

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Л.Н. Карлин, В.М. Абрамов

УПРАВЛЕНИЕ ЭНВИРОНМЕНТАЛЬНЫМИ И ЭКОЛОГИЧЕСКИМИ РИСКАМИ

Учебное пособие



Санкт-Петербург
2006

УДК 502.35

Управление энвиронментальными и экологическими рисками.
Л.Н. Карлин, В.М. Абрамов – СПб.: РГГМУ, 2006 – 332 с.

ISBN 5-86813-170-3

В настоящем учебном пособии рассмотрены вопросы управления энвиронментальными и экологическими рисками. Приведены элементы общей теории риска. С достаточной степенью подробности описаны опасные явления природы, воздействующие на экономическую деятельность и служащие источниками соответствующих рисков. Описаны техногенные, энвиронментальные и экологические риски, способы их оценки и методы управления ими.

Пособие соответствует учебной программе по дисциплине «Управление рисками» и предназначено для студентов гидрометеорологических и геоэкологических специальностей.

Environmental and ecological risks management.

L. Karlin, V. Abramov – St.-Petersburg: RSHU, 2005 – 332 p.

Environmental and ecological risks management is described in this manual. For mathematical description of the risk as investigation object are used common elements of risk theory. Different dangerous natural phenomenons heavily forcing on economy activity are described as risk factors. Technogenical, environmental and ecological risks, their assessment, evaluation and management methods are scoped.

Manual is dedicated for students in hydrometeorology and geoeology.

ISBN 5-5-86813-170-3

- © Л.Н. Карлин, 2006
- © В.М. Абрамов, 2006
- © Российский государственный гидрометеорологический университет (РГГМУ), 2006

Российский государственный
гидрометеорологический университет

БИБЛИОТЕКА

195190, СПб, Маловосточный пр., 98

УДК 502.35

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящее учебное пособие предназначено для студентов гидрометеорологического и геоэкологического направлений, изучающих вопросы управления рисками (риск-менеджмента) при осуществлении экономической деятельности в условиях экологических и экологических рисков. Оно может оказаться полезным и для специалистов в области охраны природной среды и рационального природопользования в рамках факультета повышения квалификации.

Пособие состоит из 6 глав, в которых рассматриваются различные аспекты риск-менеджмента при наличии техногенных, экологических и экологических рисков.

В главе 1 рассмотрены общие положения, касающиеся опасностей, угроз и рисков.

Во главе 2 рассмотрены основы теории риска, включая основы оценки риска и управления ним.

В главе 3 описаны опасные явления природы в литосфере, гидросфере, атмосфере, а также опасные астрономические природные явления.

В главе 4 изложены методы описания техногенных рисков и способы управления ими. Данный вид рисков тесно связан с экологическими и экологическими рисками, которые рассмотрены в главах 5 и 6, соответственно.

В результате изучения настоящей дисциплины студенты должны знать:

- основные источники экологических и экологических опасностей и угроз;
- определение риска как меры ущерба от негативных событий;
- основные положения теории риска;
- основные методы оценки риска;
- основные способы управления риском
- опасные явления природы и их последствия;
- основные техногенные, экологические и экологические риски и способы управления ими.

Студент должен уметь выполнить анализ экологических и экологических опасностей при осуществлении конкретных видов экономической деятельности, оценить различными методами

соответствующие риски, выбрать наилучшую стратегию поведения в условиях неопределенности и наличия указанных рисков.

Для лиц, принимающих решения (ЛПР) по экономической деятельности в условиях неопределенности, важны следующие моменты:

- какие экологические и энвиронментальные опасности существуют при осуществлении данной экономической деятельности;
- каковы соответствующие риски;
- как можно организовать наблюдение за выделенными опасностями и соответствующими рисками;
- какие методы управления этими рисками могут использоваться в различных ситуациях;
- какова наилучшая стратегия поведения при наличии выделенных рисков.

В результате изучения данной дисциплины специалист может дать необходимые рекомендации ЛРП.

ВВЕДЕНИЕ

Современная экономическая деятельность всегда ведется в условиях неполной информации, неопределенности. Эта неопределенность с экономической точки зрения характеризуется тем, что доходы и расходы на стадии планирования не могут быть определены однозначно. Практически всегда существуют плановые величины доходов и расходов, которые впоследствии сравниваются с фактическими величинами. Отклонения плановых и фактических величин доходов и расходов различных видов экономической деятельности являются объектом пристального изучения современной экономической науки. Основой описания и изучения таких отклонений является теория вероятностей и ее различные разделы, поскольку эти отклонения демонстрируют случайную природу.

В результате осуществления экономической деятельности могут наблюдаться положительные и негативные отклонения. Положительные отклонения принято характеризовать понятием шанса, под которым понимают получение сверхплановой прибыли, улучшение условий жизни и тому подобных сверх плановых показателей. Негативные последствия неопределенности результатов экономической деятельности принято характеризовать понятием риска. Следствием риска является появление ущерба, уменьшение прибыли от деятельности вследствие различных причин, крах предприятия или проекта, человеческие жертвы, повышение заболеваемости, снижение уровня жизни. Серьезные последствия риска заставляют экономическое сообщество внимательно исследовать источники его появления, разрабатывать методы его учета, создавать способы управления риском. Экономическая деятельность без учета последствий риска может привести к катастрофическим результатам.

Для создания методов учета и способов управления риском необходимо разобраться в его природе. Принято все источники появления риска, так называемые факторы риска, подразделять на внутренние и внешние. Внутренние факторы риска зависят от поведения самого предпринимателя, а внешние — не зависят. Часть внешних факторов составляют так называемые экономические внешние факторы (конъюнктура рынка, обменные курсы валют, банковский процент и т.п.). Большое значение для экономической деятельности могут играть и внеэкономические внешние факторы (природные и

климатические условия, опасные природные явления, политические и социальные факторы и т.п.).

В данном пособии рассматриваются, в первую очередь, экологические и энвиронментальные риски, относящиеся к внеэкономическим внешним факторам риска, связанные с природными условиями, опасными явлениями природы, последствиями антропогенной деятельности. Экологические и энвиронментальные риски могут иметь самые серьезные последствия, в том числе в виде экологических катастроф, уничтожения целых природных районов, развития заболеваний значительных групп населения. Экономический ущерб от таких последствий может оказаться значительно большим, чем планируемая экономическая выгода. Отдельное внимание уделено техногенным рискам из-за их сильной связанности с экологическими и энвиронментальными рисками. Для понимания природы риска как экономической категории рассматриваются и другие виды риска. Важно отметить, что, с одной стороны, различная природа составляющих риска обуславливает развитие различных способов его описания, учета и способов управления, а с другой – существует общая, вероятностная природа любых видов риска, что приводит к определенной универсальности методов их описания и управления ими.

До настоящего времени наблюдается несколько изолированное развитие методов оценки экологических и энвиронментальных рисков и способов управления ими от общеэкономического руслу теории риска. Этому способствует затрудненность оценки экономических последствий таких факторов и неразвитость рыночных механизмов в природопользовании. Зачастую понятие экологических и энвиронментальных рисков так далеко отходит от других составляющих риска в экономике, например от инвестиционных рисков, что они оказываются не сопоставимыми и не сравнимыми. Однако важно помнить, что все виды рисков в экономической деятельности должны быть сравнимыми и сопоставимыми для участия в выработке и принятии экономических решений. Поэтому в данном пособии предприняты специальные усилия по представлению экологических и энвиронментальных рисков в общепринятой экономической концепции.

Конечной задачей риск-менеджмента, в том числе и с учетом экологических и энвиронментальных рисков, является выдача кон-

кретных рекомендаций лицу, принимающему решение (ЛПР). Очень часто ЛПР не обладает достаточными знаниями в области геоэкологии и комплексе наук об окружающей среде. Поэтому необходимо, чтобы рекомендации основывались на экономических категориях, которые ЛПР может сопоставить со всем доступным комплексом информации по принятию конкретного экономического решения в рамках осуществляемой деятельности.

Глава 1.

ОПАСНОСТИ, УГРОЗЫ, РИСКИ

1.1. Экономическая деятельность и ее негативные последствия

Экономическая деятельность человечества во все времена происходила в пределах существующих геоэкосистем и общей для них окружающей среды. На начальных этапах любая деятельность людей, в том числе и экономическая, кардинальным образом зависела от сил природы – как благоприятных, так и враждебных. При этом враждебные природные условия зачастую означали вопрос жизни и смерти не только для значительных групп людей, но и целых цивилизаций. В свою очередь, уже в доисторические времена экономическая деятельность человека вызывала экологические кризисы. Примерами могут служить истребление крупных млекопитающих в первобытном периоде, кризис поливного земледелия в Египте и Месопотамии в древние века, голод в Европе в средние века и т.п. В результате человек все время последовательно стремился уменьшить зависимость своего существования от сил природы. Генеральным направлением уменьшения подобной зависимости оказалось развитие сельского хозяйства, а затем и промышленности. Первоначально основной задачей промышленности являлось изготовление в достаточных количествах именно сельскохозяйственных орудий труда, а затем и орудий труда для самой промышленности. Большое экономическое значение стал играть сначала товарный, а затем и товарно-денежный обмен, что потребовало развития транспорта.

Начиная со времени промышленной революции XIX века, экономическое развитие в масштабах всей планеты характеризуется постоянным ростом объемов промышленного и сельскохозяйственного производства, увеличением потребления энергии и энергоносителей, значительным ростом транспортных перевозок, появлением новых технологий и процессов, веществ и материалов. В ходе достаточно короткого последнего исторического периода экономическое развитие значительно ослабило зависимость человечества от сил природы, но не привело к полной свободе от них. Вследствие этого ускоренного роста происходит ухудшение качества среды обитания, возрастает опасность для жизни и здоровья человека, а также и современных геоэкосистем в целом.

Важной особенностью экономической деятельности человечества на любом этапе является ее антропоцентричность. Во всем многообразии природных ресурсов, биологического разнообразия человек что-то объявляет полезным, что-то вредным, что-то вообще ускользает от его внимания. В дальнейшем в ходе экономической деятельности человек старается добыть полезные ресурсы, умножить и сохранить полезные биологические объекты, а вредные с его точки зрения — подавить и уничтожить. Судьба же остальных составляющих геоэкосистем человеку в большинстве случаев безразлична. В результате подобного подхода в ходе экономической деятельности преобразуются существующие геоэкосистемы, причем часть из них разрушается или угнетается. В местах компактного проживания и осуществления экономической деятельности людей уже появились особые природные образования: техноэкосистемы, развивающиеся и существующие по особым законам. Примерами таких техноэкосистем являются крупные города, сельскохозяйственные провинции, крупные промышленные объекты.

В пределах техноэкосистем круговороты вещества и энергии осуществляются иным способом, чем в природных экосистемах. В частности, в пределах техноэкосистем в оборот вовлекаются такие минеральные вещества, которые практически не используются в жизненных циклах в пределах природных экосистем. Для таких веществ и их химических соединений зачастую не оказывается соответствующих организмов-деструкторов, которые замыкали бы круговорот вещества, возвращая химические составляющие в природу в том состоянии, в каком были из нее взяты. В результате в ходе экономической деятельности накапливаются отходы и загрязнения, которые возвращаются в природу, чаще всего в ксенобиотическом и даже токсическом виде. Через трофические цепи эти вредные вещества возвращаются к человеку, зачастую вызывая рост числа заболеваний и повышая количество смертей. В пределах техноэкосистем используются помимо природных и иные источники энергии, что создает зависимость жизненных условий от этих источников. Добавочная по сравнению с природой энергия способна вызвать нарушение устойчивости геоэкосистем, по крайней мере, в локальных масштабах.

Как уже было сказано, важной целью экономической деятельности человека является ослабление его зависимости от природных сил. Однако побочным эффектом экономического развития является уси-

ление некоторых аспектов такой зависимости. Дело в том, что в ходе современного промышленного развития создается мощная долговременная инфраструктура в виде городов, заводов, транспортных артерий, портов, аэродромов, транспортных средств, сельскохозяйственных угодий и т.п. Объекты этой инфраструктуры размещены в природе и подвержены воздействию враждебных природных сил. Естественно, что чем выше стоимость этой инфраструктуры, больше ее пространственная протяженность, тем больше могут быть экономические ущербы для нее в результате опасных природных явлений. Более того, вокруг этой же инфраструктуры сконцентрированы и значительные массы людей. В ходе опасных природных явлений в районах этой инфраструктуры обычно наносится и значительный ущерб жизни и здоровью большого количества людей.

Развитие мощной экономической инфраструктуры привело и к сильной зависимости человечества от правильности функционирования этой инфраструктуры. Значительное влияние на работу этой инфраструктуры оказывают опасные природные явления: землетрясения, наводнения, ураганы и т.п. В составе этой инфраструктуры на сегодняшний день имеется огромное количество технических объектов. Известно, что любая техническая система принципиально не может функционировать без сбоев. Сбои технических систем могут приводить и к очень серьезным последствиям в виде аварий и техногенных катастроф, сопровождающихся значительным экономическим ущербом, гибелью людей и ухудшения показателей их здоровья, а также ущербам экосистемам и окружающей среде. Повышенная зависимость от качества функционирования различных технических систем также является важной особенностью современного этапа экономической деятельности. Типичной является ситуация, когда для получения экономической выгоды создается и эксплуатируется некая техническая система, вписанная в окружающую природную среду. Впоследствии на ремонты этой системы начинают тратиться значительные суммы, и ее эксплуатация становится невыгодной. На ликвидацию этой системы, вывод ее из окружающей среды также необходимы значительные средства, которых зачастую не хватает. В результате на этом техническом объекте резко возрастает вероятность неправильного функционирования, и даже катастрофы. Последствия таких техногенных катастроф бывают очень тяжелыми и требуют значительных средств на их лик-

видацию. Очень часто оказывается, что первоначальный экономический выигрыш от создания и эксплуатации технического объекта оказывается намного меньшим, чем затраты на его содержание, ликвидацию последствий аварий и катастроф, вывод из эксплуатации.

Можно сказать, что экономическая деятельность на современном этапе является с одной стороны, единственным способом выживания человечества, с другой стороны носит противоречивый характер и может привести к существенным потерям как экономического, так и экологического характера. Ряд ученых считает, что продолжение современной тенденции экономической деятельности может привести и к гибели человечества. Необходимо, с одной стороны, научиться вести экономическую деятельность в соответствии с экологическими законами, а с другой стороны – оптимизировать саму экономическую деятельность, уменьшая, в первую очередь, потери из-за природных явлений, техногенных катастроф, угнетения и разрушения экосистем, а также ухудшения качества природной среды.

1.2. Опасности, угрозы

Для уменьшения экономических потерь необходимо, в первую очередь, рассмотреть различные источники таких потерь. Зачастую источники потерь называют опасностями. Объектом анализа опасностей является система «человек – техническая система – окружающая среда». Вообще под опасностью принято понимать способность некоторой системы причинить некоторый ущерб или себе самой, или окружающей среде. Сам термин опасность в наиболее общем виде рассматривается в технической дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» (БЖД). В ней основное внимание уделяется здоровью человека, и опасность определяется как явление, процессы, объекты, способные в определенных условиях наносить ущерб здоровью человека непосредственно или косвенно. Опасность хранят все системы, имеющие энергию, химически или биологически активные компоненты и др.

При описании опасностей принято рассматривать в первую очередь конкретную систему «человек – среда обитания». Различают производственную, городскую бытовую и природную среды. Для каждой среды существуют свои концепции взаимодействия человека со средой. Для каждой среды своими способами решаются

основные моменты оптимального взаимодействия: комфортность, минимизация негативных воздействий, устойчивое развитие систем. В настоящем пособии основное внимание уделяется так называемым техноэкосистемам, в пределах которых существуют в основном природная, производственная и городская среды. Для этих сред выделяются свои наборы опасностей. Для техноэкосистем основной причиной появления опасностей являются неконтролируемые выходы энергии больших уровней как природного, так и искусственного происхождения (землетрясения, наводнения, взрывы), в результате которых на людей, экосистемы и окружающую среду выбрасываются загрязняющие химические и биологические компоненты. В ходе нормального функционирования техноэкосистем в окружающую среду также поступают потоки загрязняющих веществ химической и биологической природы, но их не принято рассматривать в терминах опасности. Таким образом, в дальнейшем будут рассматриваться только опасности, связанные с нештатными ситуациями в техноэкосистемах и их окружающей среде.

Существует несколько способов классификации опасностей:

- по природе происхождения:
 - а) природные;
 - б) технические;
 - в) антропогенные;
 - г) экологические;
 - д) смешанные;
- по локализации:
 - а) связанные с литосферой;
 - б) связанные с гидросферой;
 - в) связанные с атмосферой;
 - г) связанные с космосом;
- по вызываемым последствиям:
 - а) утомление;
 - б) заболевание;
 - в) травма;
 - г) летальный исход и др.

Согласно официальному стандарту опасности делятся на физические, химические, биологические и психофизические.

Физические опасности – движущиеся машины и механизмы, повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны,

аномальная температура воздуха, повышенный уровень шума, вибраций, звуковых колебаний и т.д.

Химические опасности – общетоксичные, раздражающие, канцерогенные, мутагенные и т.д.

Биологические опасности – патогенные микроорганизмы, в том числе вирусы и продукты их жизнедеятельности.

Психофизические опасности – физические и нервно-психические перегрузки.

Различные виды опасностей подробно изучаются в соответствующих дисциплинах. Важно отметить, что опасность присутствует всегда, но вероятность ее появления меняется во времени в зависимости от различных условий. Интуитивно понятно, что при штатном функционировании любых систем опасности обычно маловероятны. В противном случае такая система была бы вскоре разрушена в результате реализации опасностей. При наступлении нештатного режима в результате развития некоторой цепи неблагоприятных событий вероятность реализации опасности увеличивается, и опасность переходит в угрозу. Таким образом, угроза – это опасность, вероятность реализации которой значительна. При реализации опасности возникает режим чрезвычайных происшествий (ЧП) различного проявления:

- отказ работоспособности системы;
- отказ работоспособности персонала;
- несчастные случаи, при которых появляются ущербы здоровью людей;
- катастрофы, с летальными исходами.

Практически при всех видах ЧП возникает некоторый материальный ущерб, а при некоторых ЧП – и ущерб в виде летальных исходов и потери здоровья людей. Последовательность неблагоприятных событий, приводящих к нарастанию угрозы, а также к появлению ЧП, иногда называют сценарием нештатной ситуации, или сценарием ЧП. Рассматривая опасности, сценарии нештатных ситуаций и сценарии ЧП, принято говорить о вероятности их реализации.

