возрастным группам от 0 до 75 лет показан на рис. 19.1.

Статистические данные о смертности в определенном возрасте могут быть представлены в виде количества смертей, приходящихся на 100 тыс. жителей в год.

В расчете на 100 тыс. жителей число ожидаемых смертей в возрастной группе от 0 до 1 года составит

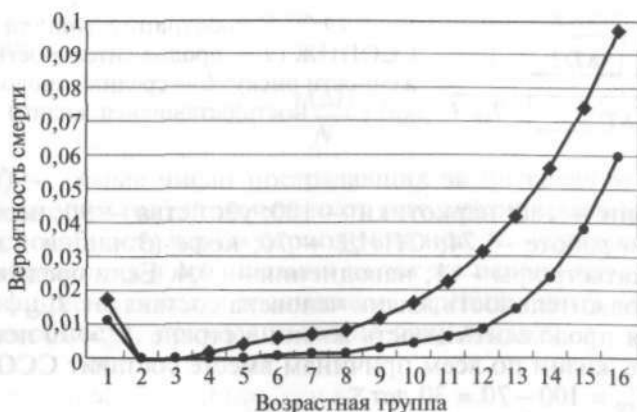


Рис. 19.1. Распределение вероятности смерти по возрастным группам для России:

—■— — мужчины; —●— — женщины

$$n(1) = q(1)100\,000,$$

а количество оставшихся в живых и достигших возраста 1 года, будет равно $a = 100\,000 - n(1)$. В общем виде можно записать

$$n(i) = a(i-1)q(i), \quad (19.1)$$

где $a(0) = 100\,000$.

С помощью уравнения (19.1) рассчитывают все значения $n(i)$. Средним количеством лет $t(i)$, прожитых теми, кто умер в возрастном интервале i , считается середина этого интервала (например, для возрастной группы от 25 до 29 лет значение t равно 27), а полное количество лет, прожитых лицами этой группы, составит $n(i)t(i)$. Ожидаемая продолжительность жизни для индивидуума в этой группе

$$T = [\sum n(i)t(i)]/100\,000. \quad (19.2)$$

Если какой-нибудь риск устранен, то смертность $q(i)$ изменится и примет новое значение $q'(i)$, которое даст новую величину ожидаемой продолжительности жизни E' . Тогда сокращение ожидаемой продолжительности жизни, вызванное данным риском, представит собой разность

$$\text{ССОПЖ} = T' - T. \quad (19.3)$$

Количественные оценки важны для сопоставления и сравнения различных рисков. Приведем оценки ССОПЖ по различным причинам, рассчитанные Б. Коэном для США: курение (мужчины, 1 пачка сигарет в день) — 2 300 дней (6,3 года); избыточная масса тела (15 кг) — 900 (1,4); алкоголь — 230; автомобильная

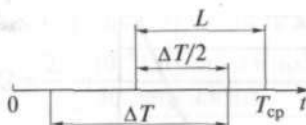


Рис. 19.2. Иллюстрация модели расчета ССОППЖ (T — продолжительность подверженности риску; L — средняя продолжительность оставшейся жизни)

ные аварии — 180; наркотики — 100; убийства — 90; несчастные случаи на работе — 74; СПИД — 70; кофе (3 чашки в день) — 26; авиакатастрофы — 1; наводнения — 0,4. Если средняя видовая продолжительность жизни человека составляет $T_{\text{вид}} = 100$ лет, а средняя продолжительность жизни в стране $T_{\text{ср}} = 70$ лет, то сокращение жизни по всем причинам вместе составит ССОППЖ = $T_{\text{вид}} - T_{\text{ср}} = 100 - 70 = 30$ лет.

Значение ССОППЖ зависит от вероятности реализации рассматриваемого опасного события Q , $1/(\text{чел.} \cdot \text{жизнь})$ и средней величины L , лет, оставшейся жизни человека, подвергающегося рассматриваемому риску (рис. 19.2):

$$\text{ССОППЖ} = QL. \quad (19.4)$$

Величина L играет, таким образом, роль последствий опасного события, действия или процесса. Угроза со стороны опасного события влияет на ожидаемый остаток жизни в виде соответствующей вероятности реализации. Если, например, 40-летний житель некоторой страны, средняя продолжительность жизни в которой составляет 70 лет, подвергается риску смерти, оцениваемому в 10^{-2} $1/(\text{чел.} \cdot \text{жизнь})$, то теоретическое сокращение его жизни ССОППЖ будет равно $0,01 \cdot 30 = 0,3$ года/(чел. · жизнь).

Если известна индивидуальная вероятность смерти за один год от некоторой причины $Q(\Delta t)$, $1/\text{год}$, и продолжительность ΔT , лет, подверженности риску в течение жизни, то индивидуальная вероятность смерти от данной причины составит $Q(\Delta T) = Q(\Delta t)\Delta T$, $1/(\text{чел.} \cdot \text{жизнь})$. Причем, чем раньше и длительнее человек подвергает себя опасности, тем выше риск.

Пример 19.4. В условиях примера 19.3 ССОППЖ ликвидаторов чернойбыльской аварии составит $5,2 \cdot 10^{-3}$ $1/(\text{чел.} \cdot \text{жизнь}) \cdot 40$ лет = 0,208 лет/(чел. · жизнь) · 365 дней/год = 76 дней/(чел. · жизнь). В условиях примера 19.3 для когорты стоящих на дозиметрическом контроле получим ССОППЖ = $2,8 \cdot 10^{-3}$ $1/(\text{чел.} \cdot \text{жизнь}) \cdot 30$ лет · 365 дней/год = 31 день/(чел. · жизнь).

Оценивание профессионального риска. В профессиональной деятельности возможен травматизм — несчастные случаи со смертельным исходом и временной потерей работоспособности, а также и профессиональные заболевания.

Уровень производственного травматизма оценивают на предприятии, в отрасли, стране, используя следующие показатели:

коэффициент частоты несчастных случаев в расчете на 1 тыс. работающих:

$$K_{\text{ч}} = \frac{n(\Delta t)}{N} 1\,000, \quad (19.5)$$

где $n(\Delta t)$ — общее число пострадавших за интервал времени Δt (обычно за один год) независимо от того, закончилась временная нетрудоспособность в этом периоде или нет; N — средняя численность работающих в организации за тот же период времени;

коэффициент тяжести травматизма (средняя длительность нетрудоспособности, приходящаяся на одну травму)

$$K_{\text{т}} = \frac{Z}{n},$$

где $Z = \sum_{i=1}^n z_i$ — число дней нетрудоспособности в организации, вызванной несчастными случаями, за один год, по которым закончилась временная нетрудоспособность (закрыты листки нетрудоспособности); z_i — число дней нетрудоспособности у i -го пострадавшего;

коэффициент нетрудоспособности

$$K_{\text{н}} = K_{\text{ч}} K_{\text{т}}.$$

Задача. На каком из двух предприятий выше уровень производственного травматизма, если на первом с 50 работающими за 10 лет произошел лишь один несчастный случай с одним пострадавшим, а на втором с 2 700 работающими в прошедшем году произошло 4 несчастных случая с четырьмя пострадавшими?

Решение. Для первого предприятия общее число пострадавших за интервал времени Δt

$$n(\Delta t) = \frac{n(\Delta T)}{\Delta T} = \frac{1}{10},$$

а коэффициент частоты несчастных случаев

$$K_{\text{ч}} = \frac{0,1}{50} 1\,000 = 2.$$

Для второго предприятия

$$K_{\text{ч}} = \frac{4}{2\,700} 1\,000 = 1,48.$$

Таким образом, на первом предприятии уровень производственного травматизма выше.

Профессиональный риск для персонала по составляющей, связанной с несчастными случаями со смертельным исходом, характеризуется вероятностью смерти Q произвольного лица за интервал времени Δt , равный одному году. Примем численность работающих в Российской Федерации равной 40 млн чел., а гибнущих ежегодно в результате несчастных случаев на производстве — 4 тыс. чел. (см. табл. 19.6). Тогда характерной величиной профессионального риска является вероятность смерти

$$Q(\Delta t) = \frac{n(\Delta t)}{N} = \frac{4 \cdot 10^3 \text{ 1/год}}{40 \cdot 10^6 \text{ чел.}} = 1 \cdot 10^{-4} \frac{1}{\text{чел.} \cdot \text{год}}$$

Учитывая, что продолжительность подверженности профессиональному риску составляет $\Delta T = t_0 - t_k$, где t_0 — момент начала трудовой деятельности (примем равным 20 годам); t_k — момент выхода на пенсию (для женщин равна 55 годам), средняя продолжительность жизни женщин в России составляет $T_{\text{ср}} = 68$ лет, в соответствии с рис. 19.2 средняя величина оставшейся жизни работницы $L = (55 - 20)/2 + (68 - 55) = 30,5$ лет. Вероятность смерти в процессе производственной деятельности составляет

$$Q(\Delta T) = 1 \cdot 10^{-4} \frac{1}{\text{чел.} \cdot \text{год}} 35 \frac{\text{лет}}{\text{жизнь}} = 3,5 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\text{чел.} \cdot \text{жизнь}}$$

Тогда ССОПЖ женщин-работниц из-за негативных факторов производственной деятельности составит

$$3,5 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\text{чел.} \cdot \text{жизнь}} 30,5 \text{ лет} \cdot 365 \frac{\text{дней}}{\text{год}} = 39 \text{ дней.}$$

Необходимость оценивания малых вероятностей требует значительных статистических данных, которые на уровне предприятий отсутствуют. Это обуславливает сложности в разработке адекватного методического аппарата, обеспечивающего необходимую точность оценки показателей профессионального риска. В качестве объектов оценки (исследуемой совокупности) будем рассматривать (рис. 19.3):

отрасль с численностью работающих, превышающей 1 млн чел. и реализующимся числом n несчастных случаев со смертельным исходом в год, превышающим 100;

подотрасль с численностью работающих от 100 тыс. до 1 млн чел. (например, число работающих в РАО «ЕЭС России» составляет 500 тыс. чел.), $n = 10 - 100$;

крупное предприятие с численностью работающих от 10 до 100 тыс. чел., $n = 1 - 10$;

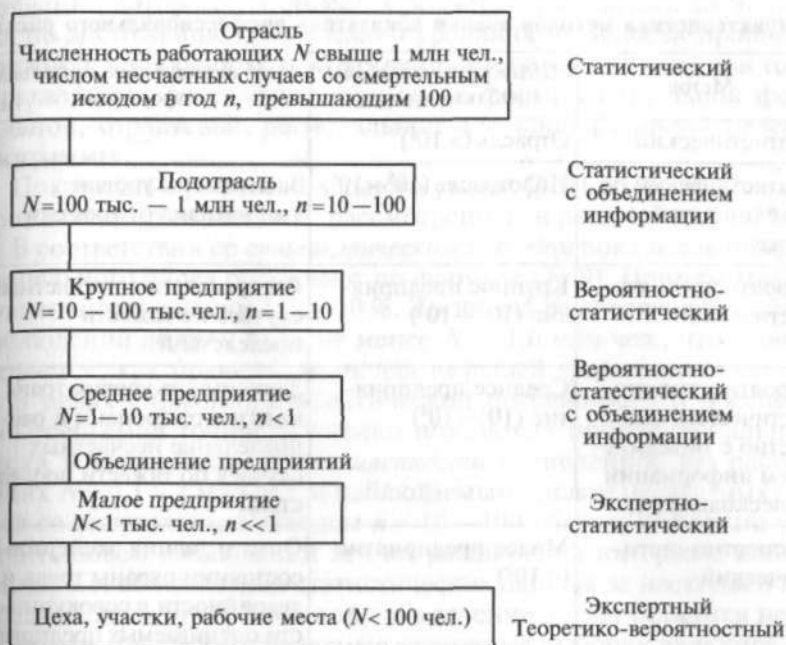


Рис. 19.3. Объекты оценки профессионального риска

среднее предприятие с численностью работающих от 1 до 10 тыс. чел., $n < 1$;

малое предприятие с численностью работающих на каждом из них менее 1 тыс. чел., $n \ll 1$ (группа предприятий);

цеха (участки, рабочие места) с численностью работающих менее 100 чел.

Оценка профессионального риска для персонала рассматриваемого объекта состоит в проверке условия

$$Q(\Delta t) = Q_{\text{пр}}, \quad (19.6)$$

где $Q(\Delta t)$ — показатель профессионального риска — индивидуальная вероятность преждевременной смерти от несчастных случаев со смертельным исходом в связи с производственной деятельностью за интервал времени $\Delta t = 1$ год произвольного работника из совокупности N всех работников рассматриваемого объекта (равной среднесписочной численности работающих в течение года), подвергающихся воздействию одних и тех же факторов риска; $Q_{\text{пр}}$ — предельно допустимый уровень приемлемого профессионального риска, который должен устанавливаться нормативными правовыми актами на государственном уровне.

Характеристика методов оценки показателя профессионального риска

Метод	Объект оценки (объем наблюдений N)	Необходимая дополнительная информация
Статистический	Отрасль ($> 10^6$)	—
Статистический по объединенной выборке	Подотрасль ($10^5 - 10^6$)	Зависимость уровня травматизма от времени
Вероятностно-статистический	Крупное предприятие ($10^4 - 10^5$)	Распределение несчастных случаев по тяжести последствий
Вероятностно-статистический совместно с объединением информации за несколько лет	Среднее предприятие ($10^3 - 10^4$)	Зависимость уровня травматизма от времени и распределение несчастных случаев по тяжести последствий
Экспертно-статистический	Малое предприятие ($< 10^3$)	Опыт и знания экспертов о состоянии охраны труда и аварийности в совокупности оцениваемых предприятий, а также: средний уровень профессионального риска в ней; уровни профессионального риска на некоторых предприятиях
Экспертный	Цех (участок, рабочее место)	Опыт и знания экспертов, опирающиеся на статистические данные, а также на данные измерений
Теоретико-вероятностный		Зависимость вероятности заболевания от измеренных уровней негативных воздействий, степени тяжести труда и других факторов

При выполнении условия (19.6) профессиональный риск для персонала отрасли (подотрасли, предприятия) находится в области приемлемого риска. Это означает, что там должны проводиться стандартные мероприятия по обеспечению безопасности производственной деятельности (охране труда, производственной санитарии, промышленной безопасности) и ее дальнейшему повышению на основе принципов обоснования и оптимизации. При невыполнении условия (19.6) для отрасли (подотрасли, предприятия)

тия) должен быть установлен некоторый переходный период, в течение которого на объектах должны проводиться мероприятия по достижению приемлемого уровня безопасности производственной деятельности — собственными силами и(или) при государственной поддержке, например, в форме специальной федеральной, отраслевой, региональной или корпоративной целевой программы.

Показатель профессионального риска $Q(\Delta t)$ определяют с помощью одного из методов, рассмотренных в разд. III (табл. 19.7).

В соответствии со *статистическим методом* показатель профессионального риска оценивают по формуле (11.9). Примем требуемую точность оценки $\delta_{Qm} = 10\%$. Тогда для ее обеспечения объем наблюдений должен быть не менее $N_1 = 1,6$ млн чел., что удовлетворяется, как правило, лишь для *отраслей промышленности*.

В целях снижения статистической погрешности и обеспечения требуемой точности оценки показателя профессионального риска в *подотраслях промышленности* с численностью работающих $N = 0,1 - 1$ млн чел. и наблюдаемым числом несчастных случаев со смертельным исходом $n = 10 - 100$ обычно возможно увеличить объем наблюдений за счет расширения интервала наблюдения, т. е. объединения статистических данных за несколько лет. Предположим, что условия труда в течение ΔT лет остаются неизменными, т. е. рассматриваемые ежегодные выборки являются однородными и принадлежат одной генеральной совокупности. При выполнении указанного допущения показатель профессионального риска в рассматриваемом году оценивают по формуле (11.14). С увеличением интервала наблюдения объем статистических данных возрастает, а точность оценки повышается. При использовании данного способа повышения точности необходимый объем наблюдений должен составлять $N_2 = N_1/\Delta T$. Если принять максимальное число лет, в течение которых условия труда и аварийность на производстве практически не меняются, равным 10 годам, то минимальная численность работающих, для которой еще выполняется ограничение на точность, составит $1\,640$ тыс. чел. \times \times лет/10 лет = 164 тыс. чел.

Для более точного — без усреднения по формуле (11.14) — определения показателя профессионального риска по совокупности предприятий (работников) можно воспользоваться стандартными планами контроля, применяемыми для оценки параметров распределения Пуассона. Действительно, если представить гибель работников в результате несчастных случаев пуассоновским потоком случайных событий, то усредненная частота несчастных случаев со смертельным исходом для совокупности N работающих в одинаковых условиях может быть оценена по формуле (11.4).

Если данные за прошедшие годы являются неоднородными, то показатель профессионального риска оценивают по формуле (11.18).

На крупных предприятиях с численностью персонала от 10 до 100 тыс. чел. и среднегодовым числом несчастных случаев со смертельным исходом при существующем уровне производственного травматизма от 1 до 10 корректную оценку показателя профессионального риска можно получить *вероятностно-статистическим методом* по формуле (11.19). Предполагают, что известно распределение $f(w)$ несчастных случаев на производстве по тяжести (см.

рис. 11.4) или, по крайней мере, доля $q = \int_{КС}^{\infty} f(w)dw$ несчастных

случаев со смертельным исходом (катастрофическое событие КС) от общего числа несчастных случаев. В среднем по промышленности России эту величину с учетом динамики ее изменения (см. табл. 19.6) можно принять равной 0,03. Для отраслей (подотраслей) промышленности, отдельных предприятий эта величина может изменяться, и ее нужно уточнять по соответствующим временным рядам статистики травматизма.

Допустим, n_{Σ} — общее число несчастных случаев на производстве на рассматриваемом предприятии в оцениваемом году. Тогда индивидуальную вероятность пострадать от несчастного случая вычисляют по формуле $Q_{\Sigma} = n_{\Sigma}/N$. Порядок этой величины для промышленности России (см. табл. 19.6) — $3 \cdot 10^{-3}$ 1/(чел. · год). Поэтому необходимый объем наблюдений для оценки этой величины с требуемой точностью статистическим методом составит примерно 55 тыс. чел. Следовательно, требования к необходимому объему наблюдений снижаются благодаря использованию дополнительной информации в $1640 : 55 = 30$ раз.

Различного рода предпосылки к происшествиям (оплошности, нарушения), число и вероятность которых еще значительнее, несут информацию об уровне профессионального риска на более мелких предприятиях и могут быть использованы для его оценки.

Для количественной оценки показателя профессионального риска на *средних предприятиях* с численностью работающих от 1 до 10 тыс. чел., где несчастные случаи со смертельным исходом — достаточно редкое событие, происходящее 1 раз в несколько лет, т.е. статистика практически отсутствует ($n < 1$), необходимо совместное использование данных за ΔT лет и распределения несчастных случаев по тяжести последствий. Действительно, если $T = 10$ лет, то необходимая численность популяции составит 55 тыс. чел. · лет/10 лет = 5,5 тыс. чел.

Для оценивания показателя профессионального риска на *малых предприятиях* с численностью работающих $N < 10^3$ чел. и $n \ll 1$ могут быть использованы различные вариации *экспертно-статистического метода*. Допустим, имеются следующие данные:

интегральная оценка \bar{Q} показателя профессионального риска по группе из m предприятий (например, в подотрасли или на территории). Например, объем наблюдений по группе из $m = 10$ предприятий с численностью работающих по 0,6 тыс. чел., по которым есть статистика травматизма за 10 лет, составляет 0,6 тыс. чел. · 10 · 10 лет = 60 тыс. чел. · лет;

относительные оценки профессионального риска для предприятий, входящих в рассматриваемую группу, получаемые экспертным методом с учетом косвенных показателей травматизма. Представим их в виде (рис. 19.4) ранжированного ряда:

$$c_1 < c_2 < \dots < c_j < \dots < c_m, \quad (19.7)$$

где c_j — относительная доля опасности производственной деятельности на j -м предприятии.

Средний риск \bar{Q} имеет место на i -м предприятии в их ранжированном ряду по опасности производственной деятельности (19.7). Номер этого предприятия можно определить из условия

$$i : \frac{\sum_{j=1}^i \alpha_j c_j}{\sum_{j=1}^m \alpha_j c_j} = 0,5,$$

где α_j — доля по численности работающих на j -м предприятии от общего числа работающих на всех m предприятиях.



Рис. 19.4. Относительные оценки опасности производственной деятельности в группе предприятий (m — число предприятий)

Так как профессиональный риск пропорционален относительной доле, то его показатель для j -го предприятия можно оценить по формуле

$$Q_j = \bar{Q} \frac{c_j}{c_i},$$

где c_i — относительный вес опасности производственной деятельности на i -м предприятии.

Допустим, имеется группа *малых и средних предприятий*, объединенных по некоторому признаку (размещенных на одной территории или входящих в некоторое производственное объединение — холдинг, финансово-промышленную группу). Для одного или нескольких средних предприятий, размещенных на данной территории либо входящих в рассматриваемое производственное объединение, одним из рассмотренных ранее методов определено значение показателя профессионального риска. С помощью экспертного метода определяем относительные доли риска предприятий из рассматриваемой совокупности, которые затем калибруем по имеющимся для некоторых предприятий абсолютным значениям. Неизвестный показатель профессионального риска на i -м предприятии при известном значении показателя на j -м среднем предприятии Q_j оцениваем по формуле

$$Q_i = \frac{Q_j c_i}{c_j} \quad (i, j = 1, \dots, m).$$

Если есть данные по нескольким предприятиям, то калибровку проводят по всем известным значениям с последующим усреднением получаемых оценок для каждого предприятия по формулам вида:

$$Q_{i+l} = \frac{Q_{j+l} c_i}{c_j},$$

где $l = 1, \dots, k$;

$$Q_i = \frac{1}{k} \sum_{l=1}^k Q_{i+l},$$

где $i = 1, \dots, m$; l — переменная.

При невозможности статистической оценки с приемлемой точностью показателя профессионального риска для управления им на уровне цехов, участков, рабочих мест можно использовать следующие показатели:

теоретико-вероятностные оценки, получаемые с помощью моделей зависимости типа «доза — эффект», устанавливающие взаи-

мосвязь профессиональной заболеваемости в цехах, участках, на рабочих местах с характерными уровнями негативных факторов и тяжести труда в них;

устанавливаемые *экспертным методом* его качественно-количественные оценки (см. подразд. 3.4) $R_3 = Q_3 w_3$, где Q_3 — качественно-количественная оценка реализуемости (частоты) несчастных случаев; w_3 — качественно-количественная оценка тяжести несчастных случаев на данном участке (рабочем месте). Например, для травмобезопасности: $w_3 = \{1 — легкие повреждения, 2 — травмы средней тяжести, 3 — тяжелые травмы, групповые несчастные случаи, 4 — смертельный исход\}$; $Q_3 = \{1 — практически исключаются, 2 — случаются редко, 3 — типичный случай, 4 — исключить невозможно\}$. Суждения экспертов о реализуемости несчастных случаев опираются на данные мониторинга состояния оборудования, а при оценке реализуемости профессиональных заболеваний — измерений вредных производственных факторов.

Качественную оценку опасности *возникновения профессиональных заболеваний* в зависимости от уровней негативных факторов проводят методом определения классов условий труда. В табл. 19.8 приведена решающая функция для определения классов условий труда на рабочем месте для одного из негативных факторов — шума. Для этого измеряют соответствующие показатели факторов u_i ($i = 1, \dots, n$), где n — число измерений, по которым вычисляют их верхние γ -доверительные границы u^* . Затем для каждого из

показателей вычисляют отношение $\bar{u} = \frac{u^*}{\text{ПДУ}}$, где ПДУ — предельно допустимый уровень, принимающий значения в соответствии с табл. 19.8 (колонка 2).

Опасность химических веществ обычно оценивают путем сравнения их фактических концентраций C в рабочей зоне с предельно допустимой концентрацией (ПДК). Ее устанавливают с помощью зависимости $Q(C)$ индивидуального риска от концентрации вещества из условия $Q(\text{ПДК}) = Q_{\text{примемл}}$, где $Q_{\text{примемл}}$ — предельно допустимый уровень приемлемого индивидуального риска. Зависимость «концентрация—риск», удобная при оценках риска для работающих, имеет вид, изображенный на рис. 19.5.

Интегральный показатель профессионального риска с экономической точки зрения определяют как отношение величины суммарных затрат в отрасли (подотрасли) экономики на возмещение в истекшем календарном году вреда, причиненного застрахованным в результате несчастных случаев на производстве или профессиональных заболеваний при выполнении ими трудовых обязанностей (пособие по временной нетрудоспособности, возмещение утраченного заработка, единовременные и ежемесячные стра-

Пример определения класса условий труда

Показатель	Значение ПДУ	Решающая функция
Шум. Эквивалентный уровень звука	В соответствии с санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8. 562—96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых общественных зданий и на территории жилой застройки»	$\text{Класс} = \begin{cases} \text{Допустимый,} & \text{если } \bar{u} \leq 1 \\ \text{Вредный — 3.1,} & \text{если } 1 < \bar{u} \leq 5 \\ \text{Вредный — 3.2,} & \text{если } 5 < \bar{u} \leq 15 \\ \text{Вредный — 3.3,} & \text{если } 15 < \bar{u} \leq 25 \\ \text{Вредный — 3.4,} & \text{если } 25 < \bar{u} \leq 35 \\ \text{Опасный,} & \text{если } \bar{u} > 35 \end{cases}$

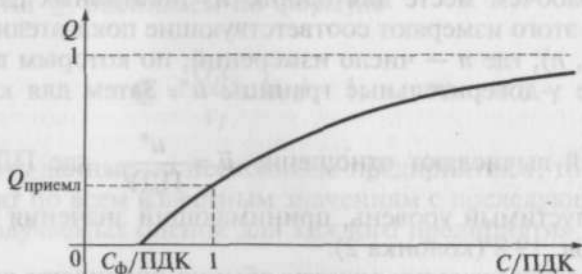


Рис. 19.5. Вид зависимости «концентрация C — риск Q » для химических веществ (C_{ϕ} — фоновая концентрация вещества)

ховые выплаты, расходы на медицинскую, социальную и профессиональную реабилитацию), к размеру фонда оплаты труда в этой отрасли (подотрасли) экономики, на который начислены взносы в Фонд социального страхования РФ, т. е. долей возмещаемого ущерба.

19.3. Приемлемость индивидуального риска

Оценивают приемлемость любого риска путем сравнения его фактического уровня с предельно допустимым. *Предельно допустимый уровень приемлемого риска* — это уровень индивидуального

риска, обусловленного хозяйственной деятельностью, который не должен превышать независимо от экономических преимуществ такой деятельности для общества в целом. Наряду с фактическим уровнем приемлемость рисков определяют также особенности их восприятия человеком и обществом.

Приемлемость индивидуального риска человеком регулируется факторами, влияющими на его готовность принять определенный уровень риска в обществе.

1. *Управление риском.* Человек считает, что он управляет риском, когда ведет автомашину, в то время как расположенная недалеко АЭС является источником вынужденного риска. Таким образом, приемлемость риска зависит от того, в какой мере определенное лицо может самостоятельно судить об опасности ситуации (знания, возможность предотвращения, возможность влиять на ситуацию).

Известно, что приемлемый уровень смертельного риска при добровольном участии людей в том или ином опасном предприятии на три порядка выше, чем при вынужденном.

Приемлемость риска можно представить как функцию отношения между собственной и чужой ответственностью, т.е. человек эмоционально присуждает себе большую, чем другим, меру ответственности за свою безопасность, причем это ощущение ответственности не может безусловно соответствовать реальному положению. В качестве грубого приближения можно, например, назначить следующие значения приемлемого риска:

исключительно собственная ответственность (например, занятия спортом) — $Q_F = 10^{-4} 1/(\text{чел.} \cdot \text{ч})$;

смешанная собственная и чужая ответственность (например, профессиональная деятельность, индивидуальный транспорт) — $Q_{E/F} = 10^{-6} 1/(\text{чел.} \cdot \text{ч})$;

смешанная собственная и чужая ответственность с превалированием чужой ответственности (например, общественный транспорт) — $Q_{F/E} = 10^{-7} 1/(\text{чел.} \cdot \text{ч})$;

исключительно чужая ответственность (например, соседство с АЭС) — $Q_F = 10^{-8} 1/(\text{чел.} \cdot \text{ч})$.

2. *Привычность риска.* Привычные риски, например опасность травмирования при работе с электроприборами, более приемлемы по сравнению с неизвестными рисками в результате работы ядерного реактора.