В наиболее общем виде опасности для жизни человека и его здоровья изучаются в дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» (БЖД). В настоящем пособии основное внимание будет уделено природным опасностям, некоторыми видам технических опасностей, экологическим и энвиронментальным опасностям. В дисцип-

лине БЖД под природными опасностями обычно понимаются природные явления, реализация которых вызывает появление нештатных ситуаций в системах. По своим последствиям природные опасности могут наносить ущерб различным системам: техническим, экологическим, социальным, экономическим, окружающей среде или их различным сочетаниям. Если последствия ЧП сказываются на окружающей среде, то будем говорить об энвиронментальных опасностях. Примером являются лесные пожары вследствие аварии на технических объектах, разливы нефти при авариях танкеров и т.п. Если природные опасности наносят ущерб окружающей среде непосредственно, то говорят о стихийных бедствиях. Например, если молнии вызывают лесные пожары без участия технических объектов – это стихийное бедствие. Если же молния привела к аварии технического объекта, а от этой аварии возник лесной пожар, то можно говорить об энвиронментальной опасности данного объекта.

Отметим, что штатное функционирование любых систем рассчитано при их проектировании на некоторые природные условия, которые считаются нормальными. Природные опасности возникают тогда, когда комплекс величин, характеризующих природные условия, выходит за указанные нормировочные пределы, т.е. появляются природные аномалии. В гидрометеорологии эти аномалии принято называть опасными явлениями природы (ОЯП). Итак, природные опасности возникают в случае появления опасных явлений природы. Перечень ОЯП достаточно обширен. В рамках настоящего курса нет возможности их подробного изучения. Более того, они описываются в рамках специальных курсов по метеорологии, гидрологии, океанологии, геофизики, геологии, экологии. Вместе с тем, краткая характеристика этих опасных явлений именно с точки зрения опасностей и их последствий будет полезной для дальнейшего понимания излагаемого материала. Краткое описание опасных явлений природы будет изложено далее в главе 3.

1.3. Ущерб от негативных последствий

В результате реализации негативного события возникает ущерб различным составляющим социально-экономических структур человеческого общества, экосистемам, окружающей среде и т.п. С точки зрения экономических структур ущерб может быть нанесен материальным объектам экономики (разрушение зданий, промыш-

ленных предприятий, оборудования и т.п.), финансовым показателям (уменьшение доходов, повышение расходов, уменьшение прибыли, изменение экономической ситуации и т.п.). С точки зрения социальных структур ущерб может быть нанесен индивидууму, социальной группе, социальной структуре, обществу, государству, нации, человечеству. В этом случае ущерб имеет как материальные составляющие, так и составляющие, имеющие достаточно абстрактный характер, например, ухудшение эстетического вида, снижение комфортности, утрата чувства родины, появление чувства неуверенности в будущем и т.п. Неизвестно, какие понятия ущерба предъявили бы представители живого мира, если бы у нас существовал общий язык и общие ценности. Поэтому существует определенное «очеловечивание» ущерба экосистемам. Появляются такие понятия, как сокращение популяции, увеличение числа больных особей в популяции, утрата ареала обитания, вымирание и гибель биологического вида, исчезновение природных зон и т.п. Можно сказать, что появляется некий посредник, который от лица живого мира и природы формулирует понятие ущерба для них.

Ущерб, наносимый в результате реализации какой-либо опасности, может измеряться в различных единицах. Материальный ущерб принято оценивать в натуральных и денежных единицах. В экономике ущерб принято оценивать в денежных или относительных единицах, например в долях ВВП. В БЖД ущерб жизни людей принято оценивать в летальных исходах (ЛИ). В медицине принято оценивать ущерб здоровью людей числом раненных, травмированных, заболевших определенными заболеваниями. В экотоксикологии ущерб экосистемам принято оценивать в массе биологического вещества, в долях сокращения популяции, в долях заболевших особей по отношению к общему количеству особей в популяции и т.п.

В последнее время появились нечеткие показатели ущерба, которые могут формулироваться словами, например, незначительный ущерб, катастрофический ущерб. На основе таких нечетких показателей могут формироваться так называемые шкалы ущерба. Для формирования нечеткой шкалы в ней должны быть отражены все возможные величины ущерба. Иными словами, в терминах теории вероятностей показатели нечеткой шкалы должны образовывать полную группу случайных событий. Случайные события образуют полную группу, если вероятность появления хотя бы одного из них

равна единице. Иногда такие нечеткие шкалы ущерба проградированы в баллах. Получили распространение и так называемые реперы. Под ними понимаются характерные значения ущерба, на которые ориентируется потребитель информации. В реперных значениях используются как количественные, так и качественные формулировки, т.е. за качественной формулировкой, например значительный ущерб, стоит и количественная информация, например 30 % ВВП. Система реперных значений также может образовывать некоторую шкалу, если они покрывают все возможные значения ущерба.

Нечеткие шкалы для оценки различных явлений издавна используются и в гидрометеорологии. Примером является шкала Бофорта для измерения силы ветра или шкала для измерения высоты волн в баллах. Важно отметить, что нечеткие шкалы появляются в случае невозможности прямых измерений интересующей величины, в данном случае ущерба от негативного явления. Использование нечетких или цифровых шкал зависит как от состояния развития конкретной науки, так и от потребностей практики.

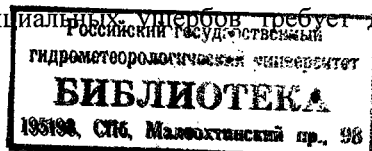
Многозначность понятия ущерба, затрудненность сведения его отдельных составляющих к одному общему знаменателю заставляют рассматривать ущерб с математической точки зрения как вектор в пространстве неопределенной размерности или в некотором n -мерном пространстве. Очевидно, что в общем случае этот вектор зависит от пространственных и временных координат, т.е. ущерб является векторным нестационарным полем. Такое представление существенно усложняет применяемый математический аппарат оценки и управления потенциальными ущербами, делая результаты анализа весьма труднодоступными для практического применения. Поэтому первоочередной задачей описания ущерба является понижение размерности его математической векторной модели.

Имеются различные работы по введению некоторых интегральных показателей ущерба, например в денежном эквиваленте. Особенно распространен этот подход в случае страхования потенциальных ущербов. Удобство этого подхода заключается в сведении математической модели вектора ущерба к случайной величине, имеющей понятное денежное измерение. Недостатком этого подхода является зависимость понятия ущерба от используемой денежной системы, т.е. от текущего состояния экономики, а также замене одних понятий другими. Можно сказать, что единственно денежное

выражение ущерба является предельным «очеловечиванием» негативных последствий экономической деятельности человечества. Забавной кажется ситуация, когда представитель фауны, например тюлень, предъявляет кому-либо иск об ущербе в 10 млн. долл.

В современной экономике ЛПР стремятся использовать цифровые показатели ущерба, а уже затем принимать решение о значительности или незначительности ущерба. Это обусловлено тем, что данные об ущербе должны понятным образом соотноситься с другими экономическими показателями деятельности, например доходом, затратами, прибылью и т.п. Затруднительно без дополнительной информации соотнести прибыль в 5 млн. долл. и ущерб в 3 балла от наводнения. Исходя из своих потребностей, ЛПР обычно требуют доводить до них информацию об ущербах в денежных единицах. Поэтому в современном риск-менеджменте, ориентирующемся на потребности бизнеса и власти, целесообразно использовать именно денежные показатели ущерба. В качестве дополнительной информации можно давать сводку о материальном ущербе в натуральных единицах, например количестве разрушенных мостов, домов, промышленных зданий и т.п. Подобный способ измерения материального ущерба хорошо понятен ЛПР из бизнеса и властных структур, поскольку он основан на общих принципах бухгалтерского учета, являющегося общим языком экономики. Информация об ущербе жизни и здоровью людей целесообразно давать для ЛПР отдельным блоком в виде числа летальных исходов (ЛИ) и количестве раненных, травмированных и заболевших.

Среди ЛПР принято особо выделять лиц, участвующих в законотворческой деятельности. Эти лица устанавливают правила для экономической деятельности определенной части экономического сообщества. Для них необходимо давать сведения о потенциальных ущербах в расширенном объеме, добавляя информацию по тем или иным составляющими векторного поля ущерба. В данном случае понижение его размерности может привести к негативным последствиям на уровне социальной группы, отрасли, общества, государства и Земли в целом. Естественно, что чем выше уровень ЛПР в системе законотворчества, тем больше составляющих вектора потенциальных ущербов должны быть ему доступны при выработке законодательных решений. Однако использование информации о таком векторе потенциальных ущербов требует дополнительной



квалификации ЛПР в области экологии, охраны природной среды, социологии и т.п. Некомпетентность ЛПР-законодателя в вопросах использования информации о различных составляющих вектора потенциальных ущербов может привести к тяжелым последствиям, в том числе и катастрофическим.

1.4. Риск как мера возможного ущерба негативных последствий

На стадии принятия решения о том или ином экономическом действии принципиально отсутствует полная информация о позитивных и негативных его последствиях. Однако существует некоторая информация о возможных событиях и их последствиях. На основе подобной информации необходимо сделать прогноз возможных ущербов и предпринять меры по их уменьшению. Эта информация может носить вероятностный характер или сформулирована в терминах нечетких множеств. В настоящем пособии будут рассматриваться последствия экономической деятельности только в вероятностной формулировке.

Для прогноза возможного ущерба U_A от негативного события A рядом авторов предложено использовать так называемый риск R_A , зависящий от вероятности P_A появления этого события:

$$R_A = R(U_A, P_A), \quad (1.4.1)$$

где R — некоторый функционал, вид которого может быть различным. Этот функционал выбирается из различных соображений, к которым относятся:

- возможность оценки риска по априорным и апостериорным вероятностям P_A ;
- возможности использования оценки риска в задачах управления, в том числе и управления самим риском;
- ясность трактовки риска R_A ;
- возможность сравнения рисков от различных событий.

Сам вид функционала может быть различным, исходя из задач прогноза ущерба и способов использования этой оценки.

Например, в качестве функционала часто используется математическое ожидание случайной величины ущерба U_A , имеющего функцию распределения вероятности $F_A(U)$ или плотность распре-

деления вероятности $f_A(U)$, если U_A является непрерывной случайной величиной и может характеризоваться функцией $f_A(U)$:

$$R_A = M[U_A] = \int U_A \cdot dF_A, \quad (1.4.2)$$

$$R_A = M[U_A] = \int U_A \cdot f_A(U_A) dU_A. \quad (1.4.3)$$

Смысл введения и использования математического ожидания в качестве определения риска раскрывается в 2.1 и 2.2. В качестве определения риска также могут использоваться: дисперсия, среднеквадратичное отклонение, коэффициент вариации случайного ущерба и т.п.

Важно отметить, что здесь само значение термина «риск» имеет строгий математический смысл и отличается от обывденного значения слова «риск», которое можно найти в тех или иных толковых словарях. Тем не менее, при обсуждении различных вопросов теории рисков или безопасности жизнедеятельности часть специалистов пытается опереться именно на неясную формулировку слова «риск» из различных толковых словарей. Многие авторы отмечают неоднозначность понятия «риск» и зависимость его толкования от контекста его использования.

Перейдем к описанию задач оценки риска и управления риском. В англоязычной литературе им соответствуют термины *risk assessment* и *risk management* соответственно. Исходя из принятого определения риска, можно его оценить, опираясь либо на натурные данные, либо на данные моделирования, либо из других соображений, например, математических преобразований. В общем случае, исчерпывающей характеристикой случайного ущерба как нестационарного векторного поля является его функция распределения вероятностей F_A , зависящая от времени и пространственных координат. Зачастую оценить F_A тем или иным методом оказывается достаточно трудно из-за ограниченности натурных данных и достаточно большого количества влияющих факторов. Процедура оценки риска основывается на законах и правилах математической статистики, с использованием различных разделов теории вероятностей. Оценка риска обычно является составной частью управления риском, хотя может иметь и самостоятельное значение.

Задача управления рисками основывается на универсальных правилах и выявленной зависимости риска от явлений, которыми

можно управлять или от которых можно защищаться. Говорят об управлении рисками в широком и узком смысле. В широком смысле управление рисками представляет собой особый вид деятельности по смягчению неблагоприятных событий и использованию благоприятных. В узком смысле управление рисками означает обеспечение безопасности деятельности на основе учета негативных событий, снижения и ликвидации их самих или их последствий. В настоящем пособии основное внимание будет уделено управлению рисками именно в узком смысле. Однако необходимо подчеркнуть, что управление рисками обязательно должно основываться на сопоставлении доходов и ущербов, связанных с конкретной ситуацией. Более подробно управление рисками будет рассмотрено в 2.5.

В задачах управления рисками важным моментом является выбор показателей ущерба, которые зависят от самой задачи оценки ущерба. Как было отмечено, вектор ущерба может иметь не только материальную составляющую.

Какие показатели могут быть использованы для оценки ущерба жизни и здоровью людей? Изначально этой проблемой занимаются специалисты в области медицины, санитарии, гигиены. Их интересуют обобщенные показатели заболеваний и летальных исходов в результате реализации тех или иных негативных явлений. В нашей литературе обычно в этом случае используют такое понятие, как индивидуальный и групповой риск, или просто риск. В англоязычной литературе существует термин *health risk*, т.е. риск здоровью. Отметим, что в этом случае математическое понятие риска совершенно иное, чем в случае оценки материального ущерба.

Под риском в медицине, социальной гигиене и санитарии понимается рассчитываемая или интуитивно оцениваемая вероятность того или иного неблагоприятного результата тех или иных действий отдельной личности, группы лиц, организации, государства и т.д. В системе социально-гигиенического мониторинга речь идет о риске (потенциальной опасности) для здоровья отдельной личности, группы лиц, части населения или населения в целом, возникающем или ожидаемом в связи с неблагоприятным воздействием на него отдельных факторов окружающей среды за определенное время. Рекомендации ВОЗ (1978) определяют риск как "ожидаемую частоту нежелательных эффектов, возникающих от заданного воздействия загрязнителя". Согласно Глоссарию американского агентства

охраны окружающей среды (US EPA), риск есть "вероятность повреждения, заболевания или смерти при определенных обстоятельствах. Количественно риск выражается величинами от нуля (отражающего уверенность в том, что вред не будет нанесен) до единицы (отражающей уверенность в том, что вред будет нанесен)". Таким образом, при оценке ущерба жизни и здоровью людей риск является просто вероятностью того или иного негативного события, способного оказывать влияние на жизнь и здоровье человека. Обычно он выражается в виде $A \cdot 10^{-N}$, например $2,5 \cdot 10^{-4}$. С помощью риска можно оценить количество людей, которые могут подвергнуться какой-либо опасности. Например, пусть индивидуальный риск летального исхода на автомобильном транспорте в течение года равен $3 \cdot 10^{-4}$. Это значит, что на каждые 10 тысяч среднестатистических человек ожидаются 3 смерти за год. Важно учитывать, что определенным способом ущерб жизни и здоровью может быть выражен и в экономических категориях, например, в денежном эквиваленте. Поэтому ущерб жизни и здоровью населения на определенной территории может быть сопоставлен и с материальным ущербом на этой же территории за определенное количество времени. В результате многочисленных исследований получены оценки риска здоровью и жизни человека в разных областях экономической деятельности для различных стран и территорий.

Отдельным направлением в области риска здоровью является оценка влияния различных загрязнителей на величину такого риска. Химические соединения поступают в организм человека разнообразными путями (ингаляционно, орально, кожно) одновременно из различных объектов окружающей среды. Химическая нагрузка на население, как правило, обусловлена одновременным поступлением в организм различными путями и из разных объектов окружающей среды десятков и даже сотен химических веществ. При этом их биологическое действие может модифицироваться под влиянием самых разнообразных физических, климатических, биологических, социальных и других факторов. В США и странах Европейского Союза для оценки ущерба здоровью людей из-за загрязняющих химических веществ активно используется методология оценки риска здоровью населения. В России подобная методология только внедряется.

Риск для здоровья человека, связанный с загрязнением окружающей среды, возникает при следующих условиях:

- 1) существование источника поступления химического вещества в окружающей среде или продуктах питания (источник риска),
- 2) присутствие данного химического вещества в определенной, вредной для здоровья человека дозе или концентрации;
- 3) подверженность человека воздействию упомянутой дозы токсичного вещества.

Процедура оценки риска здоровью состоит из четырех основных этапов.

Первый этап – идентификация опасности. Она включает учет всех химических веществ, загрязняющих окружающую среду, определение токсичности химического вещества для человека или экосистемы. Например, используя данные фундаментальных исследований, можно установить, что временное или постоянное присутствие определенного вещества может вызвать неблагоприятные эффекты: канцерогенез, нарушение репродуктивной функции и генетического кода у человека.

Второй этап – оценка экспозиции. Это оценка того, какими путями и через какие среды, на каком количественном уровне, в какое время и при какой продолжительности воздействия имеет место реальная и ожидаемая экспозиция; это также оценка получаемых доз, если она доступна, и оценка численности лиц, которые подвергаются такой экспозиции и для которой она представляется вероятной. Таким образом оценивается не только уровень экспозиции, но и фактор времени, что дает основание для косвенного суждения о получаемой дозе, даже если она не может быть определена непосредственно (например, с помощью химического анализа крови или других биосред). Численность экспонированной популяции является одним из важнейших факторов для решения вопроса о приоритетности охранных мероприятий, возникающего при использовании результатов оценки риска в целях "управления риском". В идеальном варианте оценка экспозиции опирается на фактические данные мониторинга загрязнения различных компонентов окружающей среды (атмосферный воздух, воздух внутри помещений, почва, питьевая вода, продукты питания). Однако нередко этот подход неосуществим в связи с большими расходами. Кроме того, он не всегда позволяет оценить связь загрязнения с конкретным его источ-

ником и недостаточен для прогнозирования будущей экспозиции. Поэтому во многих случаях используются различные математические модели рассеивания атмосферных выбросов, их оседания на почве, диффузии и разбавления загрязнителей в грунтовых водах и (или) открытых водоемах. Опираясь на результаты мониторинга или модельные данные такого рода, иногда используют также биокинетические математические модели, дающие оценку накопления токсического вещества в организме человека (например, концентрация свинца в крови детей разного возраста) с учетом всех путей поступления.