3. *Польза для индивида или населения от рассматриваемого события или объекта.*

Приемлемость риска обществом, его отношение к различным видам рисков зависит от отношения к риску людей (групп), из которых это общество состоит. Однако одни и те же люди, но в разной социальной обстановке поступают в рискованной ситуации по-разному (например, один и тот же человек, который был ге-

роем на войне, может спастись перед чиновником и проявить гражданское малодушие).

На приемлемость риска обществом влияет несколько факторов.

Экономические факторы. Приемлемый риск олицетворяет некий компромисс между негативными последствиями реализации риска и затратами на их предупреждение или сокращение. Приемлемым считают такой уровень риска, с которым общество соглашается на данном этапе своего развития.

Приемлемую величину каждого вида риска можно обосновать. Так, приемлемую величину индивидуального риска смерти людей можно установить равной $5 \cdot 10^{-4}$ 1/(чел. • год). Это соответствует данным ВОЗ, согласно которым в современном мире практически невозможно предотвратить 5 смертей от общих заболеваний на каждые 10000 чел. в возрасте до 30 лет. С таким риском общество вынуждено соглашаться, поскольку затраты на его снижение будут бесполезными.

В Голландии допустимый индивидуальный риск определяют следующим образом. Считают, что риск смерти в результате техногенных опасностей не должен превышать 1 % от минимальной вероятности смерти на протяжении всей жизни человека. За основу берут риск смерти индивидуума в возрасте 10—15 лет, который согласно статистическим данным по возрастной смертности составляет 10^{-4} 1/год и является минимальным на протяжении всей его жизни. На основании этих данных предельно допустимый уровень индивидуального риска принят равным 10^{-6} 1/год.

При использовании данного подхода предельно допустимый уровень индивидуального приемлемого риска для России составит $5 \cdot 10^{-6}$ 1/год. Учитывая, что наше общество сохраняет пока меньшую чувствительность к несчастьям, для России можно использовать менее жесткий критерий для приемлемого риска — $1/_{10}$ риска несчастного случая со смертельным исходом для 10-летнего ребенка. Тогда для России значение приемлемого индивидуального риска составит $5 \cdot 10^{-5}$ 1/год.

Другим подходом к выбору уровня приемлемого индивидуального риска является ориентация на существующие уровни риска, с которыми общество так или иначе мирится. Хотя совершенно неочевидно, что для другого вида опасности общество согласится с таким же уровнем риска.

Однако при использовании критериев приемлемости риска более развитых в социально-экономическом отношении стран всю хозяйственную деятельность в России придется остановить. Экономически обоснованный подход к установлению уровня приемлемого риска для конкретной страны предложен Н.Н.Радаевым (2004). Он состоит в построении входящих в нее административно-территориальных образований по величине индивидуального риска для жизнедеятельности населения, назначении предельно

допустимого уровня приемлемого риска, который отсекает «хвост» распределения, содержащий такую долю территорий (проживающего на них населения), защищенность которых можно повысить до приемлемого уровня в рамках среднесрочных (3—5 лет) программ.

Предельно допустимый уровень приемлемого профессионального риска можно установить с помощью распределения отраслей промышленности (рис. 19.6) по величине профессионального риска для персонала. Такой уровень должен отсекать «хвост» распределения, содержащий такую долю отраслей (работающего в них персонала), например 5—10%, безопасность в которых разумно повысить до приемлемого уровня в рамках среднесрочных (3—5 лет) или долгосрочных (5—10 лет) программ.

При решении задачи нормирования профессионального риска следует учитывать планируемые для повышения безопасности долю работающих и сроки реализации программ повышения безопасности, которые зависят от экономических возможностей страны.

Если установить $Q_{пр} = 3 \cdot 10^4$ 1/(чел. · год), то в область чрезмерного риска (см. рис. 19.6) попадут угольная промышленность и строительный комплекс (в них средний профессиональный риск превышает предельно допустимый уровень), за исключением их

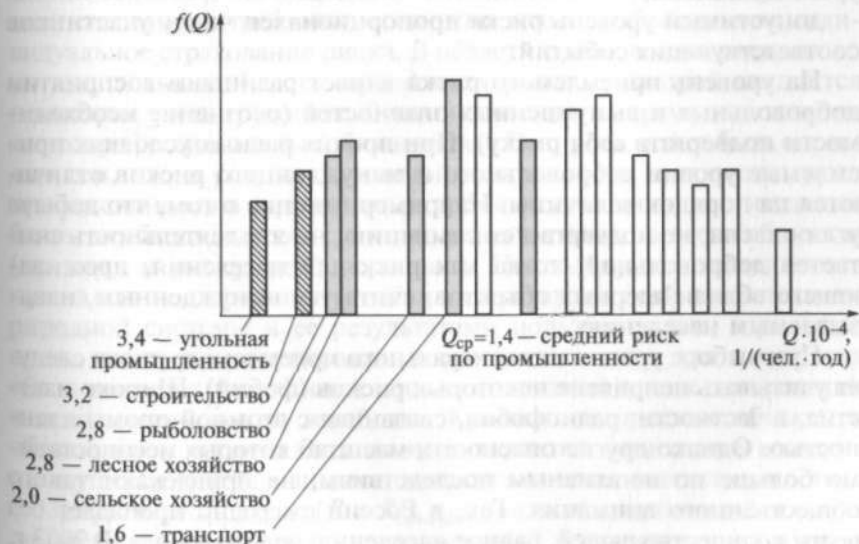


Рис. 19.6. Распределение травматизма со смертельным исходом по отраслям промышленности в России в 2002 г.:

■ — область чрезмерного риска («красная»); ■ — область приемлемого риска («желтая»); □ — область пренебрежимого риска («зеленая»)

подотраслей и предприятий, в которых приемлемый уровень безопасности уже обеспечивается.

В область приемлемого риска попадут рыболовство, лесное и сельское хозяйство, транспорт и другие отрасли, за исключением их подотраслей и предприятий, в которых приемлемый уровень безопасности производственной деятельности не обеспечивается.

В область пренебрежимого профессионального риска попадут остальные отрасли.

Социальные факторы (предпочтения населения). На устанавливаемую нормативными правовыми актами приемлемость различных рисков в масштабе государства влияют особенности восприятия различных рисков обществом. Перечислим некоторые пропорции, которые характеризуют представления западного общества о возможности извлекать пользу на грани риска, т. е. его приемлемость:

уровень приемлемого риска пропорционален кубу реальной или воображаемой пользы от него;

население допускает риск, проявляющийся вследствие собственных авантюристических действий, причем этот риск почти в тысячу раз больше, чем риск, который оно готово терпеть от других действий не столь авантюристического характера со сравнимым уровнем пользы;

допустимый уровень риска пропорционален числу участников соответствующих событий.

На уровень приемлемого риска влияет разница в восприятии добровольных и вынужденных опасностей (осознание необходимости подвергать себя риску). При прочих равных условиях приемлемые уровни добровольного и вынужденного рисков отличаются на порядок величины. Например, мнение о том, что добыча угля опасна, не подвергается сомнению, но эта деятельность считается добровольной, тогда как риск для населения, проживающего вблизи ядерных объектов, считается вынужденным, навязываемым населению.

При выборе уровня индивидуального приемлемого риска следует учитывать неприятие некоторых рисков (фобий). Широко известна, в частности, радиофобия, связанная с атомной промышленностью. Однако другие опасности, масштаб которых несопоставимо больше по негативным последствиям, не привлекают такого общественного внимания. Так, в России ежегодно пропадает без вести количество людей, равное населению целого города. В 2003 г. эта цифра составила 118 тыс. чел. В то же время некоторые опасности, уровень которых незначителен, сильно переоцениваются общественным сознанием, например гибель от нападения акул. В среднем каждый год в мире фиксируется от 70 до 100 нападений акул на людей, в результате которых гибнут от 5 до 15 чел.

19.4. Регулирование индивидуального риска

Регулирование индивидуального риска для населения от хозяйственной деятельности в развитых странах осуществляется на основе концепции приемлемого риска, состоящей в законодательном установлении предельно допустимого уровня приемлемого риска $R_{\text{приемл}}$ и уровня пренебрежимого риска $R_{\text{прен}}$, разделяющих область рисков для жизнедеятельности R , в которую попадает любая деятельность, на три подобласти:

1) *пренебрежимого риска* ($R \leq R_{\text{прен}}$), в которой никаких мер по повышению безопасности рассматриваемого вида деятельности или условий проживания на некоторой территории осуществлять не требуется;

2) *приемлемого риска* ($R_{\text{прен}} < R \leq R_{\text{приемл}}$), где разумный человек чувствует себя достаточно комфортно, не митингует и не протестует, понимая, что некоторый риск деятельности (условий проживания) является естественной платой за достигнутое качество жизни. Последнее обеспечивается развитием техносферы, одновременно и создающей тот техногенный риск, от которого необходимо защитить человека. Для видов деятельности (условий проживания) с приемлемым риском меры по его дальнейшему снижению принимают на основе принципов обоснования и оптимизации. Никакой специальной, дополнительной, индивидуальной компенсации не требуется, возможно только добровольное индивидуальное страхование риска. В области приемлемого риска можно выделить подобласть *оправданного риска*, в которой находится некоторая часть трудоспособного населения во время исполнения своих профессиональных обязанностей. Этот риск может быть оправдан тем, что в результате данной деятельности отдельных групп профессионалов в ограниченное время создаются дополнительные блага, необходимые для существования и развития всего общества (включая и рискующий персонал). Поскольку эта деятельность нужна для поддержания устойчивого развития всей социотехноприродной системы и ее результатами пользуются все, а рискуют лишь некоторые, то оправданность деятельности для последних обеспечивается получением ими компенсаций в виде дополнения к профессиональному заработку. Кроме того, опасные объекты в обязательном порядке должны иметь гарантии возмещения возможного ущерба третьим лицам в виде страхования ответственности;

3) *чрезмерного риска* ($R > R_{\text{приемл}}$), когда подвергающийся ему в экстремальных ситуациях ограниченный контингент лиц должен находиться под особым контролем в целях постоянного уменьшения риска, в том числе путем введения временных и пространственных ограничений, автоматизации и герметизации процессов и производств, замены технологий, а также их территориального размещения. Лица из этого контингента должны получать плату за

риск, зависящую от его уровня (определяется в соответствии с ценой жизни). В общем случае деятельность с указанным риском не допускается.

Регулирование индивидуального риска направлено на обеспечение безопасности жизнедеятельности. Повышение здоровья населения, снижение преждевременной смертности, увеличение продолжительности жизни в России могут быть достигнуты совместными усилиями органов здравоохранения и других органов исполнительной власти путем решения социальных проблем: обеспечения населения жильем по нормам цивилизованного общества, сбалансированным и полноценным питанием, созданием безопасных и комфортных условий труда и пр. Приемлемый уровень здоровья населения должен обеспечиваться на общегосударственном уровне за счет следующих мероприятий: экономическая помощь наиболее уязвимым в социальном плане группам населения и организация их медицинского мониторинга; модернизация санитарно-технической инфраструктуры; усиление санитарно-эпидемиологического контроля на границах страны и в местах возможных эпидемических вспышек; повышение уровня охраны труда и техники безопасности на предприятиях; ликвидация техногенного прессинга на окружающую среду и население в зонах интенсивного загрязнения; переход к эффективной модели медицины, развития медицинских и оздоровительных учреждений и др. Практическим шагом в этом направлении является реализация в РФ «национальных проектов».

Вопросы безопасности труда изучают такие науки, как физиология, профессиональная патология, психология, промышленная токсикология и др. Мировой опыт обобщается в рекомендациях Международной организации труда, Международной организации по стандартизации, Международной электротехнической комиссии и других международных организаций.

Управление безопасностью производственной деятельности имеет широкую правовую базу: Конституция РФ, содержащая специальную статью, устанавливающую право граждан на безопасные условия труда; Трудовой кодекс РФ; Система стандартов безопасности труда (ССБТ); Строительные нормы и правила (СНиП); Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий (СН), разрабатываемые в настоящее время технические регламенты и др. Все предприятия разрабатывают инструкции по мерам безопасности для каждого рабочего места, без знания которых человек к работе не допускается.

В ССБТ установлены: общие требования безопасности к производственному оборудованию и процессам; нормы по видам опасных и вредных производственных факторов; требования к средствам защиты работающих; методы оценки безопасности труда.

В различных СНиП регламентируются необходимые для безопасности работников размеры площади и объем производственных и бытовых помещений, способы и условия их освещения, отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха и др. Например, строительно-акустические методы защиты от шума (звукоизоляция ограждающих конструкций, уплотнение по периметру притворов окон и дверей; звукопоглощающие конструкции и экраны; глушители шума, звукопоглощающие облицовки) предусмотрены СНиП — П-12—77.

Санитарные нормы основаны на производственной санитарии и, в частности, содержат: санитарные правила организации технологических процессов; гигиенические требования к производственному оборудованию; санитарные нормы допустимых уровней шума, вибрации, излучений, концентрации пыли и вредных химических соединений в воздухе рабочей зоны и т. п. (Для контроля этих требований проводят аттестацию рабочих мест.)

Управление охраной труда и контроль условий труда осуществляют федеральные, региональные (местные), отраслевые (ведомственные) и общественные (профсоюзные) органы. Надзор за исполнением законов о труде всеми органами исполнительной власти, организациями, предприятиями и их должностными лицами возложен на Генеральную прокуратуру РФ.

В основе регулирования безопасности производственной деятельности, направленного на обеспечение безопасности труда, лежат следующие основные механизмы:

охрана труда как система правовых норм, социально-экономических, организационных, технических, гигиенических, лечебно-профилактических и реабилитационных мероприятий, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособность человека в процессе труда;

производственная санитария как система санитарно-технических, гигиенических и организационных мероприятий, предотвращающих или снижающих до безопасных пределов воздействие на работников вредных и опасных факторов производственной среды. Включает такие мероприятия, как оздоровление воздушной среды, нормализация параметров микроклимата в рабочей зоне, защита рабочих от шума, вибрации и обеспечение нормативов освещения, а также поддержание в соответствии с санитарными требованиями территории предприятия;

возмещение вреда для здоровья работников, которое происходит из трех источников: пенсии по инвалидности выплачиваются Пенсионным фондом РФ; пособия по временной утрате трудоспособности, единовременные страховые выплаты и ежемесячные страховые выплаты производятся за счет бюджета Фонда социального страхования РФ; медицинская помощь пострадавшим финансируется за счет бюджета Фонда обязательного медицинского страхования и Фонда социального страхования. Размер воз-

мещения вреда для здоровья работников от производственного травматизма регулируется в соответствии с «Классификатором отраслей (подотраслей) экономики и видов деятельности по классам профессионального риска» (2000 г.) и ежегодно утверждаемыми Постановлениями Правительства РФ, дополнениями и изменениями к нему;

учет и расследование несчастных случаев и др.

Выбор мер управления риском осуществляется на основе классов условий труда (табл. 19.9).

В системе управления профессиональными рисками выделяют три подсистемы:

мониторинга (наблюдение и контроль источников профессионального риска — состояния производственной среды, техники и технологии);

профилактики (конкретные меры по снижению уровней риска);

возмещения ущерба (социальная защита потерпевших на производстве с помощью социального страхования).

Снижение уровней риска достигается следующими мероприятиями: учет требований техники безопасности, гигиены труда и

Таблица 19.9

Характеристика условий труда

Класс условий труда	Индекс профессиональных заболеваний (вычисляется)	Категория риска	Уровень риска	Меры по управлению риском
Оптимальный (1)	—	Отсутствует	Несущественный (приемлемый)	Не требуются
Допустимый (2)	< 0,05	Пренебрежимый		Обучение
Вредный (3.1)	0,05 — 0,11	Малый (умеренный)	Существенный (управляемый)	Устранение или снижение уровней вредных и опасных факторов, применение средств индивидуальной защиты, обучение, инструктаж
Вредный (3.2)	0,12 — 0,24	Средний (существенный)		
Вредный (3.3)	0,25 — 0,49	Высокий		
Вредный (3.4)	0,5 — 1,0	Очень высокий		
Опасный (4)	Больше 1	Чрезвычайно высокий (недопустимый)	Неприемлемый (исключаемый)	Запрещение работы

эргономики при проектировании, изготовлении и эксплуатации оборудования; контроль качества и сертификация оборудования; замена (по возможности) веществ, представляющих повышенную опасность, на менее опасные; меры безопасности при работе с опасными веществами (разрешение на использование данного вещества, безопасная упаковка, четкая маркировка и разработка инструкции по применению); организация трудового процесса с учетом медико-биологических требований и обоснований (в частности, ограничение времени воздействия вредных факторов на работника) при соответствующем профессиональном подборе и подготовке персонала.

При выборе комплекса мер управления профессиональным риском надлежит руководствоваться следующими приоритетами: устранение опасного фактора или риска; борьба с опасным фактором или риском в источнике; снижение уровня опасного фактора или внедрение безопасных систем работы; при сохранении остаточного риска использование средств индивидуальной защиты.

ГЛАВА 20. ТЕХНИЧЕСКИЙ РИСК

20.1. Характеристика риска аварий на объектах техносферы

Развитие науки и техники, обусловленное потребностями роста материального благосостояния членов общества (качества жизни), повышая социально-экономическую безопасность общества, одновременно привело к появлению новых видов опасности как для здоровья населения, так и для окружающей среды. Эти опасности техногенного происхождения связаны с поступлением в окружающую среду отходов промышленного производства, необходимостью участия человека в профессиональной деятельности, сопряженной с разнообразными источниками неблагоприятного воздействия на его здоровье и т.д. Таким образом, развитие цивилизации привело к возникновению особых условий существования, совокупность которых можно назвать искусственной сферой обитания — техносферой. Развитие техносферы привело к накоплению больших потенциальных опасностей — техногенных факторов, совокупное действие которых стало соизмеримым с действием на человека природных факторов.

Появление техносферы потребовало отвлечения части ресурсов человечества на создание технической системы безопасности (см. рис. 1.2), предназначенной для обеспечения защиты человека от техногенных факторов. Однако техническая система безопасности, так же как и социально-экономическая, пока не позволяет полностью исключить воздействие на человека неблагоприятных техногенных факторов.

В последние годы в России предприняты шаги к переходу при оценке безопасности промышленных производств на использование показателей риска. Федеральным законом «О техническом регулировании» от 27.12.2002 г. № 184-ФЗ введено следующее понятие безопасности процессов производства и продукции: состояние, при котором отсутствует недопустимый риск, связанный с причинением вреда жизни и здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, окружающей среде и т.д. (т.е. фактический уровень риска не превышает допустимого). Идентификация опасностей, оценка, регулирование и контроль риска предусмотрены в ГОСТ Р 12.0.006 — 2002. Концепция приемлемого технического риска стала альтернативой не оправдавшей себя концепции абсолютной безопасности (безаварийной эксплуатации).

Рассмотрим развитие методологии обеспечения безопасности в промышленности. В основу построения технических систем безопасности были положены различные концепции. Некоторые положения, представлявшие в свое время многообещающими или очевидными, были отвергнуты в ходе построения и развития систем обеспечения безопасности. Анализ таких «отрицательных» результатов, «тупиков» представляется поучительным.

Концепция абсолютной безопасности (безаварийной эксплуатации). Для периода зарождения методологии обеспечения безопасности характерны недостатки, свойственные практически любой деятельности: нечеткость постановки задачи и специфики ее содержания, несовершенство методов и иллюзии в отношении степени сложности ее решения. Отличительная черта этого периода состояла в совпадении мер по обеспечению надежности и безопасности. Однако постоянно появлявшиеся технические решения, направленные на повышение надежности технологии путем усложнения конструкции в целях исключения повреждений, которые могли уже не случаться даже за весь срок эксплуатации технологического оборудования, на определенном этапе стали экономически нецелесообразными. Именно здесь теории надежности и безопасности разошлись, поскольку возможные повреждения технологической единицы и связанный с ними риск для здоровья и жизни людей оцениваются во всяком случае не с точки зрения теории надежности или только производственно-экономической целесообразности.

Осознание того факта, что аварии, несмотря на наши технические усилия и экономические затраты, продолжают иметь место, в сочетании со стремлением безусловно обеспечить безопасность технологии потребовало выработки новой *концепции максимальной проектной аварии*. Ее основная идея состояла в постулировании (детерминировании) тех аварий, которые мы считаем возможными (несмотря на создаваемые системы активной безопасности) и которые планируем полностью контролировать: локализовать и смягчить последствия.

Предполагалось, что постулированные аварии являются «максимальными», т.е. создание системы защиты от этих аварий автоматически гарантирует безопасность в случае всех остальных аварий, меньших по

масштабу. Цель создания систем безопасности оставалась прежней — обеспечение абсолютной безопасности, «нулевого» риска для человека.

В результате выработки концепции максимальной проектной аварии появилась методология, заполнившая вакуум, имевший место на начальном этапе развития теории безопасности. Эта концепция была лишь переходным этапом, поскольку ей было присуще серьезное внутреннее противоречие. Оно состояло в том, что максимальность постулируемой аварии определялась лишь существующими теоретическими представлениями и материальными возможностями, совокупностью имеющихся инженерных решений, освоенностью в промышленности тех или иных технологий изготовления защитных систем или складывающимся общественным мнением.

Следствием этого явилось то, что оставались неопределенными вероятности последствий событий, превышающих проектные критерии; не было возможности обосновать огромные затраты на обеспечение безопасности; неуправляемым стал набор новых, все более изощренных, технических проектов обеспечения безопасности.

Концепция приемлемого риска. Частично перечисленные проблемы сняла концепция, основанная на вероятностном анализе безопасности (ВАБ). За основу (аксиому) в новом подходе был положен тот эмпирический факт, что никакая деятельность не может быть полностью безопасной, т.е. достичь абсолютной безопасности невозможно. Таким образом, отправной точкой анализа безопасности становится понятие риска, связанного с данной технологией, и уровня приемлемого риска, обусловленного экономическими и социальными факторами.

В соответствии с эволюцией концепций совершенствовались и методы анализа безопасности: от феноменологического, через детерминистский до вероятностного.

Технический риск — это возможность происшествия (инцидента, аварии, катастрофы) на объекте техносферы, связанного с негативными последствиями. Технический риск связан с аварийностью на объектах техносферы, зависящей от многих факторов: степени отработанности конструкции при проектировании; качества изготовления; надежности; условий эксплуатации; человеческого фактора и др. Технический риск приводит к техногенному риску для жизнедеятельности населения, который в отличие от технического представляет собой риск для населения рассматриваемой территории в результате размещения на ней совокупности объектов техносферы. Технический риск обуславливает социальный риск.

В соответствии с принятыми представлениями происшествие наступает тогда, когда появляется полный набор условий (факторов) его возникновения (рис. 20.1). При этом каждое условие рассматривают как опасную ситуацию, предпосылку к происшествию. Чем больше возникло опасных ситуаций, предпосылок к происшествию, тем выше риск. Иногда рассматривают признаки опас-

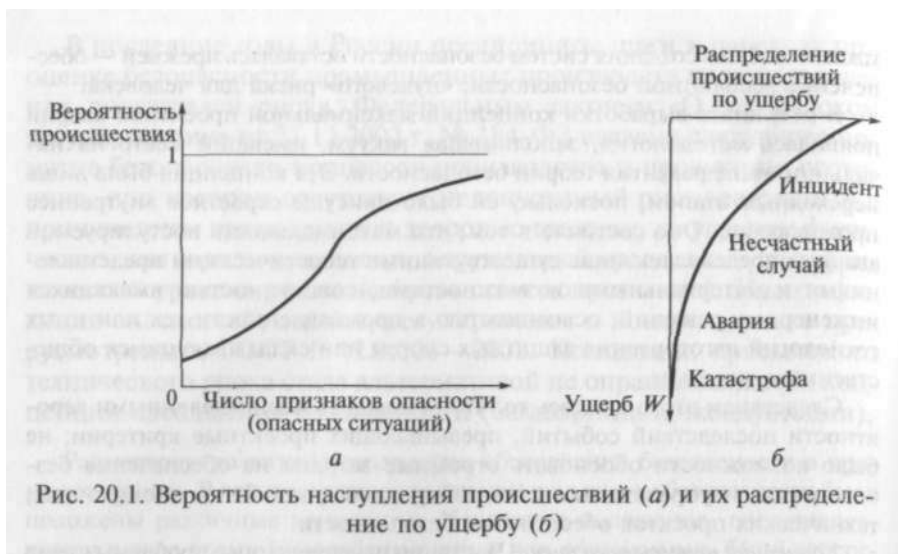


Рис. 20.1. Вероятность наступления происшествий (а) и их распределение по ущербу (б)

ности как условия наступления предпосылки к происшествию. Таким образом, вероятность возникновения происшествия является функцией вероятностей наступления предпосылок к нему и признаков опасности.

Потенциальная опасность объектов техносферы появляется в случае аварий с ними. Иницирующими, или исходными, событиями для аварий являются аварийные ситуации. *Аварийная ситуация с объектом* — это сочетание условий и обстоятельств, создающих аварийные воздействия на объекты. Причинами аварийных ситуаций могут быть как внутренние, так и внешние по отношению к объектам техносферы события, т.е. источники опасности могут быть внутренними и внешними. К внутренним источникам опасности относятся низкая надежность оборудования и персонала («человеческий фактор»). Внутренние события — это отказы технических устройств, влияющих на безопасность, ошибочные и несанкционированные действия персонала, пожары, а внешние — опасные природные, техногенные (например, транспортные аварии при перевозке опасных грузов) и социальные (противоправные действия) явления.

Внешними источниками опасности для объектов техносферы являются условия эксплуатации: окружающая природная среда, другие объекты техносферы, само общество. В них при определенных обстоятельствах возникают иницирующие события для аварий и катастроф на объектах, в ходе которых формируются внешние воздействия на объекты (нерегламентированные, аварийные, поражающие и др.).

В основе возникновения происшествия лежит воздействие негативного фактора на рассматриваемый объект. Виды и параметры негативных воздействий на объекты техносферы при их эксплуа-

тации определяют с помощью специально разрабатываемых моделей аварийных ситуаций с ними. Всякое происшествие характеризуется исходными событиями, путями (каналами) протекания и последствиями. Развитие аварийной ситуации в происшествие может идти по различным каналам с исходами, различающимися тяжестью последствий.

В зависимости от масштаба последствий различают инцидент, несчастный случай, аварию и катастрофу.

Инцидент — событие, в результате которого возникает или может возникнуть несчастный случай. Инцидент, в результате которого не возникают ухудшение здоровья, травмы, ущербы или иные потери, рассматривается как «промах». *Несчастный случай* — это нежелательное событие, приводящее к смерти, ухудшению здоровья, травмам или другим потерям. Применительно к опасным производственным объектам под инцидентом понимают отказ или повреждение технических устройств, применяемых на таком объекте, отклонение от режима технологического процесса, нарушение положений нормативных правовых документов, устанавливающих правила ведения работ на объекте. *Аварией* обычно считается происшествие, в результате которого повреждена или разрушена техника, без гибели людей. Это опасное техногенное явление, произошедшее по конструктивным, производственным, технологическим или эксплуатационным причинам либо в результате внешних воздействий, заключающееся в повреждении, выходе из строя, разрушении технических устройств или сооружений, сопровождающееся нарушением производственного процесса или функционирования системы и связанное с угрозой для жизни и здоровья людей, материальными потерями, нарушениями окружающей среды.

Крупная авария, повлекшая за собой человеческие жертвы, значительный материальный ущерб и другие тяжелые последствия, считается *катастрофой*. Согласно «Директиве по Севезо» крупной аварией считается значительный выброс опасных или вредных веществ, пожар или взрыв, явившиеся результатом неподдающегося контролю развития событий в процессе промышленной деятельности, ведущие к серьезной непосредственной или отложенной опасности для человека (как внутри, так и вне территории предприятия), а также для окружающей среды.

В результате аварий и катастроф с потенциально опасными объектами формируются негативные факторы для персонала, населения прилегающих территорий, окружающей природной среды, присущие рассматриваемому объекту. Взаимодействие негативных факторов с различными объектами приводит к ущербу. Например, авария на радиационно опасном объекте может быть связана с выходом радиоактивных веществ за его пределы в количествах, приводящих к недопустимому облучению персонала и населения.

Угроза причинения ущерба некоторому объекту имеет место в том случае, когда при реализации опасного явления он может оказаться в зоне действия его негативных факторов.

20.2. Вероятностный анализ безопасности объектов техносферы

Методика анализа. Для технических объектов, массово производимых и эксплуатируемых в схожих условиях, оценку риска аварий проводят статистическим методом. Однако для мелкосерийных и уникальных, а также потенциально опасных объектов, уровень безопасности которых высок, а статистика аварийности вследствие этого крайне незначительна, основным методом оценки вероятности аварий является теоретико-вероятностный метод. В рамках данного метода риски аварий оценивают в процессе ВАБ объектов техносферы. Теоретико-вероятностный метод является основой при разработке декларации промышленной безопасности, паспорта безопасности опасного объекта. При этом оценку риска аварий дополняют оценкой социального риска.