Третий этап – оценка зависимости "доза – ответ". На данном этапе осуществляется поиск количественных закономерностей, связывающих получаемую дозу веществ с распространенностью того или иного неблагоприятного (для здоровья) эффекта, т.е. с вероятностью его развития.

Подобные закономерности, как правило, выявляются в токсикологических экспериментах. Однако экстраполяция их с группы животных на человеческую популяцию связана со слишком большим числом неопределенностей. Зависимости "доза – ответ", обоснованные эпидемиологическими данными, более надежны, но имеют свои зоны неопределенности. Например, при построении некоторой зависимости ответа высоких уровней экспозиции (в основном производственной), ее экстраполяция на диапазон менее высоких уровней может оказаться ошибочной; зависимость, найденная для одной человеческой популяции, необязательно справедлива для другой, имеющей какие-то генетические или другие отличия, подвергающейся воздействию другого комплекса факторов, сопутствующих изучаемой экспозиции, и т.п.

Этап оценки зависимости "доза – ответ" принципиально различается для канцерогенов и неканцерогенов.

Для неканцерогенных токсических веществ (именуемых веществами с системной токсичностью) методология исходит из концепции пороговости действия и признает возможным установить так называемую "референтную дозу" (RFD) или "референтную концентрацию" (RFC), при действии которых на человеческую популяцию, включая ее чувствительные подгруппы, не создается риск развития каких-либо уловимых вредных эффектов в течении всего периода жизни. Аналогичное понятие есть в некоторых документах ВОЗ – "переносимое поступление в организм" ("tolerable intake" – TI).

При оценке зависимости "доза – ответ" для канцерогенов, действие которых всегда рассматривается как не имеющее порога, предпочтение отдается так называемой линеаризированной многоступенчатой модели (linearized multistage model). Данная модель выбрана в качестве основы унифицированного подхода к экстраполяции с высоких доз на низкие. При этом основным параметром для исчисления риска воздействия на здоровье человека является так называемый фактор наклона (slope factor), в качестве которого обычно используется 95%-й верхний доверительный предел наклона кривой "доза – ответ". Фактор наклона выражается в (мг/кг-день)⁻¹ и является мерой риска, возникающего на единицу дозы канцерогена. Например, если некто подвергается на протяжении всей жизни ежедневно воздействию канцерогена в дозе 0,02 (мг/кг-день)⁻¹, то добавленный риск, получаемый умножением дозы на фактор наклона, оценивается величиной $4 \cdot 10^{-5}$. Иными словами, признается вероятным развитие четырех дополнительных случаев рака на 100 тыс. человек, подвергающихся уровню экспозиции такого уровня.

Четвертый этап, заключительный. Здесь дается характеристика риска, включающая оценку возможных и выявленных неблагоприятных эффектов в состоянии здоровья; оценку риска канцерогенных эффектов, установление коэффициента опасности развития общетоксических эффектов, анализ и характеристику неопределенностей, связанных с оценкой, и обобщение всей информации по оценке риска.

Оценка риска является одной из основ принятия решения по профилактике неблагоприятного воздействия экологических факторов на здоровье населения, а не самим решением в готовом виде, т.е. представляет собой необходимое, но недостаточное условие для принятия решений. Другие необходимые для этого условия – анализ не рискованных факторов, сопоставление их с характеристиками риска и установление между ними соответствующих пропорций (пропорций контроля) – входят в процедуру управления риском. Решения, принимаемые на такой основе, не являются ни чисто хозяйственными, ориентирующимися только на экономическую выгоду, ни чисто медико-экологическими, преследующими цель устранения даже минимального риска для здоровья человека или стабильности экосистемы без учета затрат. Другими словами, сопоставление медико-экологических (или социально-экологических) и технико-

экономических факторов дает основу для ответа на вопрос о степени приемлемости риска и необходимости принятия регулирующего решения, ограничивающего или запрещающего использование того или иного конкретного вещества.

Анализ зарубежного опыта и результаты применения методологии оценки риска на практике в ряде регионов России (Волгоград, Новокузнецк, Пермь, Екатеринбург, Ангарск и др.) показали высокую перспективность этих исследований и позволяют рассматривать оценку риска здоровью как надежный инструмент, способный определять целесообразность, приоритетность и эффективность оздоровительных и природоохранных мероприятий.

При оценке потенциального ущерба экосистемам и окружающей среде используются различные методы. Для экономистов широко распространен подход, в котором этот ущерб оценивается в денежных или относительных единицах, например, в долях ВВП, и определяется стоимостью экологических и природоохранных платежей, штрафов, восстановительных работ, ликвидацией экологических аварий и т.п. В настоящее время практически все российские и зарубежные предприятия рассматривают потенциальный ущерб экосистемам как ущерб третьей стороне в рамках существующего национального экологического законодательства. Появляются понятия экологического и энвиронментального рисков для предприятия. В англоязычной литературе им соответствуют термины *ecological risks* и *environmental risks*. Зачастую между этими понятиями не делается разделения. Например, в России в последнее время говорят об экологических ущербах, подразумевая под ними все виды, как для экосистем, так и для окружающей среды. Вместе с тем, с антропоцентрической точки зрения различия имеются. Для экологических ущербов и рисков характерна направленность на экосистемы и живые организмы в них, а для энвиронментальных – на повреждения окружающей среды для человека и связанные с этим ущербами для человека. Очевидно, что величина экологического и энвиронментального рисков зависит не только от фактического нарушения экосистем и окружающей среды, но и от социологических факторов, заложенных в систему национальных экологических или природоохранных законодательств, включая размеры платежей, штрафов, требования к уровню восстановления нарушений и системы исполнения законодательства.

Для экологов и специалистов по окружающей среде указанные выше экономические показатели ущерба кажутся неадекватными. В

них не виден ущерб, нанесенный жизни и здоровью живых организмов в составе экосистем или качеству природных условий. Выход они видят в использовании условных показателей различного вида. Например, для экологических ущербов предлагается использование экотоксикологических показателей. Их общий смысл аналогичен показателям для ущерба здоровью и жизни человека. Вместе с тем, живых организмов настолько много и о них известно обычно настолько мало, что прямое применение «человеческих» показателей ущерба жизни и здоровью невозможно. В США и Европейском Союзе для оценки ущерба экосистемам в результате воздействия химических загрязнителей широкое применение нашел метод скрининга. Подробно метод скрининга будет рассмотрен в 4.3.

Необходимо отметить взаимосвязь между экономическими и условными показателями экологических и энвиронментальных ущербов и, следовательно, рисков. В конечном счете, для ЛПР на уровне экономики предприятий и промышленных отраслей важны именно экономические показатели рисков, которые можно сопоставить с другими рисками. Таким образом, условные показатели ущербов, в том числе и экотоксикологические, должны и использоваться, в первую очередь, на законодательном уровне, где формируются экономические ставки для возмещения ущербов.

Важно отметить, что в США и странах Европейского Союза началась работа по продвижению условных показателей экологических и энвиронментальных ущербов в практику деятельности бизнес-сообщества. Законодатели хотят, чтобы бизнесмены и менеджеры взглянули на причиняемый экономической деятельностью ущерб природе не только с точки зрения штрафов и платежей, но и с точки зрения обычного человека, испытывающего последствия ухудшения качества окружающей среды и деградации местных экосистем. В США большую работу в этом направлении проводит Агентство по охране окружающей среды (US EPA).

Контрольные вопросы

1. В чем проявляются негативные последствия экономической деятельности?
2. Каковы основные источники опасностей в техноэкосистемах?
3. В каких единицах может измеряться ущерб?
4. Что такое риск в экономической деятельности?
5. Что такое риск здоровью человека?
6. Что такое энвиронментальные и экологические ущербы при экономической деятельности?

Глава 2. ТЕОРИЯ РИСКОВ

2.1. Выгода и возможный ущерб

Впервые математическое понятие риска появилось еще в XVII в. в теории игр, которая является одним из разделов теории вероятностей. Вместе с понятием риска появилось и математическое понятие шанса. Рассмотрим понятия шанса и риска в соответствии с теорией простейших игр. Простейшая игра состоит в случайном появлении выигрышей и проигрышей с постоянными ставками выигрыша U_B и проигрыша U_A . Примером является игра в три карты, когда требуется угадать местоположение заданной карты среди трех карт. Вариантом этой игры является игра в наперстки, когда требуется угадать местонахождение шарика под одним из трех наперстков.

Пусть позитивное событие B обозначает выигрыш с постоянной величиной U_B , а появление негативного события A (проигрыша) приводит к ущербу (потере) U_A , также являющемуся постоянной величиной. Событие B (выигрыш) появляется с вероятностью $P_B = p$, а событие A (проигрыш) – с вероятностью $P_A = q$. Из теории вероятностей известно, что события A и B образуют так называемую полную группу, т.е.

$$P_B + P_A = p + q = 1, \quad (2.1.1)$$

В ходе игры выигрыши чередуются с проигрышами. Тогда сумма выигрышей S_B , сумма проигрышей S_A и суммарный результат игры S равны соответственно:

$$S_B = U_B \cdot N_B; S_A = U_A \cdot N_A; S = S_B - S_A, \quad (2.1.2)$$

где N_B и N_A – количество выигрышей и проигрышей соответственно.

Сами величины S_B , S_A и S являются случайными и к ним можно применить известную в теории вероятностей операцию математического ожидания M , означающее осреднение по ансамблю. После тривиальных преобразований, использующих основные свойства математического ожидания, получим:

$$M[S_B] = U_B \cdot p; M[S_A] = U_A \cdot q; M[S] = U_B \cdot p - U_A \cdot q. \quad (2.1.3)$$

Величину $M[S_B] = U_B \cdot p$, означающую математическое ожидание суммы выигрышей, назвали **шансом**, величину $M[S_A] = U_A \cdot q$, озна-

чающую математическое ожидание суммы проигрышей, назвали **риском**. Тогда (2.1.3) можно сформулировать следующим образом:

Математическое ожидание результата простейшей игры равно разности шанса и риска.

В теории простейших игр (2.1.3) можно вывести условия «справедливой» игры, когда шанс равен риску, т.е. при $M[S] = 0$. «Справедливость» игры достигается при строго определенном соотношении ставок U_B / U_A в зависимости от отношения вероятностей выигрыша и проигрыша p/q .

Часто можно встретить утверждение, что чем больше выгода, тем больше риск. Это можно понимать так, что в выражении (2.1.3) обычно с ростом шансов одновременно растут и риски. Это обусловлено тем, что в играх значительным ставкам выигрыша U_B соответствуют малые вероятности выигрыша p , что увеличивает вероятность проигрыша $q = 1 - p$. Необходимо следить за тем, чтобы в результате увеличения ставок U_B и соответствующего падения вероятности выигрыша p не уменьшилось математическое ожидание результата игры. Обычно это достигается понижением приемлемой ставки проигрыша U_A . Из (2.1.3) можно вывести выражение для приращения $\Delta M[S]$ при изменении шанса и риска, а также определить условия, при которых $\Delta M[S] > 0$.

С самого начала появления математического понятия риска были предприняты попытки перенести основные положения теории игр на экономическую деятельность. В сфере успешного применения оказались финансы, инвестиции, страховое дело. В результате этих усилий сформировались и устойчиво используются такие термины, как шансы, риски, а сами участники экономической деятельности зачастую именуются игроками. При этом указанные термины достаточно далеко ушли от своих обыденных значений. Рассмотрим некоторые часто встречающиеся утверждения и термины, сформировавшиеся в данном направлении применения теории игр к описанию экономической деятельности.

Рассмотрим для начала термины «спекулятивный риск» и «чистый риск». Некоторые авторы не разделяют шансы и риски, а весь результат игры называют спекулятивным риском, в котором содержатся возможности как выигрыша, так и проигрыша. Если возможности выигрыша отсутствуют, то риск называют чистым. Такая

терминология принята сейчас в области финансов, инвестиций, страхования. В терминах спекулятивного риска (2.1.3) можно сформулировать следующим образом:

Математическое ожидание результата простейшей игры равно спекулятивному риску.

Дальнейшее развитие теории рисков для задач о выигрышах и проигрышах будет рассмотрено далее в 2.2.

При рассмотрении экономической деятельности и ее взаимодействии с окружающей средой обычно отделяют выгоды от ущербов, т.е. разделяют шансы и риски. При оценке ущерба понятие риска в таком случае имеет смысл чистого риска. В дальнейшем будем рассматривать преимущественно чистые риски, сравнивая их при необходимости с выгодой или шансами от экономической деятельности. Действительно, без сравнения рисков и шансов в экономической деятельности трудно сделать вывод о ее целесообразности, эффективности, оптимальности.

Рассмотрим понятие рисков по отношению к третьим лицам. Часто при осуществлении экономической деятельности вероятен ущерб для третьей стороны. Этот ущерб может быть экономическим, социальным, экологическим и т.п. От вида ущерба зависит применяемая мера этого ущерба. Поскольку этот ущерб носит вероятностный характер, то его можно охарактеризовать понятием риска, например как в случае проигрыша в описанной выше задаче простейшей игры. Особенностью этого вида риска является то, что он непосредственно не сказывается на результате деятельности. Он становится потенциальным ущербом для лица, осуществляющего деятельность, только в том случае, если существуют законные основания у третьего лица для предъявления этого ущерба лицу, осуществляющему деятельность. Нанесение ущерба окружающей среде, экосистемам является характерным примером рисков по отношению к третьим лицам, если существует соответствующее природоохранное законодательство. В его отсутствии этот ущерб не приводит к рискам, поскольку отсутствует само третье лицо в юридическом смысле.

Понимание неразрывной взаимосвязи шансов и рисков приводит к осознанию факта, что экономическая деятельность предполагает необходимость рисковать, т.е. учитывать возможность появле-

ния негативных результатов, ущерба от которых могут даже превзойти выгоды от позитивных событий. Таким образом, предприниматель действительно оказывается в положении игрока, который вынужден рисковать, уметь соотносить шансы и риски.

Известно, что игроки отличаются друг от друга своим отношением к риску. Риск, неприемлемый для одного игрока, оказывается приемлемым для другого. Это обусловлено многими причинами как материального, так и психологического характера. Важно уметь характеризовать отношение различных игроков к риску с помощью некоторых математических приемов. У игроков различают склонность к риску и неприятие риска. Промежуточным положением является нейтральное отношение к риску. Может ли игрок менять свое отношение к риску в зависимости от различных обстоятельств? Этот вопрос в недостаточной мере исследован в настоящее время. С одной стороны, очевидно, что для различных видов деятельности необходимо различное отношение к риску; более того, в различных фазах жизни предпринимателя оно должно быть различным. Так, на стадии начального накопления капитала преимущество получают склонные к риску игроки, а на стадии нерасширенного воспроизводства – игроки с неприятием риска. С другой стороны, может оказаться, что отношение к риску является одной из трудноизменяемых психологических характеристик игрока, и он не может изменить своего отношения к риску, несмотря на очевидную потребность.

Является ли игрок и лицо, принимающее решение (ЛПР), относительно осуществляемой экономической деятельности одним и тем же субъектом? И да, и нет. Если игрок осуществляет самостоятельное управление своим имуществом и отвечает им по последствиям принимаемых решений, то да. В этом случае игрок и ЛПР – один и тот же субъект. В противном случае ЛПР является только представителем игрока, играющим за его счет, но не несущим ответственности в полном объеме результата игры $M[S]$ в (2.1.3). В этом случае у ЛПР существуют свои риски R_M , которые и определяют его поведение в игре. Несовпадение рисков ЛПР и рисков игры R в (2.1.3) представляют собой важную особенность риск-менеджмента при наличии наемных или доверительных менеджеров. В частности, отношение к собственному риску R_M и риску игры в целом R в (2.1.3) у ЛПР может значительно отличаться. Учет этих особенностей в математических моделях риска будет рассмотрено в 2.2.

2.2. Математические модели риска

Для теории риска характерна замена неясной формулировки риск, присущей человеческому языку и приведенной в различных толковых словарях, на более строгие математические объекты в математических моделях. Что же такое риск в математических моделях? При введении этих объектов, имеющих случайную природу, выделяются два различных подхода. В первом из них изучаемой случайной величиной является потенциальный ущерб, который полностью характеризуется своей функцией распределения вероятностей F_A или плотностью распределения вероятностей f_A , если это возможно. Для случайного потенциального ущерба существуют различные вероятностные характеристики, так или иначе связанные с ее функцией распределения вероятностей: математическое ожидание потенциального ущерба, его дисперсия и среднее квадратическое отклонение и т.д. Тогда математическое понятие риск связывается с какой-либо из вероятностных характеристик потенциального ущерба или комбинацией таких характеристик. Например, в 2.1, приведен пример, когда в качестве математического понятия риск по определению используется математическое ожидание потенциального проигрыша. Отметим, что выбранная вероятностная характеристика потенциального ущерба является не только определением риска, но и его мерой, которая позволяет сравнивать по риску между собой различные игры (проекты). Наиболее часто в рамках этого подхода используется определение риска R в одном из следующих видов:

$$R = U \cdot q, \quad (2.2.1)$$

$$R = \sum U_j \cdot q_j, \quad (2.2.2)$$

$$R = \int U dF_A, \quad (2.2.3)$$

$$R = \int U f_A(U) dU. \quad (2.2.4)$$

Нетрудно заметить, что выражения (2.2.1)–(2.2.4) являются разными формами записи математического ожидания потенциального ущерба, т.е.

$$R = M[U]. \quad (2.2.5)$$

Видно, что в данном случае риск R полностью совпадает по смыслу с таким же понятием в простейшей игре в 2.1.

Для сторонников представления риска в виде (2.2.1) – (2.2.4) самостоятельной ценностью является структура этих выражений, в которых имеется вероятность или, как иногда говорят, частота появления того или иного ущерба. Зачастую эту вероятность пытаются связать с вероятностью или частотой события, вызывающего этот ущерб. Например, ущерб от удара молнии зависит от вероятности этого удара.

Во втором подходе сам потенциальный исход игры объявляется риском, который может быть положительным (выигрыш в определенной сумме) и отрицательным (проигрыш в определенной сумме). Тогда сам риск является случайной величиной и имеет свою функцию распределения вероятностей и вероятностные характеристики, связанные с ней. Мерой риска в таких случаях является выбранный вероятностная характеристика риска, например, математическое ожидание результата игры. Интересно заметить, что такая мера риска совпадает со спекулятивным риском в 2.1.

Несколько слов о предпочтительности первого и второго подходов в определении риска. Заметим, что, несмотря на кажущееся различие, мерой риска в обоих случаях оказываются вероятностные характеристики ущерба или результата деятельности.

Если можно обоснованно разделить причины и вероятности получения прибыли от причин и вероятностей получения ущерба, то целесообразно использовать первый подход. Такая ситуация обычно присутствует в большинстве экономических проектов, лежит в основе регулярной деятельности отраслей экономики. В них источники доходов и причины ущербов имеют разную природу. Например, доходы получаются от продажи нефти, а ущерб обусловлен аварией на нефтепромысле. Зачастую доходами и расходами, в том числе ущербами, занимаются различные подразделения одной и той же организации, настолько различаются методы управления доходами и расходами.

Существуют ситуации, когда одни и те же причины обуславливают доходы и ущербы. Ярким примером являются инвестиции в ценные бумаги, когда основные доходы и ущербы обусловлены одной и той же причиной – колебаниями цен на рынке. В этих случаях предпочтение отдают второму подходу. Вместе с тем, как только появляется возможность разделить причины дохода и ущерба, ею пользуются, выделяя чистые риски. Например, при осуществлении

инвестиции в ценные бумаги существует риск неплатежа по осуществленным сделкам. Природа этого риска отличается от природы риска по основной деятельности, и его выделяют в отдельную категорию. Для этого вида риска может использоваться первый подход. Таким образом, возможно использование обоих подходов описания риска одновременно в пределах одного проекта.

В дальнейшем будем преимущественно использовать первый подход в определении риска, связывая его формулировку с теми или иными вероятностными характеристиками потенциального ущерба. Таким образом, в дальнейшем под риском будут пониматься различные вероятностные характеристики, связанные с функцией распределения потенциальных ущербов F_A . Выбранная вероятностная характеристика будет называться риском R и будет являться мерой риска. Несколько слов о возможных мерах риска. Как было сказано, помимо математического ожидания потенциальных потерь в качестве меры риска могут использоваться: дисперсия или среднеквадратическое отклонение потенциального ущерба, коэффициент вариации, коэффициент асимметрии. Эти так называемые моментные вероятностные характеристики широко используются не только в теории риска, но и во многих областях применения теории вероятностей, случайных процессов, случайных полей к описанию реальных объектов исследования.

Покажем, что математическое ожидание потенциальных потерь может быть использовано в качестве меры риска в широком классе прикладных задач, называемых простейшими и простыми играми с затратами. Эти игры описывают с достаточной степенью реальности многие экономические проекты, связанные с получением прибыли. В 2.1 был рассмотрен результат простейшей игры при предположении наличия только выигрыша и проигрыша. Сделаем следующий шаг. Предположим, что ведение простейшей игры само по себе что-то стоит игроку, т.е. у него существуют безвозвратные потери на ведение игры, которые обозначим L . Тогда (2.1.3) примет вид

$$M[S] = C - R - L, \quad (2.2.6)$$

где $C = U_B \cdot p$ – шанс, $R = U_A \cdot q$ – риск, L – затраты.

Из (2.2.6) видно, что целесообразность и эффективность игры зависит не только от шансов и рисков, но и от затрат на ее осуществление.

Иногда можно представить экономическую деятельность как сумму независимых простейших игр со своими шансами C_j , рисками R_j и затратами L_j . Тогда, используя свойства математического ожидания суммы независимых величин, математическое ожидание результата деятельности можно представить в виде:

$$\Sigma M[S_j] = \Sigma C_j - \Sigma R_j - \Sigma L_j. \quad (2.2.7)$$

Вводя математическое ожидание суммарного или общего результата деятельности $M[S] = \Sigma M[S_j] = M[\Sigma S_j]$, суммарный или шанс $C = \Sigma C_j$, суммарный или общий риск $R = \Sigma R_j$, суммарные или общие затраты $L = \Sigma L_j$, получим:

$$M[S] = C - R - L. \quad (2.2.8)$$

Тогда (2.2.8) можно сформулировать следующим образом:

Математическое ожидание результата экономической деятельности, состоящей из суммы независимых простейших игр, равно суммарному шансу за вычетом суммарного риска и суммарных затрат.

Перейдем к рассмотрению простых игр, в которых выигрыш U_B и проигрыш U_A являются независимыми случайными величинами с функциями распределения вероятностей F_A и F_B . Формулы (2.2.6) – (2.2.8) оказываются справедливыми и для случая простых игр. В этом случае выражение для шанса и риска принимают вид:

$$C = M[U_B] = \int U_B \cdot dF_B; R = M[U_A] = \int U_A \cdot dF_A. \quad (2.2.9)$$

При рассмотрении суммарного результата независимых простых игр также вводятся в рассмотрение составляющие шансы C_j и риски R_j , зависящие от соответствующих функций распределения вероятностей выигрышей F_{Bj} и проигрышей F_{Aj} . Для составляющих шансов и рисков также справедливо (2.2.9). Тогда для случая простых игр также справедливо выражение (2.2.8) или, другими словами:

Математическое ожидание результата экономической деятельности, состоящей из суммы независимых простых игр, равно суммарному шансу за вычетом суммарного риска и суммарных затрат.

Выражение (2.2.8) с учетом (2.2.9) открывает широкие возможности для построения схем и методов управления рисками в контексте управления результатом экономической деятельности. Заметим, что риск в простейших и простых задачах о выигрыше и проигрыше характеризуется математическим ожиданием проигрышей. Данное обстоятельство способствует тому, что именно математическое ожидание потенциальных потерь чаще всего выбирается для характеристики риска. Зачастую именно эту вероятностную характеристику называют риском.

Перейдем к задаче, связанной с выбором среди проектов, характеризующихся соответствующими рисками. В этом случае говорят о выборе при альтернативных рисках. Как уже было отмечено, в полной мере потенциальный ущерб характеризуется функцией распределения вероятностей F_A . Пусть существуют две функции распределения потенциальных ущербов F_{A1} и F_{A2} . Выбор при альтернативных рисках предполагает принятие одной из них на основании некоторых критериев и отрицание другой. Если таких функций оказывается несколько, то на основании этих критериев необходимо выбрать всего одну. Поскольку выбор из множества можно свести к серии попарных выборов, то будем рассматривать всего две конкурирующих функции потенциальных потерь. Обычно за каждой из функций F_{A1} и F_{A2} стоят определенные мероприятия и затраты. Говорят, что функции F_{A1} и F_{A2} имеют стоимости V_1 и V_2 соответственно. Выбор может осуществляться на основании сравнения:

1. V_1 и V_2 .
2. F_{A1} и F_{A2} .
3. V_1 и V_2 и F_{A1} и F_{A2} .

Самым простым оказывается сравнение и выбор по стоимости, так как процедура сравнения осуществляется в области действительных чисел и выбор может осуществляться по принципу «чем ниже стоимость, тем лучше проект». Предельным является случай нулевой стоимости, например $V_1 = 0$.

Сравнение F_{A1} и F_{A2} оказывается более сложной задачей, так как осуществляется в области геометрических объектов, в общем случае в n -мерном пространстве. В таком случае весьма трудно математически формализовать процесс сравнения и выбора. Обычно при решении таких задач вводятся дополнительные допущения, аппроксимации геометрических объектов аналитическими выраже-

ниями и т.п. Наиболее общим путем является уменьшение размерности вектора потенциальных потерь. В предельном случае сравниваемые F_{A1} и F_{A2} оказываются функциями одной переменной U (ущербов). Однако и здесь сложности сравнения оказываются намного большими, чем в случае действительных чисел, каковыми являются стоимости V_1 и V_2 . Дополнительной трудностью является то обстоятельство, что функции распределения вероятностей, как известно из теории вероятностей, отличаются друг от друга по виду незначительно. Поэтому по возможности стараются использовать для сравнения функции плотности распределения вероятностей $f_A = -dF_A/dU$, которые различаются между собой весьма заметно. В теории рисков наиболее часто используются следующие плотности распределения вероятностей:

- равномерное распределение;
- распределение Пуассона;
- биномиальное распределение;
- нормальное распределение;
- логнормальное распределение;

и целый ряд других в зависимости от области исследования.

Чтобы сказать, что F_{A1} «лучше», чем F_{A2} , можно использовать не всю информацию о форме геометрического объекта, а информацию о ее основных вероятностных числовых характеристиках, в качестве которых обычно используют:

- математическое ожидание;
- дисперсию или среднее квадратическое отклонение;
- коэффициент вариации;
- асимметрию;
- эксцесс.

В первую очередь сравниваются математические ожидания $M_1[U]$ и $M_2[U]$, которые являются основными мерами риска и зачастую сами называются рисками. Выбор делается в пользу меньшего математического ожидания.

При одинаковых математических ожиданиях сравниваются дисперсии или соответствующие среднее квадратические отклонения. Выбор делается в пользу меньшей дисперсии или среднее квадратического отклонения, потому что чем больше среднее квадратическое отклонения, тем более вероятны значительные ущербы.

Если математические ожидания примерно равны и дисперсии примерно равны, то выбор можно сделать по коэффициенту вариации, являющемуся отношением среднеквадратического отклонения к математическому ожиданию. Выбор делается в пользу меньшего коэффициента вариации.

Асимметрия показывает степень сдвига моды плотности распределения вероятности к нулю ущерба по сравнению со случаем нормального распределения. При отрицательной асимметрии сдвиг наблюдается к нулю ущерба, при положительной – в сторону роста ущерба. Выбор делается в пользу больших отрицательных значений асимметрии.

Экссесс показывает степень остроты или плоскости функции плотности распределения вероятностей относительно нормального распределения. Положительные значения эксцесса говорят о более остром распределении, чем нормальный закон, а отрицательные – о более плоском распределении. Выбор делается в пользу больших положительных эксцессов.

Иной путь сравнения функций распределений вероятностей F_{A1} и F_{A2} может быть осуществлен с помощью так называемой функции полезности или функции потерь. В выражения для риска (2.2.1) – (2.2.4) вводится сомножителем некоторая функция $D(U)$:

$$R_D = D(U) \cdot U \cdot q, \quad (2.2.10)$$

$$R_D = \sum D(U) \cdot U_j \cdot q_j, \quad (2.2.11)$$

$$R_D = \int D(U) \cdot U \cdot dF_A, \quad (2.2.12)$$

$$R_D = \int D(U) \cdot U \cdot f_A(U) \cdot dU. \quad (2.2.13)$$

Смысл введения этой функции состоит в следующем: обычно инвестор испытывает антипатию к значительным потерям, даже если их вероятность невелика. В то же время он испытывает значительную симпатию к большим выигрышам, даже если они маловероятны. Таким образом, функция $D(U)$ обычно имеет малые значения в области малых ущербов и резко возрастает в области значительных ущербов. В случае спекулятивных рисков, содержащих как возможности выигрыша, так и проигрыша, функция $D(U)$ носит название функции полезности, а в случае чистых рисков – функции потерь. Далее будем рассматривать $D(U)$ в основном как функцию

потерь, поскольку экологические и энвиронментальные риски целесообразно рассматривать в качестве чистых рисков. Заметим, что при использовании функций потерь риск R_D уже не совпадает с математическим ожиданием ущербов. Обычно функция потерь $D(U)$ выбирается таким образом, что R_D в (2.2.10)–(2.2.13) оказывается больше соответствующих рисков R в (2.2.1)–(2.2.4).

В 2.1 говорилось о различном отношении игроков к риску. В математических моделях именно функция полезности или потерь $D(U)$ является характеристикой этого отношения. У разных игроков функция является различной. Для игроков, проявляющих склонность к риску функция полезности, является выпуклой, у игроков с неприятием риска – вогнутой, у лиц с нейтральным отношением к риску – линейной. Обычно игроков делят по их отношению к риску, исходя из следующего мысленного теста. Пусть имеется проект с постоянным доходом Q и рисковый доход с математическим ожиданием Q_R . Какой из них предпочесть? Если игрок всегда предпочитает рисковый доход, то его считают склонным к риску. Если игрок всегда выбирает постоянный доход, то его считают несклонным к риску, а его поведение называют консервативным. Если игрок не может отдать предпочтение и выбирает то постоянный, то рисковый доход, то его отношение к риску считают нейтральным.

Внутри каждого класса функции $D(U)$ отличаются параметрами, которые могут характеризовать степень склонности или неприятия риска. Например, степень неприятия риска по Пратту A_v принято характеризовать формулой:

$$A_v = -D''(U) / D'(U). \quad (2.2.14)$$

Если функция полезности определяется формулой

$$D(U) = [1 - \exp(a \cdot U)] / [1 - \exp(-a)], \quad (2.2.15)$$

то

$$A_v = a. \quad (2.2.16)$$

Существует еще один важный аспект, который может непосредственно учитываться в мерах риска – это степень защищенности субъекта риска от потенциального ущерба. Дело в том, что для уменьшения потенциального ущерба могут применяться те или иные меры и средства защиты как технического, так и организационного характера. В этом случае можно меры защиты математиче-

ски характеризовать функцией защиты $Z(U)$, которая вводится в выражения (2.1.1)–(2.1.4) таким же образом, как и функция полезности или потерь в выражениях (2.2.10)–(2.2.13):

$$R_Z = Z(U) \cdot U \cdot q, \quad (2.2.17)$$

$$R_Z = \sum Z(U) \cdot U_j \cdot q_j, \quad (2.2.18)$$

$$R_Z = \int Z(U) \cdot U \cdot dF_A, \quad (2.2.19)$$

$$R_Z = \int Z(U) \cdot U \cdot f_A(U) \cdot dU. \quad (2.2.20)$$

Обычно именно за функцию защиты и приходится платить при уменьшении риска, т.е. различным функциям защиты $Z_1(U)$, $Z_2(U)$ соответствуют стоимости их достижения V_1 , V_2 . Отличием функций защиты от функций потерь является их поведение в области значительных ущербов. Если $D(U)$ при значительных ущербах растет, то $Z(U)$ должна уменьшаться. Возможно совместное использование функций потерь и защиты, т.е. введение меры риска R_{DZ} .

Наибольший интерес представляет выбор на основании сравнения и стоимостей, а также функций распределения вероятностей альтернативных вариантов. Такое сравнение в полном объеме представляет сложную задачу. Однако существуют упрощенные варианты сравнения. Если риски и стоимости выражены в денежных единицах, то напрямую могут сравниваться пары V_1 , R_1 и V_2 , R_2 , V_1 , R_{D1} и V_2 , V_1 и R_{D2} или R_{Z1} и V_2 , R_{Z2} . Если выигрыш в риске больше проигрыша в стоимости, например $R_{Z1} - R_{Z2} > V_2 - V_1$, то выбор может быть сделан в пользу более дорогого по стоимости варианта рисков, учитывая значительное уменьшение риска. Необходимо отметить, что затраты V_1 и V_2 практически всегда осуществляются раньше, чем может реализоваться выигрыш в потенциальном ущербе, поэтому практически все ЛППР демонстрируют консервативное поведение и требуют выполнения условия

$$R_{Z1} - R_{Z2} > V_1 - V_2 \quad (2.2.21)$$

для выбора в пользу проекта более дорогого по затратам, но дающего выигрыш по потенциальному ущербу. При этом у них достаточно сильно может различаться степень неприятия риска Δv и требование «больше» может дойти до требования «гораздо больше».

Наибольшую трудность представляет выбор, если стоимости V_2 , V_1 и меры риска, например R_{Z1} , R_{Z2} , выражены в принципиально различных единицах. В этих случаях требуется либо введение интегральных показателей риска, обеспечивающих перевод меры риска в денежные единицы, либо применение метода приоритетов, устанавливающего иерархию целей и шкалы соотношения рисков и затрат. В общем случае при сравнении некоторых множеств, какими являются и рассматриваемые варианты выбора при альтернативных рисках, требуется установить предпочтения. Отношение предпочтения является математическим понятием и основывается на аксиоме, что субъект, осуществляющий выбор среди двух рассматриваемых объектов, всегда может сделать одно из двух заявлений:

- объект А для меня предпочтительнее объекта Б;
- объекты А и Б для меня одинаково предпочтительны; одинаковая предпочтительность может рассматриваться как эквивалентность.

Отношение предпочтительности может не иметь системы обоснования выбора, носить произвольный, в том числе интуитивный характер. Вместе с тем отношение предпочтительности должно обладать свойствами полноты и транзитивности. Свойство полноты означает, что отношение предпочтительности может быть установлено для любой пары сравниваемых элементов рассматриваемых множеств. Свойство транзитивности означает, что если А предпочтительнее Б, а Б предпочтительнее В, то А предпочтительнее В. Отношением предпочтительности широко пользуются при установлении приоритетов и системы ценностей. Могут ли выстроенные на отношении предпочтительности приоритеты и системы ценностей меняться со временем? Безусловно могут, так как у субъекта отношения предпочтения могут изменяться со временем и в зависимости от обстоятельств. Например, в условиях голода у субъекта пища оказывается самым предпочтительным элементом, а в условиях благополучия для этого же субъекта пища может оказаться далеко не на первом месте.

Отношения предпочтения в некоторых случаях могут быть формализованы. Например, на множестве вещественных чисел устанавливаются отношения больше, меньше, равно, которые лежат в основе предпочтения: «чем больше, тем лучше», «чем меньше, тем лучше», «одинаковы». Функция полезности или потерь является

способом формализации отношения предпочтительности при сравнении множества возможных функций распределений спекулятивных рисков или потенциальных ущербов. Формализация позволяет использовать той или иной математический аппарат в задачах выбора. Отметим, что при осуществлении формализации отношений не устраняется вариабельность выбора во времени, т.е. выбор будет осуществлен однозначно, но критерии выбора могут меняться во времени вместе с изменениями предпочтений субъекта.

Формализация отношений предпочтений имеет еще одну важную роль. Она помогает выработке общей точки зрения различным субъектам в вопросах выбора по единой для них проблеме. Иной путь выработки общей точки зрения в этом случае представляет экспертный метод, когда усредняются предпочтения различных субъектов.

2.3. Оценка рисков

Оценка потенциальных ущербов или оценка рисков является важнейшим этапом управления рисками. Она предполагает выполнение специальных исследований, выполняемых в несколько этапов. Разделение оценки риска на определенные этапы носит название анализа риска, т.е. его разложения на составные части.