Методический аппарат анализа риска разрабатывают применительно к этапам формирования риска аварий:

1) возникновение и развитие причинной цепи предпосылок происшествия, необходимых и достаточных для начала неконтролируемого выброса энергии и/или вещества;

2) непосредственно авария с выбросом энергии и/или вещества;

3) распространение. Обычно используют следующие аналитические модели распространения в пространстве негативных факторов аварии: параметрические формулы типа полуэмпирического уравнения Садовского для перепада давления во фронте воздушной ударной волны при взрыве конденсированного взрывчатого вещества или гауссова модель рассеяния вредных веществ в атмосфере; интегральные модели, базирующиеся на законах сохранения массы и энергии, и описываемые обыкновенными дифференциальными уравнениями; модели, построенные на представлении параметров состояния или энергомассообмена в их оригинальном виде и реализуемые системами дифференциальных уравнений в частных производных;

4) трансформация соответствующих потоков энергии и/или вещества в окружающей среде;

5) воздействие негативных факторов, обусловленных неконтролируемыми потоками энергии и/или вещества, на элементы антропосферы.

Применительно к первому этапу при ВАБ используют вероятностные модели следующих видов:

на уровне сравнительно простых объектов для оценки вероятностей негативных событий в них — модели надежности «время -

наработка до отказа» и модели «нагрузка—прочность», состоящие в проверке условия разрушения некоторых критически важных элементов конструкции объекта в результате внешних воздействий, что приводит к проливу (выбросу) вредных веществ, инициированию взрыва, срабатыванию либо, наоборот, несрабатыванию датчиков, устройств предохранения и т.д.;

на уровне систем — модели, основанные на рассмотрении аварийных последовательностей, которые являются откликом сложных объектов на исходные события. Поскольку число сценариев развития аварийных ситуаций в аварию может быть значительным, а их реализация — взаимозависимой, для интегрального определения вероятности аварии опасного объекта обычно используют логико-вероятностные модели в виде диаграмм причинно-следственных связей типа «дерево» («дерево отказа», «дерево событий»), «граф» (поточковый либо состояний и переходов), «сеть» (например, стохастической структуры К. Петри). При этом вероятности событий, составляющих аварийные последовательности, включая вероятности ошибочных действий персонала, вычисляются с помощью моделей 1-го уровня. Каждый вид отказа или способствующего этому события анализируют для выявления его наилучшего последствия. Методика ВАБ предусматривает при анализе дерева для каждого исходного события такое наложение отказов и ошибок, что отдельные ветви (аварийные цепочки) обязательно доводятся до неблагоприятных состояний. Впервые данная методология была применена в начале 70-х гг. XX в. в США в докладе Расмуссена, посвященном изучению риска для населения США от аварий на АЭС.

Процедура оценки риска R аварий включает, как правило, три основных блока:

выявления возможных сценариев развития аварий и построения соответствующего дерева событий;

определения вероятностей исходных и промежуточных (на пути перерастания аварийной ситуации в аварию) событий для аварии;

оценки последствий различных исходов аварий.

1. Выявление сценариев развития аварий и построение дерева событий. Общий подход к оценке технического риска состоит: в расчленении ситуации (аварии как сложного события, приводящего к негативным последствиям с различающейся степенью тяжести) на элементарные события; определении вероятностей этих событий, последовательности событий, приводящей к опасным последствиям; расчете полной вероятности сложного события для указанной последовательности. Степень детализации элементарных событий определяется возможностью оценки вероятности их возникновения.

Аварии объектов техносферы являются завершением последовательностей событий. В их начале находятся нежелательные со-

Исходные события $A_p (p=1, \dots, q)$ для рассматриваемого объекта: внешние и внутренние инициирующие события

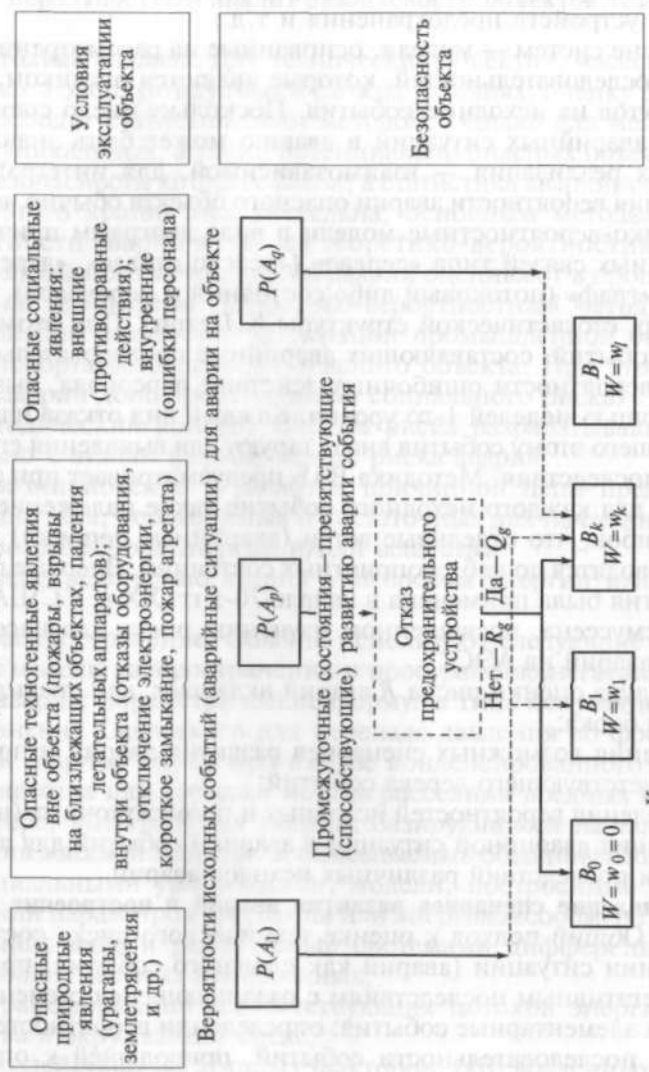


Рис. 20.2. Дерево событий при эксплуатации объекта

бытия вне и внутри объекта, а способствующими событиями являются срабатывания или отказы элементов и систем объекта, ошибки обслуживающего персонала («человеческий фактор») и другие события.

Для оценки риска аварий на объекте представим его эксплуатацию в виде древовидного ориентированного графа (рис. 20.2) с ветвящейся структурой, исходными событиями которого являются инициирующие события для аварии A_p ($p = 1, \dots, q$), а главными (вершинными) событиями B_k ($k = 1, \dots, l$) — возможные последствия.

Сценарии развития аварий определяются по схемам:

сверху вниз («а что будет, если...»);

снизу вверх (от негативных последствий к их причинам).

Допустим, B_0 — событие, состоящее в нормальном функционировании объекта (ущерб $w_0 = 0$), а B_k ($k = 1, \dots, l$) — событие, состоящее в переходе объекта из-за различных исходных (инициирующих) событий в состояние, характеризующее негативными последствиями, оцениваемыми ущербом w_k ($k = 1, \dots, l$). Таким образом, состояние объекта описывается $(l + 1)$ -мерным вектором, принимающим значения от 0 (нормальное функционирование) до l (последствия l -го типа). Как правило, каждый сценарий развития аварии приводит к различному ущербу.

В общем случае технический риск оценивают по формуле:

$$R = \sum_{k=1}^l P(B_k)w_k, \quad (20.1)$$

где $P(B_k) = Q_k$ — вероятность развития аварии по k -му каналу.

Для случая, приведенного на рис. 20.2, получим

$$P(B_k) = P(A_p)Q_g,$$

где Q_g — вероятность реализации способствующих событий (отказа предохранительного устройства).

Эту вероятность при всех возможных исходных событиях вычисляют по формуле

$$Q_g = \sum_{p=1}^q P(A_p)Q_{pk},$$

где $P(A_p)$ — вероятность наступления инициирующего события p -го типа в расчете на год; Q_{pk} — вероятность развития аварии по k -му каналу в результате p -го исходного события (вычисляют как произведение вероятностей всех способствующих событий).

Тогда с учетом формулы (20.1)

$$R = \sum_{k=1}^l w_k \sum_{p=1}^q P(A_p)Q_{pk}. \quad (20.2)$$

Рассмотрим методику построения графа дерева событий по методу «сверху вниз» (см. рис. 20.2).

На первом уровне представлены возможные условия эксплуатации объекта техносферы в виде возможных исходных событий A_p ($p = 1, \dots, q$) для аварии:

внешние иницирующие события (акты терроризма на отдельных критических элементах, приводящих к максимальному ущербу; опасные природные явления, действующие одновременно на несколько блоков, узлов и т.д.);

аварийные ситуации с отдельными блоками, агрегатами, элементами (пожар, короткое замыкание, обесточивание) на объекте, при которых реализуются аварийные воздействия;

нормальная эксплуатация в соответствии с эксплуатационной документацией, при которой возможны отказы элементов.

На втором уровне расположены вероятности $P(A_p)$ $p = 1, \dots, q$ исходных, иницирующих событий (аварийных ситуаций), которые могут привести к аварии с негативными последствиями.

На третьем уровне размещены способствующие (препятствующие) события для аварийных последовательностей, возможность ненаступления которых в условиях развивающейся аварии определяется свойствами надежности, прочности, стойкости, пожаро-, взрывобезопасности элементов объекта. Вероятность наступления ($z = 1$) способствующего события — Q_g , а ненаступления ($z = 0$) — $R_g = 1 - Q_g$. Например, в качестве показателя пожаробезопасности используют вероятность отсутствия возгорания элемента в течение заданного времени с момента начала стандартного пожара. При необходимости, которая вызывается требованиями повышения точности, и возможности, связанной с наличием необходимой исходной информации, дальнейшей детализации способствующие и препятствующие события размещают и на последующих уровнях.

На последнем уровне располагают возможные опасные исходы эксплуатации опасного объекта B_k ($k = 1, \dots, l$).

Вероятность отдельных исходов нежелательных последствий определяется как произведение вероятностей исходного события и вероятностей наступления способствующих (вероятностей ненаступления препятствующих) событий, приводящих к данному исходу. Если один и тот же исход наступает при нескольких исходных событиях (по различным каналам развития аварии), то суммируют вероятности реализации отдельных аварийных последовательностей событий.

2. Оценка вероятностей. Оценка вероятностей исходных и промежуточных событий проводят по специальным методикам.

3. Определение последствий аварий. Последствия аварий определяют путем суммирования различных составляющих ущерба для рассматриваемой социальной системы.

Перечислим модели, необходимые для оценки рисков аварий и катастроф на объектах техносферы: модели задания или оценки частот инициирующих событий (аварийных ситуаций) для аварий; модели описания или оценки аварийных нагрузок на объекты в типовых аварийных ситуациях; модели развития аварийных ситуаций в аварию (сценарии развития аварии от типовых инициирующих событий до различных нежелательных исходов); модели формирования, выхода за пределы объекта и распространения негативных факторов; модели негативного действия (причинения вреда) на людей и объекты опасных и вредных факторов; модели оценки состояния людей и объектов техносферы, подвергшихся негативным воздействиям; модели расчета различных составляющих ущерба в случае аварий; модели пересчета различных составляющих ущерба в стоимостную форму; модели расчета ущерба для рассматриваемых социальных систем.

20.3. Приемлемость технического риска

Приемлемый риск — это риск, уровень которого допустим и обоснован исходя из социально-экономических соображений. Риск эксплуатации объекта является приемлемым, если ради выгоды, получаемой от эксплуатации объекта, общество готово пойти на этот риск. Приемлемый технический риск устанавливают для каждого вида технических объектов, строительных сооружений, транспортных систем. Нормирование риска (установление его приемлемого уровня) проводят в различных формах. Так, в зависимости от степени учета составляющих риска (от показателя опасности в источнике до последствий реализации опасности) предельные уровни устанавливают:

для риска аварий в виде предельно допустимой вероятности аварий в год или на некоторую наработку. В частности, вероятность тяжелых запроектных аварий не должна превышать 10^{-7} 1/(реактор *год) [ОПБ-88/97];

риска воздействия негативных факторов аварии на людей. Например, согласно ГОСТ 12.1.010-76 и ГОСТ 12.1.005-91 вероятность воздействия на людей опасных факторов соответственно взрыва и пожара не должна превышать 10^{-6} 1/(чел. • год);

вызванного авариями социального риска для персонала и населения.

В зависимости от способа определения показателя риска для объекта рассматривают два вида критериев приемлемого риска аварий:

качественные критерии, основанные на словесных оценках и отражающие конкретные требования безопасности (например, в виде: «Поражающие факторы аварий при разрушении любой единичной емкости на объекте не должны выходить за границу санитарно-защитной зоны»);

количественные критерии (например, в виде: «Индивидуальный риск гибели населения от аварии на объекте не должен превышать величины 10^{-7} 1/год⁻¹»).

Количественные критерии используются в нормативах некоторых зарубежных стран, но, как правило, не на законодательном уровне (как, например, в Голландии), а в корпоративных стандартах или иных документах рекомендательного характера. Это связано с объективными трудностями в оценке количественных показателей риска с приемлемой точностью.

Уровни приемлемого риска устанавливаются с учетом фактического уровня аварийности (достигнутого уровня безопасности) и возможных последствий аварии — чем значительнее последствия, тем жестче уровни. Неприятие рисков аварий с тяжелыми последствиями, возможных на опасных производственных объектах, приводит к установлению для них более жестких мер по обеспечению безопасности. Благодаря этому на таких объектах обеспечиваются более низкие уровни рисков. Так, например, индивидуальный риск гибели человека в техногенных происшествиях (в среднем за 2000 — 2003 гг.) составляет: в ДТП — $2,2 \cdot 10^{-4}$ 1/год; в пожаре — $1,3 \cdot 10^{-4}$ 1/год; из-за аварий и несчастных случаев на опасных производственных объектах — $0,3 \cdot 10^{-4}$ 1/год.

Исходя из приемлемого уровня технического риска устанавливаются технические требования по безопасности к конструкции, а также требования по устойчивости к опасным техногенным (ударам, ударной волне, термическим нагрузкам) и природным (ветровым нагрузкам, по сейсмостойкости) явлениям.

Предельно-допустимый уровень индивидуального риска для России, учитывая уровень ее социально-экономического развития, обычно рекомендуют принимать в диапазоне от 10^{-4} (для функционирующих объектов) до 10^{-5} (для вновь строящихся объектов) 1/год (см., в частности, Декларацию Российского научного общества анализа риска «Об установлении предельно-допустимого уровня риска»). В качестве критерия приемлемости социального риска предлагается следующий: неприемлемым считается риск, когда 25 взрослых людей (или детей, престарелых, больных) и более подвергаются опасности с частотой более 10^{-4} (соответственно 10^{-5}) в год.

20.4. Регулирование технического риска

Регулирование технического риска проводят в целях достижения техногенной безопасности населения и персонала с помощью таких механизмов, как обеспечение промышленной безопасности, охрана труда, техническое регулирование.

Промышленная безопасность — это состояние опасного производственного объекта, определяемое комплексом технических и

организационных мер, обеспечивающее стабильность параметров технологического процесса и сводящее к минимуму опасность возникновения аварии, а в случае ее возникновения предотвращающее воздействие на людей и элементы антропосферы ее негативных факторов. Промышленная безопасность является составной частью техногенной безопасности и включает в себя ядерную, радиационную, пожарную и другие виды безопасности. Система обеспечения промышленной безопасности базируется на принципе — безопасность выполнения любого вида работ может быть обеспечена, если будут надежно функционировать четыре основных компонента:

человек, т.е. персонал от рядового исполнителя до руководителя любого уровня; является самым важным, но и самым уязвимым звеном обеспечения безопасности. От уровня его профессиональной подготовки, морально-психологического состояния, добросовестности зависит очень многое. Надежность персонала обеспечивается отбором, подготовкой и аттестацией кадров, его дисциплиной, здоровьем, заработной платой, социальной мотивацией;

нормативно-правовая документация — федеральные законы (технические регламенты), нормы, правила, стандарты, руководства, инструкции, указания, регулирующие права, обязанности, юридическую ответственность за обеспечение безопасности всех участников производственного процесса;

объект — носитель опасности, с которым взаимодействует человек в пределах функций, предписанных ему документацией. Безопасность зависит от свойств и состояния технологий, оборудования. Очевидно, что чем более физически изношен и морально устарел объект, тем вероятнее возникновение аварийных ситуаций. Если при этом документация плохая и человек ненадежен, то потенциальная опасность становится реальной;

контроль и надзор — важная составная часть системы обеспечения промышленной безопасности, от параметров которой в существенной мере зависит поддержание надежности и качества человека, документации и объекта.

Безопасность собственно объектов обеспечивается следующими мерами:

проектными решениями, принятыми при разработке технологий, строительстве и эксплуатации объектов, а также их модернизации, реконструкции и снятии с эксплуатации — использование многослойной защиты (барьеров безопасности), внутренне присущей безопасности и др.;

контролем технологических процессов и параметров безопасности;

мониторингом и обеспечением безопасности при нормальной эксплуатации и авариях;

культурой безопасности (высокий профессионализм, производственная дисциплина, ответственность, система подбора, подготовки, аттестации и повышения квалификации кадров).

Интенсивный процесс законодательного регулирования промышленной деятельности начался с конца XX в. Это не случайно, так как законы, меняющие условия жизнедеятельности людей, появляются лишь по мере появления предпосылок, одна из которых — научная проработанность вопроса. В настоящее время проработанность вопросов анализа и управления рисками достигла такого уровня, что законодатели уже начали принимать законы, оперирующие понятиями риска. При этом вначале законодательные акты концентрировали внимание на источниках риска внутри предприятия. Со второй половины 80-х гг. XX в. акцент сместился в сторону профилактических мер. Так, в 1997 г. законодательно была введена процедура декларирования безопасности промышленных объектов.

Для регулирования техногенной безопасности первостепенное значение имеет выбор метода и инструментария (рычагов) регулирования. Различают следующие методы регулирования:

прямого регулирования, основанного на принципе административно-правового принуждения нарушителей (исторически применялся первым). Эти методы включают следующие механизмы: нормативное (техническое) регулирование, лицензирование, регистрацию, экспертизу, технический аудит, учет и расследование несчастных случаев и аварий, предупреждение аварий и готовность аварийно-спасательных формирований, декларирование безопасности опасных объектов, разработку паспортов безопасности объектов, подготовку и аттестацию персонала, надзор и контроль, ответственность эксплуатирующих организаций и др.;

косвенного регулирования, основанного на принципе экономического побуждения нарушителей к повышению безопасности.

Нормативное (техническое) регулирование. Такое регулирование осуществляется путем установления обязательных требований, добровольных правил, общих принципов, характеристик в отношении продукции, процессов (методов) производства, эксплуатации и утилизации, работ или услуг, а также путем контроля за соблюдением обязательных требований. Разработкой международных стандартов по техническому регулированию занимаются такие организации, как Международная организация по стандартизации (ИСО), Международная электротехническая комиссия (МЭК); Международный союз электросвязи (МСЭ), Европейский комитет по стандартизации (ЕКС).

Техническое регулирование включает разработку технических регламентов, стандартизацию и подтверждение соответствия.

Технический регламент — это федеральный закон, постановление Правительства РФ или указ Президента РФ, устанавлива-

ющие обязательные для применения и соблюдения требования к объектам технического регулирования (продукции, в том числе к зданиям и сооружениям, процессам и методам производства, эксплуатации и утилизации), а также устанавливающие в случае необходимости процедуры оценки соответствия обязательным требованиям.

Требования по безопасности технических объектов задаются в виде предельно допустимой вероятности различных видов (от различных иницирующих воздействий) аварий.

Стандартизация — это деятельность по установлению правил, общих принципов, характеристик, рассчитанных на многократное использование на добровольной основе, направленная на достижение упорядоченности и повышение конкурентоспособности в области производства и оборота продукции, выполнения работ и оказания услуг.

Подтверждение соответствия — это процедура, результатом которой является документальное удостоверение (в виде декларации о соответствии или сертификата соответствия) того, что продукция, процессы (методы) производства, эксплуатации и утилизации, работы или услуги соответствуют установленным требованиям технических регламентов или положениям стандартов, условиям гражданско-правовых договоров. Формами подтверждения соответствия являются сертификация и декларирование соответствия.

Сертификация — форма подтверждения соответствия, в ходе которого орган по сертификации документально удостоверяет, что продукция, процессы (методы) производства, эксплуатации и утилизации, работы или услуги соответствуют установленным требованиям технических регламентов или положениям стандартов. Сертификация может проводиться в двух формах: добровольной и обязательной. Сертификацию технических устройств, применяемых на опасных производственных объектах, проводят организации, аккредитованные федеральным органом исполнительной власти, специально уполномоченным в области промышленной безопасности (Ростехнадзором).

Декларирование соответствия — форма подтверждения соответствия, посредством которой изготовитель (продавец) документально удостоверяет, что продукция соответствует требованиям технических регламентов; осуществляется путем принятия изготовителем (продавцом) декларации о соответствии на основе собственных доказательств, а также доказательств, полученных с участием третьей стороны. Декларация о соответствии имеет равную юридическую силу с сертификатом соответствия.

Экспертиза. *Государственную экспертизу* проводят соответствующие экспертные органы в целях снижения риска и предотвращения возможного ущерба государственным интересам России при

принятии и реализации федеральных, региональных, отраслевых и межгосударственных программ и проектов. В основе государственной экспертизы заложены следующие принципы: обязательность ее проведения в установленном порядке, независимость, научная обоснованность и объективность выводов, учет общественного мнения, ответственность за обоснованность экспертного заключения и рекомендаций.

В РФ проводят экспертизу промышленной безопасности, государственную экспертизу охраны труда, пожарную экспертизу, государственную экспертизу в области защиты населения и территорий от ЧС, государственную экологическую экспертизу и др.

Экспертиза промышленной безопасности позволяет повысить эффективность превентивных мер по предупреждению аварийности и травматизма. Ее роль в обеспечении безопасности работ повысилась в условиях перехода ответственности за состояние промышленной безопасности и последствия аварий от государственных органов к владельцам организаций. Экспертизе промышленной безопасности подлежат: проектная документация на строительство, расширение, реконструкцию, техническое перевооружение, консервацию и ликвидацию опасного производственного объекта; здания и сооружения, технические устройства, применяемые на опасном производственном объекте; декларация промышленной безопасности и иные документы, связанные с эксплуатацией опасного объекта. Экспертизу проводят организации, имеющие лицензии, за счет средств эксплуатирующей организации.

Государственная экспертиза в области защиты населения и территорий от ЧС направлена на предупреждение ЧС природного и техногенного характера и смягчение их последствий, так как ошибки в проектах служат причиной 30 % аварий.

Регистрация опасных объектов. Осуществляется в государственном реестре опасных производственных объектов Ростехнадзором.

Декларирование безопасности опасных производственных объектов проводится в целях обеспечения контроля за соблюдением мер безопасности, оценки достаточности и эффективности мероприятий по предупреждению и ликвидации ЧС. В декларации безопасности представляют следующие результаты: оценка возможности аварии и связанной с ней угрозы для персонала и населения прилегающих территорий; анализ достаточности принятых мер по предупреждению аварий и обеспечению готовности организации к эксплуатации объекта в соответствии с требованиями норм и правил промышленной безопасности, а также к локализации и ликвидации последствий аварии на объекте; перечень мероприятий по снижению возможных негативных последствий в случае аварии на объекте.

Паспорт безопасности опасного объекта составляют для определения риска ЧС; оценки состояния работ по предупреждению

ЧС и готовности к ликвидации ЧС на объекте; обоснования мероприятий по снижению риска и смягчению последствий ЧС на объекте.

Лицензирование отдельных видов деятельности состоит в выдаче лицензий (разрешений) на эти виды при выполнении лицензионных требований и условий, а также контроль за их соблюдением лицензирующими органами.

Контроль в области защиты населения и территорий от ЧС на федеральном уровне осуществляет МЧС России, а на территориальном и местном — органы исполнительной власти субъектов РФ и органы местного самоуправления через территориальные органы управления МЧС России.

На опасных производственных объектах функционирует трехуровневая система контроля и надзора:

самоконтроль — силами предприятий;

ведомственный контроль — независимыми от предприятий подразделениями соответствующих ФОИВ;

государственный надзор - государственными органами, независимыми от ФОИВ, в ведении которых находятся опасные производственные объекты.

Государственный надзор за обеспечением различных видов безопасности на предприятиях, в учреждениях, организациях независимо от форм собственности и подчиненности осуществляется специально уполномоченными ФОИВ, на которые возлагается государственное нормативное регулирование, специальные разрешительные, контрольные и надзорные функции в соответствующей области.

20.5. Культура безопасности

Человеческий фактор играл решающую роль во многих авариях, но проблемы, обусловленные им, еще далеки от решения. Их актуальность привела к возникновению новой отрасли знания — культуры безопасности, направленной на повышение мотивационной надежности персонала. Недостаток культуры безопасности явился одной из главных причин аварии на Чернобыльской АЭС. Культура безопасности предполагает высокую квалификационную и психологическую подготовленность всех лиц, при которой обеспечение безопасности объекта является приоритетной целью и внутренней потребностью, приводящей к самоосознанию ответственности и самоконтролю при выполнении всех работ.

Термин «культура безопасности» был введен в 1986 г. экспертами Международной консультативной группы по ядерной безопасности Международного агентства по атомной энергетике (МАГАТЭ) в итоговом документе по рассмотрению причин и последствий аварии на Чернобыльской АЭС. В последующих доку-

ментах культура безопасности была названа фундаментальным управленческим принципом. Согласно принятому МАГАТЭ определению «культура безопасности — это такой набор характеристик и особенностей деятельности организаций и отдельных лиц, который устанавливает, что проблемам безопасности ядерного объекта, как обладающим высшим приоритетом, уделяется внимание, определяемое их значимостью». Это определение распространяется на любые потенциально опасные объекты и технологии. По другому определению, культура безопасности — это больше, чем просто группа индивидуумов, соблюдающих набор правил по безопасному ведению работ; это группа людей, которые в своем поведении руководствуются общей уверенностью в важности обеспечения безопасности и понимают необходимость того, чтобы каждый член коллектива сам с готовностью поддерживал нормы коллективной безопасности и помогал другим членам коллектива стремиться к этой общей цели.

Культура безопасности является составной частью общей культуры производства и представляет собой совокупность видов деятельности администрации и поведения персонала, направленных на обеспечение безопасности потенциально опасных производств и объектов. Предприятия с потенциально опасными производствами и объектами должны проводить политику, показывающую, что обеспечение безопасности обладает высшим приоритетом перед остальными видами деятельности предприятия.

Культура безопасности предприятия должна основываться на следующих принципах:

- осознание каждым работником важности и значения обеспечения безопасности;

- ответственность каждого работника, реализуемая через понимание и неукоснительное выполнение должностных инструкций;

- высокий уровень знаний и компетентности руководителей, обеспечивающих подготовку персонала и реализацию мероприятий по обеспечению безопасности;

- регулярное осуществление надзора и контроля за состоянием ответственных за безопасность предприятия систем и за подготовкой персонала.

Культура безопасности обеспечивается через систему подготовки кадров и повышения квалификации, экологическое образование. Организации, как правило, проходят несколько этапов в развитии культуры безопасности.

1. Безопасность — это производное от соблюдения требований и основывается на правилах и регламентах. На данном этапе безопасность рассматривают как технический вопрос, а соблюдение налагаемых извне правил и регламентов считают достаточным для обеспечения безопасности. Улучшения достигают главным образом путем совершенствования технических средств бес-

печения безопасности объекта и внедрения систем и процедур контроля за источниками опасности. Эти усовершенствования диктуются необходимостью соблюдения нормативных требований и обычно достигаются посредством руководящих указаний. Персонал склонен полагать, что за безопасность отвечает руководство и ее обеспечение в значительной мере навязано ему другими лицами.

2. Второй этап предусматривает разработку организацией некоего связанного с безопасностью заявления с изложением своего понимания безопасности и четким указанием его целей, в качестве которых рассматриваются хорошие показатели безопасности. Должны быть установлены ясные процедуры достижения этих целей, а также правила, которые определяют, что можно делать и что делать нельзя.

3. Безопасность рассматривают как непрерывный процесс совершенствования, в который каждый может внести свой вклад. Третий этап представляет собой тот идеал, к которому необходимо стремиться. Его достижение — процесс длительный. Он требует формирования такого понимания безопасности и ее целей, которые будут разделять все. Значительная часть работников в организации должна быть убеждена в том, что они лично и активно вовлечены в процесс повышения безопасности.