Выделим в первую очередь субъекты потенциального ущерба, или субъекты риска. Под субъектом риска будем понимать физическое или юридическое лицо, группу людей, население, государство, общество, которые потенциально могут понести тот или иной ущерб. Полезно ввести понятие экономического субъекта риска, чтобы отделиться от прочих субъектов риска и не рассматривать риски популяции белок в подмосковном лесу, связанные с астероидной опасностью. С экономической точки зрения субъекты риска должны обладать дополнительными свойствами. Субъект риска должен активно или пассивно участвовать в экономической деятельности, должен иметь возможность предъявить претензии источнику риска в случае появления ущерба, должен иметь механизмы влияния и защиты от рисков. По этим признакам субъекты риска могут быть разделены на активные и пассивные. Активность и пассивность субъектов риска зависит от их отношения к конкретной экономической деятельности (предприниматель, потребитель, третье лицо и т.п.), действующего гражданского законодательства,

социальной структуры общества. Например, в США ряд людей предъявили и выиграли многомиллионные иски табачным компаниям об ущербе здоровью в результате многолетнего курения.

Является ли природа, экосистема, отдельные живые организмы субъектами риска? Безусловно, поскольку они определенно могут понести тот или иной ущерб в результате экономической деятельности человека. Но они не являются самостоятельными экономическими субъектами риска, поскольку не являются самостоятельными участниками экономической деятельности человека и не могут самостоятельно предъявить претензии, не имеют механизмов влияния и защиты от рисков. В то же время, если природные объекты являются чьей-то собственностью, охраняются природоохранным законодательством, то нанесенный им ущерб может быть предъявлен их собственником. В таком случае природные объекты могут рассматриваться как экономические субъекты риска. С помощью международного законодательства природные объекты также могут быть включены в состав экономических субъектов риска. Отметим, что до настоящего времени в отечественной практике выделение экономических субъектов риска и их изучение не получили достаточного распространения. Подобное положение негативно сказывается на целых отраслях экономической деятельности, в частности, на системе страхования и возмещения ущерба различным категориям экономических субъектов риска. В то же время в США и Европейском Союзе экономические субъекты риска являются основными объектами системы страхования, имеющей обороты в триллионы долларов.

Следующим этапом является определение видов и единиц измерения потенциального ущерба. Например, ущерб инвестору может измеряться в денежных единицах, ущерб здоровью населения какой-то территории может измеряться в количестве дополнительно заболевших людей конкретными заболеваниями, ущерб имуществу конкретного предприятия может измеряться в натуральном виде (здания, станки, компьютеры и т.п.) или в денежных единицах. Очевидно, что для одного и того же субъекта возможно использование нескольких единиц измерения потенциального ущерба. В таком случае можно говорить о векторе потенциального ущерба, содержащего определенные составляющие. Например, вектор потен-

циального ущерба населению определенной территории может содержать следующие составляющие:

- суммарный материальный ущерб в денежных единицах, например в млн. руб.;
- число летальных исходов в ЛИ;
- число лиц, заболевших определенным заболеванием, например раком;
- число раненых и травмированных.

Если вид ущерба, единицы измерения и предельный размер конкретизированы, то можно говорить о предмете риска. Экономический субъект риска может самостоятельно выдвинуть предмет риска. Например, в качестве предмета риска спортсменов может указать на возможность утраты ноги или руки и оценить эту утрату в 6 млн. долл. В дальнейшем он может попытаться управлять этим риском.

Следующим этапом является выделение источников опасностей или факторов риска. В анализе риска постулируется, что он может быть разделен на отдельные составляющие, так называемые факторные риски, каждая из которых связана всего с одним источником риска. Источником опасности, или фактором риска, называется случайное событие, реализация которого может привести к реализации риска для субъекта риска. Например, землетрясение может привести к разрушению дома, принадлежащего конкретному собственнику. В этом случае экономическим субъектом риска является собственник дома, а не сам дом. Риском является разрушение дома. Фактором риска является землетрясение. Очевидно, что землетрясение является не единственным фактором риска разрушения дома. Он может разрушиться в результате износа строительных конструкций, диверсии, неосторожного обращения собственника или третьих лиц с огнем, газом, в результате наводнения, падения на него самолета и т.п. Часто источники опасностей отождествляют с факторами риска. Вместе с тем, для отдельных случаев целесообразно провести дополнительные исследования по переводу источников риска в факторы риска, используемые в факторном анализе риска.

Основой факторного риска является представление негативного случайного события A , которое приводит к ущербу, в виде суммы элементарных также случайных событий различной природы, каждое из которых также приводит к ущербу, характерному для этого

события. В теории вероятностей эти события носят название гипотез, а в теории риска – факторов. В теории вероятностей полагается, чтобы гипотезы образовывали полную группу. Тогда для полной вероятности, которая может подставляться в оценки риска (2.2.1)–(2.2.2) в качестве вероятности ущерба, справедливо выражение

$$q = \Sigma P(H_k) \cdot Q(U/H_k), \quad (2.3.1)$$

где $P(H_k)$ – вероятность гипотезы. Полная вероятность должна использоваться в оценках риска (2.2.1), (2.2.2).

Для функции распределения полной вероятности, которая должна в этих случаях использоваться в (2.2.3) выражение для дифференциала функции распределения полной вероятности и функции плотности распределения вероятностей имеет аналогичный вид:

$$dF_q(U) = \Sigma P(H_k) \cdot dF_Q(U/H_k), \quad (2.3.2)$$

$$f_q(U) = \Sigma P(H_k) \cdot f_Q(U/H_k). \quad (2.3.3)$$

В теории риска в качестве гипотез используются факторы. Однако они не образуют полную группу, т.е. вероятность появления хотя бы одного из них при возникновении ущерба не равна единице. Это связано с невозможностью исчерпывающим образом указать источники риска для каждого конкретного случая. Поэтому можно сказать, что использование формул (2.3.1)–(2.3.3) в качестве оценки риска при факторном анализе является заниженной. Вместе с тем, эта оценка теоретически как можно близко будет приближаться к истинной при возрастающем учете количества факторов. Если факторы удастся ранжировать по порядку их вклада в общую величину риска, то отбрасывание последних из них может мало сказаться на разнице между истинной оценкой риска и ее оценкой, полученной в результате факторного анализа.

Принято все множество факторов риска группировать по тем или иным признакам, говоря о группах факторов риска. Это связано с различной природой негативных событий, различными формами проявления соответствующих факторных рисков, различными методами их оценки и, наконец, различными способами управления ими.

В первую очередь разделяют внешние и внутренние факторы риска. К внешним относятся факторы рисков, на которые субъект риска прямо влиять не может. Однако он может защищаться от них.

К внутренним факторам риска относят те составляющие риска, на которые субъект риска может оказывать собственное влияние. Субъект риска может управлять этими факторами, снижая их неблагоприятное воздействие или усиливая благоприятное воздействие на результаты бизнеса. Некоторые факторы риска могут выступать как внешними, так и внутренними. Например, экологические факторы могут иметь как внутреннее, так и внешнее происхождение для конкретного предприятия.

Для экономических субъектов риска факторы делятся на экономические и внеэкономические по их степени связанности с экономикой.

К внешним экономическим факторам риска относятся:

- финансовые внешние факторы (курсы валют, банковский процент, инфляция, неразвитость структуры фондового рынка и т.п.);
- производственные и ценовые внешние факторы (рыночная конъюнктура, конкуренция, кризисы и бумы в экономике, технологические революции и т.п.).

К внутренним экономическим факторам риска относятся:

- внутренние производственные риски;
- внутренние риски утери имущества (производственные аварии, пожары, взрывы);
- персонал;
- менеджмент;
- внутреннее финансовое состояние (ликвидность, платежеспособность, рентабельность и т.п.);
- уровень технической и технологической вооруженности (оборудование, технологические процессы, аварийность и т.п.);
- ответственность в отношении третьих лиц (профессиональные риски, риски гражданской ответственности, экологические риски, энвиронментальные риски).

К внешним внеэкономическим рискам относятся:

- политические риски;
- риски, связанные с изменением законодательства (налоговое, трудовое, гражданское);
- риски, связанные с опасными явлениями природы, стихийными бедствиями, пожарами, катастрофами;
- риски, связанные с глобальными изменениями климата;

– риски, связанные с региональными экологическими проблемами;

– риски, связанные с состоянием окружающей природной среды.

К внутренним внеэкономическим рискам относятся:

- воровство персонала и менеджеров;
- лояльность персонала и менеджеров;
- атмосфера внутри коллектива;
- трудовая этика;
- охрана труда и здоровья персонала;
- социальные обязательства;
- внеэкономическая деятельность.

Важно отметить, что каждый риск способен привести к ущербам различного вида и различной тяжести. Заметим, что к внешним внеэкономическим факторам риска относятся практически все природные опасные явления, поэтому их можно выделить в отдельную группу внутри внешних внеэкономических факторов. В свою очередь, группу рисков, связанную с опасными явлениями природы, целесообразно разделить на группы, связанные с явлениями в атмосфере, литосфере, гидросфере, космическим пространством. Подробность деления факторов риска на группы определяется задачами исследования в целях конкретного экономического субъекта риска. Более того, введение тех или иных самых крупных групп также зависит от целей исследования и анализа риска.

Ряд авторов отмечает, что в сложных системах количество действующих факторов риска может измеряться сотнями и тысячами. Для получения приемлемой схемы анализа и получения оценок риска в ходе ограниченных объемов исследования необходимо часть из факторов отбросить. Это происходит в так называемом факторном анализе риска. В факторном анализе можно выделить следующие этапы:

- идентификация или выделение факторов риска;
- группировка факторных рисков по группам в принятой классификации;
- ранжирование факторов риска внутри групп;
- сокращение числа факторов внутри групп путем выбора главных составляющих;
- оценка выбранных факторных рисков;
- композиция оценки риска из оценок факторных рисков.

Для идентификации факторов риска при исследовании различных сложных систем, их группировки, и ранжирования могут применяться различные методы и способы. Обычно ни один из них не решает задачу исчерпывающим образом и приходится применять комплексные исследования, включающие различные методы и способы выделения факторов риска. Практически все авторы считают процедуру идентификации факторов риска творческим процессом, в котором риск-менеджеру помогают опыт, интуиция, воображение. Среди широко распространенных методов и способов идентификации факторов риска можно выделить следующие:

- опросные листы (стандартные и не стандартные);
- структурные диаграммы;
- карты потоков;
- прямая инспекция;
- консультации с экспертами.

Опросные листы делятся на стандартные и нестандартные и содержат ряд вопросов по важнейшим особенностям функционирования исследуемого объекта. Стандартные опросные листы играют важную роль в исследованиях риска в целях банковского кредита, страхования. Нестандартные опросные листы используются для получения уникальных исследований.

Структурные диаграммы являются графическими объектами, отражающими взаимосвязи между структурными подразделениями и блоками компании, процесса, территории и т.п. По ним удобно выделять источники риска, их местоположение, возможное влияние. По структурным диаграммам обычно выделяют три формы возможного риска: дублирование, зависимость и концентрация.

Карты потоков изображают графически отдельные технологические процессы и их взаимосвязь. По картам потоков можно выделить узловые элементы, нарушение режима в которых или отказ вызывают прекращение всего процесса. Процесс, описанный в конкретной карте потоков, может охватывать один вид деятельности, все внутренние и внешние процессы субъекта риска.

Прямая инспекция направлена на устранение неясностей, выявленных при работе с опросными листами, структурными диаграммами и картами потоков. Проведение прямой инспекции позволяет риск-менеджеру установить контакты с ЛПР субъекта риска, согласовать с ними схему исследования по оценке риска и дальнейшему управлению им.

Консультации с экспертами дают риск-менеджеру возможность квалифицированного освещения и учета многих технических и фактологических аспектов, касающихся исследуемого субъекта риска.

Группировка факторов является обычной стадией факторного анализа риска. Группировка осуществляется в рамках принятой классификации факторов риска, например в виде блок-схемы на рис. 2.3.1. Для сравнимости результатов различных авторов следует стремиться использовать общепринятые классификации рисков. Однако обычной является ситуация, когда каждый автор предлагает свою классификацию рисков, что делает результаты исследований разных авторов трудно сравнимыми.

Факторный анализ предполагает не только выделение всех действующих факторов, но и ранжирование их по вкладу в общий потенциальный ущерб. На основании этого ранжирования можно отбросить менее важные факторы, уделив внимание только главным составляющим. Обычным методом ранжирования факторов риска является экспертная оценка на основании операции попарных сравнений с количественным выражением предпочтений. Количественная оценка предпочтений может быть нечеткой, и выражена, например, в баллах или в понятийной шкале. Шкалы балльности и понятийности могут быть взаимосвязанными. Примером является шкала попарных сравнений Т. Саати, приведенная в табл. 2.3.1.

Таблица 2.3.1

Шкала попарных сравнений Т. Саати

Баллы	Определение	Пояснение
1	Риски одинаково значимы	Эксперт считает, что факторные риски обладают примерно одинаковой значимостью
2		Промежуточное значение
3	Слабое превосходство	Эксперт считает, что значимость первого из пары рисков несколько выше, чем второго
4		Промежуточное значение
5	Сильное превосходство	Эксперт считает, что значимость первого из пары рисков значительно выше, чем второго
6		Промежуточное значение
7	Явное превосходство	Эксперт считает, что значимость первого из пары рисков явно выше, чем второго, и количественные оценки это подтверждают
8		Промежуточное значение
9	Абсолютное превосходство	У эксперта нет никаких сомнений, что значимость первого из факторов риска в паре значительно выше, чем второго

Для снижения субъективности оценок полученных одним экспертом, привлекается группа из Z экспертов, которые проводят независимые процедуры оценки важности факторов. Затем проводится процедура оценки согласованности экспертов. При неудовлетворительной согласованности вносятся коррективы и процедура повторяется до получения согласованных оценок.

В ходе факторного анализа количество учитываемых факторов обычно сокращается до единиц или первых десятков. Важно не терять связи между выделяемым фактором риска и потенциальными ущербами заданным субъектам риска. Очевидно, что один и тот же фактор приводит к различным рискам для различных субъектов риска. Например, землетрясение как фактор приводит к различным рискам для населения в потенциальной зоне поражения и для инвестора, вложившего средства в объекты, оказавшиеся в этой зоне. Это связано как с составом вектора потенциальных ущербов, так и с чувствительностью субъекта риска к потенциальным потерям. Часть населения при землетрясении может потерять жизнь, здоровье, все имущество, семейный и общественный статус и т.п. Этот ущерб может быть для них летальным, катастрофическим. Для части населения ущербы могут быть значительными, незначительными. Инвестор может потерять имущество, денежные средства и т.п. Он может также потерять жизнь и здоровье, если лично окажется в зоне поражения. Эти потери могут быть для него незначительными, значительными, катастрофическими, летальными. Очевидно, что исследования землетрясения как фактора риска могут привести к различным результатам для населения и для инвестора. Знаменательным оказывается факт, что зачастую ранжирование факторов риска, выполненные профессиональными управленцами и специалистами, кардинально отличается от такого ранжирования, выполненного группами населения. Фактически здесь проявляется разница в приоритетах различных субъектов риска. Например, при определении стратегических рисков для устойчивого развития России на период до 2025 г. риски, связанные с наркоманией и алкоголизмом, поставлены экспертами из Центра стратегических исследований МЧС РФ на одно из последних мест, а молодежными группами населения – на одно из первых.

Перейдем к оценке факторного риска, обусловленного каким-либо выделенным фактором. Выбираемый метод оценки, естест-

венно, зависит от вида риска и выбранных единиц измерения потенциального ущерба.

Для экономических ущербов, выражаемых в денежных единицах или в условных единицах, например в долях ВВП, в качестве основного выражения для риска применяются формулы (2.2.1)–(2.2.4) или (2.2.10)–(2.2.13) при некоторой функции потерь $D(U)$. При использовании различных защитных мер возможно применение выражений (2.2.17)–(2.2.20). Эти выражения дают возможность не только оценить математическое ожидание потенциального ущерба, но и учесть структуру его формирования, вклад тех или иных факторов риска, стоящих за вероятностями соответствующих составляющих риска. Из математической статистики, являющейся наукой об оценках вероятностных характеристик, известно, что прямое использование формулы для математического ожидания в виде (2.2.1)–(2.2.4), не является эффективным. Тем не менее, исследователи в области риска предпочитают оценивать средний риск все-таки в виде (2.2.1)–(2.2.4), т.е. на основании информации о функции распределения вероятностей потенциальных ущербов $F_A(U)$ или плотности распределения вероятностей потенциальных ущербов $f_A(U)$.

Оценка функций $F_A(U)$ или $f_A(U)$ может выполняться принципиально различными способами: объективно и субъективно. В соответствии с этим говорят об объективных или субъективных вероятностях потенциальных ущербов. Объективное определение функций $F_A(U)$ или $f_A(U)$ требует выполнения наблюдений за фактическими ущербами в зависимости от рассматриваемого фактора, а также выполнение статистической обработки данных наблюдений.

Принципиальным моментом в теории риска является положение, что вероятность появления того или иного ущерба может быть выражена через вероятность события, вызывающего этот ущерб. Иными словами, ущербу U_A обязательно предшествует случайное событие A , вызывающее этот ущерб и имеющее какую-то вероятность появления. Если вероятность этого события равна q_A , то вероятность ущерба $P(U_A)$ также равна q_A . Заметим, что событием, вызывающим ущерб U_A в простейшей игре в 2.1, оказывается проигрыш (событие A), вероятность которого составляет q_A . В простейшей задаче оценка вероятности ущерба заменяется оценкой вероятности его вызывающего события (проигрыша). В случае простейшей игры риск оценивается

выражением (2.2.1), в котором фактически используется вероятность негативного события, отождествляемого с вероятностью появления ущерба. В случае суммы простейших игр, когда имеется дискретный набор таких событий, риск оценивается выражением (2.2.2), в котором вероятность появления ущерба U_j отождествляется с вероятностью q_j появления негативного события A_j .

Обобщая эти положения на случай простых игр, где потенциальные ущербы характеризуются функциями распределения вероятностей $F_A(U)$ или плотностью распределения вероятностей $f_A(U)$, можно сказать, что для каждого случайного негативного события в этом случае необходимо оценить функции распределения вероятностей или плотности распределения вероятностей потенциального ущерба.

Таким образом, в статистических методах оценки факторного риска зачастую необходимо оценить вероятности появления негативного события, которое является источником опасности или фактором риска. В некоторых случаях именно эта вероятность отождествляется с вероятностью потенциального ущерба в формулах (2.2.1)–(2.2.2). В отдельных случаях необходимо также оценить функции распределения вероятностей потенциального ущерба при данном факторе или при каждой гипотезе его появления.

Если рассматриваемый фактор сам представляется в виде суммы некоторых гипотез, то для оценки этого факторного риска должны использоваться формулы для полной вероятности потенциального ущерба (2.3.1).

Субъективное определение функций $F_A(U)$ или $f_A(U)$ предусматривает их задание достаточно произвольным образом любым исследователем. Несмотря на кажущуюся неправомерность, субъективные вероятности потенциальных ущербов широко используются в различных областях теории риска, например, в инвестициях в ценные бумаги, в страховании, в инвестициях в материальные проекты и т.п. Более того, метод субъективных вероятностей дает возможность экспертного обобщения нечетких массивов недостаточных данных по потенциальным ущербам. Пусть тем или иным образом произведены оценки всех выделенных факторных рисков. Последним этапом оценки риска является композиция факторных рисков в единое целое. Для независимых факторов факторные риски просто складываются. Для зависимых рисков необходимо оценивать взаимные функции распределения вероятностей, либо вероят-

ностные характеристики, связанные с ними, например коэффициенты ковариации или корреляции.

Таким образом, оценка риска всегда предполагает объективное или субъективное определение некоторых вероятностных характеристик потенциальных ущербов. Это могут быть средние ущербы в денежном выражении, средние потери в жизнях людей, средние количества людей, заболевших той или иной болезнью и т.п.

Выполнение исследований по оценке риска всегда связано с достаточно большим объемом выполняемых работ, привлекаемых данных, изображением результатов исследований в удобном для использования виде. Естественно желание, чтобы эти результаты исследований были доступны как можно большему количеству потребителей информации о рисках. Чтобы удовлетворить это желание, созданы множество баз данных по тем или иным аспектам оценки рисков. Например, существуют значительные базы данных по результатам исследований «доза-эффект» влияния различных химических веществ на здоровье человека, а также живых организмов. Использование таких баз данных обязательно при оценке риска здоровью человека в том или ином регионе. Однако и сами результаты исследований риска здоровью человека могут сводиться в базу данных, например в виде географической информационной системы (ГИС). Для оценки материального ущерба от стихийных явлений необходима информация о явлениях природы и различных гидрометеорологических величинах. Подобные данные также могут накапливаться в различных гидрометеорологических базах данных, в том числе и в виде ГИС. В виде ГИС также могут обобщаться и храниться уже сами оценки рисков по материальному ущербу для различных регионов, производств, населенных пунктов и т.п. Это связано с тем, что, как отмечалось ранее, риски являются вероятностными характеристиками векторных нестационарных полей потенциальных ущербов, которые зависят, в общем случае от пространства и времени. Подобное положение приводит к тому, что и сами риски оказываются зависящими от географических координат и в общем случае от времени. Зависимость рисков от пространства заставляет проводить соответствующие исследования для различных территорий и расположенных на них производственных объектов, населенных пунктов, экосистем. Зависимость рисков от времени заставляет производить их переоценку, а также ставит задачу прогноза рисков.

Прогноз рисков представляет собой предсказание выбранных вероятностных характеристик потенциальных ущербов на определенное время вперед. В зависимости от периода заблаговременности выделяют прогнозы на краткосрочную, среднесрочную и долгосрочную перспективы. Нечеткие – понятия краткосрочная, среднесрочная и долгосрочная перспективы – зависят от области использования информации о рисках, потребностях потребителей этой информации и самой природы изменчивости прогнозируемой величины.

Подходы к прогнозу любой вероятностной характеристики имеют общие закономерности. Широко распространен подход, в котором считается, что вероятностные характеристики, определенные по предыдущему периоду, останутся неизменными и в будущем. Такой прогноз носит название инерционного. Для вероятностных характеристик инерционный прогноз возможен, если принимается гипотеза о стационарности случайного поля в широком смысле. В неявном виде эта гипотеза весьма широко используется при объективном способе определения функции распределения вероятностей для потенциальных ущербов. Очевидно, что эта функция будет изменяться в соответствии с некоторыми внешними условиями. Например, потенциальный материальный ущерб на некоторой территории до и после строительства производственного объекта окажется разным, и будет определяться, помимо прочего, характеристиками этого объекта. Подобное положение, очевидно, должно сказываться на периодах переоценки рисков, в пределах которых гипотеза о стационарности потенциальных ущербов сохраняется и может использоваться инерционный прогноз рисков.

Особое место прогнозирование рисков занимает при проектировании крупных производственных, транспортных, градостроительных объектов. Необходимо учитывать те изменения в потенциальных ущербах, которые вызываются появлениями этих объектов. Может оказаться явно недостаточной и неполной информация о рисках, существовавшая ранее. Экстраполяция этих данных на будущее может привести к неправильным управленческим решениям. Примером может служить судьба Аральского моря, гибель которого была вызвана широкомасштабным проектом по орошению земель в среднеазиатских республиках. Неправильный учет рисков, основанный на неполных данных периода до создания системы оросительных каналов, привел к неправильному решению о безопасности и рентабельности проекта в целом.

Вместе с тем, очень часто различные данные о случайных величинах, используемые при оценке рисков, действительно демонстрируют выполнение условия стационарности на достаточно длительных периодах времени, особенно если это обусловлено определенным сочетанием физических законов. Поиск закономерностей изменчивости вероятностных характеристик потенциальных ущербов, а также составляющих случайных величин, является сложной, но необходимой задачей.

При решении задачи прогнозирования рисков широкое распространение получили статистические и интуитивные методы. Статистические методы основаны на последовательном применении всего огромного опыта прогнозирования случайных величин, процессов, полей, а также их вероятностных характеристик, накопленных человечеством. Статистические характеристики, являющиеся оценками рисков, получаются в результате обработки тех или иных натуральных данных с использованием правил и приемов математической статистики.

Весьма часто статистические методы оценки риска оказываются неприменимыми из-за отсутствия необходимых натуральных данных или их крайне ограниченного объема. В этом случае используются интуитивные методы. Они основаны на субъективных вероятностях и экспертных оценках. Интуитивные методы оценки риска нашли широкое применение в инновационных проектах, когда именно новизна применяемых решений обуславливает отсутствие статистической информации о негативных событиях и связанных с ними ущербах.

Промежуточное место между статистическими и интуитивными методами оценки рисков занимает моделирование рисков. В ходе моделирования получают данные, которые также можно обрабатывать статистическими методами, но их степень близости к истине нуждается в дополнительных исследованиях. Используемые направления моделирования рисков можно разделить на феноменологические, детерминированные и вероятностные. В феноменологических моделях позитивные и негативные события и их результаты моделируются на основе хорошо известных и проверенных законов, явлений. Они могут быть заимствованы из физики, химии, биологии, экономики и других наук. Примерами являются моделирование рисков, связанных с распространением загрязнений, взры-

вами различных химических веществ. Детерминированные модели связывают параметры, например технических устройств, с вероятностями негативных событий и различными мерами риска, связанными с ними. Вероятностные модели позволяют оценить вероятностные характеристики самих потенциальных ущербов, т.е. рисков. Среди вероятностных методов моделирования широкое распространение получил метод Монте-Карло, который иногда называют методом статистического моделирования. Достоинством этого метода является объединение достоинств феноменологического и детерминированного подходов с вероятностной постановкой задачи и трактовкой результатов. Прогнозирование рисков может осуществляться для одной точки или для некоторой географической территории. В последнем случае прогнозирование может осуществляться с помощью различных ГИС.

2.4. Управление рисками

Управление в общем смысле означает процесс, состоящий из последовательности действий и направленный на достижение некоторых заданных целей. В этом процессе используются доступные материальные, финансовые и человеческие ресурсы, а также доступные орудия управления. В управлении выделяют целеполагание, траектории движения, субъекты и объекты управления, методы и способы управления, результат, оценка управления и многие другие понятия. Ограниченные размеры настоящего пособия не дают возможности подробно их рассмотреть.

Управление рисками в узком смысле означает достижение некоторых заранее поставленных целей, связанных с рисками, т.е. объектом управления является риск. Например, ставится задача о том, чтобы суммарный риск проекта не превосходил заданной величины. Управление в таком случае предполагает создание некоторой системы, состоящей из субъектов и объектов управления, с помощью которой удастся достичь заданной цели, используя определенные управленческие решения и двигаясь по определенным траекториям. Состав и качество этой управляющей системы определяется, среди прочего, выделенными материальными, финансовыми и человеческими ресурсами. Для достижения цели используют те или иные методы и способы управления. В конечном счете, результат управления должен быть подвергнут определенной оценке, которая позволит сделать выводы о

качестве управления. Естественно, что при построении системы управления целесообразно использовать доступную информацию об объекте управления, т.е. о риске. Большое значение имеет и сама поставленная цель управления. Можно ли управлять рисками в обстановке полной неопределенности? Подобная ситуация достаточно часто возникает при осуществлении инновационных проектов. Очевидно, что задачи управления рисками в условиях как полной, так и частичной неопределенности могут достаточно сильно отличаться и по постановке, и по методам решения. Степень неопределенности исходной и доступной информации о рисках существенно сказывается на задачах, методах и способах управления рисками.

С математической точки зрения, управление любым объектом сводится к выбору управленческого решения, приводящего к заданному результату. При этом сами управленческие решения считаются определенными и образуют некоторое множество. Иногда управленческие решения называют управленческими стратегиями, подчеркивая, что они состоят из множества действий. Пусть существует множество состояний среды S , множество состояний объекта управления W , множество управленческих решений D и множество результатов R . Говорят, что математическая модель рассматриваемой ситуации есть отображение $M: S \times D \times W \rightarrow R$, сопоставляющее состоянию среды s состоянию объекта w и решению d результат $r = M(s, w, d)$. Состояние среды является, как правило, неопределенным и описывается в рамках теории риска какой-либо вероятностной моделью: говорят, что на S задано вероятностное распределение. То же самое можно сказать о состоянии объекта управления. Посредством отображения M оно при каждом решении d порождает вероятностное распределение на R . Таким образом, каждому решению соответствует свое распределение на множестве результатов, и выбор оптимального решения сводится к выбору "наилучшего" распределения на R .

Множество состояний среды S является исключительно емким понятием. В него входят все существенные факторы риска, внешние по отношению к объекту управления. Каждый из этих факторов характеризуется своим вероятностным распределением. Как уже было отмечено ранее, число внешних факторов риска различной природы может достигать сотен и тысяч.

Множество состояний объекта W также характеризуется множеством внутренних факторов риска, каждый из которых имеет свое вероятностное распределение. Поскольку эти факторы являются сами подверженными управленческим решениям d из множества D , то можно сказать, что множество состояний объекта после реализации управленческого решения является отображением своего предыдущего состояния и управленческого решения на множество состояний объекта: $M: W_n \times D \rightarrow x W_{n+1}$.

Множество управленческих решений представляет собой на самом деле набор управленческих стратегий, состоящих из ограниченного набора мер технических и организационных мероприятий. Отдельная стратегия d характеризуется последовательностью этих мероприятий. При этом последовательность осуществления мероприятий также является отличительным признаком стратегии. Важно отметить, что практически все управленческие решения из множества D направлены на изменение состояний объекта управления W . Количество управленческих решений, способных влиять на окружающую среду, весьма ограничено, но они существуют. Естественно, что эти решения сами зависят от фактора внешнего риска. Например, политические риски, являющиеся внешними внеэкономическими рисками, могут управляться лоббированием.

Множество результатов при управлении рисками является множеством оценок выбранных факторных рисков. Под факторным риском понимается принятая мера риска, например математическое ожидание потенциальных ущербов из-за данного фактора. Обычно в ходе факторного анализа количество самих факторных рисков сокращается до единиц и десятков.

Таким образом, с математической точки зрения управление рисками сводится к выбору такого управленческого решения (управленческой стратегии), при котором суммарный риск, задаваемый набором факторных рисков, являлся бы приемлемым или наилучшим в принятом смысле. В последнем случае говорят об оптимальном управлении.

Весьма часто множеству результатов в области рисков ставят в соответствие множество стоимостей, т.е. каждому факторному риску, определяемому отображением управленческого решения на состояние среды и объекта, ставится в соответствие стоимость этого управленческого решения. В этом случае выбор приемлемого или

оптимального решения осуществляется с учетом критериев, отражающих влияние стоимости управленческого решения.

Экономическая деятельность обычно ведется в целях получения прибыли, а не в целях борьбы с риском. Поэтому управленческие решения зачастую продиктованы стремлением получить максимальную прибыль или прибыль заданного уровня. В этом случае управленческие решения подвергаются анализу выгод или прибыли (benefit). Естественно, тогда анализ рисков является вспомогательным и помогает из приемлемых с точки зрения прибыли управленческих решений отбросить неприемлемые с точки зрения риска. Более того, совместное рассмотрение управленческих решений с точки зрения прибыли и рисков позволяет принимать выгодные решения с приемлемым уровнем риска.

Таким образом, можно сказать, что в современных условиях управление риском в подавляющем числе случаев является своеобразной составляющей общего управления экономической деятельностью, направленной на получение прибыли. Задача правления рисками состоит в том, чтобы обеспечить прибыльность экономической деятельности за счет снижения рисков до приемлемого уровня. Рассмотрение управления риском вне контекста общего процесса управления экономической деятельностью обычно приводит к абсурдным результатам, связанным с завышением расходов на защитные меры и потерей рентабельности экономической деятельности. Вместе с тем, исключение управления рисками из общего процесса управления экономическими результатами может привести к катастрофическим последствиям, связанным с неприемлемыми материальными ущербами, потерями значительного числа человеческих жизней, ухудшением здоровья значительных масс населения, экологическими катастрофами, кризисами и ухудшением качества окружающей среды.

Существующие методы выбора управленческих решений в условиях достаточной информации о риске опираются, в основном, на теорию принятия оптимальных и квазиоптимальных решений. Рассмотрение ведется в матричной форме, где номер столбца соответствуют номеру управленческой стратегии, а номер строки – номеру состояния среды или объекта управления. Сами элементы матрицы могут представлять собой: риски, стоимости (затраты), выгоды (прибыли). Выбор осуществляется в пользу номера стратегии, при кото-

рой элементы матрицы в этом столбце удовлетворяют некоторым критериям. Наиболее широкое распространение получили критерии, основанные на принципах: минимакса, максимина, Гурвича, Сэвиджа. Достаточно подробно эти методы описаны во многих работах. Вместе с тем, следует отметить, что в практике управления рисками эти методы не находят широкого применения из-за значительной неопределенности в соответствующих матрицах факторных рисков и значительных неточностях полученных оценок элементов матриц.

За долгое время ведения экономической деятельности в условиях риска выработано достаточно много способов управления рисками. Они опираются на общую теорию управления рисками, но зачастую не имеют видимой связи с ней. Это связано с тем, что в практике управления рисками практически всегда не хватает информации, необходимой для прямого применения математических моделей управления риском и методов, основанных на них. В частности, обычно достаточно скудно освещается множество возможных результатов деятельности в области потенциальных ущербов. Оценки факторных рисков выполняются со значительными погрешностями, что значительно затрудняет практический выбор приемлемой или оптимальной стратегии управления рисками. В таких условиях предпочтение отдается так называемым робастным (грубым) методам управления рисками, малочувствительным к неточностям информации о рисках и недостаточности информации о них. Эти методы носят эвристический характер, направлены на управление самими факторами рисков. Например, есть источник риска – убери его. Знаменитое изречение «нет человека – нет проблем» является примером метода управления рисками, связанными как с конкурентами (внешние риски), так и с персоналом и менеджерами (внутренние риски). Зачастую можно ослабить влияние фактора риска, сделав его управляемым. Примером является лоббирование как метод уменьшения политических рисков. Основной особенностью эвристических методов управления рисками является то, что часто невозможно указать, насколько уменьшился риск. Возможно указать нечеткие формулировки: снижение риска, значительное снижение риска и т.п. Однако практика применения эвристических методов управления рисками показала их приемлемость и достаточно высокую эффективность. Зачастую они являются единственно применимыми в условиях значительной неопределенности. Владение

арсеналом эвристических методов управления рисками является визитной карточкой практического риск-менеджера.

Рассмотрим группы эвристических методов управления рисками. Среди них обычно выделяют:

- превентивные методы управления рисками;
- репрессивные методы управления рисками;
- борьба с последствиями негативных событий;
- компенсационные методы управления рисками.

Превентивные методы управления рисками включают в себя:

- уклонение от риска;
- снижение риска;
- передача риска третьим лицам.

Уклонение от риска является основной чертой консервативного поведения инвестора. Уклонение от риска достигается сокращением числа рискованных решений или исключением их из практики конкретного бизнеса вообще, принятием решений с малым уровнем риска. Практика риск-менеджмента показывает, что необоснованный риск является причиной огромных материальных потерь и колоссального числа погибших людей. Ярким примером является вождение автомобиля в нетрезвом виде. Люди знают, что это очень опасно, но продолжают ездить в нетрезвом виде. В результате только в России количество погибших в автомобильных происшествиях достигает 30 тысяч человек в год, а раненых – около 300 тысяч. Примерно 30 % этих цифр обусловлено нетрезвыми водителями. Зачастую ЛПР предпринимают экономически невыгодные проекты даже при отрицательном заключении риск-менеджера. Это обусловлено их внутренними мотивационными причинами, которые проявляются как любовь к риску. Следствием являются как катастрофические экономические потери, так и повышенный уровень самоубийств среди таких людей. Предельным проявлением такого поведения является неконтролируемый азарт. ЛПР с азартным поведением может привести себя и возглавляемое предприятие к катастрофе.

Снижение риска также относится к превентивным методам, если мероприятия осуществляются до начала деятельности. К этой группе методов относятся:

- защитные мероприятия;
- диверсификация.

К снижению риска приводят различные методы технической и организационной защиты, меры по повышению уровня безопасности и т.п. Важно, чтобы превентивные методы снижения риска применялись правильно. Примером является использование ремня безопасности при езде на автомобиле. Можно застегнуть ремень перед поездкой, а можно остаться не пристегнутым. Наличие средств технической защиты предусматривает правила их использования. Нарушение этих правил приводит к снижению эффективности защиты как метода управления соответствующим риском. То же самое можно сказать в отношении организационных мер снижения риска. Примером являются инструкции по технике безопасности, предусматривающие определенное поведение персонала. Особенностью методов снижения риска путем защитных мероприятий является то, что часто можно указать числовое значение снижения риска. Например, использование ремня безопасности позволило снизить количество смертельных случаев в автомобильных авариях в несколько раз в зависимости от конкретной страны.