Совершенствование — это непрерывный процесс, требующий самокритичного, открытого и конструктивного сравнения себя с другими и соответствующей оценки себя на их фоне. Важное значение имеет участие всех работников в этом процессе.

В основе достижения высочайшего уровня безопасности лежит выполнение следующих требований: в организации должно существовать четкое распределение обязанностей и ответственности; информационное обеспечение должно быть непрерывным и высокоприоритетным процессом, сопровождающимся проверками того, что сообщения получены и поняты; необходимо препятствовать чрезмерной инициативе в создании недоступных для понимания рекомендаций по возможным усовершенствованиям. Руководство организации и надзорные органы должны устанавливать приоритеты и разрабатывать реалистичные планы усовершенствований с адекватным ресурсным обеспечением и постоянным контролем.

Таким образом, в процессе повышения культуры безопасности организации проходят несколько этапов, стремясь к высшему уровню, который характеризуется реальной приверженностью делу обеспечения безопасности, принятым ценностям и способам работы, сформированным и установленным при участии самих работников.

Наиболее важным является первый шаг на пути создания высокой культуры безопасности — обеспечить приверженность это-

му делу руководства организации. Подтверждением этого является то, что руководители высшего звена выделяют время и ресурсы на безопасность и выступают в качестве примера для своих сотрудников.

Процедуры контроля за ведением работ должны быть четко определены, просты и годны к ежедневному применению. Персонал должен быть вовлечен в разработку и совершенствование процедур, четко понимать последствия их несоблюдения. Руководителям подразделений необходимо быть бдительными, чтобы не допускать случаев «работы в обход требований». Недопустимо поощрять выбор кратчайших путей или несоблюдению требований даже в случаях значительной эксплуатационной напряженности. Самоуспокоенность и отрицание способствуют формированию низкой культуры, которую впоследствии будет сложно повысить.

Важно побуждать работников к принятию ими консервативных решений в вопросах безопасности. Необходимо поддерживать повторную оценку действий с использованием таких подходов, как STAR («остановись, подумай, сделай, оцени») и обращение за помощью в случае сомнений относительно безопасности, даже если это приводит к некоторому замедлению производства. Всем сотрудникам необходимо постоянно напоминать о том, что отказы на потенциально опасном объекте могут иметь серьезные последствия для них, их коллег и населения.

Культура отчетности. Сбои и «почти оплошности» рассматривают в организациях с хорошей культурой безопасности как уроки, которыми следует пользоваться во избежание более серьезных событий. Таким образом, существует стимул к тому, чтобы расследовать все события, которые могут оказаться поучительными, в целях установления их причин и обеспечения своевременной обратной связи. «Почти оплошности» очень важны, поскольку представляют большее разнообразие и объем информации для изучения, чем аварии.

Необходимо мотивировать работников к представлению сообщений даже о незначительных проблемах. Здесь возникает вопрос об отчетности «без обвинений». Если мы хотим, чтобы работники сообщали о случаях на грани оплошности, они должны верить в то, что к этим сообщениям отнесутся с вниманием, а они и их коллеги не будут наказаны. При хорошей культуре отчетности признается, что недопустимым является именно непредставление сообщений о любых проблемах, которые могут оказать отрицательное влияние на безопасность.

«Почти оплошности» представляют собой богатый источник информации для исследования риска аварий и система представления сообщений о них имеет важное значение. Такую систему необходимо поддерживать в атмосфере доверия; с извлеченными

уроками следует знакомить всех, кому это может быть полезным, а выявляемые проблемы необходимо оперативно устранять. Небезопасная практика должна стать предметом критического разбора всеми сотрудниками в организации. Важно научить сотрудников конструктивно бороться с небезопасной практикой. Незначительные отступления от безопасной практики работы могут оставаться незамеченными до тех пор, пока не произойдет другое, часто не связанное с первым, отступление. В совокупности эти отступления могут впоследствии привести к более значительному инциденту или аварии. Это является важной причиной для активного стремления к устранению недостатков, которые по отдельности могут показаться не слишком существенными.

Борьба с небезопасными действиями и условиями. Почти все события — от «почти оплошностей» и до отказов, влияющие на безопасность, начинаются с неумышленного небезопасного действия или недопустимого состояния технологического процесса на объекте. Они нередко носят скрытый характер и проходят незамеченными или же расцениваются как обычные и поэтому игнорируются. Затем в сочетании с другой неполадкой в системе происходит новый, более значительный, отказ. Поэтому сведение до минимума имеющихся скрытых недостатков в практике работ или в состоянии объекта является важным в деле предупреждения более серьезных событий.

Минимизация скрытых недостатков требует понимания персоналом того, почему использованы конкретные системы безопасности и требования с точки зрения их вклада в обеспечение безопасности. Работники не только должны быть аттестованы и опытные в своих областях, но и способны бороться с потенциально небезопасной практикой работ и выявлять недостатки, где бы они их не встречали.

Отказ от борьбы с недостатками со стороны руководства не только исключает возможность устранения конкретного отмеченного недостатка в работе, но и способствует формированию культуры, при которой нарушения, недосмотры и «кратчайшие пути» становятся нормой. Типовая модель снижения уровня безопасности включает следующие стадии:

самоуверенности, формируемой в результате хороших показателей в прошлом, восхваления на основе независимых оценок и неоправданного самодовольства;

самоуспокоенности; на этой стадии на объекте начинают происходить незначительные события и проводятся неадекватные самооценки их значимости. Контроль начинает ослабевать, а самодовольство приводит к отсрочке программ модернизации;

отрицания; факт отрицания нередко проявляется, когда число Незначительных событий продолжает расти и начинают происходить более существенные инциденты. Однако преобладает вера в

то, что это все еще изолированные случаи. Негативные выводы по результатам внутренних проверок отвергают как безосновательные, а программы анализа причин не применяют. Корректирующие меры реализуют не систематически, а программы модернизации являются неполными;

опасности, возникающей, когда происходит несколько потенциально серьезных инцидентов, но руководство и персонал упорно продолжают отвергать критику, исходящую от внутренних проверок и надзорных органов. Считается, что результаты проверок предвзяты, а критика в адрес объекта несправедлива. Как следствие, надзорные органы нередко молчат и опасаются давать негативные оценки и/или вступать в конфронтацию с руководством;

коллапса; на этой стадии проблемы стали ясны всем сторонам. Руководство объекта чувствует себя подавленно и, как правило, должно быть заменено. Нередко возникает необходимость дороговой программы модернизации.

Важно обнаружить снижение уровня безопасности на первых двух стадиях и не позднее начала третьей.

ГЛАВА 21. СОЦИАЛЬНЫЙ РИСК ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ

21.1. Характеристика социального риска

Социальные потери в результате негативных воздействий на некоторую совокупность людей приводят к социальному риску. Отметим, что социальные опасности, рассмотренные в подразд. 5.5, выделяются по источнику их возникновения (социум). В этой главе социальный риск выделяется по объекту воздействия — социальным группам, подвергающимся некоторой опасности (не обязательно социального характера), в результате реализации которой возможны социальные потери.

Социальный риск возникает по следующим причинам: случайное проявление различных событий, явлений, факторов; нахождение людей в неблагоприятных условиях.

Чаще всего с помощью социального риска характеризуют тяжесть последствий от случайной реализации определенных негативных событий, например аварий на объектах техносферы. Необходимо иметь в виду, что последствия даже самого опасного события, будучи распределенными на большую совокупность людей, лишь незначительно повышают индивидуальный риск. Поэтому в расчетах надо рассматривать конкретные группы или категории рискующих, например персонал опасных объектов, население, проживающее вблизи этих объектов, спасателей, сотрудников правоохранительных органов и военнослужащих при выполнении опасных операций.

Социальный риск, обусловленный долговременным действием некоторой причины (объекта) на определенную совокупность людей, в основном вредных веществ, находящихся в воздухе, воде или пище, определяют с помощью понятия «риск от дозы токсиканта». Эта составляющая социального риска определяется как число дополнительных смертей по данной причине за год или время работы установки и рассматривается обычно как проявление экологического риска.

Разновидностью социального риска является *коллективный риск*, возникающий при выполнении некоторой социальной группой определенного проекта или при ее нахождении в районе расположения источника опасности, например занятость на потенциально опасном объекте либо проживание вблизи него. В отличие от индивидуального риска коллективный риск является интегральной характеристикой опасностей определенного вида в конкретном географическом районе и характеризует масштаб возможной аварии. Коллективный риск при нормальной эксплуатации и в случае аварии потенциально опасного объекта представляет собой *ожидаемое число жертв* среди персонала и населения за определенный период времени.

21.2. Оценка социального риска для населения

В случае разрушения объектов инфраструктуры в результате опасных природных, техногенных и социальных явлений возникает ЧС и имеют место социальные потери (погибшие и пострадавшие). Это приводит к социальному риску для населения. Социальный риск выражается частотой опасных событий в год (аварий на объектах техносферы, стихийных бедствий на территориях) и условным распределением числа погибших в них (событий с числом жертв, не менее фиксированного значения):

$$f = a(\Delta t)R(n),$$

где $a(\Delta t)$ — математическое ожидание числа ЧС в год на одном объекте (территории); $R(n) = P(N \geq n)$ — условное распределение числа жертв в ЧС при условии, что авария произошла; n — случайная величина числа погибших или пострадавших в аварии. Первый множитель является показателем возможности наступления ЧС, в частности технического риска, а второй — вероятностной характеристикой последствий для жизнедеятельности населения в результате такой ЧС.

Для опасных производственных объектов оценка социального Риска для персонала и населения прилегающих территорий содержится в декларации промышленной безопасности, включающей раздел «анализ риска», а для критически важных объектов

Распределение ЧС в России по степени тяжести в 2005 г.

Вид ЧС	Всего	Количество ЧС						Число погибших, чел.	Число пострадавших, чел.
		В том числе по степени тяжести							
		Локальные	Местные	Территориальные	Региональные	Федеральные	Трансграничные		
Техногенные	2 464	2 333	124	5	1	1	0	5 528	4 927 820
Террористические	10	6	4	0	0	0	0	70	266
Природные	198	34	93	64	3	4	0	38	13 694
Биологосоциальные	48	23	22	3	0	0	0	1	3 743
Всего	2 720	2 396	243	72	4	5	0	5 637	4 945 523
Доля ЧС	1	0,88	0,09	0,03	0,002	0,002	—	—	—

инфраструктуры (по отношению к технологическому терроризму) — в паспортах их безопасности.

Социальные потери для населения страны от ЧС оцениваются суммарным числом пострадавших и погибших (табл. 21.1), а социальный риск — распределением ЧС по числу пострадавших (погибших).

Коллективный риск оценивается числом n смертей в результате действия определенного опасного фактора на рассматриваемую совокупность людей численностью N . Так, число тяжелых последствий (например, раковых заболеваний) от действия токсикантов (канцерогенов) на людей определяется выражением

$$n = rS,$$

где r — коэффициент риска, оцениваемый по имеющимся экспериментальным данным и математическим моделям (приводится в рекомендациях международных организаций и национальных нормативных документах); S — коллективная доза токсиканта (канцерогена), полученная N подвергшихся действию токсикантов (канцерогенов) людей.

21.3. Приемлемость социального риска

Восприятие риска событий с тяжелыми последствиями определяет приемлемость социального риска, которая проявляется как критериальное значение в ситуациях принятия решений. Законодательство некоторых стран использует определенные значения частоты аварии и количество вызванных ею смертельных случаев для оценки допустимого социального риска эксплуатации того или иного объекта (рис. 21.1). Так, в соответствии с экологической программой Нидерландов риск от потенциально опасной установки, авария на которой может вызвать гибель 10 чел., может считаться допустимым, если частота этой аварии не превышает 10^{-4} 1/год. Этот же документ указывает, что если последствия аварии в n раз больше, то соответствующая частота должна быть в n^2 раз меньше. Таким образом, если на установке возможна авария, которая способна вызвать смерть не 10, а 20 чел., то частота такой аварии не может превышать $2,5 \cdot 10^{-5}$ 1/год.

Приемлемость социального риска, обусловленного действием на определенную совокупность людей вредных веществ, находящихся в воздухе, воде или пище, устанавливают путем наложения ограничения на концентрацию или дозу токсиканта.

Приемлемость коллективного риска связана с его восприятием различными социальными группами. Ощущаемый коллективный риск отражает с помощью так называемых коэффициентов аверсии тот

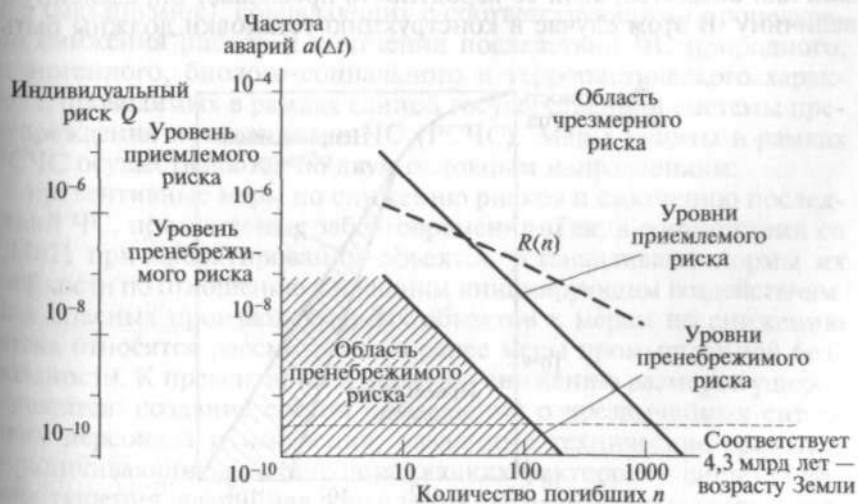


Рис. 21.1. Уровни приемлемого и пренебрежимого рисков в год, принятые в Нидерландах (график относится к социальному риску, а левая вертикальная ось — к индивидуальному)

факт, что катастрофические события, хотя и имеют малую вероятность, но вызывают экстремально тяжелые последствия, которые при определенных обстоятельствах могут даже поставить под вопрос дальнейшее существование объекта — источника опасности. Известно, что неприятие обществом одной аварии с большим ущербом сильнее, чем многих мелких аварий, дающих в сумме тот же размер ущерба. Примером этого могут быть катастрофы крупных авиалайнеров, которые обсуждаются длительное время многими СМИ во многих странах, и катастрофы вертолетов, которые происходят значительно чаще, но отражаются лишь в коротких заметках в региональных изданиях.

Основным фактором здесь являются возможные масштабы последствий. Известно, что общество считает одиночные, но с тяжелыми последствиями, события менее приемлемыми, чем большое количество малых происшествий при той же степени риска. Население отрицательно относится к риску гибели 100 чел. в одной авиакатастрофе, но принимает риск в 30 тыс. смертельных случаев в год (всё население целого города) в результате дорожно-транспортных происшествий.

Для определения уровня приемлемого социального риска обычно проводят графо-аналитический расчет с использованием критериальных кривых риска. Количественный подход к установлению зависимости приемлемости риска от последствий был предложен Ф. Фармером в 1967 г. Согласно этому подходу авария ядерного реактора с заданными последствиями считается неприемлемой для общества, если ее вероятность превышает определенную величину. В этом случае в конструкцию установки должны быть



Рис. 21.2. Области приемлемости эквивалентных выбросов на уровне земли йода-131 (пояснение в тексте)

внесены изменения в целях снижения вероятности аварии и/или ее последствий.

Для аварийных выбросов Ф. Фармер предложил провести граничную линию. Когда математическое ожидание последствий аварии находится ниже этой линии, они считаются приемлемыми; в противном случае — слишком высокими и должны быть приняты меры по их уменьшению. Предложенные Ф. Фармером критерии учитывали антипатию общества к риску, связанному с крупными авариями.

На рис. 21.2 показаны два вида линий Фармера. В качестве граничной линии может быть выбрана любая из них в зависимости от применяемого критерия приемлемости риска. Наклон линии *A* равен -1 , что указывает на одинаковую приемлемость риска как от крупных, так и от малых аварий. Наклон линии *B* равен $-1,5$, что указывает на определенную антипатию общества к крупным авариям. Основу граничной линии составляет точка со значением $1\ 000 K_i$ при вероятности 10^{-3} 1/год. Малые аварийные выбросы будут считаться неприемлемыми при частоте, превышающей 10^{-2} 1/год. Заштрихованная область между линиями *A* и *B* объясняется психологическими факторами неприятия обществом рисков событий с тяжелыми последствиями.

21.4. Управление социальным риском

Управление социальным риском состоит в применении процедур (механизмов), совпадающих с соответствующими процедурами снижения рисков и смягчения последствий ЧС природного, техногенного, биолого-социального и террористического характера, проводимых в рамках единой государственной системы предупреждения и ликвидации ЧС (РСЧС). Меры защиты в рамках РСЧС осуществляются по двум основным направлениям:

превентивные меры по снижению рисков и смягчению последствий ЧС, применяемые заблаговременно. Так, в соответствии со СНиП при проектировании объектов устанавливаются нормы их стойкости по отношению к внешним иницирующим воздействиям. Для опасных производственных объектов к мерам по снижению риска относятся рассмотренные ранее меры промышленной безопасности. К превентивным мерам по снижению размеров ущерба относятся: создание систем оповещения о чрезвычайных ситуациях персонала и населения; различные технические средства, ограничивающие действие поражающих факторов — системы пожаротушения, аварийная вентиляция, заградительные устройства, предотвращающие распространение огня, взрывной волны (например, локализаторы взрыва); подготовка средств и мероприятий по защите людей; организация оперативного медицинского обеспечения;

меры по смягчению (ликвидации) последствий уже произошедших ЧС — экстренное реагирование, т.е. меры по локализации ЧС; аварийно-спасательные и другие неотложные работы; восстановительные работы; реабилитационные мероприятия и возмещение ущерба.

Для экстренного реагирования, направленного на спасение людей, локализацию и неусугубление последствий ЧС, в рамках РСЧС создаются, оснащаются, обучаются и поддерживаются в готовности к немедленным действиям аварийно-спасательные формирования, разрабатываются планы мероприятий по эвакуации населения и первоочередному жизнеобеспечению населения пострадавших территорий. Для решения данной задачи создаются запасы материальных средств и финансовых ресурсов.

Меры защиты выбирают на основе анализа рисков и прогнозирования возможных ЧС. При этом вначале анализ проводят в целях определения риска разрушения отдельных объектов инфраструктуры, а затем — природных и техногенных рисков для населения исследуемой территории.

С учетом влияния на социальный риск различных факторов: видов опасных явлений, их частот, силы, взаимного расположения источников опасности и объектов воздействия, защищенности (уязвимости) объектов по отношению к поражающим факторам опасных явлений, а также затрат на реализацию мер по уменьшению негативного влияния отдельных факторов, обосновывают региональные меры, позволяющие снизить природный и техногенный риски до минимально возможного уровня в пределах ресурсных ограничений, следующих из социально-экономического положения страны (территории).

В интересах возмещения ущерба от аварий на опасных производственных объектах проводят обязательное страхование ответственности их владельцев перед третьими лицами.

ГЛАВА 22. ХОЗЯЙСТВЕННЫЙ РИСК

22.1. Характеристика хозяйственного (предпринимательского) риска

Экономические процессы развиваются в рамках отношений между тремя сторонами: предпринимателями, работниками и государством. Предприниматель берет на себя риски, связанные с бизнесом, за что получает прибыль. Рабочие продают свой труд и получают заработную плату. Государство получает налоги, за что обязано обеспечить приемлемые для всех правила «игры».

Предпринимательская деятельность является рискованной, т. е. действия ее участников в условиях сложившихся рыночных отноше-

ний, конкуренции, функционирования всей системы экономических законов не могут быть с полной определенностью рассчитаны и выполнены. Многие решения в предпринимательской деятельности связаны с выбором ее направления из нескольких возможных вариантов и принимаются в условиях неопределенности. Поэтому проблема анализа риска приобретает в предпринимательской деятельности особое значение. Риск является базовым свойством экономики свободной предпринимательства, а его наличие — оборотной стороной экономической свободы, своеобразной платой за нее. Свободе одного предпринимателя сопутствует одновременно и свобода других предпринимателей, что приводит к неопределенности результатов деятельности, предпринимательскому риску.

Сущность предпринимательского риска. Хозяйственный риск имеет объективную основу из-за неопределенности внешней среды по отношению к субъектам хозяйственной деятельности. Внешняя среда включает в себя объективные экономические, социальные и политические условия, в рамках которых организация ведет свою деятельность и к динамике которых (в частности, к динамике враждебности) она вынуждена приспосабливаться.

Неопределенность ситуации обусловлена ее зависимостью от множества переменных и контрагентов, поведение которых не всегда можно предсказать с приемлемой точностью. Устранить неопределенность будущего в предпринимательской деятельности невозможно, так как она является элементом объективной действительности.

В соответствии с большинством трактовок риск ассоциируется с неблагоприятными экономическими последствиями хозяйствования. В этом случае под предпринимательским риском понимается возможность потери ресурсов (дополнительных расходов) или недополучения доходов по сравнению с прогнозируемым вариантом, рассчитанным на рациональное использование ресурсов в данном виде предпринимательской деятельности в типовых условиях. Количественно предпринимательский риск отождествляется с математическим ожиданием потерь, которые могут произойти при реализации выбранного решения. Но хозяйственный риск связан не только с отрицательными результатами, иначе готовность к нему предпринимателя была бы необъяснима. Предприниматель идет на риск, невзирая на возможные потери, поскольку существует мощный стимул — повышенная прибыль. Бизнес — это принятие на себя рисков в расчете на удовлетворительное вознаграждение.

Как правило, в фирмах инновационного, предпринимательского типа прибыль выше обычной. Не случайно родоначальники теории предпринимательства Р. Кантильон, И. Тюнен и Ф. Найт Источниками предпринимательского дохода считали реализацию

в процессе воспроизводства способности предпринимателя к обоснованному риску.

Риск при осуществлении определенной предпринимательской деятельности — это, с одной стороны, мера возможных потерь организацией части ресурсов, возникновения убытков, появления дополнительных расходов и недополучения доходов по сравнению с прогнозируемым вариантом, а с другой — действие, выполняемое в условиях выбора, в надежде на счастливый исход (получение прибыли), когда в случае неудачи существует возможность оказаться в худшем положении, чем до выбора. В такой трактовке термин «риск» ближе к термину «шанс».

Таким образом, предпринимательский риск связан с неопределенностью получения ожидаемого дохода от вложения средств.

Принятое в мировой практике законодательство о предприятиях и предпринимательской деятельности определяет предпринимательство как инициативную, самостоятельную деятельность граждан и их объединений, направленную на получение прибыли, осуществляемую на свой риск и под свою имущественную ответственность. Поэтому под *предпринимательским риском* понимают количественную меру способности предпринимателя творчески использовать элемент неопределенности в процессе воспроизводства или отдельных его моментах для получения добавочной прибыли.

В условиях рыночной экономики риск — ключевой элемент предпринимательства. Предприниматель, умеющий обоснованно рисковать, оказывается вознагражденным. Проблема учета экономического риска при рыночных отношениях приобретает важное значение как составная часть теории и практики управления, в связи с тем что большинство управленческих решений связано с неуверенностью в получении ожидаемого результата, возможностью как выигрыша, так и дополнительных затрат, потерь. В условиях политической и экономической нестабильности риски возрастают, приводя к росту числа банкротств организаций и предприятий, но создавая при этом возможности для успеха некоторых из них.

Классификация предпринимательских рисков. Риски в предпринимательской деятельности связаны:

со всеми сферами управления — производством, маркетингом, финансами, кадровым потенциалом;

фазами воспроизводства — от покупки необходимых средств производства (машин, оборудования, сырья и т.д.) до изготовления товаров и их реализации;

функциями менеджмента — планированием, организацией, оперативным управлением, использованием персонала, экономическим и финансовым контролем.

Риски, с которыми сталкивается в процессе своей деятельности предприниматель, классифицируют по сферам возникновения, положению негативных факторов относительно предприя-



Рис. 22.1. Классификация предпринимательских рисков

тия (организации), характеру последствий, уровню рассматриваемой экономической системы, факторам возникновения, источникам неопределенности и другим признакам (рис. 22.1).

По сфере возникновения (предпринимательской деятельности) различают следующие виды рисков: производственный, коммерческий, финансовый (как часть коммерческого), посреднический и страховой. Методология анализа и управления наиболее проработана в отношении финансовых и страховых рисков.

По характеру последствий (возможному результату) различают риски:

чистые (простые, статические) — влекущие за собой только экономические потери (потери дохода или капитала) и упущенную выгоду, когда организация по сложившимся объективным и субъективным причинам не может осуществить запланированную финансовую операцию. Например, при снижении кредитного рейтинга организация не может получить необходимый кредит и использовать эффект финансового левириджа (рычага). *Эффект финансового левириджа* — получение предприятием дополнительной прибыли на собственный капитал за счет использования заемных средств. Повышает коэффициент рентабельности собственного

капитала; имеет место при превышении валовой рентабельности активов уровня процентов за кредит;

спекулятивные (динамические) — связаны с возможностью получения как отрицательного, так и положительного результата (прибыли) вследствие спекулятивных (агрессивных) финансовых операций. Их предпосылками являются ценовые колебания. Спекуляция — это операции покупки и продажи финансовых инструментов, стоимость и доходность которых в будущем являются величинами неопределенными. К спекулятивным рискам относятся финансовые риски (валютный, процентный и др.).

По положению относительно организации все факторы, влияющие на риск в проекте, можно условно подразделить:

на внешние, непосредственно не зависящие от деятельности организации или его контактной аудитории (риск форс-мажорных обстоятельств, страновой, валютный, налоговый и др.);

внутренние, связанные с деятельностью самого предприятия и его контактной аудиторией (организационный, ресурсный, портфельный, кредитный, инновационный и другие риски).

По факторам возникновения различают риски:

политические, обусловленные изменением политической обстановки, влияющей на предпринимательскую деятельность (закрытие границ, запрет на вывоз товаров в другие страны, военные действия на территории страны и др.). Являются составной частью странового риска, который в свою очередь влияет на инвестиционный риск;

законодательные, связанные с изменением налогового законодательства, условий лицензирования деятельности и пр.;

экономические (связаны с убытками, измеряемыми в денежном выражении), обусловленные неблагоприятными изменениями в экономике предприятия или страны.

По источнику неопределенности предпринимательские риски подразделяют на две группы:

случайные, возникающие вследствие зависимости результата деятельности от большого числа влияющих факторов, возможность реализации, уровни и соотношение которых неизвестны точно (имеет место «природная» неопределенность);

иерархические, связанные с возможностью наступления некоторого события, хотя и предопределенного на более высоком уровне социальной организации общества, но непредсказуемого для рассматриваемого объекта. Такие риски, в частности, связаны с действиями органов власти, на которые отдельные субъекты хозяйствования не могут оказать влияния. Решаясь работать в определенной правовой или корпоративной среде, предприниматель соглашается на то, что на результаты его деятельности будут оказывать влияние решения иерархических структур власти и управления. Минимизация предпринимательских рисков в иерархиче-

ских системах осуществляется за счет роста лояльности, согласия подчиняться экономической и политической силе. Возможность минимизировать риски за счет ресурсов субъектов власти или корпоративных структур — своеобразная плата за подчинение. Однако чем более развита экономическая система, тем труднее установить систему иерархического подчинения на всем социальном пространстве. В пределе иерархические риски смыкаются со случайными.

При анализе экономических систем общества выделяют следующие их уровни: мега-, макро-, мезо- и микроэкономика. На каждом уровне возникают свои специфические риски:

мегаэкономические — риски для функционирования мировой экономики в целом или для нижестоящих систем, но обусловленные тенденциями развития мировой экономики;

макроэкономические — риски экономической системы данного государства, а также для функционирующих в данном государстве организаций;

мезоэкономические — риски, формируемые на уровне отдельных отраслей экономики и специфических сфер бизнеса (для этих отраслей и функционирующих в них организаций);

микроэкономические (внутрифирменные).

С точки зрения риск-менеджмента выделяют следующие виды рисков:

управляемые, входящие в программу риск-менеджмента;

пренебрегаемые (управляемые в принципе, но не входящие в программу риск-менеджмента данной организации);

неуправляемые в принципе, неосознанные или неизвестные риски.

22.2. Взаимосвязь концепций риска в экономике (бизнесе)

Риск связывают чаще всего с событиями, имеющими отрицательные последствия. Поэтому *концепция риска как опасности* имеет самую богатую предысторию и широкую сферу применения: природа, техносфера, общество, экономика, политика. Показателем риска в рамках указанной концепции является произведение вероятности Q негативного события на ущерб w от него, а управление риском связано со снижением этих составляющих риска.