Важным способом снижения рисков является диверсификация. Она предполагает наличие альтернатив в направлениях деятельности, защитных мероприятиях, источниках снабжения и финансирования, потребителях, покупателях и т.п. Диверсификация является реализацией принципа «не класть все яйца в одну корзину».

Передача риска третьим лицам заключается в передаче за некоторую плату риска от субъекта риска с неприятием риска лицу, склонному к риску. К этому методу относятся: страхование, банковский кредит, а также специальные процедуры (хеджирование в форме опционов или фьючерсов), используемые в биржевой деятельности. Основным моментом в передаче риска третьим лицам является плата, за которую передается риск. Иногда эту плату называют ценой риска. Однако в теории риска ценой называется некоторый функционал потенциальных потерь, связанный с вероятностными характеристиками этих потерь. В теории плата за риск отождествляется с его ценой. На практике цена риска и плата за риск могут не совпадать. К настоящему времени выполнено множество исследований по цене риска для различных видов передачи риска. Естественно, что профессионалы в этой области стараются, чтобы плата за риск была не меньше его цены.

Отдельным направлением передачи рисков третьему лицу является поручение опасной работы за плату наемному работнику.

Здесь работодатель платит не только за выполненную работу, но и за риск в виде дополнительной ставки. Величина этой ставки за риск также может учитывать цену риска, но может формироваться и из иных соображений, например на основе договоренности с учетом спроса и предложения.

Ограниченность метода передачи риска третьему лицу заключается в том, что найти ответственное третье лицо, согласное принять на себя риск и способное выполнить свои обязательства в случае инцидента, бывает весьма затруднительно. Дополнительным ограничением этого метода являются затруднения, связанные с определением цены риска и соответствующей платы за риск.

Репрессивные методы управления рисками задают правила игры для участников рискованных видов деятельности и включают в себя следующие составные части:

- разработку нормативных документов, регламентирующих рисковую деятельность;
- систему инспекции и контроля рискованной деятельности;
- систему платежей за осуществление опасной (рискованной) деятельности;
- систему штрафов и наказаний за нарушение нормативных актов по рискованной деятельности.

Особенностью репрессивных методов управления является необходимость существования социальной структуры общества.

Разработка нормативных документов, регламентирующих рисковую деятельность, предполагает определенную социальную структуру, наличие нормотворческих органов, субъектов рискованной деятельности, норм репрессивных воздействий, принятых в обществе.

Система инспекции и контроля над рискованной деятельностью предусматривает существование системы власти. Различают национальную и международную системы инспекции и контроля над рискованной деятельностью. В рамках этих систем за отдельные виды рисков обычно отвечают различные ведомства, агентства, инспекции и т.п.

Система платежей за осуществление опасной (рискованной) деятельности предполагает создание и введение в практику шкал цен риска и соответствующих платежей за риск. Наиболее важным моментом оказывается обоснованность назначаемых платежей и направления их использования. Обычной практикой является поступление этих платежей в некоторые специализированные фонды,

предназначенные для устранения последствий опасной деятельности. Вместе с тем, часто собираемые платежи направляются на другие цели. В этом случае репрессивные методы не работают на управление рисками, а служат источником получения прибыли или покрытия затрат, не связанных с управляемым объектом.

Система штрафов и наказаний за нарушение нормативных актов по рисковому деятельности предполагает создание условий, препятствующих безнаказанному нарушению принятых нормативных актов по рисковому деятельности. Именно в этой системе проявляется в чистом виде репрессивная функция репрессивных методов управления рисками. Качество этой системы определяется, в первую очередь, неотвратимостью наказания. Иначе суровость закона компенсируется необязательностью его исполнения.

Приводя общую характеристику репрессивных методов управления рисками, можно отметить их сложность, зависимость от многих составляющих системы управления, высокую стоимость, подверженность коррупции, невысокую эффективность. Вместе с тем, применение этих методов в современных условиях является повсеместным, поскольку с их помощью задаются правила игр для игроков, участвующих в рисковом деятельности. Высока роль этих методов и в международной практике управления рисками, особенно в области экологических и энвайронментальных рисков.

Борьба с последствиями негативных событий как метод управления рисками направлена на уменьшение потенциального ущерба, зависящего от фактора времени. Например, ущерб от аварийного загрязнения нефтью зависит от времени воздействия нефти на объекты живой природы, а также от объемов пролитой нефти. Срочные меры по сбору пролитой нефти уменьшают потенциальный ущерб живым организмам и соответствующие экологические риски. Стоимость борьбы с последствиями негативных явлений может оказаться весьма высокой и сравнимой с потенциальным ущербом. Экономически может оказаться невыгодным применение этих методов. Вместе с тем, если ущерб наносится жизни и здоровью людей, значимым экосистемам и территориям, эти методы применяются, не взирая на их стоимость. Зачастую для борьбы с негативными последствиями необходимы сложные технические системы, значительный персонал. Важную роль играет и фактор времени. Для сложных технических объектов, опасных производственных и

транспортных систем борьба с негативными последствиями аварий является обязательным методом уменьшения рисков. Это обусловлено соответствующими нормативными актами, т.е. является следствием применения репрессивных методов управления рисками.

Компенсационные методы управления рисками основаны на желании субъектов риска получить компенсацию за ущерб, причиненный им в результате наступления того или иного негативного события. К этим методам относятся:

- страхование;
- самострахование;
- компенсации по искам к виновникам ущербов;
- государственная помощь.

Основным методом в этой группе является страхование. По своей сути страхование является разновидностью метода передачи риска третьему лицу, но по форме осуществления – компенсационным механизмом. Действительно, возмещение осуществляется только при наступлении страхового случая, оценки фактического ущерба и сравнения его с условиями страхования. Остальные формы передачи риска третьим лицам (банковский процент, хеджирование) не имеют компенсационной основы.

Вторым по значимости методом является самострахование. Он предусматривает создание собственных страховых фондов, в которые отчисляются соответствующие суммы страховых платежей. Расходование средств из этих фондов возможно только при заранее предусмотренных аварийных случаях. Контроль над соблюдением правил расходования из этих фондов осуществляют соответствующие контролирующие органы и руководство предприятия. Возможно создание взаимных фондов самострахования между различными предприятиями или лицами.

Компенсация по искам к виновникам ущербов осуществляется в соответствии с нормативными актами, т.е. является следствием применения репрессивных методов управления рисками. Использование этого метода обычно требует квалифицированного юридического персонала или сторонних адвокатов. Стоимость данного метода управления рисками может быть весьма высокой.

В ряде случаев при особенно значимых ущербах субъекты риска могут получить государственную помощь или компенсацию. Примером является государственная компенсация за утраченное жилье в результате боевых действий для населения Чечни.

Из рассмотренного перечня компенсационных методов управления рисками следует, что часть из них предусматривает внесение авансовых платежей, а часть – не предусматривает.

При рассмотрении практических аспектов управления рисками определенное внимание уделяется вопросам поведения ЛПР в этой области. Ключевым моментом в поведении ЛПР является механизм принятия им решения в области управления риском. Подходы в принятии решения принято делить на две группы: процессо-ориентированные и стратегически ориентированные.

В процессо-ориентированном подходе главным является процесс, который будет принят за основу принятия решения. Когда процесс выбран, то не требуется никаких правил принятия решения вне этого процесса. В таком положении находится большинство ЛПР всех уровней, включая самый верхний, когда все их возможные управленческие действия регламентированы существующими правилами. Эти правила предусматривают и порядок обсуждения проблем, и порядок принятия решения, и сам набор решений. За нарушения правил управления предусмотрены наказания самого ЛПР. В таких условиях часто принимаются неверные по существу, но безукоризненные с точки зрения регламента управленческие решения.

Стратегические подходы более прозрачны и логичны, обоснованы, но для их применения требуется определенная централизация и разделение системы управления на стратегическую и оперативную части. Для стратегического управления будут использоваться стратегические подходы, а для оперативного – процессо-ориентированные. Считается, что все возможные стратегии ЛПР укладываются в три группы поведения: формальный анализ, методы аналогий и экспертные оценки.

Формальный анализ требует проведения обычно математических исследований и его возможности в практическом риск-менеджменте на уровне ЛПР незначительны. Критики формальных методов, основанных на анализе тех или иных схем, сомневаются в способностях аналитиков адекватно оценить организационные препятствия при выполнении рекомендаций. Беспокоит их и наличие идеологических моментов, скрытых в беспристрастных, на первый взгляд, схемах. Для большинства ЛПР формальные методы остаются недоступными из-за их сложности и потребности участия специалистов-аналитиков. Они не доверяют несобственным выводам. Неквалифицированное же ис-

пользование формальных методов может привести к большим неприятностям в практической деятельности из-за неправильной трактовки результатов и упущения важных моментов анализа.

Методы аналогий предполагают изучение чужого и собственного опыта и использование результатов в принятии решения. В свое время метод аналогий нашел широкое применение в СССР под названием «знакомства с передовым опытом». Среди методов аналогий в последнее время широкое применение нашел бутстреппинг (bootstrapping), т.е. метод шнурков ботинок, основанный на максимальном использовании опыта предшественников. Прежний баланс между затратами, рисками и выгодами, достигнутый ранее, прежним руководством, должен быть сохранен и его следует учитывать в последующих решениях. Изменения возможны, но на длину шнурка ботинок, т.е. крайне незначительные. Естественно, что бутстреппинг возможен только для успешно действующих предприятий. В области рисков бутстреппинг означает сохранение параметров риска системы и отслеживание опыта успешных предприятий.

Экспертные оценки представляют собой подход к принятию управленческого решения, в котором также минимально используются формальные методы анализа риска. Эксперт пользуется своим опытом и профессиональной интуицией. Чтобы свести к минимуму ошибки или просто исключить неверные решения, применяются методы квалификации экспертов, сравнение экспертных оценок. С помощью данного метода могут приниматься решения в области рисков, не укладывающиеся в схему баланса «затраты – выгоды», например при учете психологических аспектов риск-менеджмента. Такие аспекты постоянно возникают при обсуждении техногенных рисков на уровне населения, третьих лиц и в международных отношениях.

Контрольные вопросы

1. Что такое шанс и риск в простейшей игре?
2. Что такое спекулятивный и чистый риск?
3. Что такое простая игра?
4. Что такое отношение к риску?
5. Что такое фактор риска?
6. В чем заключается управление рисками?
7. Что такое эвристические методы управления рисками?
8. Что такое бутстреппинг?

Глава 3.

ОПАСНЫЕ ПРИРОДНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

Опасные природные явления (ОЯП) представляют собой источники потенциальных ущербов для экономической деятельности или факторы риска. Субъекты риска во всех секторах общества должны строить планы своей экономической деятельности с учетом этих факторов риска. Специалисты по опасным природным явлениям редко оказываются вовлеченными в экономическую деятельность, поэтому основные сведения об этих опасных явлениях должны быть доступны населению, а также лицам, принимающим решения (ЛПР), в коммерческом секторе и в секторе власти.

Опасные явления природы для биологических, социальных и технических систем могут рассматриваться как проявления воздействия на них окружающей среды. Многие специалисты по ОЯП считают, что основными источниками ОЯП служат так называемые геосферы и процессы в них. Под влиянием силы тяжести вещество на нашей планете организовано на планете в виде концентрических областей, которые и называются геосферами. В пределах каждой геосферы вещество находится в различных фазовых состояниях (твердое, жидкое, газообразное, плазменное состояния). В строении Земли выделяют множество геосфер. В каждой из геосфер происходят процессы, которые могут восприниматься человеком как ОЯП, если они способны наносить существенный экономический ущерб и приводить к гибели людей и живых организмов в экосистемах. Вообще говоря, насчитывается множество ОЯП и описание каждого из них с достаточной подробностью не может быть осуществлено в настоящем пособии из-за ограниченности его объема.

Существуют различные классификации опасных явлений природы. В настоящем пособии принята классификация по преимущественному протеканию ОЯП в одной из четырех природных сфер, важных для человечества и экосистем: литосфере, атмосфере, гидросфере и в космической окрестности Земли. Процессы, протекающие ниже литосферы, но вызывающие ее перемещения, формально относятся к литосфере. Это позволяет не рассматривать отдельно в данном пособии такие глубинные геосферы, как ядро, мантия, астеносфера. Если опасное природное явление протекает в нескольких средах, то оно относится преимущественно к той сфере, в кото-

рой формируется поражающая сила. Например, сильный ливень формируется в атмосфере, а поражает объекты на поверхности литосферы. В соответствии с указанным выше принципом это опасное природное явление относится к атмосферным ОЯП. Часто одним ОЯП сопутствуют другие ОЯП. В таких случаях говорят о сопутствующих ОЯП. Например, сильный ливень, как ОЯП, может привести к наводнению, которое рассматривается как сопутствующее ОЯП. Заметим, что наводнение является самостоятельным ОЯП и вызывается не только сильными ливнями.

Важной особенностью опасных природных явлений оказываются их интенсивность, мощность, амплитуда, магнитуа и т.п. С помощью этих характеристик описывается обычно энергетическая мощь опасного природного явления, а также его пространственно-временная характеристика. Более того, именно интенсивность гидрометеорологических процессов (ветер, волнение, повышение уровня воды) переводит их в категорию ОЯП. Например, ветер становится ОЯП «сильный ветер», если его скорость, считая порывы, составляет не менее 25 м/с на территории не менее 1/3 субъекта федерации при продолжительности явления не менее 6 ч. Для акваторий океанов, арктических и дальневосточных морей это критическое значение составляет не менее 30 м/с, а для побережий морей и горных районов – не менее 35 м/с. Значения критериев перевода природных явлений в ОЯП задаются законодательным образом и зависят от влияния природных явлений на экономическую деятельность в конкретных географических районах с учетом их повторяемости. В официальных российских документах ОЯП принято называть «стихийными гидрометеорологическими явлениями». При их наступлении всем органам власти и государственным организациям предписано действовать особым образом.

При рассмотрении ОЯП с точки зрения их влияния на экономическую деятельность необходимо уделять внимание поражающим факторам, указывать потенциальные ущербы и механизмы их образования. С этой точки зрения все ОЯП делятся на две категории: вызывающие и не вызывающие человеческие жертвы. Например, землетрясения и наводнения могут вызывать человеческие жертвы, а подтопление территорий и образование оврагов – нет. Для гидрометеорологов, которые профессионально занимаются на-

блюдениями за ОЯП, подобный аспект изучения ОЯП является малоизвестным.

На территории России многочисленные хозяйственные объекты подвержены разрушительным воздействиям со стороны ОЯП практически всех видов. Суммарный среднесноголетний экономический ущерб от этих факторов риска достигает 6–7 % от валового внутреннего продукта (ВВП) России, что составляет около 20–26 млрд. долл. США.

3.1. Опасные природные явления в литосфере

3.1.1. Землетрясения

Подземные толчки и колебания земной поверхности называются землетрясениями. Изучением землетрясений занимается сейсмология. Причиной землетрясений являются тектонические смещения и разрывы в земной коре и верхней мантии, в результате которых осуществляется разгрузка напряжений участков земной коры. При таких смещениях и разрывах в земной коре возникают так называемые сейсмические волны различной амплитуды, которые могут достигать и поверхности. Эти сейсмические волны распространяются из эпицентра землетрясения, которым является место смещения, разрыва, сброса, тектонической подвижки, и вызывают колебания земной поверхности на значительных территориях. Между собой землетрясения отличаются причинами возникновения, полной выделившейся энергией, зонами охвата и поражения, мощностью сейсмических волн, интенсивностью подвижек земной поверхности, характером разрушений на земной поверхности. Ежегодно возникает около миллиона различных землетрясений, большинство из которых ощущается и регистрируется только специальными приборами (сейсмографами), установленными на специальных сейсмографических станциях. В настоящее время сеть таких станций имеет глобальный характер. С помощью этой сети регистрируются и изучаются все землетрясения на Земле.

Первоначально информацию о землетрясениях получали не с помощью приборов, а путем опроса очевидцев, участников события, наблюдателей за последствиями катастрофических землетрясений. Поэтому шкалы интенсивности землетрясений издавна базировались на использовании безразмерных единиц (баллов) и соответ-

ствующих им описаниях внешних проявлений землетрясения. Впоследствии, после введения сейсмографов в широкую практику, появились шкалы, для описания землетрясений, основанные на анализе записей сейсмографов (сейсмограмм). Такие шкалы получили наибольшее распространение среди специалистов, имеющих доступ к анализу сейсмограмм. Впоследствии этими шкалами стали широко пользоваться и другие специалисты, для которых необходима информация о мощности землетрясения.

Изначально для описания интенсивности землетрясений использовались шкалы интенсивности (балльности) землетрясений, основанные на эффекте воздействия землетрясения на поверхности в точке наблюдения. Принцип введения таких шкал аналогичен шкале Бофорта для оценки силы ветра. В разных странах эти шкалы несколько отличаются друг от друга как по названию, так и по количеству баллов в них. Одной из наиболее ранних шкал интенсивности землетрясений являлась 10-балльная шкала Росси – Форела, принятая в Америке в 1883 г. Сейчас в Америке принята 12-балльная шкала ММ, названная по имени ученого Меркалли (модифицированная Меркалли), в Японии – 9-балльная шкала JMA. В России сейчас принята 12-балльная шкала MSK-64, названная по именам ученых Медведева, Шпонхоера и Карника и частично приведенная ниже.

Таблица 3.1.1.1

Шкала интенсивности землетрясений MSK-64

Баллы	Описание
1	Ощущается немногими особо чувствительными людьми в особенно благоприятных для этого обстоятельствах
3	Ощущается людьми как вибрация от проезжающего грузовика
4	Дребезжат посуда и оконные стекла, скрипят двери и стены
5	Ощущается почти всеми; многие спящие просыпаются. Незакрепленные предметы падают
6	Ощущается всеми. Небольшие повреждения
8	Падают дымовые трубы, памятники, рушатся стены. Меняется уровень воды в колодцах. Сильно повреждаются капитальные здания
10	Разрушаются кирпичные постройки и каркасные сооружения. Деформируются рельсы, возникают оползни
12	Полное разрушение. На земной поверхности видны волны

Заметим, что балльность приписывается точке наблюдения, поэтому в различных точках пространства при одном и том же землетрясении балльность будет различной. Наибольшая балльность обычно наблюдается в эпицентре, именно она теперь и указывается в качестве общей характеристики всего землетрясения. Ранее говорили: землетрясение силой 7 баллов в эпицентре, теперь говорят: землетрясение 7 баллов, что означает то же самое.