Опасности экономики (бизнеса) рассматриваются по отношению к социально-экономической системе — семье, организации, государству, а на человека они действуют опосредованно — через снижение качества жизни. Они приводят к потерям и убыткам и, следовательно, риску для социально-экономических систем.

Сферами применения *концепции риска как неопределенности* являются общество, экономика, политика. Основная цель деятельности в условиях хозяйственного риска, на который идет пред-

приниматель, — получение предпринимательского дохода, превышающего потери от реализации опасностей (положительного экономического результата $v_{расч}$ от реализации проекта). Предприниматель выбирает проект для реализации при условии его обоснованности (выполнения критерия «затраты—выгоды»):

$$v_{расч} = \sum v_{Pi} P_i - C - \sum v_{Qi} Q_i > 0, \quad \sum P_i + \sum Q_i = 1 \quad (i = 1, \dots, N),$$

где v_{Pi} — экономический результат i -го благоприятного исхода; P_i — его вероятность; C — затраты (инвестиции); v_{Qi} и Q_i — экономический результат и вероятность отрицательного исхода (потерь); N — число возможных сценариев реализации проекта.

Однако в условиях предпринимательской деятельности получение $v_{расч}$ отнюдь не гарантировано, так как это лишь средний результат по совокупности многих возможных реализаций. В рамках рассматриваемой концепции о риске говорят тогда, когда имеется отклонение между прогнозируемым и фактическим результатом. В силу действия большого числа неопределенных факторов имеет место значительное число сценариев получения как положительного, так и отрицательного результата: в пределе при $N \rightarrow \infty$ имеет место некоторое распределение $f(v)$ фактических экономических результатов деятельности. Отрицательное отклонение имеет место при неблагоприятном результате (произведение его вероятности на размер отклонения и есть собственно риск), положительное — если фактический результат благоприятнее, чем ожидалось. В рамках этого распределения проявлением опасности является любое отклонение $V < v_{расч}$ экономического результата от расчетного, образующее три характерные области:

$0 \leq V < v_{расч}$ — допустимого риска, т. е. возможность потерь прибыли от реализации того или иного проекта или от деятельности фирмы в целом, которые меньше ожидаемой прибыли. Таким образом, данный вид хозяйственной деятельности или конкретная сделка, несмотря на риск, сохраняет свою экономическую целесообразность;

$v_{кат} \leq V < 0$ — критического риска, связанного с возможностью потерь в размере намеченной выручки и произведенных затрат на осуществление сделки или вида деятельности, которые фирме придется возмещать за счет других источников;

$V < v_{кат}$ — катастрофического риска, связанного с возможностью потерь, превышающих все имущественное состояние фирмы. Приводит, как правило, к банкротству фирмы. Это характерно для ситуации, когда фирма получила займы под ожидаемую прибыль; при реализации катастрофического риска фирме придется возвращать кредиты из собственных средств.

Кроме неблагоприятных имеют место и благоприятные ($V > v_{расч}$) отклонения.

Часто одни и те же процессы приводят к положительным отклонениям результата (выигрышу) для одних и отрицательному (проигрышу) — для других, формируя вариационные риски, которые относятся к спекулятивным. Например, неожиданное повышение цены на нефть приводит к выигрышу нефтяных компаний и проигрышу потребителей нефти и нефтепродуктов. На противоположном характере последствий изменения цен у разных предпринимателей основано применение ряда продуктов финансовых рынков, например производных ценных бумаг (фьючерсов, опционов).

Несмотря на кажущуюся симметрию результатов деятельности относительно среднего значения (планируемого результата), необходимо иметь в виду, что даже при положительном среднем экономическом результате проекта существует вероятность катастрофического ущерба для организации:

$$P(V < v_{\text{кат}}) = \int_{-\infty}^{v_{\text{кат}}} f(v) dv. \quad (22.1)$$

Рассмотрим *концепцию риска как возможности*. Для понимания природы предпринимательского риска фундаментальное значение имеет связь риска и прибыли. А.Смит в работе «Исследования о природе и причинах богатства народов» отмечал, что достижение даже обычной нормы прибыли всегда связано с большим или меньшим риском. Известно, что получение прибыли предпринимателю не гарантировано; вознаграждением за затраченные им время и усилия могут оказаться как прибыль, так и убытки. П.Хейне в своей работе «Экономический образ мышления» отмечает, что прибыль возникает «по причине неопределенности, в отсутствие которой все, относящееся к получению прибыли, было бы широко известно, все возможности ее получения были бы полностью использованы и, следовательно, прибыли везде равнялись бы нулю». Таким образом, при отсутствии неопределенности любые расхождения между выручкой и издержками будут устранены в процессе конкуренции и прибыль станет равной нулю. В реальном, постоянно меняющемся, и поэтому всегда неопределенном мире такого не происходит.

Предприниматель проявляет готовность идти на риск в условиях неопределенности, поскольку наряду с возможностью потерь существует возможность дополнительных доходов. И.Шумпетер в книге «Теория экономического развития (исследование предпринимательской прибыли, капитала, процента и цикла конъюнктуры)» пишет о том, что если риски не учитываются в хозяйственном плане, то они становятся источником, с одной стороны, убытков, а с другой — прибылей. Можно выбрать решения, содержащие меньше риска, но при этом меньше будет и получае-

мая прибыль. Более высокий риск позволяет извлечь и более высокий доход; при нулевом риске возможен только самый низкий доход. С другой стороны, чем больше ожидаемый доход, тем неопределеннее перспектива его получения (среднее квадратическое отклонение ожидаемого дохода $\sigma_1 > \sigma_2$).

Риск связан с неопределенностью в отношении возможных потерь на пути к цели. Любое вложение денег в бизнес вовлекает в рассмотрение вопрос о соотношении риска и потенциального дохода. Это соотношение должно быть достаточно привлекательным для инвестора. Для обеспечения привлекательности инвестор требует *премию за риск*. Чем выше рискованность вложения, тем больше должен быть доход как результат успеха этого проекта. И чем надежнее вложение, чем больше гарантий его успешности, тем ниже может быть предполагаемая доходность.

Из концепции риска как возможности вытекают следствия:

1) в стремлении к прибыли осваиваются новые сферы деятельности, в которых имеются как сценарии с потерями (риск), так и сценарии с доходами. Поэтому риск способствует общественному прогрессу, а в инновационной сфере — научно-техническому прогрессу. При этом прогресс обеспечивается как за счет удачи некоторых, так и разорения (после приложения значительных усилий, получения отрицательного опыта) многих;

2) справедливо считается: кто не рискует, тот не выигрывает, т.е. для получения экономической прибыли предприниматель должен осознанно пойти на принятие рискованного решения. Для получения высокого дохода в условиях конкуренции нужно, во-первых, найти такую рыночную нишу, до которой додумалось мало людей; во-вторых, решиться на его реализацию несмотря на наличие в этом проекте большого числа неопределенных факторов и вероятности краха, вычисляемой по форму-

Таблица 22.1

Характеристика концепций риска

Показатель	Концепции риска		
	как опасности	как неопределенности	как возможности
Сфера применения	Природа, технология, общество, экономика, политика	Общество, экономика, политика	Экономика, политика
Сосредоточенность	На традициях	На распределении вероятностей и дальнейшем контроле	На инвестировании

Показатель	Концепции риска		
	как опасности	как неопределенности	как возможности
Особенности применения в экономике	Оборонительность	Мировоззрение хеджера (хозяйствующего субъекта, страхующего финансовые риски производными финансовыми инструментами)	Агрессивность
Цель	Распределение ресурсов для снижения вероятности негативных событий	Снижение отклонения между ожидаемым и действительным результатами	Достижение позитивных результатов
Уровень принятия решения	Финансовые контролеры, аудиторы, страховые менеджеры	Аналитики, линейные менеджеры	Старший менеджмент, плановики
Действия	Согласованность с корпоративными процедурами и правилами. Проведение мероприятий по уклонению от риска и его финансированию (страхованию)	Анализ информации, статистические исследования, построение вероятностных распределений на множестве сценариев Нацеленность на результат	Использование возможностей повышения доходности, связанных с высоким риском Нацеленность на повышение стоимости

ле (22.1). Вероятностная интерпретация заключается в следующем: чем больше $V_{\text{расч}}$, тем больше степень неопределенности и катастрофический риск.

Краткая характеристика концепций риска приведена в табл. 22.1.

22.3. Приемлемость хозяйственного риска

Критерии приемлемости и уровни приемлемого риска устанавливает для менеджеров компании ее руководство (владельцы), они зависят от следующих факторов:

- склонности владельцев к риску;
- финансового состояния компании;

принятой стратегии развития организации. Стратегия определяет все стороны функционирования фирмы, задавая ее цели и методы их достижения в долгосрочной перспективе. Поэтому положение фирмы на рынке и стратегия ее развития определяют особенности системы управления рисками. Так, если фирма сориентирована на завоевание рынка, то в качестве основного варианта управления рисками она может предпочесть удержание у себя большей части рисков. Если же фирма сориентирована на поддержание положительного имиджа, сложившегося на рынке, и сохранение своей финансовой устойчивости, то вариантом управления рисками может быть передача крупных рисков во внешнюю среду. Осторожный вариант управления рисками выбирают в том случае, если руководство фирмы предпочитает минимизировать риск банкротства. Однако более рискованные стратегии позволяют фирме вырваться из общего окружения и освоить новую эффективную рыночную нишу;

традиций ведения данного бизнеса и корпоративной культуры, а также предписаний надзорных органов. Решения об уровне приемлемого риска часто принимают по аналогии с существующей практикой и/или в соответствии с действующими нормативными документами. Независимо от того, насколько четко определены в законодательстве соответствующие ограничения и насколько жестки закрепленные в нем санкции за их нарушение, любые отклонения от принятого подхода могут восприниматься как опасные и необоснованные. Такой точки зрения скорее всего будут придерживаться суды при разбирательстве дел, связанных с обязательствами по возмещению ущерба;

варианта управления рисками, специфики принятой программы управления рисками. Разное сочетание методов управления риском (например, решение о доле рисков, оставляемых на собственном удержании) может изменить представления менеджеров о степени приемлемости тех или иных рисков. Поэтому уровни приемлемого риска могут пересматриваться в процессе формирования программы управления риском;

финансовых возможностей организации.

В экономике нормирование (установление уровня приемлемого хозяйственного риска) проводят чаще всего для следующих показателей:

среднего квадратического отклонения фактического результата операции от ожидаемого

$$\sigma \leq \sigma_{\text{доп}}$$

где $\sigma_{\text{доп}}$ — допустимая величина среднего квадратического отклонения (используется как ограничение в задачах максимизации доходности по портфелю активов);

вероятности $Q_{\text{кат}} = P(V < w_{\text{приемл}})$ катастрофического ущерба, которая не должна превышать некоторой достаточно малой величины α

$$Q_{\text{кат}} \leq \alpha,$$

где $w_{\text{приемл}}$ — максимально допустимое значение убытков (равное, например, имущественному состоянию предпринимателя, либо размеру резервов и оборотных средств организации, либо определенному проценту от начального капитала).

Риск — постоянный спутник бизнеса. Неизбежность предпринимательского риска обуславливает терпимость и готовность к нему и, следовательно, сравнительно низкие уровни приемлемого риска. Приемлемую величину предпринимательского риска целесообразно соотносить с реально достижимой рентабельностью производства, считая эти величины обратными по отношению друг к другу. Так, если достаточно высоким уровнем рентабельности считать 70—75%, то приемлемым хозяйственным риском можно считать вероятность критического ущерба, равную 0,25—0,30;

рискового капитала VaR , который для рассматриваемой операции (или портфеля) должен удовлетворять условию

$$VaR \leq w_{\text{приемл}},$$

т. е. рисковать можно лишь в диапазоне допустимых ущербов.

Через понятие рискового капитала VaR определяется верхняя граница диапазона $(0, VaR)$ для возможного (с вероятностью q) убытка W в операции. Если в операции величина рискового капитала превышает приемлемый для организации уровень $w_{\text{приемл}}$, то операция не реализуется. Значение вероятности q задает уровень приемлемого риска, связанного с тем, что верхняя граница случайных убытков в операции, описываемых функцией распределения $F(w)$, превысит уровень приемлемого ущерба. Это значение должно быть достаточно велико. Например, Базельский комитет по банковскому надзору рекомендует для суммарного банковского риска величину $q = 0,99$.

22.4. Риск-менеджмент

Возрастание риска — это оборотная сторона свободы предпринимательства, плата за нее. Предприниматель сталкивается с риском в двух случаях:

при принятии решений. Чтобы выжить в условиях рыночных отношений, нужно решаться на внедрение инноваций и смелые, нетривиальные действия, что усиливает риск. Следовательно, предпринимателю надо не избегать риска, а уметь оценивать его и управлять им;

при проявлении риска в виде ущерба, требующего возмещения.

Риск-менеджмент — это управление риском в контексте бизнеса, под которым понимают процесс принятия и выполнения управленческих решений, которые минимизируют неблагоприятное влияние на организацию убытков, вызванных случайными событиями. В основе риск-менеджмента лежат целенаправленный поиск и организация работы по снижению степени риска; искусство получения и увеличения дохода в неопределенной хозяйственной ситуации. Конечная цель риск-менеджмента соответствует целевой функции предпринимательства и состоит в получении наибольшей прибыли при приемлемом риске.

Хозяйственный риск является одной из форм несовпадения желания и действительности, целей и результата. Однако достижение результата всегда многовариантно. Следовательно, существует возможность минимизировать потери (расходы) и максимизировать пользу. Естественное желание каждого субъекта уменьшить связанные с экономическим риском потери реализуется путем принятия управленческих решений. Управление риском в широком смысле — искусство и наука об обеспечении условий успешного функционирования любой организации в условиях риска, а в узком смысле — процесс разработки и внедрения программы уменьшения любых случайно возникающих убытков организации. Программа управления рисками, будучи встроенной в общую систему принятия управленческих решений, носит подчиненный характер по отношению к основной деятельности фирмы.

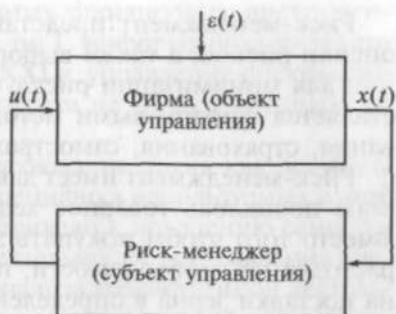
Управление рисками представляет собой совокупность процессов внутри организации, направленных на ограничение уровней принимаемых организацией рисков в соответствии с интересами акционеров (собственников) организации. Собственники фактически покрывают своими средствами возможные убытки организации и поэтому не заинтересованы в увеличении их уровня. Интересы собственников можно сформулировать как увеличение доходности операций с существенным ограничением на риск.

Менеджмент и сотрудники организации не покрывают убытков организации своими средствами, за исключением ситуаций, когда доказаны их корыстные действия или халатное отношение к работе. Рост доходов сотрудников организации, как правило, связан с увеличением доходности операций (премии и т.д.), т.е. увеличением объемов и рискованности операций. Таким образом, интересы сотрудников организации можно сформулировать как увеличение доходностей, объемов и уровней риска операций, т.е. интенсивности, агрессивности деятельности организации.

Поэтому одной из проблем при управлении рисками является разрешение конфликта интересов собственников организации и ее менеджмента.

Рис. 22.2. Система управления риском:

x — вектор состояния фирмы, включающий показатели финансовой устойчивости, платежеспособности, ликвидности; u — вектор управляющих воздействий, мер по снижению риска; ε — внешние рискообразующие факторы



Система управления предпринимательским риском. Управление — это процесс целенаправленной переработки информации состояния в информацию командную, а система управления предпринимательским риском включает следующие элементы (рис. 22.2):

объект управления — фирму и ее финансовое состояние;

субъект управления — государственные органы, создающие благоприятные условия для предпринимательства в масштабе страны; а на уровне фирмы — специальная группа людей (предприниматель, финансовый менеджер, менеджер по риску, специалисты по страхованию и др.), которая осуществляет целенаправленное воздействие на объект управления.

В типовые структуры службы риск-менеджмента входят соответствующие специалисты со своими группами работников:

в небольшой компании во главе стоит заместитель руководителя, которому подчиняются менеджер по предотвращению риска и менеджер по претензиям;

в компании средних размеров во главе находится руководитель отдела риск-менеджмента, которому подчиняются менеджеры по страхованию, безопасности и предотвращению рисков, претензиям со своими группами специалистов;

в крупной компании во главе стоит директор департамента риск-менеджмента, которому подчиняются руководители отделов (управляющий страхованием; управляющий по здравоохранению, безопасности и предотвращению рисков; менеджер по претензиям; менеджер по безопасности) и риск-менеджер-аналитик.

Главной целью системы управления рисками является обеспечение успешного функционирования фирмы в условиях различных рисков. Даже в случае возникновения экономического ущерба реализация мер по управлению риском должна обеспечить фирме возможность продолжения деятельности, поддержание прибыльности и рост. Внедрение системы управления рисками в организации целесообразно, если экономия на издержках благодаря ее использованию превышает затраты на систему риск-менеджмента и реализацию мер по управлению рисками.

Риск-менеджмент представляет собой процесс выявления и оценки рисков, а также выбор методов и инструментов управления для минимизации риска. Снижение величины риска осуществляется финансовыми методами: диверсификации, лимитирования, страхования, самострахования и др.

Риск-менеджмент имеет давнюю историю. В средние века в Европе появилось товарное хеджирование (огораживание) риска. Вместо того чтобы покупать зерно в сезон и затем хранить его, расходуя по необходимости, потребитель мог заключить договор на поставки зерна в определенные даты в будущем в нужном количестве и по условленным ценам. А крестьянин мог защитить себя от колебаний цены на свою продукцию и получить деньги на выращивание урожая, заблаговременно продав его и договорившись о поставке в определенные сроки.

С развитием товарно-денежных отношений риск стал экономической категорией, связанной с событиями, которые могут произойти или не произойти. С появлением страхования и особенно перестрахования риск стал особым товаром, который имел цену и мог продаваться.

Управление рисками как специфический вид деятельности появилось в конце XIX в. Потребность в нем возникла с развитием новых средств передвижения, строительством крупнейших промышленных предприятий. Первый план управления рисками был составлен в США в 1890-х гг. для компании, занимавшейся строительством железной дороги. Однако до Второй мировой войны управление рисками не нашло широкого применения.

В послевоенное время в результате научно-технической революции появилась новая прогрессивная, дорогостоящая и более энергоемкая техника. Человек в результате сам создал источники крупных рисков. Резко возросли как техногенные, так и экономические риски. Поэтому в 50-х гг. XX в. управление рисками стало актуальным, обусловив появление новой профессии — менеджера по управлению рисками. Однако выделение самого процесса управления в качестве риска и появление профессиональных менеджеров по управлению рисками утвердились лишь в начале 70-х гг. XX в. В этот период риск-менеджмент в основном ассоциировался с управлением частными рисками, прежде всего финансовыми, реже производственными, а также (под специальным названием актуарного анализа) страховыми. К концу XX в. соответствующая методология стала универсальной, что обусловило ее быстрое развитие и распространение на новые сферы.

Возникновение риск-менеджмента как новой философии стратегического управления в финансовом бизнесе приходится на середину 1990-х гг., что было вызвано действием ряда факторов и тенденций, радикально преобразивших подходы к управлению рисками: глобализация мировой экономики, процесс дерегули-

рования, развитие рынка производных финансовых инструментов (фьючерсы, опционы, свопы и пр.), информационно-технологическое развитие и др. К началу XXI в. управление риском стало стандартным элементом менеджмента не только крупных, но и средних, мелких фирм.

Функции риск-менеджеров. Существование риска как элемента экономического процесса, а также специфика используемых в этой сфере управленческих воздействий привели к появлению самостоятельного вида профессиональной деятельности — управления риском, требующего знаний в области анализа хозяйственной деятельности, методов оптимизации хозяйственных решений, страхового дела, психологии и др. Его выполняют финансовые менеджеры, риск-менеджеры (штатная должность в крупных и средних компаниях) и др. Риск-менеджеры выполняют следующие задачи:

- обнаружение (идентификация) повышенных опасностей;

- оценка риска на основе статистики прошлых лет с учетом влияющих факторов и результатов математического моделирования;

- анализ приемлемости имеющегося уровня риска для организации;

- разработка (выбор) мер по снижению риска. Основная задача предпринимателя — найти вариант действий, обеспечивающий оптимальное для данного проекта сочетание дохода и возможных потерь, учитывая, что чем прибыльнее проект, тем выше степень риска при его реализации;

- поиск баланса между различными (например, страховыми и нестраховыми) методами защиты от рисков;

- принятие мер по возмещению причиненного ущерба, если опасное событие произошло.

До последнего времени на должности риск-менеджеров руководители компаний стремились нанять профессионалов страхового бизнеса, которые могли стать буфером между руководством компании и страховщиками. Благодаря усилиям риск-менеджеров, которые не только придумали множество новых инструментов и методик, но и упростили их, риск-менеджмент стал более емким, чем формирование программы страхования имущества фирмы. К личным качествам работников, претендующих на должности риск-менеджеров, предъявляют следующие требования: отличные способности и навыки общения (коммуникатор); обладание мышлением предпринимателя (бизнесмен); компетенция в управлении рисками (специалист); знание отрасли, в которой работает фирма.

Существуют два типа специалистов по риску: риск-менеджер дженералист, т.е. генеральный управляющий рисками фирмы, или CRO (Chief Risk Officer), от которого требуется превентивное мышление руководителя-стратега и который обязан обеспечить фирму адекватным, слаженным и экономичным маневрированием

ем на многомерном динамичном рисковом поле; риск-менеджер специалист — знаток своей узкой сферы внутри широкой области знаний о рисках и управлении ими.

Анализ имеющихся тенденций показывает, что большинство известных рисков нарастает и появляется много новых рисков, связанных в том числе с глобализацией мировой экономики, глобальными природными процессами и мировыми тенденциями научно-технического прогресса. Поэтому роль риск-менеджмента повышается. Он становится полноправной функцией управления фирмой. Это требует от риск-менеджеров высокого профессионализма.

По-видимому, в ближайшем будущем большинство средних и крупных фирм будут иметь систему управления рисками. Штатные подразделения риск-менеджмента будут небольшими, но хорошо технически оснащенными. Сотрудники этих подразделений должны быть одними из наиболее образованных и активных сотрудников фирмы. Рынок технических средств безопасности будет быстро расти. Внимание общества к риску как к естественной компоненте технологической цивилизации будет возрастать. Соответственно этим тенденциям будет расти социальный престиж профессии риск-менеджера и спрос на профессионалов в этой сфере.

Информирование и обучение вопросам управления рисками выходит за пределы подготовки риск-менеджеров. В современном информационном обществе образование и обладание информацией в любой сфере становятся факторами силы, а в предпринимательской деятельности — даже выживания. Современный подход к обучению сотрудников в сфере управления рисками ориентирован на изменение корпоративной культуры в сторону адекватной чувствительности к риску и профессиональной осторожности.

В последние годы в развитых странах подготовке специалистов в области анализа риска, управления риском и безопасностью уделяется особое внимание. По опыту американского образования, например в Гарвардском, Стэнфордском и Калифорнийском университетах, целесообразно развивать три основных направления такой подготовки:

подготовка специалистов, непосредственно занимающихся исследованием риска, которые должны уметь идентифицировать опасности, оценивать конкретные риски, анализировать результаты, моделировать и прогнозировать развитие опасных ситуаций, на основании чего выработать рекомендации для лиц, принимающих решения, по эффективным мерам управления риском;

обучение специалистов, умеющих понимать результаты анализа риска и использовать их в своей работе (это возможно в вузах как технической, так и гуманитарной направленности);

подготовка на специальных курсах руководящих кадров федерального и регионального уровней, способных использовать результаты анализа риска в процессе принятия решений и понимать, какие возможности, недостатки и неопределенности заложены в анализе и как их можно было бы корректно учесть.

ГЛАВА 23. РИСКИ ДЛЯ ГОСУДАРСТВА

23.1. Характеристика стратегических рисков

Стратегические риски — это возможность ущерба для национальных интересов страны и ухудшения перспектив ее устойчивого развития, связанная с двумя группами факторов:

внешними (так называемые «вызовы») — негативными изменениями международного положения страны в первую очередь в политической и экономической сферах вследствие неблагоприятных тенденций мирового развития;

внутренними — возможностью кризисного развития социально-экономической системы или создания предпосылок для такого развития, в том числе вследствие принятия неэффективных или непринятия стратегических решений по приоритетным (политическому, включая военно-политический, социально-экономическому, научно-техническому, экологическому) аспектам развития России.

Стратегические риски могут быть классифицированы (рис. 23.1) по масштабам реализации угроз, локализации источника угроз, механизму и сферам возникновения, а также сферам реализации.

По локализации источника угрозы можно выделить следующие группы стратегических рисков для государства: внешние по отношению к социально-экономической системе государства; внутренние, развивающиеся в рамках данной социально-экономической системы.

По масштабам реализации угроз выделяют планетарные, международные (для отдельно взятой страны относятся к внешним рискам) и национальные риски.

Стратегические риски могут быть обусловлены следующими факторами:

опасными явлениями, приводящими к ЧС природного (стихийные бедствия), техногенного (катастрофы) и биолого-социального (эпидемии) характера трансграничного и федерального уровня по степени тяжести, а также опасными явлениями в социально-политической (войны, революции и т.д.) и экономической (например, обвальное изменение курсов валют, цен) сферах. Так, потери экономики России от ЧС составляют примерно

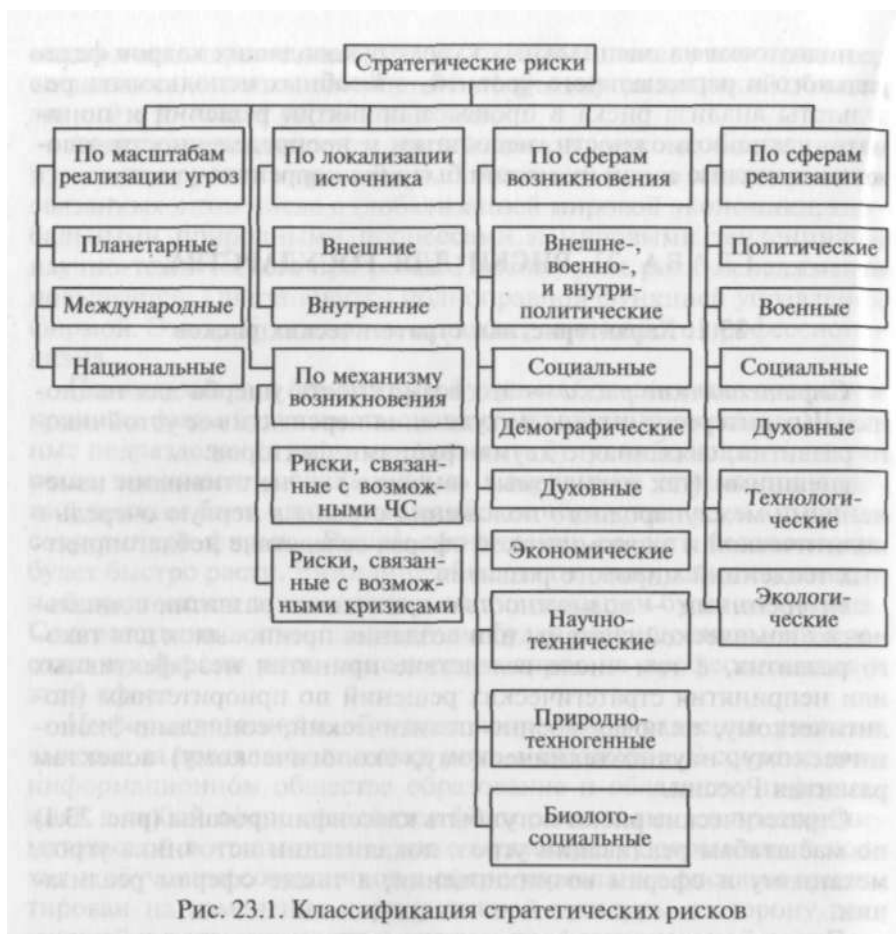


Рис. 23.1. Классификация стратегических рисков

0,5 % внутреннего валового продукта (ВВП), а с учетом косвенных ущербов — 3 %;

негативными тенденциями развития, приводящими к кризисам в различных сферах (политическому, экономическому, финансовому, демографическому, технологическому, энергетическому, экологическому и др.).

Различают также стратегические риски по сферам возникновения (внешне-, военно- и внутриполитические; социальные, демографические, духовные, экономические, научно-технические, природно-техногенные, биолого-социальные) и сферам их проявления (политические, военные, социальные, духовные, технологические, экологические). Так, стратегические риски в военно-политической сфере связаны с войнами против России. Их возможными причинами могут быть: борьба за источники сырья и другие природные богатства в условиях их крайне неравномерно-го распределения по странам мира; стремление не допустить со-

здания на территории России нового евразийского центра силы и конкурента на мировой политической и экономической арене.

Анализ и учет всей совокупности стратегических рисков в их взаимосвязи, создание соответствующих структур и механизмов управления ими являются важными условиями устойчивого развития страны, обеспечения ее национальной безопасности, гарантией обеспечения безопасной и достойной жизни последующих поколений в 3-м тысячелетии.

23.2. Оценка и прогноз стратегических рисков

Для определения приоритетов государственной политики в области национальной безопасности, принятия обоснованных и рациональных решений по стратегическому управлению страной, планирования социально-экономического развития необходимы оценки и прогнозы стратегических рисков. Может быть дана внешняя и внутренняя оценки стратегических рисков страны.

Внешнюю оценку отражают:

индексы, рассчитываемые специализированными организациями ООН и другими международными организациями. По значениям индексов определяют место страны в мире в различных сферах;

рейтинги страны — страновой (включая политический), кредитный и другие, определяемые международными рейтинговыми агентствами.

Стратегические риски связаны не столько с текущими значениями, сколько с негативными тенденциями изменения этих индексов (рейтингов).

Внутренняя оценка стратегических рисков для государства состоит в оценке их значимости с точки зрения национальной безопасности и устойчивого развития страны. По структуре показатели стратегических рисков можно разделить на три вида:

абсолютные (оценки в натуральных единицах и экономические оценки вероятного вреда жизненно важным интересам личности, общества, государства);

относительные (количественные оценки, определяющие место данного риска в их ранжированном ряду);

интегральные (дают наиболее объективную картину устойчивости социально-экономического развития).

Абсолютные оценки стратегических рисков, обусловленных масштабными ЧС, получают как произведение вероятности таких ЧС на размер ущерба от них.

Абсолютные оценки стратегических рисков, обусловленных негативными тенденциями развития (кризисами), могут быть даны с помощью зависимостей индикаторов (индикаторы — это показатели, чувствительные к возможности наступления кризисов)

кризисного развития социально-экономических систем от времени (рис. 23.2, а). Здесь X_0 — случайная величина, описывающая разброс начального состояния такой экономической системы, обусловленный неточностью в его оценке. В результате действия большого числа противоречиво влияющих на развитие факторов они образуют веерную функцию $X(t)$, отдельные реализации которой могут быть формализованы как сценарии (0, 1, ...) развития. В зависимости от уровня решаемой задачи при рассмотрении сценариев учитывают тенденции следующих уровней: мирового развития; социально-экономического развития страны; развития рассматриваемой сферы деятельности, учитывающие как внешние условия, так и внутренние противоречия и закономерности; развития организации.

С помощью этих сценариев разрабатывают модели динамики процессов, позволяющие давать прогнозы индикаторов x развития кризисных процессов (см. рис. 23.2, а). Последние сравнивают с критическими уровнями $x_{\text{доп}}$, устанавливаемыми с учетом мирового опыта и специфики конкретной страны (табл. 23.1), по условию вида

$$x \geq x_{\text{доп}}$$

Выход индикатора кризисного развития на пороговое значение свидетельствует о наступлении состояния кризиса, что связано с определенными потерями (рис. 23.2, б), размер которых зависит от значений показателей (индикаторов) и времени нахождения в состоянии кризиса.

Можно рассматривать распределение вероятностей $f(x/t)$ для определенных сечений по t (горизонтов прогноза), а также $f(t/x)$

Таблица 23.1

Некоторые индикаторы кризисного развития в социально-экономической сфере России на 2004 г. и их пороговые уровни

Индикатор	Уровень	
	фактический	пороговый
Уровень безработицы, % экономически активного населения	9	5—8
Доля населения с уровнем доходов ниже прожиточного, % всего населения	17,3	7
Соотношение доходов 10 % наиболее обеспеченного и 10 % наименее обеспеченного населения, раз	15	8
Внешний долг, % к ВВП	25	30



Рис. 23.2. Иллюстрация кризисов:

a — индикаторы и вероятности возникновения; b — последствия; 0—3 — сценарии развития

для определенных сечений по x (критериев наступления кризисов). Плотность распределения вероятностей $f(t/x_{доп})$ описывает случайную величину ожидаемого времени наступления кризиса.

Абсолютные показатели из-за существенных неопределенностей в оценке как возможности реализации ЧС или кризиса, так и ожидаемого ущерба имеют большие погрешности. Поэтому для многих практически важных задач (например, рационального распределения ресурсов) достаточно относительных оценок. Учитывая, что оценка стратегических рисков относится к сложноформализуемым задачам, *относительные показатели* стратегических рисков определяют методами экспертного оценивания. При этом целесообразно использовать многоэтапную процедуру:

вначале сравнивают между собой различные сферы жизнедеятельности государства (политическую, экономическую, социальную, научно-техническую, природно-техногенную и др.) по важности для национальной безопасности и устойчивого развития страны. Данную задачу решают специалисты (эксперты) по системным рискам. На этой основе определяют относительную важность Y_i каждой сферы;

затем сравнивают между собой дифференциальные риски внутри каждой сферы и определяют их относительную важность Y_{ij} в каждой сфере;

на завершающем этапе объединяют полученные оценки относительной важности рисков путем умножения относительных важ-

**Наиболее важные дифференциальные риски для устойчивого развития
и национальной безопасности России (оценка на 2002 г.)**

Риск	Сфера i	Относительная важность Y_j
Нерациональный выбор приоритетов и пропорций развития экономики	Экономика	1
Усиление позиций США и стремление их к диктату	Политика	0,840
Коррупция, криминализация и некомпетентность властных структур	Политика	0,615
Криминализация экономики и утечка капитала из страны	Экономика	0,558
Возрастание мощи Китая	Политика	0,509
Снижение обороноспособности страны	Политика	0,493
Снижение уровня жизни и антагонизация социальной структуры	Социальная	0,470
...
Глобальное изменение климата, деградация окружающей среды	Природно-техногенная	0,016

ностей сфер на относительные важности дифференциальных рисков внутри сфер: $Y_j = Y_i Y_{ij}$. В результате получают безусловные относительные важности каждого риска. Их ранжирование позволяет выявить наиболее значимые риски, требующие наибольшего внимания и, соответственно, финансирования (табл. 23.2).

После завершения оценки составляют *прогноз стратегических рисков*. Вероятность возникновения кризиса для заданного горизонта прогноза τ (рассматривают кратко-, средне- и долгосрочный прогнозы, например, для страны соответственно на 5, 10 и 20 лет) прогнозируют по соотношению (см. рис. 23.2):

$$q(\tau) = P[X(\tau) > x_{\text{доп}}] = \int_{x_{\text{доп}}}^{\infty} f(x/\tau) dx$$

или суммированием вероятностей типовых сценариев развития от оптимистического (0) до пессимистического (3), а среднее время до кризиса определяют по формуле

$$\tau_{\text{ср}} = \int_0^{\infty} \tau f(\tau/x_{\text{доп}}) d\tau.$$

Показатель стратегического риска на горизонт прогноза τ вычисляют по формуле

$$R(\tau) = q(\tau)w(\tau),$$

где $w(\tau)$ — последствия кризиса в случае его наступления (имеют смысл упущенной выгоды по отношению к желательным сценариям развития) (см. рис. 23.2, б). Его можно представить также в виде

$$R(\tau) = \sum_{i=0}^n q_i(\tau)w_i(\tau), \quad (23.1)$$

где $q_i(\tau)$ ($i = 1, \dots, n$) — вероятность реализации i -го сценария развития кризисного процесса на рассматриваемый момент времени τ ; $\sum_{i=0}^n q_i = 1$; $w_i(\tau) = \Pi_0(\tau) - \Pi_i(\tau)$ — негативные последствия

от кризисного развития по i -му сценарию в расчете на год, $\Pi_0(\tau)$ и $\Pi_i(\tau)$ — показатели бескризисного развития социально-экономической системы и ее развития при условии реализации i -го сценария.

Пример. Допустим, на горизонт прогноза $\tau = 5$ лет вероятность оптимистического сценария развития страны в некоторой сфере составляет $q_0 = 0,6$, а пессимистического — $q_1 = 0,4$. Ущерб (упущенная выгода) в случае кризиса оценивается в $w_1 = 100$ млрд р. Тогда в соответствии с формулой (23.1) стратегический риск в данной сфере оценивают величиной

$$R(5) = 0,6 \cdot 0 + 0,4 \cdot 100 = 40 \text{ млрд р.}$$

Важное значение имеет правильный выбор показателей (индикаторов) X кризисного развития, так как необоснованный выбор может привести к неадекватному отображению процессов социально-экономического развития. Получаемые на этой основе оценки и прогнозы при всей видимости их достоверности будут давать искаженное представление о реальном состоянии социально-экономического развития, а это может привести к принятию опрометчивых стратегических решений, чреватых катастрофическими последствиями для страны.

Показатели (индикаторы) должны отражать наиболее значимые факторы, влияющие на состояние и развитие соответствующей сферы жизнедеятельности страны. Однако наличие большого числа частных показателей затрудняет прогноз кризисов. Поэтому необходимо формировать ограниченное число *интегральных безразмерных показателей*, например вида:

$$I(t) = \sum \alpha_j J_j(t),$$

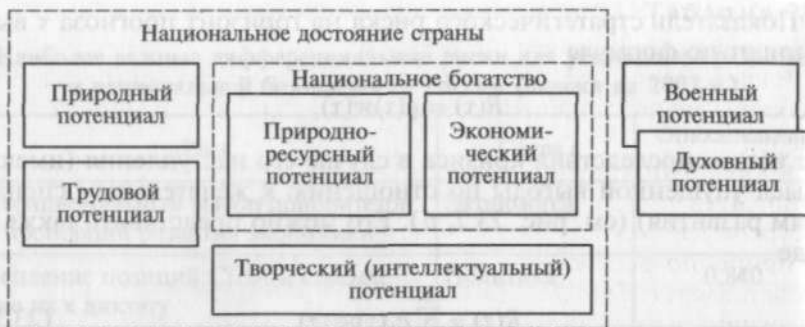


Рис. 23.3. Национальное достояние и потенциалы страны

где $I_j(t) = X_j(t)/X_j(t=0)$; α_j — весовой коэффициент (коэффициент значимости) данного показателя, определяемый экспертным методом, $\sum \alpha_j = 1$.

При оценке состояния социально-экономического развития, анализе его тенденций и прогнозе перспектив в качестве основных показателей обычно используют характеристики производства, распределения и потребления ВВП за единицу времени, как правило, за один год. Такой подход оправдан в условиях устойчивого социально-экономического развития. Однако в переходные периоды, когда в процессах социально-экономического развития происходят значительные изменения (как в настоящее время в России), этого недостаточно, так как эти показатели не учитывают условия, факторы и конечные результаты производства и потребления ВВП. В результате производство, распределение и потребление ВВП выступает в качестве конечной цели социально-экономического развития, хотя это не совсем так. Поэтому для оценки процесса социально-экономического развития нужно использовать более общие показатели, например показатели, характеризующие динамику и структуру национального достояния страны (рис. 23.3). При этом в качестве конечной цели социально-экономического развития рассматривают прирост национального достояния, его рациональное распределение и использование.

Национальное достояние страны включает в себя национальное богатство (это запасы природных ресурсов и накопленное имущество в производственной и непроизводственной сферах), дополненное природными и интеллектуально-духовными компонентами. Таким образом, национальное достояние можно рассматривать как интегрированное национальное богатство, единство природного, экономического и социального богатств, отражающее потенциальные возможности государства. По оценкам российских ученых основную часть (около 80 %) национального бо-

гатства России в начале XXI в. составляли материально-сырьевые и топливно-энергетические ресурсы.

В качестве носителей потенциальных возможностей государства в составе национального достояния выделяют следующие потенциалы:

природный, представляющий собой богатства окружающей природной среды, не рассматриваемые как запасы природных ресурсов для экономики;

природно-ресурсный, который в узкоэкономическом плане представляет собой доступную для использования при данных технологиях совокупность природных ресурсов;

экономический, представляющий собой накопленное имущество в производственной и непроизводственной сферах;

трудовой, представляющий собой численность и уровень трудоспособности населения с учетом его образования и квалификации;

творческий (интеллектуальный), характеризующий способности той части населения, которая занимается творческим трудом, а также накопленные предметы их труда.

При оценке указанных потенциалов используют различные подходы.

Природный потенциал — это совокупная оценка геологических структур, рельефов, ландшафтов, водных ресурсов, животных и растительных сообществ. Оценка природных объектов состоит в определении экологической, гигиенической, социальной, социально-психологической (моральной и культурной), эстетической, религиозно-культурной и иной ценности объекта, обычно не выражаемой в экономических показателях. Оценка может быть условно исчислена в денежном выражении как сумма, которой готово и может пожертвовать общество для сохранения природных объектов.

Природно-ресурсный потенциал представляет собой совокупную оценку запасов полезных ископаемых и земельных ресурсов, а также запасов древесины, промысловых зверей, птиц, рыб и потребляемых вод. Это традиционно учитываемые запасы природных ресурсов, оценка которых состоит в качественном и/или количественном определении экономической, социальной и/или экологической ценности (значимости) ресурса.

Экономический потенциал выражается стоимостью национального имущества, накопленного на момент оценки в производственной и непроизводственной сферах. Его определяют методами экономики и статистики.

Трудовой потенциал оценивают произведением численности трудоспособного населения на его качество (средний уровень трудоспособности, зависящий от состояния здоровья, образования и других факторов). Оценку трудового потенциала можно выполнять

с использованием методов, ранее практиковавшихся при планировании труда, но с учетом новых экономических условий.

Творческий (интеллектуальный) потенциал можно оценить произведением числа людей, занимающихся интеллектуальным трудом на их возможности (зависят от способностей людей, информационного и технического обеспечения интеллектуального труда). Для оценки используют также индекс развития интеллектуального потенциала.

Современное положение России в мировой экономике не соответствует не только ее природному, интеллектуальному и духовному потенциалу, но и ее роли и назначению в мировом развитии. Ни одна страна в мире не имеет такого жизненного пространства, такого количества и разнообразия природных ресурсов, устойчивости генофонда и богатства национальных культур.

В первом приближении оценку национального достояния можно провести как интегрированную оценку всех пяти перечисленных потенциалов. Оценки на различные моменты времени позволяют анализировать динамику национального достояния. Если динамика положительна, то в стране происходит социально-экономическое развитие, в противном случае наблюдается спад.

Наиболее значительное влияние на динамику национального богатства оказывает производство ВВП, но далеко не всегда приводит к его увеличению. В конечном итоге лишь та часть произведенного ВВП, которая может быть использована на расширенное воспроизводство (примерно в размерах производимого национального дохода), фактически обеспечивает прирост национального достояния в основном за счет увеличения экономического потенциала. При этом, как правило, будут сокращаться природный и природно-ресурсный потенциалы, а трудовой и творческий будут возрастать только при правильном распределении национального дохода. Возможна такая ситуация, что ВВП возрастает, а национальное достояние падает, особенно если страна живет за счет природно-ресурсного потенциала, что характерно для современной России.

Можно рассматривать и другие виды потенциалов, например духовный. В основе кризисных явлений, охвативших с начала 90-х гг. XX в. практически все сферы жизни общества, лежит прежде всего кризис духовности, нравственности, культуры, этики — всей системы воззрений на природу, общество и мышление, на смысл существования личности и общества, его перспективы. Кризис глубоко затронул все области жизни общества, но больше всего сказался на духовном и интеллектуальном потенциале нации, народа.

Духовный потенциал нации — это реальная сила (по мнению К.Маркса, идея, овладевшая массами, становится материальной силой), способная восстановить страну, решить государственные,

политические, экономические и социальные проблемы. По словам А.Н.Солженицына, именно потенциал нации, а не мощь калорий, киловаттов, метров, тонн, выступает той силой, которая в состоянии создать новые типы технологий и производств, новую организацию общественной жизни, возродить экономику и обеспечить приемлемый уровень качества жизни населения.

23.3. Приемлемость стратегических рисков

В разгар «холодной войны» между СССР и США министр обороны США Роберт Макнамара предложил такой критерий неприемлемого ущерба в ядерной войне: потеря 25 — 30% населения и 50 — 70 % промышленного потенциала, что могло иметь место при доставке на территорию США 400 боезарядов. Существенное превышение этих критериев явилось стимулом для начала переговоров вначале по ограничению, а затем и сокращению ядерных вооружений.

В те годы население США считало ядерную войну с СССР почти неизбежной. Например, по данным социологических опросов, о возможности начала в ближайшие 10 лет войны с применением ядерного оружия большинство американцев давало тогда очень высокую оценку вероятности этого события (примерно 1/3), в то время как оценки экспертов не превышали 10^{-3} .

С ростом уровня жизни чувствительность населения к ущербам повышается, а критерии приемлемости ужесточаются. В настоящее время американцы не приемлют и одиночные ядерные удары по своей территории. Поэтому создание угрозы для США уже не требует десятков тысяч ядерных боеприпасов и средств их доставки к цели.

Приемлемые уровни стратегических рисков можно установить исходя из геополитических притязаний государства (сверхдержава, великая держава, региональная держава, малое государство) и соответствующих этим притязаниям показателей развития следующих сфер: управление, экономика, наука и образование, армия, внешняя политика.

23.4. Управление стратегическими рисками

К необходимости управления на основе анализа стратегических рисков как инструмента обеспечения устойчивого развития страны приводит возрастающая в современных условиях непредсказуемость факторов окружающей среды, в первую очередь в экономическом и геополитическом пространствах. В отличие от долгосрочного управления, основанного на предположении, что современные тенденции развития основных элементов окружающей среды можно экстраполировать и на будущее, идеология страте-

гического управления основана на предположении о невозможности с достаточной точностью предсказать долгосрочные тенденции. Для России это тем более актуально в переходных условиях развития государства, условиях еще не вполне преодоленного кризиса внутри страны и возникновения внешних угроз, связанных с непредсказуемыми последствиями современных тенденций мирового развития (в частности, мировой экономической глобализации).

Для информационного обеспечения управления стратегическими рисками должен функционировать *мониторинг возможных ЧС* и, что гораздо важнее, *кризисов*, под которым понимают контроль процессов развития и отслеживание их тенденций по критериям возможности наступления кризисов. (Ведь существует предсказание погоды, землетрясений, солнечной активности, которыми занимаются специально созданные службы.) Для такого предсказания необходим набор критериев (их устанавливают исходя из мирового опыта) кризисного развития. Предсказание кризисов возможно только на основе специального анализа ситуаций и тенденций.

Распознавание строится в первую очередь на существующих показателях эффективности функционирования социально-экономических систем различного уровня. Например, снижение производительности труда не может не отражать возможность экономического кризиса. Снижение может быть случайным и эпизодическим, а может свидетельствовать о тенденции кризисного развития. Существующая система показателей не ориентирована на распознавание кризисов. Поэтому необходима разработка новых, по-видимому, интегральных индикаторов, для того чтобы более точно и своевременно определять вероятность и момент наступления кризиса.

Распознавание кризисных ситуаций и предвидение кризисов в настоящее время в связи с большой сложностью управления, увеличивающимися масштабами производственной деятельности и неопределенности ее результатов, повышающейся нестабильностью мировой экономической конъюнктуры должно быть поставлено на профессиональную основу. Это предполагает подготовку специалистов (аналитиков, прогнозистов, кризисных и риск-менеджеров), определение функций их деятельности, статус рекомендаций или решений, взаимодействие в системе государственного управления. Преодоление кризисов зависит от профессионализма специалистов в области кризисного управления, который не ограничивается навыками нормального, успешного управления. Он должен проявляться и в условиях повышенного риска, экстремальных ситуаций, кризиса.

Управление стратегическими рисками целесообразно строить на двух уровнях:

1) управление функционированием, достигаемое путем снижения дифференциальных рисков внутри отдельных сфер жизнедеятельности государства. Такое управление осуществляют соответствующие федеральные органы исполнительной власти (ФОИВ) в соответствии с их компетенцией (например, МЧС России отвечает за снижение рисков и смягчение последствий ЧС природного и техногенного характера, пожарную безопасность; Росатом — за безопасное использование атомной энергии; ФСБ России — за борьбу с терроризмом и т.д.);

2) управление развитием, достигаемое путем выработки рациональной стратегии развития страны на основе анализа комплекса стратегических рисков. Его выполняют высшие органы государственной власти (Президент РФ, Правительство РФ, Совет Безопасности РФ, Федеральное собрание РФ), рабочими органами которых, готовящими проекты решений, являются Российская академия наук (РАН), Минэкономразвития и торговли и др.

Управление стратегическими рисками на уровне страны предполагает сбалансированное развитие основных компонентов социально-экономической системы государства и их рациональное взаимодействие с другими аналогичными системами и природной средой, принятие превентивных мер защиты на основе прогноза рисков.

Одной из причин стратегических рисков являются нерационально установленные приоритеты государственной политики (внешней, оборонной, внутренней, социальной, экономической, научно-технической и т.д.), не способствующих в конкретно-исторических условиях сбалансированному социально-экономическому развитию, что в условиях жесткой конкуренции в мировой экономике отодвигает страну дальше от клуба высокоразвитых и благополучных в социально-экономическом отношении стран, в разряд слаборазвитых и может поставить под угрозу ее существование. Сбалансированное развитие всех составных частей социально-экономической системы (рис. 23.4) требует увязать в единое целое все подцели, связанные не только с социально-экономическим развитием, но и с безопасностью людей, организаций, страны, природной среды.

Источником финансирования всех программ — социального развития (включая повышение качества жизни, социальную защиту, здравоохранение), безопасности (включая оборону, защиту населения от ЧС) и других — является экономика. Она дает ресурсы C , перераспределяемые при условии

$$\sum C_i \leq C - w' \quad (i = 1, \dots, 5),$$

где C_1 — ресурсы на добычу природных ресурсов (полезных ископаемых); C_2 — на развитие экономики; C_3 — на развитие обеспе-

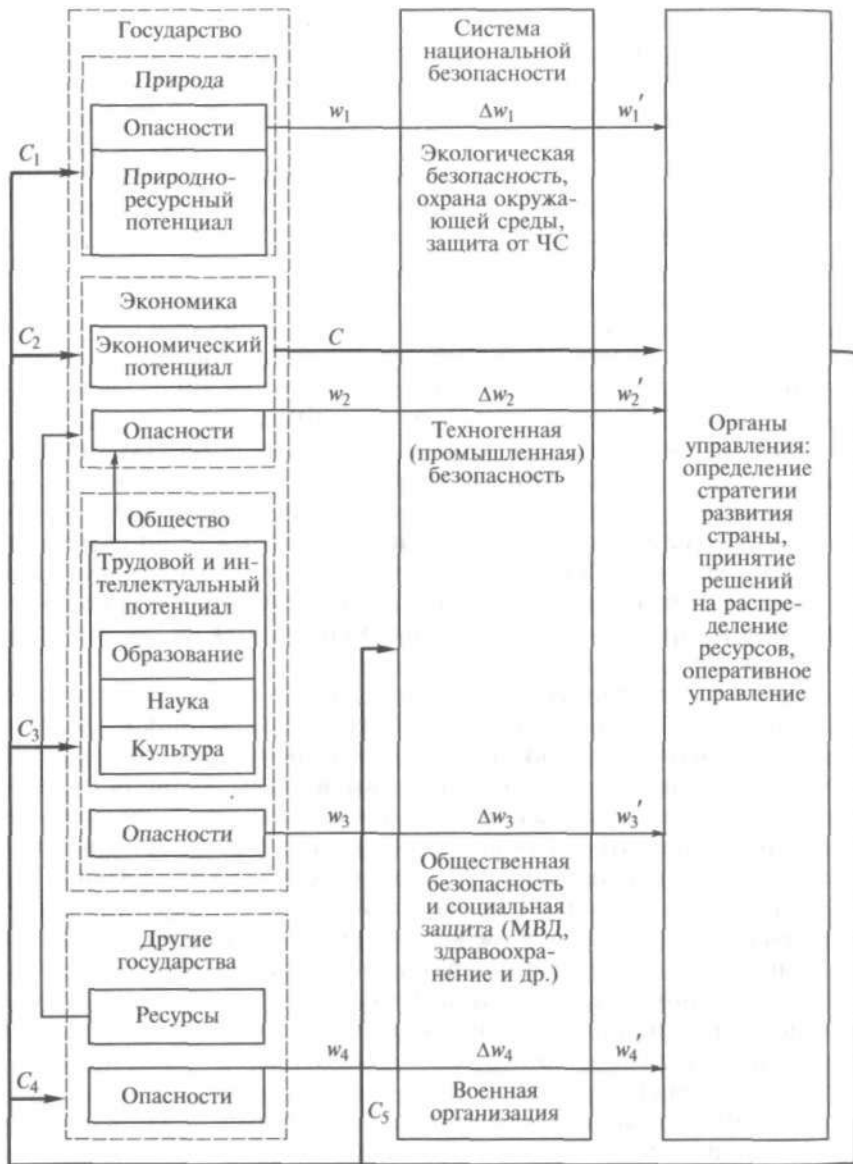


Рис. 23.4. Основные взаимосвязи в социально-экономической системе государства

чивающих экономику сфер. Условием стабильного общественного воспроизводства и успешного экономического развития в долгосрочном плане являются трудовые, интеллектуальные ресурсы (потенциал). Их наличие невозможно без развития образования,

науки, культуры; C_4 — на закупку необходимых ресурсов в рамках внешней торговли.

Каждый из блоков наряду с условиями (ресурсами) поступательного развития социально-экономической системы содержит и источники опасности, которые в случае реализации приводят к ущербу w . Для его снижения применяют меры защиты, требующие затрат C_5 . Затраты на обеспечение безопасности (содержание соответствующих систем) позволяют снизить ущерб, т. е. повысить предотвращенный ущерб

$$\Delta w = w - w',$$

где w' — остаточный (после реализации мер защиты) ущерб от различных опасностей. Меры защиты достаточны, когда w' снижен до приемлемого уровня. Затраты на развитие социальной сферы с позиций устойчивого развития социально-экономической системы можно интерпретировать как меры по снижению возможного ущерба от социальных опасностей.

Для установления рациональных пропорций между C_i решают нелинейные дифференциальные уравнения динамики социально-экономической системы.

ГЛАВА 24. РИСКИ ДЛЯ ЭКОСОЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМ

24.1. Характеристика экологических рисков

Экологические последствия техногенных воздействий на окружающую среду при осуществлении хозяйственной деятельности выражаются в основном в загрязнении ее компонентов различными вредными веществами (радиоактивными, химическими и др.), изменении протекающих в природе циклических биогеохимических, а также других естественных процессов. С середины 70-х гг. XX в. для поддержки принятия решений по обеспечению безопасности и защите окружающей среды широко применяется анализ риска для здоровья человека от различных вредных факторов. Использование анализа риска стало возможным благодаря значительному прогрессу в развитии средств анализа (методологии, компьютерных баз данных и географических информационных систем).

Экологические риски связывают с *возможностью нанесения экологического вреда*.

Возможность обусловлена вероятностным характером наступления вреда. Во-первых, загрязнение окружающей природной среды (загрязнение подземных вод, загрязнение земель, сверхнормативные выбросы и утечки вредных веществ на экологически

опасных объектах, воздействие которых затрагивает окружающую территорию) может происходить в форме случайным образом распределенных по времени и в пространстве экологически опасных ситуаций (аварий).

Последствия аварий подразделяют на ближайшие (непосредственный ущерб в виде разрушения зданий, оборудования, загрязнения территории, травм и гибели людей и т.д.) и отдаленные (долговременное загрязнение почвы, водных и других природных ресурсов и дальнейшее воздействие такого загрязнения на здоровье людей, проявляющееся в виде различных заболеваний, повышения уровня смертности и т.д.).

Во-вторых, при детерминированном (регулярные выбросы вредных веществ в пределах установленных норм) загрязнении наступление вреда в результате этого имеет вероятностный характер.

Экологический вред, так же как и материальный, имеет социальную основу возникновения, т. е. его оценку делают в конечном итоге именно с точки зрения вреда для человека. Вся природная среда на Земле в настоящее время рассматривается в основном как ресурс, как среда обитания — более или менее благоприятная — только для одного живого объекта — человека. Именно человек в процессе хозяйственной деятельности определяет, какие экосистемы и на какой территории он должен сохранить как для себя, так и для потомков. Общество определяет природоохранную политику исходя из общественной значимости территорий и акваторий при подчиненном значении степени их нарушенности (загрязненности). Поэтому субъектами права согласно Гражданскому кодексу Российской Федерации могут быть только граждане и юридические лица.

Антропогенная деятельность, различные происшествия (ЧС, постоянные выбросы и сбросы химических веществ) приводят к изменению (ухудшению) состояния окружающей среды в результате ее загрязнения и деградации. Это имеет значение:

для человека, так как здоровая окружающая среда является условиями его существования;

человечества, представляя собой условия его устойчивого развития.

По объектам различают следующие виды экологического вреда:

вред для здоровья человека, проявляющийся в заболеваниях людей или повышенном риске заболевания в будущем. Причиной экологического вреда для человека служит экологически вредное воздействие при несоответствии внешних факторов стандартам экологического качества. Поэтому экологический вред здоровью человека, как и любому живому объекту, определяется по ухудшению параметров, характеризующих его жизнедеятельность, в связи с экологически вредным воздействием;

имущественный вред, причиненный юридическим и физическим лицам;

макроэкономический ущерб для социально-экономической системы страны, обусловленный фактическими и возможными убытками народного хозяйства, связанными с загрязнением окружающей среды (включая прямые и косвенные воздействия, а также дополнительные затраты на ликвидацию негативных последствий загрязнения).

По *долговременности действия* экологический вред подразделяют: на прямой, обусловленный негативным воздействием на почву, растительный и животный мир, водоемы, атмосферу, экономические оценки которого связаны с оценкой ущерба для нынешнего поколения людей;

косвенный отдаленный, связанный с глобальными изменениями окружающей среды (например, нарушение климатического баланса, ухудшение качества природных ресурсов). Он следует из негативного влияния на жизнедеятельность будущих поколений людей и его экономическая оценка не может быть дана с позиций нынешнего поколения. Однако без его учета цена, например, продления жизни или спасенной жизни оказывается по затратам на природоохранные мероприятия за пределами высокой и делает экономически необоснованным их применение.

Неблагоприятное состояние окружающей среды (т.е. опасность) создает угрозы для здоровья человека, а негативная динамика его ухудшения — для устойчивого развития человечества в целом. Наличие опасностей и угроз приводит к риску. В зависимости от рассматриваемого источника и объекта воздействия существуют различные *определения экологического риска*:

применительно к человечеству — это степень возможности нарушения устойчивости окружающей среды при любых как преднамеренных, так и непреднамеренных воздействиях на нее антропогенной деятельности, т.е. степень превышения эколого-экономического потенциала в результате хозяйственной деятельности. По мнению экспертов Агентства по защите окружающей среды США, самыми серьезными экологическими угрозами для человечества в начале 90-х гг. XX в. (в дальнейшем происходила переоценка) являлись: глобальное изменение климата; обеднение озонового слоя в стратосфере; изменение компонентов среды обитания; гибель популяций и потери в биологическом разнообразии;

применительно к группам населения — это вероятные последствия для них вследствие негативного антропогенного воздействия на природную среду, загрязнения природной среды от рассматриваемого источника. Наиболее серьезными угрозами здоровью людей в начале 90-х гг. XX в. считали загрязнение атмосферного воздуха; накопление радона в помещениях; загрязнение воздуха в помещениях; загрязнение питьевой воды; присутствие химиче-

ских загрязнителей (токсикантов) на рабочих местах; загрязнение почв и водных ресурсов пестицидами;

применительно к человеку — это возможный ущерб здоровью человека, наступающий в результате ухудшения качества окружающей среды.

Экологические риски при эксплуатации экологически опасных объектов определяют как возможность нанесения ущерба окружающей среде (в виде загрязнения или уничтожения лесных, водных, воздушных и земельных ресурсов, нанесения вреда биосфере и сельскохозяйственным угодьям), а также жизни и здоровью третьих лиц (результат воздействия вредных производственных объектов на население прилегающих территорий, выражающийся в виде увеличения заболеваемости и смертности), их имуществу.

24.2. Оценка экологических рисков

Оценка экологического риска является основой для управления им и на макроуровне ее проводят обычно в следующих целях: поддержки принятия решений по экологической безопасности определенных предприятий и промышленных комплексов;

поддержки принятия решений по выбору направлений экономического развития на основе сравнения воздействия альтернативных технологий на здоровье населения и окружающую среду; коммуникации риска.

Информационной основой для оценки экологических рисков являются: информация о различных процессах и явлениях; результаты мониторинга складывающейся в тех или иных регионах экологической обстановки; данные оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС), экологической экспертизы и аудита, экологической и санитарно-гигиенической паспортизации, государственного учета и регистрации.

Мониторинг окружающей среды (экологический мониторинг) — комплексная система наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов, осуществляемая органами государственной власти РФ и субъектов РФ. Пространственно-временное распределение антропогенных изменений удобно отображать с использованием ГИС-технологий.

Учитывая, что интегральным показателем качества окружающей среды является здоровье населения, при оценке риска для здоровья населения из-за ухудшения состояния окружающей среды используют также данные социально-гигиенического мониторинга.

Социально-гигиенический мониторинг — это государственная система наблюдения, анализа, оценки и прогноза состояния здо-

ровья населения и среды обитания человека, а также определения причинно-следственных связей между состоянием здоровья населения и воздействием на него факторов среды в целях принятия мер по устранению их вредного воздействия.

Исследования подтверждают, что риск возникновения заболеваний на загрязненных территориях выше, чем на «чистых». К болезням, вызываемым загрязнением среды обитания, относятся злокачественные новообразования, заболевания нервной системы, верхних дыхательных путей, органов пищеварения и др. Большая доля заболеваний органов дыхания в структуре заболеваемости населения в большинстве субъектов РФ свидетельствует о загрязнении атмосферного воздуха. Воздействию загрязняющих атмосферный воздух веществ подвергаются до 30 млн чел. Наиболее многочисленная группа населения в 15 млн чел. подвергается воздействию повышенных концентраций взвешенных в атмосфере веществ; второе место по масштабу популяционного воздействия занимает бенз(а)пирен — 14 млн чел.; третье место в списке загрязнителей занимает фенол — 10,4 млн чел.; четвертое — диоксиды азота (5,6 млн чел.).

Оценка воздействия на окружающую среду. Она представляет собой вид деятельности по выявлению, анализу и учету прямых, косвенных и иных последствий воздействия на окружающую среду планируемой хозяйственной и иной деятельности в целях принятия решения о возможности или невозможности ее осуществления.

Экологическую экспертизу планируемой деятельности проводят в целях предупреждения или минимизации ее негативного воздействия на природную среду и контроля за соблюдением природоохранного законодательства.

Экологический аудит — экологическая ревизия (проверка) проектов или компаний; оценка воздействия на окружающую природную среду действующих объектов, независимая оценка текущего состояния выполнения (соблюдения) субъектом хозяйственной и иной деятельности природоохранных законодательных и нормативных требований в области охраны окружающей среды, требований международных стандартов и подготовка рекомендаций по улучшению такой деятельности.

Экологическая паспортизация предполагает разработку экологического паспорта промышленного предприятия, в котором приведен комплекс данных (показателей) об уровне использования предприятием природных ресурсов и степени его воздействия на окружающую среду.

Радиационно-гигиеническая паспортизация организаций и территорий является формой государственной оценки негативного влияния основных источников ионизирующего излучения (техногенных и естественных) и направлена на обеспечение радиационной безопасности населения.

Государственному статистическому учету подлежат объекты, оказывающие негативное воздействие на окружающую среду.

Государственную регистрацию вредных (загрязняющих) веществ и потенциально опасных веществ, которые оказывают или могут оказывать вредное воздействие на человека и окружающую природную среду, осуществляет специально уполномоченный федеральный орган исполнительной власти в области охраны атмосферного воздуха. Он же организует регистрационные испытания таких веществ.

Экологический риск связан с экологическим ущербом, под которым понимают оцененный экологический вред. Экономические оценки экологического вреда предполагают некую проекцию действительного экологического ущерба на хозяйственные и социальные условия и отношения. Для его оценки используют укрупненные оценки результатов воздействия различных загрязняющих веществ (с учетом их свойств) на окружающую среду. Полный (прямой и косвенный) экологический ущерб определяется изменением всей совокупности элементов природы в результате техногенных воздействий как в процессе этого воздействия, так и с учетом долговременных, отдаленных последствий. Изменение траектории развития экосистемы обычно не рассматривают.

Количественные оценки экологических рисков для здоровья человека необходимы для ранжирования проблем, связанных с состоянием среды обитания. Такое ранжирование способствует выделению приоритетов при распределении средств, предназначенных на экологические мероприятия. Для этого вначале определяют основной показатель индивидуального риска R — индивидуальную вероятность преждевременной смерти человека по экологическим причинам в расчете на год (или жизнь), а затем — ССОПЖ. В научной литературе приведены данные по ССОПЖ по различным экологическим причинам в США: радон в помещениях — 35 дней, работа с химикатами — 30, постоянная работа с техногенными источниками излучения — 25, обеднение озонового слоя — 22, пестициды в пищевых продуктах — 12, загрязнение атмосферного воздуха — 10, загрязнение питьевой воды — 1,3, проживание вблизи АЭС — 0,4.

Индивидуальную вероятность (риск) преждевременной смерти по экологическим причинам определяют по формуле

$$R = Qq,$$

где Q — вероятность негативного воздействия (для детерминированного воздействия равна 1); q — ущерб для здоровья человека (условная вероятность смерти в случае воздействия на человека данного загрязнения, определяемая по зависимости «доза — эффект»).

Общий (суммарный) риск для здоровья человека, контактирующего с загрязненной окружающей средой (атмосферой, почвой,

водой, рабочим местом и т.п.), можно представить суммой рисков отдельных составляющих.

Расчеты обычно проводят для групп населения, подвергающихся воздействию рассматриваемых загрязнителей, результатом которых является ожидаемое число смертей. Разделив ожидаемое число смертей на численность совокупности людей, подвергающихся данному риску, получают оценку индивидуального риска.

Если ущерб оценивают в стоимостной форме, то говорят об *эколого-экономическом риске*. Эколого-экономический риск при эксплуатации экологически опасных объектов определяется средним ущербом в расчете на некоторый интервал времени

$$R = Q\bar{W},$$

где Q — вероятность неблагоприятного (для окружающей среды) события (например, аварии) за рассматриваемый интервал времени; \bar{W} — стоимостная оценка его последствий (ущерба).

Эколого-экономические риски можно рассматривать с точки зрения вреда интересам различных субъектов: физических и юридических лиц, юридических лиц — владельцев экологически опасных объектов (оцениваются, в частности, через выплаты предприятием по искам пострадавших и штрафы за загрязнение окружающей среды), государства как владельца природно-промышленной системы.

Основой оценки эколого-экономических рисков для *юридических и физических лиц* является оценка экологического ущерба — вреда окружающей среде, приводящего к ущербу имущественным интересам природопользователя (собственника, владельца, пользователя, арендатора природных ресурсов) в виде, например, недополучения предполагаемых доходов.

Стоимостная оценка экологического ущерба необходима также для определения размера иска по отношению к источнику негативного воздействия (практика возмещения экологического ущерба в свою очередь используется в качестве его оценки). Ее можно сделать двумя способами:

исходя из потери ценности рассматриваемых объектов по отношению к первоначальной;

по затратам на восстановление их качества до прежнего уровня.

Ущерб от загрязнений основных компонентов окружающей природной среды (воздуха, воды, почвы) может быть оценен исходя из затрат на частичное или полное восстановление (не всегда целесообразно). Так, не рассматриваются затраты на восстановление воздушной среды, поскольку процесс восстановления (диффузия газа в атмосфере) происходит естественным образом. Затраты на восстановление водной среды целесообразно рассматривать в случае, если загрязнению подвергается источник пресной

воды. Учитывают также затраты на водоснабжение в течение периода ликвидации последствий. Необходимость восстановления почвенного покрова может возникнуть при радиоактивном загрязнении, разливе нефтепродуктов и в других случаях. В этом случае затраты будут определяться площадью и качеством рекультивируемой земли, включая восстановление почвенного покрова и посадку деревьев.

Используют также экспертное оценивание эколого-экономических рисков с помощью качественно-количественных шкал (см. подразд. 3.4) реализуемости опасных событий (сценариев) и последствий.

Стоимостная оценка экологического вреда человеку как живому существу включает оценку экологического вреда здоровью, а также расходов и убытков, связанных непосредственно с фактом состоявшегося экологически вредного воздействия на человека, т.е. фактом нарушения условий его экологической безопасности. Эти расходы и убытки связаны с дополнительными мерами по контролю, наблюдению, предупредительными мерами по снижению риска заболевания в будущем и т.д. При восстановлении в прежнем объеме жизнедеятельности популяции животных (и в других подобных случаях) судьбой отдельной особи не интересуются; экономически более рациональным может оказаться замена больных и старых животных молодыми и здоровыми. К человеку это неприменимо. Его надо лечить независимо от того, молодой он или старый и обремененный болезнями.

Экологические риски для *государства* (относятся к стратегическим рискам) оцениваются макроэкономическим ущербом, учитывающим ухудшение природной среды, гибель наземных и водных животных и растений, потерю народнохозяйственной ценности территорий, т.е. потери в продуктивности природных систем и производительности физического капитала, потерю качества и комфортности окружающей среды (прозрачный воздух, чистое озеро, спелый лес, чистые и безопасные для проживания городские районы и т.д.). Макроэкономический ущерб вычисляют с учетом первых двух составляющих вреда, так как потери, связанные с ухудшением здоровья населения, сокращением длительности трудового периода и жизни людей влияют на макроэкономические показатели развития социально-экономической системы через потери человеческого капитала, связанные со здоровьем (повышение заболеваемости, преждевременная смерть и т.п.).

24.3. Приемлемость экологических рисков

Возможность гибели земной цивилизации в результате некоторых причин позволяет установить неприемлемые уровни соответ-

ствующих воздействий. Так, точкой бифуркации природной среды, делающей ее несовместимой для существования человечества, можно считать подрывы в течение короткого времени ядерных зарядов с суммарным тротиловым эквивалентом 10^5 – 10^6 Мт, что приведет к глобальному изменению климата («ядерной зиме»), связанному с понижением средней температуры на несколько градусов и приводящему к гибели значительной части биоты. Аналогичные эффекты будут иметь место при столкновении Земли с астероидом диаметром свыше 1,5 км.

Более жесткие критерии по негативным воздействиям на природную среду можно установить исходя из условия не сохранения, а стабильного функционирования нынешнего поколения людей, а еще более жесткие — исходя из условия устойчивого развития человечества (будущих поколений).

Ученые-экологи утверждают, что если ущерб окружающей природной среде не превышает 5 % ее общей ресурсной базы для конкретной местности, то природа сохраняет способность к полной самостоятельной реабилитации. Указанную величину экологического риска можно считать приемлемой. На ее основе можно, например, установить классы экологической безопасности производства: безопасное, приемлемой опасности, повышенной опасности, опасное и чрезвычайно опасное.

24.4. Экологический менеджмент

Содержание экологического менеджмента. Управление экологическими рисками направлено на реализацию положений Конституции РФ, в соответствии с которой каждый гражданин РФ:

имеет право на благоприятную окружающую среду, достоверную информацию о ее состоянии и на возмещение ущерба, причиненного его здоровью или имуществу экологическим правонарушением;

обязан сохранять природу и окружающую среду, бережно относиться к природным богатствам, которые являются основой устойчивого развития, жизни и деятельности народов, проживающих на территории РФ.

Правовые основы государственной политики в области охраны окружающей среды, обеспечивающие сбалансированное решение социально-экономических задач, сохранение благоприятной окружающей среды, биологического разнообразия и природных ресурсов в целях удовлетворения потребностей нынешнего и будущих поколений, укрепления правопорядка в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности определяет Федеральный закон «Об охране окружающей среды» 2002 г. Formой реализации этой политики является управление экологическими рисками на основе их количествен-

ных оценок с помощью механизмов экологического регулирования. Оценки риска позволяют сделать корректное технико-экономическое обоснование как новых проектов деятельности, так и мер защиты.

Управление экологическими рисками осуществляется в рамках системы экологического менеджмента. *Система экологического менеджмента* — часть общей системы менеджмента, включающая организационную структуру, планирование деятельности, распределение ответственности, практическую работу, а также процедуры, процессы и ресурсы для разработки, внедрения, оценки достигнутых результатов реализации и совершенствования экологической политики, целей и задач.

В масштабе государства управление охраной окружающей среды (экологический менеджмент) — это деятельность, направленная на реализацию экологической стратегии развития общества, т.е. на обеспечение выполнения норм и требований, ограничивающих вредное антропогенное воздействие на окружающую природную среду, а также на рациональное использование природных ресурсов, обеспечивающее их воспроизводство.

На уровне организации система управления окружающей средой — это составная часть системы управления и бизнес-стратегий компаний и всех аспектов их деятельности, имеющих отношение к воздействию на окружающую природную среду. Концепция системы управления природопользованием компании была впервые применена в Нидерландах в 1985 г., а впоследствии стала широко использоваться в других развитых странах. В некоторых странах разработаны национальные стандарты систем управления природопользованием. Понятие «система экологического менеджмента» впервые было введено в стандарте Великобритании BS 7750 в 1992 г. Спустя несколько лет Международная организация стандартизации (ISO), объединяющая органы стандартизации 111 стран мира, разработала международные стандарты, устанавливающие рекомендации по управлению качеством среды обитания (серия ISO 14000).

Реализация целей управления экологическим риском достигается посредством природоохранной деятельности. *Охрана окружающей среды* — это деятельность органов государственной власти РФ, субъектов РФ, органов местного самоуправления, общественных и иных некоммерческих объединений, юридических и физических лиц по обеспечению экологической безопасности, направленная на сохранение и восстановление природной среды, рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов, предотвращение негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и ликвидацию ее последствий. Меры по охране окружающей среды от загрязнения, истощения, деградации, порчи, уничтожения и иного негативного воздей-



Рис. 24.1. Классификация мер по управлению экологическими рисками, предпринимаемых на государственном уровне

ствия хозяйственной и иной деятельности, обеспечению экологической безопасности (временные ограничения, пределы выбросов, локализация источников выбросов и др.) можно классифицировать по следующим признакам (рис. 24.1):

времени проведения (предупреждение или предотвращение — до воздействия, включающее государственное нормативное регулирование, техническое регулирование, лицензирование, экономические механизмы, экологический бизнес, экологический контроль, формирование экологической культуры; снижение уровней негативных воздействий на окружающую среду — во время воздействия путем использования ресурсосберегающих технологий, фильтров и очистных сооружений, реагирования на экологически опасные ситуации; смягчение их последствий — после воздействия путем возмещения ущерба — экологическое страхование, применения экологической ответственности);

уровню (международные, региональные, государственные и локальные);

сфере регулирования (административные, политические, технологические, социальные, юридические и общественные);

объекту защиты — включают меры по охране атмосферы (атмосферного воздуха), водных ресурсов, земель, недр, почв, ландшафтов, лесного генофонда, культурной среды.

Государственное регулирование экологической безопасности (экологическое регулирование) начали широко применять в развитых странах в конце 60-х — начале 70-х гг. XX в., когда с полной очевидностью проявился экологический кризис. Вначале до 60-х гг. XX в. экологическое регулирование осуществлялось на местном, затем на территориальном уровнях и лишь к 70—90-м гг. вышло на общегосударственный уровень, а в последнее десятилетие — и на глобальный.

Для управления экологическими рисками органам государственной власти необходимы определенные рычаги (механизмы, системы мер) воздействия на экологическое поведение природопользователей (рис. 24.2), вводимые нормативными правовыми актами в целях предотвращения, ограничения и устранения загрязнения и других форм ухудшения качества окружающей среды.

Различают следующие методы экологического регулирования: *метод прямого регулирования*, основанный на принципе административно-правового принуждения загрязнителей (экологические стандарты, нормы, нормативы, правила, разрешительные процедуры, которые вводили запрещения или ограничения на выбросы, использование той или иной техники и технологии, качественные параметры пищевых продуктов или изделий и т.д.).

Исторически сложилось так, что административно-распорядительные (регламентационные) инструменты начали применять первыми. Затем в дополнение к ним получили развитие некоторые экономические инструменты — штрафные санкции, предоставление государством предприятиям дотаций, субсидий, налоговых и кредитных льгот и т. п. На рубеже 60—70-х гг. XX в. в связи с наступившим экологическим кризисом были выдвинуты критические соображения о методах прямого регулирования, которые ограничивают и дискриминируют, так как у разных предприятий неодинаковые предельные издержки сокращения единицы выбросов. Поэтапный порядок ограничения загрязнений, присущий этому методу, ориентирует предприятия на очистную, а не малоотходную технологию и требует для его реализации громоздкой административно-контрольной инфраструктуры;

метод косвенного регулирования, основанный на принципе экономического побуждения загрязнителей к снижению выбросов. Концепция косвенного (ценового) экологического регулирования предлагает «экологические блага и услуги» включить в рыночные отношения (иметь собственника, получить экономическую оценку, цену, продаваться и покупаться). При таком порядке потребления предприятиями, ранее не имевшими хозяина, бесплатных экологических ресурсов устраняется «скрытое суб-



Рис. 24.2. Структура механизмов экологического регулирования

сидирование» их обществом и устанавливается рациональное отношение к ним. Стандартный механизм экологического регулирования предполагает использование двух инструментов: побудительных налогов (или платежей) и норм-ориентиров предельно допустимых выбросов. По достижении требований норм-ориентиров взимание налогов или платежей прекращается, так как прекращается социально неприемлемое использование экологических ресурсов.

Экономические инструменты имеют следующие преимущества по сравнению с применением нормативной регламентации: воз-

возможность использования гибких решений (например, выбор подходящих технологий), стимулирование инновационной деятельности для сохранения природных ресурсов и предотвращения загрязнения, прозрачность в оценке размеров издержек на борьбу с загрязнением. Однако механизмы прямого экологического регулирования обладают большей гибкостью, т. е. возможностью дифференцированного подхода к объектам регулирования и различным экологическим и экономическим ситуациям, а также к дозировке степени жесткости регулирования. Эти механизмы не исключают, а предполагают оказание государственной помощи, в том числе по главному направлению — техническому перевооружению. В России в настоящее время используют концепцию косвенного экологического регулирования (платного природопользования). Развитые страны, уже пройдя этот этап, вернулись к прямому регулированию.

Основные механизмы прямого регулирования. Такими механизмами являются государственное нормативное регулирование, лицензирование и др. (см. подразд. 20.4).

Государственное нормативное регулирование воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду проводят:

путем поэтапного установления экологических требований (ограничений) к хозяйственной и иным видам деятельности;

государственного экологического нормирования.

Государственное экологическое нормирование — это организованная государством нормативно-правовая деятельность по установлению экологических норм (нормативов), правил и регламентов хозяйственной деятельности в целях охраны окружающей природной среды и предотвращения экологических катастроф.

Экологический норматив — это получившее правовой статус численное значение показателя, имеющего размерность антропогенной нагрузки. Норматив носит временный характер, обусловленный уровнем развития науки, технологии и экономики. В большинстве случаев экологический норматив не следует рассматривать как четкую грань, разделяющую безопасные и опасные для здоровья уровни загрязнения. В некоторых случаях при их установлении исходят преимущественно из экономических соображений. Соблюдение экологических нормативов является обязательным, т. е. их несоблюдение ведет к правовым последствиям. Данный норматив отражает достигнутый на современном этапе компромисс и не преследует цель обязательного достижения желаемого качества окружающей среды. Общим экологическим нормативом для экосистем служит сохранение их динамических качеств. Глобальный экологический норматив — это сохранение биосферы планеты в виде, пригодном для жизни человека, в том числе климата Земли, благоприятным для него.

Экономическое регулирование. Его проводят на основе экономических оценок: природных объектов и природно-антропогенных объектов; воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду. Для экономического регулирования используют два подхода:

финансовые трансферты между экономическими субъектами — загрязнителями окружающей среды и соответствующим населением (через органы местного или государственного управления); создание новых рынков, например, для торговли разрешениями на выбросы загрязняющих веществ.

При первом подходе используют следующие механизмы:

поощрительные — инвестиционные субсидии, льготные займы и кредиты, дотации, налоговая дифференциация (налоговые льготы), гарантии по займам и др.;

принудительные — экологические налоги и платежи (такие как платежи за выбросы/сбросы загрязняющих веществ, платежи за ресурсопользование, удаление отходов, платежи и налоги на неэкологичную продукцию), штрафы за загрязнение и т.п.;

восстановительные или компенсационные (создание специальных фондов для борьбы с загрязнением, страхование ответственности за экологический ущерб, материальные компенсации государству, регионам, фирмам и лицам, пострадавшим от загрязнения окружающей среды).

Государство осуществляет поддержку предпринимательской, инновационной и иной деятельности (в том числе экологического страхования), направленной на охрану окружающей среды. Налоговые и иные льготы предоставляются при внедрении наилучших существующих технологий, нетрадиционных видов энергии (стимулирование ресурсосбережения), использовании вторичных ресурсов и переработке отходов, а также при осуществлении иных эффективных мер по охране окружающей среды.

Целевое финансирование также входит в программу государственного нормативного регулирования. В целях планирования, разработки и осуществления мероприятий по охране окружающей среды разрабатываются федеральные программы в области экологического развития РФ, целевые программы в области охраны окружающей среды субъектов РФ, осуществляются соответствующие мероприятия на местном уровне. Юридические лица и индивидуальные предприниматели, осуществляющие хозяйственную и иную деятельность, оказывающую негативное воздействие на окружающую среду, также обязаны планировать, разрабатывать и осуществлять мероприятия по охране окружающей среды.

Платежи представляют собой цену, которую необходимо платить за экологические услуги или ресурсы. К ним относятся:

плата за негативное воздействие на окружающую среду (за сбросы загрязнителей в атмосферный воздух, воду или на почву, за

шумовое загрязнение), вычисляемая в зависимости от количества и степени опасности загрязняющих агентов и включающая плату за воздействие сверх установленных лимитов на выбросы и сбросы загрязняющих веществ и микроорганизмов, лимитов на размещение отходов производства и потребления;

плата за природные ресурсы — денежное возмещение природопользователем общественных затрат на изыскание, сохранение, восстановление, изъятие и транспортировку используемого ресурса, а также потенциальных усилий общества по натуральному возмещению или адекватной замене эксплуатируемого ресурса в будущем;

налоги за пользование окружающей средой — платежи, взимаемые с физических и юридических лиц и направленные на ограничение пользования окружающей средой. Идея взимания налога на товары, производство которых причиняет ущерб окружающей среде, была высказана еще в 30-х гг. XX в. В настоящее время она находит отражение в законодательстве и практике многих государств. Эти налоги являются не платой за пользование, а служат средством ограничения пользования окружающей средой. Они обычно идут не в бюджет, а на целевое финансирование мероприятий по охране окружающей среды, часто через специальные фонды. Налоги за использование окружающей среды носят регулирующий характер: они направлены на предотвращение вредных воздействий, так как виновник выплачивает налог в соответствии с нанесенным ущербом и тем самым вынужден решать вопрос о выплате налога или принятии мер по предотвращению вредных воздействий. Налогами должны облагаться все вредные воздействия на окружающую среду. Такие налоги создают стимул к снижению уровня вредных воздействий, но они не могут заставить виновника загрязнения ликвидировать источник воздействия. Представляется возможным введение налогов за использование окружающей среды в виде постоянной суммы, непосредственно не связанной с нарушением окружающей среды (например, налог на автомобиль, который в Швейцарии называют «лесным», так как он направлен на сохранение горных лесов);

налоги на экологически опасную продукцию — платежи, налагаемые на товаропроизводителей, выпускающих товары, которые являются вредными для окружающей среды в процессе переработки, потребления или уничтожения.

Экологический бизнес включает:

экологический менеджмент;

экологические инвестиции, под которыми понимают реальные инвестиции, осуществляемые компаниями природоохранной («экологической») отрасли в создание и модернизацию своих производственных фондов; финансовые инвестиции в форме приоб-

ретенция ценных бумаг компаний, отвечающих определенным экологическим критериям инвестора;

экологический аудит;

экологическое страхование, включающее систему мероприятий по созданию и использованию денежного (страхового) фонда за счет взносов его участников, из средств которого возмещается вред окружающей среде и человеку, а также выплачиваются иные денежные суммы в связи с наступлением определенных событий. Условием сохранения баланса интересов государства и субъектов экономической деятельности является отнесение страховых затрат на себестоимость продукции (работ, услуг).

Экологическое страхование может быть обязательным и добровольным; имущественным и страхованием ответственности.

К *обязательному экологическому страхованию* относится страхование гражданско-правовой ответственности владельцев предприятий — источников повышенного экологического риска за причинение ущерба третьим лицам. Оно обеспечивает страховую защиту жизни, здоровья и имущественных интересов физических и юридических лиц в виде полной или частичной компенсации ущерба, причиненного аварийным загрязнением окружающей среды. Экологическое страхование осуществляется в целях защиты имущественных интересов юридических и физических лиц на случай экологических рисков.

Экологическое страхование обеспечивает:

финансовые гарантии экономической безопасности населения, проживающего вблизи опасного объекта — так называемых «третьих лиц» (компенсацию части причиненных им убытков), которые могут пострадать от экологической аварии (страхового случая), причем эти гарантии не зависят от текущей платежеспособности страхователя. Население, проживающее вблизи опасного объекта, получает уверенность в том, что страховая компания быстро организует и оплатит проведение реабилитационных мероприятий с попавшими в зону аварии; организует наблюдение за состоянием здоровья, чтобы своевременно принять необходимые лечебно-профилактические меры; оплатит любые расходы на лечение;

финансовые гарантии экономической безопасности владельцев предприятий (страхователей) в случае аварийного загрязнения окружающей природной среды. Страхователь получает защиту от внезапного разорения в связи с обязанностью возмещения экологического вреда;

условия для экономического стимулирования предотвращения аварийного загрязнения окружающей среды путем формирования дополнительных источников финансирования природоохранных мероприятий за счет средств страховых компаний. Кроме того, заинтересованность страховщика в получении максимальной при-

были лучше любого контролера обеспечивает мониторинг состояния природоохранного оборудования у страхователя.

Экологический контроль — это система мер, направленных на предотвращение, выявление и пресечение нарушения законодательства в области охраны окружающей среды; обеспечение соблюдения органами государственной власти РФ, субъектов РФ, органами местного самоуправления, юридическими и физическими лицами — субъектами хозяйственной и иной деятельности требований в области охраны окружающей среды; обеспечение экологической безопасности.

Ответственность за нарушение экологических требований. Эколого-правовая ответственность предусматривает возмещение ущерба от загрязнения и нерационального использования природной среды. В Конституции РФ отмечается, что «сокрытие должностными лицами фактов и обстоятельств, создающих угрозу для жизни и здоровья людей, влечет за собой ответственность в соответствии с федеральным законом».

В существующем законодательстве за нарушение природоохранных требований предусматриваются следующие меры воздействия:

- 1) ограничение, приостановление или прекращение деятельности;
- 2) юридическая (дисциплинарная, административная и уголовная) ответственность;
- 3) экономическая ответственность.

Деятельность юридических и физических лиц — размещение, проектирование, строительство, реконструкция, ввод в эксплуатацию, эксплуатация, консервация и ликвидация зданий, строений, сооружений и иных объектов, осуществляемая с нарушением природоохранных требований, может быть ограничена, приостановлена (по предписаниям органов исполнительной власти, осуществляющих государственное управление в области охраны окружающей среды) или прекращена в полном объеме. Требования об ограничении, приостановлении или прекращении деятельности рассматриваются судом или арбитражным судом.

Юридическая ответственность наступает за экологические правонарушения. *Экологическое правонарушение* — это противоправное действие, нарушающее законы об охране природной среды и причиняющее вред природной среде, здоровью человека, либо создающее угрозу такого причинения вреда. Такое правонарушение часто сопровождается ухудшением естественного состояния природных объектов, ослаблением их экологических связей, функций, снижением способности природных объектов к самоочищению и самовосстановлению, ослаблением защитных свойств природы, а вместе с этим и человека.

Часть экологических правонарушений относится к дисциплинарным проступкам, когда правонарушители являются работни-

ками предприятий, учреждений или организаций. Мерами дисциплинарного взыскания могут быть выговор, предупреждение, увольнение по инициативе администрации. Ответственность наступает в соответствии с ведомственными положениями.

Административная ответственность за экологические правонарушения заключается в применении мер административного взыскания (административные штрафы) к гражданам, должностным и юридическим лицам, виновным в нарушении правовых норм об охране окружающей среды и рациональном использовании природных ресурсов. Наступает в соответствии с Кодексом РФ об административных правонарушениях (КоАП). В соответствии с КоАП *административным правонарушением* признается противоправное, виновное действие (бездействие) физического или юридического лица, за которое КоАП или аналогичными законами субъектов РФ установлена административная ответственность. Юридическое лицо признается виновным в совершении административного правонарушения, если будет установлено, что он имел возможность для соблюдения правил и норм, за нарушение которых предусмотрена административная ответственность, но данным лицом не были приняты все зависящие от него меры по их соблюдению. Так, руководители и члены комиссий по приемке в эксплуатацию объектов несут административную и иную ответственность за приемку в эксплуатацию не соответствующих требованиям законодательства в области охраны окружающей среды объектов.

Дела об административных правонарушениях рассматривают органы, осуществляющие государственный экологический контроль, а от их имени — государственные инспектора по охране природы.

Уголовная ответственность наступает за *экологические преступления* — преднамеренные злостные нарушения окружающей природной среды, противоречащие национальному законодательству или международным соглашениям и нормам. Это общественно-опасное деяние, предусмотренное Уголовным кодексом РФ (УК РФ), посягающее на установленный экологический правовой порядок и причиняющее вред природной среде и здоровью человека, либо создающее угрозу причинения такого вреда.

Экономическая ответственность является компенсационной материально-финансовой ответственностью за нанесенный экологический ущерб; обязанностью субъекта экономической деятельности возместить нанесенный экологический ущерб. Ее применяют в качестве инструмента для предотвращения экологического ущерба в целях минимизации нанесенного ущерба, в то время как экологические стандарты, нормы, налоги и разрешения на выбросы направлены на борьбу с выбросами.

Экономическая ответственность является разновидностью гражданской ответственности. Она состоит во взимании стоимости

ликвидации экологического ущерба со стороны, ответственной за его нанесение. Применение компенсационной экономической ответственности предполагает достижение следующих результатов: гарантии компенсации пострадавшей стороне экономического ущерба; сбережения окружающей среды путем возмещения ущерба ответственной стороной; стимулирования предприятия к применению превентивных мер.

Существуют следующие виды компенсационной ответственности:

за не проявление необходимой предосторожности (разумного поведения) для охраны прав личности, частной собственности или здоровья. При этом материально-финансовую ответственность несет сторона, которая не смогла принять разумные в данных обстоятельствах меры предосторожности в отношении окружающей среды. Сторона-истец должна доказать, что ответчик совершил недозволенное действие, приведшее к экологическому ущербу;

безусловная ответственность, при которой бремя доказательства переходит к ответчику (он должен доказать свою невиновность), и в соответствии с которой любая сторона, занимающаяся деятельностью, сопряженной с риском нанесения ущерба (входит в список опасных видов деятельности), несет материально-финансовую ответственность за ущерб, вызванный данным предприятием, даже если он не явился следствием очевидной непредусмотрительности.

Экономическая ответственность по принципу «загрязняющий платит» состоит в том, что расходы, связанные с мерами по предотвращению, ограничению и сокращению загрязнения окружающей среды, покрываются загрязнителем. Такой порядок введен международной Организацией экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) в 1972 г. В экономическом плане это означает, что цена товара или услуги должна включать, помимо прямых издержек производства (себестоимости), стоимость вовлеченных экологических ресурсов. Таким образом, использование водных объектов, атмосферного воздуха и почв для выбросов в них загрязняющих веществ или хранения отходов представляет собой использование ресурсов, точно так же, как и в традиционных производствах. Поэтому бывшие до сих пор бесплатными блага («товары»), такие как атмосферный воздух, вода и частично земля, становятся дефицитными. Однако рынок не определил для них цены, так как они в значительной степени являются общественной собственностью, т. е. издержки на поддержание качества окружающей среды очень трудно распределить среди участников загрязнения, хотя выгоды от улучшения окружающей среды распределяются между ними и поэтому требуется вмешательство государства.

В соответствии с принципом «загрязняющий платит» внешние издержки деятельности предприятия должны быть учтены в цене продукции. Принцип используют для распределения расходов на предотвращение и очистку загрязнений, для стимулирования рационального использования дефицитных экологических ресурсов. Плата за ущерб, нанесенный окружающей среде, делает «грязные» виды продукции относительно дорогими и создает тем самым стимул к развитию менее опасных для окружающей среды продуктов и технологий. Указанный принцип используют практически все страны, он лежит в основе природоохранного законодательства РФ.

Экономическая ответственность за экологические правонарушения включает:

штрафные санкции за загрязнение окружающей среды и нарушение природоохранного законодательства;

плату за загрязнение;

возмещение ущерба физическим и юридическим лицам, окружающей среде.

Штраф — это денежное взыскание за нарушение правил природопользования, загрязнение среды, налагаемое в административном или судебном порядке при нарушении требований экологических стандартов и нормативов. Штраф может быть в твердом размере и составлять определенный процент от нанесенного ущерба, может освобождать и не освобождать от уголовного наказания, быть однократным или исчисляться с объема (времени) загрязнения (за один час выброса, единицу его объема, меняющуюся степень загрязнения среды и т.п.) или другого загрязнения — нарушения среды, ведущего к потере каких-либо ресурсов (промысловых, рекреационных, эстетических и др.). Штраф, взимаемый с владельцев предприятий, дисциплинирует их и принуждает к технологическим усовершенствованиям. Основная роль штрафа в этом случае — направление дополнительных средств на воспроизводство природных ресурсов и условий в месте их незаконного нарушения. Отчисление штрафа в обезличенный доход государства не служит природоохранным целям.

Возмещение вреда предусмотрено законодательством РФ. Конституцией РФ установлено, что каждый имеет право на благоприятную окружающую среду и на возмещение ущерба, причиненного его здоровью или имуществу экологическим правонарушением. Граждане и общественные объединения имеют право предъявлять в суд иски о возмещении вреда здоровью и имуществу граждан, окружающей природной среде, причиненного негативным воздействием на нее. Иски о компенсации вреда окружающей среде могут быть предъявлены в течение двадцати лет.

Под возмещением ущерба в природопользовании понимают компенсацию ущерба за нанесенный вред (прямой или опосредо-

ванный) собственнику природных ресурсов (государству или частному лицу), в том числе путем натуральной компенсации со стороны природопользователя. При этом компенсация (очистка территории, облесение, рекультивация и т.п.) должна проводиться в месте нанесения ущерба.

Возмещение вреда, причиненного экологическим правонарушением, является одновременно и мерой гражданско-правовой ответственности лица, причинившего имущественный вред в результате экологического правонарушения, и мерой компенсации жертве правонарушения — юридическому или физическому лицу, которому причинен вред. Компенсацию производят виновники нанесенного ущерба.

Эколого-правовая ответственность предусматривает компенсацию вреда следующих в зависимости от объекта видов:

причиненного окружающей среде (ее собственнику) источником повышенной опасности;

здоровью и имуществу граждан (компенсация потерь, возникших за счет ухудшения их здоровья или условий проживания в результате нарушения окружающей среды);

имуществу и экономическим интересам юридических лиц.

Ущерб, причиненный природной среде, должен компенсироваться государству как владельцу природно-промышленной системы в лице органов власти. Владелец имущества, подвергшегося экологически вредному воздействию, реально заинтересован как в сохранении имущества в надлежащем состоянии, так и в том, чтобы добиваться возмещения вреда в полном объеме.

Отдельные компоненты природной среды (например, леса) могут быть переданы в частную собственность. Компенсации рассматривают в виде возмещения вреда, направляемого на восстановление природной среды, либо в виде меры ответственности, направленной на предупреждение негативного воздействия. Формы компенсаций — штрафы, платежи и т.д.

24.5. Формирование экологической культуры

Экологическая безопасность не может быть обеспечена, если природоохранные принципы не будут внедрены в сознание общества, его культуру путем профессионального образования и массового воспитания. Поэтому в стране должна быть создана эффективная система экологического образования и воспитания.

В целях формирования экологической культуры в обществе, воспитания бережного отношения к природе, рационального использования природных ресурсов осуществляют *экологическое просвещение* посредством распространения знаний (информирование) об экологической безопасности, информации о состоянии окружающей среды, использовании природных ресурсов, законода-

тельстве в области охраны окружающей среды. Эту работу проводят органы государственной власти РФ, субъектов РФ, органы местного самоуправления, общественные объединения, СМИ, а также образовательные учреждения, учреждения культуры, музеи, библиотеки, природоохранные учреждения, организации спорта и туризма.

В целях формирования экологической культуры и профессиональной подготовки специалистов в области охраны окружающей среды организована система всеобщего и комплексного экологического образования, включающая дошкольное, среднее, среднее профессиональное и высшее профессиональное образование, послевузовское профессиональное образование, профессиональную переподготовку и повышение квалификации специалистов, а также распространение экологических знаний, в том числе через средства массовой информации, учреждения культуры, природоохранные учреждения и др.

Экологическое образование — это целенаправленно организованный и систематически осуществляемый в образовательных заведениях или самостоятельно процесс, средство и результат получения и усвоения экологических знаний, умений и навыков; система обучения, направленная на усвоение теории и практики всеобщей экологии как одной из фундаментальных основ природопользования.

В образовательных учреждениях независимо от их профиля и организационно-правовых форм преподают основы экологических знаний. В соответствии с профилем образовательных учреждений, осуществляющих профессиональную подготовку, переподготовку и повышение квалификации специалистов, обеспечивается преподавание учебных дисциплин по охране окружающей среды, экологической безопасности и рациональному природопользованию.

Руководители организаций и специалисты, ответственные за принятие решений при выполнении хозяйственной и иной деятельности, которая оказывает или может оказать негативное воздействие на окружающую среду, должны иметь подготовку в области охраны окружающей среды и экологической безопасности.

Экологическое воспитание и экологическое образование формируют *экологическое сознание* (мышление) — такую ступень человеческого познания, на которой понимание объективной действительности, прямых и косвенных последствий для окружающей среды собственных действий и образа жизни заставляют человека изменять их таким образом, чтобы последствия деформаций окружающей среды были минимальными. Экологическое сознание — это уровень понимания отдельными индивидуумами и всем обществом прямой связи человека с природой, необходи-

мости соблюдения законов биосферы, сохранения естественной среды обитания организмов в объеме, достаточном для обеспечения устойчивости окружающей среды.

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные показатели индивидуального риска для жизни и здоровья человека. Какой показатель индивидуального риска представляется вам более целесообразным для использования: «индивидуальная вероятность преждевременной смерти» или «сокращение средней ожидаемой продолжительности предстоящей жизни»?

2. Какие исходные данные необходимы для расчета индивидуальной вероятности преждевременной смерти в результате авиационных катастроф?

3. Что объединяет механизмы формирования риска для здоровья и жизни людей от опасных явлений и неблагоприятных условий? В чем разница между ними? Какое свойство человека характеризует его способность противостоять неблагоприятным воздействиям?

4. В чем состоит концепция приемлемого риска?

5. Какие аварии называют катастрофами?

6. Какими показателями целесообразно оценивать риски при эксплуатации опасных производственных объектов: индивидуального или социального риска?

7. Где находятся корни дерева событий, построенного по схеме «сверху вниз»?

8. Что является платой за свободу предпринимательской деятельности? Почему люди занимаются предпринимательской деятельностью, несмотря на значительный риск потерь? Что требует инвестор за повышенный риск?

9. Как взаимосвязаны между собой концепции риска как опасности и как неопределенности?

10. Возможна ли прибыль без риска?

11. В чем состоит катастрофический риск для предпринимателя?

12. Какими причинами обусловлены стратегические риски?

13. В чем состоит отличие индикаторов от показателей?

14. Дайте определения экологического риска.

15. Как соотносятся между собой управление экологическими рисками и экологическое регулирование? Перечислите основные механизмы экологического регулирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Акимов В. А. Основы анализа и управления риском в природной и техногенной сферах / В.А.Акимов, В.В.Лесных, Н.Н.Радаев. — М. : ФИД «Деловой экспресс», 2004.

Акимов В. А. Природные и техногенные чрезвычайные ситуации: опасности, угрозы, риски / В.А.Акимов, В.Д.Новиков, Н.Н.Радаев. — М. : ФИД «Деловой экспресс», 2001.

Акимов В.А. Риски в природе, техносфере, обществе и экономике / В. А. Акимов, В. В. Лесных, Н. Н. Радаев. — М.: ФИД «Деловой экспресс», 2004.

Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации / под ред. С. К. Шойгу. — М.: Дизайн. Информация. Картография, 2005.

Афанасьев В. И. Анализ временных рядов и прогнозирование / В.Н.Афанасьев, М.М.Юзбашев. — М. : Финансы и статистика, 2001.

Безопасность жизнедеятельности / под ред. С. В. Белова. — М.: Высш. шк., 1999.

Безопасность России. В 24 т. — М.: Знание, 1998—2002.

Ваганов П.А. Экологические риски / П.А.Ваганов. — СПб. : Изд-во СПбГУ, 2001.

Вишняков Я. Д. Бизнес и окружающая среда: коэффициент враждебности окружающей среды развитию бизнеса / Я.Д.Вишняков, В.С.Лозинский // Менеджмент в России и за рубежом. — 1998. — № 3.

Вишняков Я, Д. Картины миропонимания и современная система образования: рискологический взгляд / Я.Д.Вишняков, К.А.Кирсанов, А. В.Зозуля // Ресурсы. Информация. Снабжение. Конкуренция (РИСК). — 2006(374), II. - С . 5-19.

Вишняков Я.Д. Обеспечение эффективности управленческих решений в условиях критических ситуаций / Я.Д.Вишняков, К.Л.Матевосова // Проблемы безопасности при ЧС, 2006. — № 4.

Вопросы математической теории надежности / под ред. Б. В. Гнеденко. — М. : Радио и связь, 1993.

Космическое земледование: информационно-математические основы /под ред. В.АСадовнического. — М.: Изд-во МГУ, 1998.

Кузнецов И. В. К проблеме классификации катастроф: параметризация воздействий и ущерба / И.В.Кузнецов, В.Ф.Писаренко, М.В.Родкин / Геоэкология. — 1998. — № I. — С. 6 — 29.

Мелихов А. Н. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой / А.Н.Мелихов, Л.С.Берштейн, С.Я.Коровин. — М. : Наука, 1990.

Мягков С. М. География природного риска / С. М. Мягков. — М.: Изд-во МГУ, 1995.

Надежность и эффективность в технике: справочник; в 10 т. — М. : Машиностроение, 1990.

Нейман Дж. Теория игр и экономическое поведение / Дж. Нейман, О. Моргенштерн ; пер. с англ. — М. : Наука, 1970.

Основы противодействия терроризму : учеб. пособие / [Я.Д.Вишняков и др.] ; под ред. Я. Д. Вишнякова. — М. : Издательский центр «Академия», 2006.

Потапов Б. В. Экономика природного и техногенного рисков / Б. В. Потапов, Н.Н.Радаев. — М. : Деловой экспресс, 2001.

Пригожий И. Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой / И. Пригожий, И.Стенгерс ; пер. с англ. — М. : Прогресс, 1986.

Природные опасности. Оценка и управление природными рисками / под ред. А. Л. Рагозина. - М.: КРУК, 2003.

Природные опасности. Природные опасности и общество / под ред. В.А.Владимирова, Ю.Л.Воробьева, В.И.Осипова. - М. : КРУК, 2002.

Радаев Н. Н. Районирование территории Российской Федерации по природной и техногенной опасности / Н. Н. Радаев // Известия РАН. — Серия «Географическая», 2004. — № 3.

Ренн О. Три десятилетия исследования риска: достижения и новые горизонты / О. Ренн // Вопросы анализа риска, 1999. Т. 1. № 1.

Риск-менеджмент / под ред. И. Юргенса. — М. : Дашков и К°, 2003.

Савчук В. П. Байесовские методы статистического оценивания: Надежность технических объектов / В.П.Савчук. — М. : Наука, 1989.

Система оценки рисков при техническом регулировании / [Н.А. Махутов и др.]. — М. : Изд-во ОВЛ, 2006.

Теория управления. Терминология. Вып. 107. — М.: Наука, 1988.

Чернова Г. В. Управление рисками / Г.В.Чернова, А.А.Кудрявцев. — М. : Проспект, 2003.

Шапкин А. С. Экономические и финансовые риски. Оценка, управление, портфель инвестиций / А.С. Шапкин. — М. : Дашков и К°, 2006.

Шоломицкий А. Г. Теория риска. Выбор при неопределенности и моделирование риска: учеб. пособ. для студ. вузов / А. Г. Шоломицкий. — М.: Изд. дом ГУ ВШЭ, 2005.

Энциклопедия МОТ по охране и безопасности труда ; в 4 т. — М. : 2000.

Энциклопедия систем жизнеобеспечения: знания об устойчивом развитии (ЮНЕСКО). - М. : ИД «Магистр-Пресс», 2005.

Энциклопедия финансового риск-менеджмента / под ред. А.А.Лобанова, А. В. Чугунова. — 2-е изд. — М. : Альпина Бизнес Букс, 2006.

Bernstein P.L. Against the GoDs: The Remarkable Story of Risk.-Wiley, New York, 1996.

Covello V. T. Communications Risk in Crisis and Noncrisis Situations // Rise Assessment and Management Handbook. For Environmental, Health, and Safety Professionals. New York, 1996. P. 45—65.

Covello V. T., Sandman P.T., Slovic P. Guidelines for Communicating Information about Chemical Risks Effectively and Responsibly // Acceptable Evidence. Science and Values in Risk Management. New York, 1991. P. 66—90.

Maslow A. N. The Farther Reaches of Human Nature. New York, 1971. 266 p.

Reason J. LL'erreur humaine. — P. : PUF, 1993.

ГОСТ 11.005—74. Правила определения оценок и доверительных границ для параметров экспоненциального распределения и распределения Пуассона. — 29 с.

ГОСТ 12.1.004—91. Пожарная безопасность. Общие требования.

ГОСТ 12.1.010-76 (СТСЭВ 3517-81). Взрывобезопасность. Общие требования.

ГОСТ Р 51898—2002. Аспекты безопасности. Правила включения в стандарты.

ОПБ-88/97. Общие положения обеспечения безопасности атомных станций. Утв. Госатомнадзором России.

РД 03-418-01. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов. — М.: НТЦ «Промышленная безопасность». — 2001.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
---------------	---

РАЗДЕЛ I ОСНОВЫ ТЕОРИИ РИСКОВ

Глава 1. Теория рисков: история и современность.....	7
1.1. Эволюция опасностей и совершенствование технологий защиты.....	7
1.2. Развитие теории рисков в историческом аспекте.....	14
1.3. Факторы, обуславливающие повышение роли теории рисков в современном мире.....	17
Глава 2. Исследование рисков.....	19
2.1. Концепции риска.....	19
2.2. Объекты исследования.....	22
Глава 3. Неопределенность и риск.....	24
3.1. Соотношение неопределенности и риска.....	24
3.2. Классификация неопределенностей.....	27
3.3. Показатели неопределенности.....	33
3.4. Показатели риска.....	37
Глава 4. Виды рисков и их структура.....	43
4.1. Классификация рисков.....	43
4.2. Рискообразующие факторы.....	47
4.3. Структура рисков.....	49

РАЗДЕЛ II ХАРАКТЕРИСТИКА РИСКООБРАЗУЮЩИХ ФАКТОРОВ

Глава 5. Опасности.....	58
5.1. Виды опасностей территорий и видов деятельности.....	58
5.2. Математическое описание опасных явлений.....	63
5.3. Природные опасности.....	70
5.4. Техногенные опасности.....	76
5.5. Социальные опасности.....	88
5.6. Терроризм как опасное социально-политическое явление.....	91
Глава 6. Угрозы для деятельности.....	97
6.1. Соотношение опасности и угрозы.....	97
6.2. Пространственный, временной и ситуационный факторы угрозы.....	98

Глава 7. Уязвимость объектов воздействия	103
7.1. Стойкость к внешним воздействиям и условная уязвимость	103
7.2. Защищенность.....	105
7.3. Условная вероятность поражения.....	107
7.4. Эффективность систем безопасности.....	108
Глава 8. Ущербы	109
Глава 9. Человеческий фактор	113
9.1. Человеческий фактор в проблеме безопасности.....	113
9.2. Роль человеческого фактора в техногенной безопасности техносоциальных систем.....	114
9.3. Информационная безопасность в предпринимательских организациях.....	124

РАЗДЕЛ III МЕТОДИЧЕСКИЙ АППАРАТ АНАЛИЗА РИСКА

Глава 10. Содержание анализа	риска	132
10.1. Концепции анализа риска.....		132
10.2. Виды и задачи анализа риска.....		134
10.3. Методы анализа риска.....		138
Глава 11. Методы оценки риска		140
11.1. Выбор метода оценки показателя риска типа вероятности. . .		140
11.2. Статистический метод — схема пуассоновского потока негативных событий.....		142
11.3. Статистический метод — биномиальная схема.....		145
11.4. Вероятностно-статистический метод.....		152
11.5. Теоретико-вероятностный метод.....		156
11.6. Экспертный метод.....		164
Глава 12. Методы прогноза риска		165
12.1. Прогноз возможности возникновения опасных явлений. . . .		165
12.2. Показатели достоверности прогноза.....		175
12.3. Методы прогнозирования последствий опасных явлений. . . .		176

РАЗДЕЛ IV УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ

Глава 13. Организация управления рисками	181
13.1. Необходимость и возможность управления рисками в социотехноприродных системах.....	181
13.2. Структура, уровни и механизмы управления рисками. . . .	183
13.3. Процесс управления рисками.....	187
Глава 14. Принципы принятия решений об управлении рисками	190
14.1. Принцип нормирования (критерии приемлемости и уровни приемлемого риска).....	190

14.2. Принцип обоснования (критерий «затраты — выгоды»).....	191
14.3. Принцип оптимизации.....	196
Глава 15. Принятие решений о проведении операций в условиях неопределенности.....	197
15.1. Классическая схема принятия решений.....	197
15.2. Методы принятия рациональных решений.....	199
15.3. Методы оптимизации решений по управлению рисками.....	204
Глава 16. Предпочтения при принятии решений.....	206
16.1. Роль теории полезности при принятии решений.....	206
16.2. Предпочтения при принятии решений в условиях определенности.....	207
16.3. Предпочтения при принятии решений в условиях риска (теория ожидаемой полезности).....	211
Глава 17. Психологические аспекты принятия решений в рискованных ситуациях.....	220
17.1. Направления исследований восприятия риска.....	220
17.2. Факторы и механизмы восприятия риска человеком.....	223
17.3. Восприятие риска обществом в целом.....	230
17.4. Поведение людей в условиях риска.....	233
Глава 18. Коммуникация риска.....	235
18.1. Подходы к коммуникации риска.....	235
18.2. Значение средств массовой информации в коммуникации риска.....	237
18.3. Эффективность коммуникации риска.....	239

РАЗДЕЛ V РИСКИ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ОБЪЕКТОВ

Глава 19. Индивидуальный риск для жизни и здоровья людей.....	242
19.1. Характеристика индивидуального риска.....	242
19.2. Оценка индивидуального риска преждевременной смерти.....	250
19.3. Приемлемость индивидуального риска.....	266
19.4. Регулирование индивидуального риска.....	271
Глава 20. Технический риск.....	275
20.1. Характеристика риска аварий на объектах техносферы.....	275
20.2. Вероятностный анализ безопасности объектов техносферы.....	280
20.3. Приемлемость технического риска.....	285
20.4. Регулирование технического риска.....	286
20.5. Культура безопасности.....	291
Глава 21. Социальный риск для населения.....	296
21.1. Характеристика социального риска.....	296
21.2. Оценка социального риска для населения.....	297
21.3. Приемлемость социального риска.....	299
21.4. Управление социальным риском.....	301

Глава 22. Хозяйственный риск	302
22.1. Характеристика хозяйственного (предпринимательского) риска.....	302
22.2. Взаимосвязь концепций риска в экономике (бизнесе).....	307
22.3. Приемлемость хозяйственного риска.....	311
22.4. Риск-менеджмент.....	313
Глава 23. Риски для государства	319
23.1. Характеристика стратегических рисков.....	319
23.2. Оценка и прогноз стратегических рисков.....	321
23.3. Приемлемость стратегических рисков.....	329
23.4. Управление стратегическими рисками.....	329
Глава 24. Риски для экосоциальных систем	333
24.1. Характеристика экологических рисков.....	333
24.2. Оценка экологических рисков.....	336
24.3. Приемлемость экологических рисков.....	340
24.4. Экологический менеджмент.....	341
24.5. Формирование экологической культуры.....	354
Список литература.....	357