Таблица 3.1.1.2

Шкала землетрясений по Рихтеру

Магнитуда	Характеристика
1	Наиболее слабое землетрясение, которое может быть зарегистрировано с помощью приборов
2,5–3,0	Ощущается вблизи эпицентра. Ежегодно регистрируют приблизительно 100 000 таких землетрясений
4,5	Вблизи эпицентра могут наблюдаться очень небольшие повреждения
5	Приблизительно соответствует энергии одной атомной бомбы
6	В ограниченной области может вызвать значительный ущерб. Ежегодно таких землетрясений происходит около 100
7	Начиная с этого уровня, землетрясения считаются сильными
8	Землетрясение в Сан-Франциско в 1906 г.
8,4	Аляскинское землетрясение 1964 г., землетрясение в Ассаме в 1950 г.
8,6	Энергия, в 3 млн. раз превышающая энергию взрыва одной атомной бомбы
8,9	Лиссабонское землетрясение 1755 г.

Среди специалистов-сейсмологов наибольшее распространение для описания мощности землетрясения получила шкала Рихтера (шкала магнитуд), названная в честь известного сейсмолога Чарльза Рихтера (1900–1985). Она ориентирована на анализ высот сейсмических волн, записанных с помощью сейсмографов. С ее помощью можно сравнивать между собой различные по мощности землетрясения. Эта шкала носит логарифмический характер, и возрастанию магнитуды на единицу соответствует увеличение амплитуды сейсмических волн в 10 раз. Вместе с тем, Рихтер связал магнитуду с некоторыми проявлениями землетрясения, в том числе и с известными землетрясениями. Магнитуда является одной из основных характеристик при описании землетрясений. Обычно информация о

магнитуде записывается в виде $M = 6,2$. Иногда можно встретить обозначение R , например, землетрясение 3,4 R , указывающее на то, что используется магнитуда по шкале Рихтера. Шкала Рихтера имеет диапазон магнитуд от 1 до 9, т.е. амплитуда самых слабых регистрируемых сейсмических волн в миллиард раз меньше амплитуды самых крупных сейсмических волн. Шкала магнитуд является так называемой открытой шкалой, не имеющей верхней границы. Однако наиболее сильное наблюдавшееся землетрясение на Земле на момент составления шкалы имело магнитуду 8,9. На этом основании некоторые специалисты считают, что максимальное значение в шкале Рихтера равно 9, но это не соответствует действительности. Например, землетрясение в Чили 22 мая 1960 г. имело магнитуду 9,5. А всего в XX в. произошло четыре землетрясения с магнитудой 9 и более. Заметим, что магнитуда землетрясения характеризует его мощность в его эпицентре.

Слабые землетрясения, не приводящие к экономическим ущербам, наблюдаются очень часто, около 1 млн. в год на всей планете. Количество сильных землетрясений, приводящих к экономическим ущербам и жертвам среди людей, составляет 100–300 в год, а количество землетрясений с магнитудой около 8 составляет 1–2 в год. В дальнейшем мы будем рассматривать только сильные землетрясения, приводящие к экономическим убыткам. В России к таким относятся землетрясения 7 баллов по шкале MSK-64 и более. Сильные землетрясения распространены крайне неравномерно по поверхности Земли. Выделяют зоны с повышенной частотой проявления землетрясений, которые называют зонами повышенной сейсмической активности.

В истории сильные и катастрофические землетрясения происходили достаточно часто. К счастью, они редко возникали в густонаселенных районах. В табл. 3.1.1.3 приведены места и даты десяти наиболее мощных землетрясений на планете в XX в.

Возникновение мощного землетрясения в густонаселенных районах приводит к катастрофическим результатам с тяжелейшими человеческими жертвами и колоссальным экономическим ущербом. Известны несколько землетрясений, в которых число погибших превышало 100 тыс. человек. Наибольшее количество жертв в истории человечества было вызвано землетрясением, которое произошло в Китае, в провинциях Шэньси и Гуаньси в 23 января 1556 г. По

оценкам специалистов оно имело магнитуду 8,0. Количество погибших составило более 800 тыс. человек. Такие размеры потерь были обусловлены следующими обстоятельствами: большинство населения в данной провинции в эти времена проживало в лессовых пещерах. Землетрясение произошло ночью, вызвало сдвиг лесса на огромной территории в несколько тысяч квадратных километров. В результате большинство погибших оказалось засыпанными в жилищах-пещерах. Через сотни лет, в Китае в 1920 г. произошло схожее землетрясение, унесшее жизни около 20 тыс. человек, большинство из которых также оказалось засыпанными в лессовых жилищах-пещерах. Второе по количеству человеческих жертв землетрясение также произошло в миллионном городе Таньшане (Китай) 28 июля 1976 г.

Таблица 3.1.1.3

Десять наиболее мощных землетрясений в XX в.

	Место	Дата	Магнитуда, М
1	Чили	22 мая 1960	9.5
2	Prince William Sound, Аляска	28 марта 1964	9.2
3	Andreanof Islands, Алеутские о-ва	9 марта 1957	9.1
4	Камчатка	4 ноября 1952	9.0
5	Побережье Эквадора	31 января 1906	8.8
6	Rat Islands, Алеутские о-ва	4 февраля 1965	8.7
7	Граница Индии и Китая	15 августа 1950	8.6
8	Камчатка	3 февраля 1923	8.5
9	Море Банда, Индонезия	1 февраля 1938	8.5
10	Курильские о-ва	13 октября 1963	8.5

Экономический ущерб в густонаселенных районах всегда оказывается огромным, но его редко оценивали в денежных единицах из-за бессмысленности подобных действий. Обычно в истории сохранились записи в виде степени разрушения того или иного города, провинции, местности. Например, в 1755 г. землетрясение и сопутствующее цунами полностью разрушило Лиссабон. 23 сентября 1923 г. Великое землетрясение Канто, более известное как Токийское землетрясение, полностью уничтожило города Токио, Иокогаму, Ёкосуку и несколько более мелких городов. Оно охватило 56 тыс. км² острова Хонсю. На территории бывшего СССР жертвами землетрясений стали ряд городов, районов, республик. Землетрясе-

ние практически полностью разрушило Ашхабад в 1948 г., центральную часть Ташкента в 1966 г., Спитак, Ленинакан, Кировокан и еще около 60 населенных пунктов в 1988 г.

С появлением страхования от землетрясений ущерб стали достоверно оценивать в денежных единицах. Знаменательным стало катастрофическое землетрясение в Сан-Франциско в 1906 г., когда едва не обанкротилась самая мощная в мире страховая компания Munich Re, осуществлявшая так называемое перестрахование и обеспечившая выплату около 10 % общего страхового ущерба. Наиболее тяжелые экономические потери, выраженные в денежном виде, связаны с недавним землетрясением в Кобэ (Япония), происшедшим 17 января 1995 г. и унесшим около 5 тыс. человек. Оценка экономического ущерба составила около 100 млрд. долл. США. Сильное землетрясение в Лос-Анджелесе в 1994 г. привело к оценке ущерба в 44 млрд. долл. США, из которых около трети было возмещено страховыми компаниями.

Страховые компании, сотрудничая с ведущими сейсмологическими организациями, осуществляют самостоятельные оценки вероятности крупных землетрясений в густонаселенных районах. Они уверены, что до 2032 г. Сан-Франциско подвергнется воздействию супер-землетрясения, с вероятным ущербом до 75 млрд. долл. США. С вероятностью 0,9 предсказывается гибель современного Токио от катастрофического землетрясения в период до 2050 г.

На территории России катастрофические землетрясения силой 7 баллов и более по шкале MSK-64 периодически проявляются примерно на 19 % территории, где проживает около 16 % населения. Общее число сильных землетрясений на территории России в XX в. составило около 1400, но только 40 из них привело к значительным человеческим жертвам и экономическим потерям. Самым разрушительным из них считается Нефтегорское коровое землетрясение на Сахалине, происшедшее 27 мая 1995 г. Данный район не считался сейсмоопасным и дома были построены без учета возможности возникновения землетрясения. Был практически полностью уничтожен Нефтегорск, погибли более 2000 человек, экономический ущерб составил сотни миллионов долларов США. На территории России среднесуточная повторяемость (частота) сильных землетрясений 7 баллов и более достаточно высока в Сахалино-Японском, Приамуро-Приморском, Верхоянском регионах, где она

составляет около 0,6 событий в год. Примерно такая же повторяемость сильных землетрясений наблюдается в российской части Иран-Кавказ-Анатолийском регионе, в который входит Северный Кавказ с побережьями Черного и Азовского морей. В Алтай-Саяно-Байкальском регионе ежегодно происходит около двух сильных землетрясений. Важно отметить, что в последнее время усилилась опасность появления землетрясений в районах, которые не считались сейсмоопасными. Примером может служить то же Нефтегорское землетрясение, а также землетрясение в Калининграде осенью 2004 г. с магнитудой около 5 баллов, приведшее к просадке нескольких десятков метров железнодорожного полотна и перерыву в движении поездов в несколько суток. Учитывая, что в этом районе планируется морская добыча нефти, проектировщикам придется рассматривать землетрясения в качестве фактора риска, что ранее не планировалось.

Основными поражающими факторами собственно землетрясения оказываются: вертикальные и горизонтальные перемещения почвы, появление трещин на поверхности земли. Эти перемещения почвы оказывают воздействие на здания и сооружения, вызывая или не вызывая их полные или частичные разрушения. Наибольшее разрушающее воздействие землетрясения оказывают на города и крупные технические объекты. Чем более густонаселен район землетрясения, чем больше в районе поражения высотных зданий, газо- и нефтепроводов, химических предприятий, складов опасных химических веществ, плотин и дамб, тем выше число человеческих жертв и экономический ущерб. Землетрясения могут сопровождаться и техногенными катастрофами, возникающими в результате разрушения складов опасных химических веществ, разрывами газо- и продуктопроводов, разрушением транспортных магистралей и сооружений. При этом поражающими факторами являются взрывы, пожары, разрушения зданий и конструкций, падения с высоты, удары о препятствия, гидродинамические воздействия. Примером является Великое землетрясение Канто 1923 г. Для Токио основным поражающим фактором оказался гигантский пожар, уничтоживший практически весь город. Число жертв составило более 140 тыс. чел. Причиной пожара явились многочисленные разрывы в городском газопроводе.

В условиях сильно расчлененных рельефов землетрясений могут генерировать сопутствующие ОЯП: оползни, обвалы, лавины, сели, которые в несколько раз усиливают разрушительный эффект землетрясений и могут обуславливать основные человеческие жертвы и экономические потери. Примерами являются упомянутые выше землетрясения в Китае в 1556 и 1920 гг., сопровождавшихся гигантскими сдвигами лесса, Анкориджское землетрясение в 1964 г., сопровождавшееся колоссальными оползнями и выходом из строя 300 км железной дороги.

Подводные землетрясения могут вызывать цунами, способные нанести значительный экономический ущерб и многочисленные человеческие жертвы. К таким землетрясениям относятся Лиссабонское землетрясение 1755 г. (около 60 тыс. погибших, город разрушен), Мессинское землетрясение 1908 г. (около 80 тыс. погибших, город разрушен), Северо-Курильское землетрясение 1952 г. (погибло все население города, весь город разрушен). Во всех этих землетрясениях основным поражающим фактором оказалось цунами, вызванное подводными толчками.

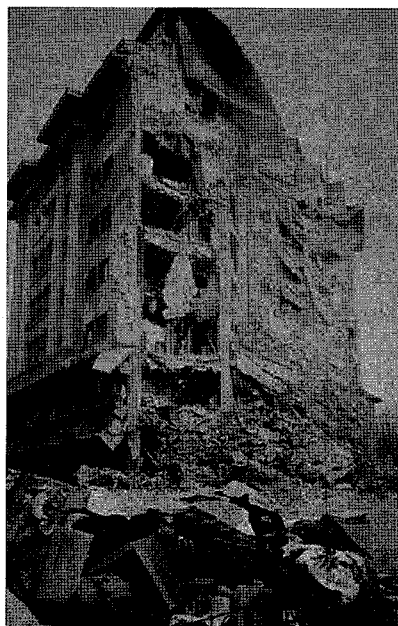
На протяжении всей истории человек пытается предсказать землетрясения. Прогнозы делятся по заблаговременности на долгосрочные, среднесрочные и краткосрочные. Наибольшие успехи достигнуты в долгосрочных прогнозах, согласно которым определенные территории объявляются сейсмоопасными и для них предсказываются районы возникновения сильных землетрясений. Наибольшую трудность представляют краткосрочные прогнозы с указанием срока и местоположения очага землетрясения с достаточной для практики точностью. Прорыв в данном направлении связывают с разработкой новых технических систем слежения за опасными территориями, а также методов обработки значительных объемов информации и методов предсказания землетрясения. Примером может служить новая система предсказания землетрясений в окрестностях Лос-Анджелеса, расположенного по соседству с крупным тектоническим разломом Сан-Андреас. Новая сеть из 250 GPS-станций, создаваемая в Калифорнии, позволит выдавать сигнал, предупреждающий об опасности крупного землетрясения. Это даст возможность заблаговременно прекратить подачу газа в трубопроводы, остановить поезда или снизить скорость их движения до безопасной, подготовить АЭС, а также предупредить хирургов,

проводящих операции. Сеть контрольных станций, размещенных неподалеку от Лос-Анджелеса, позволит почувствовать подвижки в тектоническом разломе Сан-Андреас и тем самым дать сигнал о скором начале землетрясения. Сеть станций, расположенных по обе стороны разлома, позволит отслеживать взаимное положение контрольных точек с частотой раз в секунду и сможет определить смещение участков земной коры на расстояние в 5 см в течение 10 с. Сейсмические волны распространяются со скоростью 5 км/с, так что в районах, расположенных далее 50 км от эпицентра землетрясения, предупреждение будет получено раньше, чем придет оно само. Подобная сейсмографическая система предупреждения о начинающихся землетрясениях уже действует в Тайване. Правда, ей нужно как минимум 15 с, чтобы выработать предупредительный сигнал; система на основе GPS позволит выиграть 10 с или даже больше. Каждая секунда здесь – это спасенные жизни и предотвращенный ущерб.

Важное внимание уделяется разработке мер по защите от землетрясений. В первую очередь такая защита связывается с постройкой так называемых сейсмостойких зданий и сооружений. Это направление стало интенсивно развиваться после Токийского землетрясения 1923 г. и к настоящему моменту достигло значительных успехов. Разработаны и построены сейсмостойкие здания и сооружения, способные выдержать землетрясение до 9–10 баллов без повреждений несущих конструкций или с минимальными повреждениями, не приводящими к полному разрушению и образованию завалов. Применение сейсмостойких сооружений позволяет значительно снизить количество человеческих жертв и уменьшить экономический ущерб. Естественно, что сейсмостойкие здания и сооружения стоят намного дороже, чем обычные. На рис. 3.1 приведены снимки разрушенных несейсмостойких зданий (Армения, Румыния, Мексика). Видно, что они являются источниками завалов и гибели людей.



а



б



в

Рис. 3.1. Разрушенные землетрясением обычные здания и завалы:
а – Армения; б – Румыния; в – Мексика

На рис. 3.2 приведены снимки последствий разрушения сейсмостойких сооружений и зданий (Япония). Видно, что даже разрушенные здания не являются источниками массовых завалов. Видны хорошо сохранившиеся высотные здания повышенной сейсмостойкости.

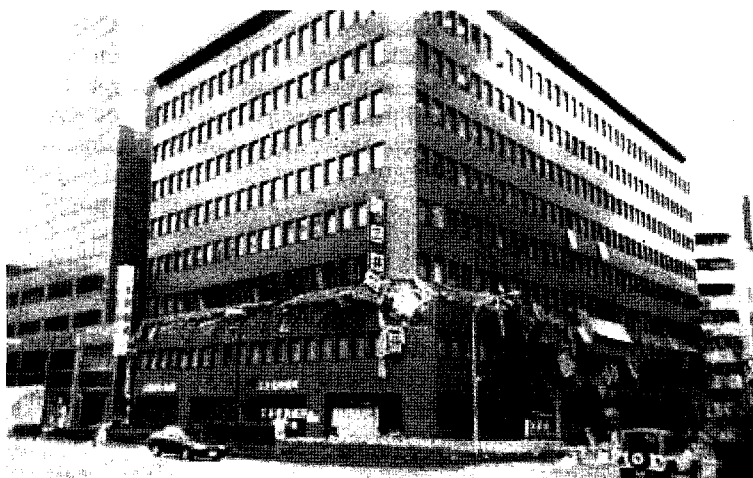


Рис. 3.2. Сейсмостойкие здания в зоне землетрясения (Япония)

Строительство крупных технических объектов может изменять сейсмичность территории, увеличивая или уменьшая ее на 2–3 балла. Это явление называется «наведенной сейсмичностью» и его необходимо учитывать при проектировании и эксплуатации крупных водохранилищ, плотин, газовых и нефтяных месторождений, железнодорожных и автомобильных туннелей. Известно, что в процессе заполнения крупных водохранилищ могут возникать сопутствующие землетрясения техногенного характера. Землетрясения могут провоцироваться и взрывами мощных, например ядерных, зарядов, а также продолжительными взрывными работами средней интенсивности. Взаимодействие природной и наведенной сейсмичности обязательно должны учитываться при проектировании, строительстве и эксплуатации крупных технических объектов.

3.1.2. Обвалы

Обвалом называется отделение крупного блока от массива горных пород на крутом обрывистом склоне с последующим обрушением и скатыванием глыбово-щебенистой массы. В условиях высокогорья могут наблюдаться обвалы ледников, из-за отделения от основного тела крупных глыб льда с последующим обрушением и скатыванием. Для появления обвалов склоны массива скальных грунтов слоистой структуры или льда должны быть разбиты вертикальными трещинами на отдельные блоки, угол склона которых должен быть больше так называемого угла естественного откоса для слагающих пород. Изучением обвалов занимается геоморфология и гляциология. Установлено, что причинами обвалов являются: выветривание, сейсмические толчки, длительное увлажнение, подмыв склонов водотоками. Часто обвалы возникают при ураганах, землетрясениях, проведении взрывных работ. Обвалы обычно приурочены к районам с благоприятным рельефом, тектоническим строением. В таких случаях говорят о территориях с опасностью обвалов. Развитию обвалов способствуют атмосферные осадки, особенно в виде интенсивных или обложных дождей.

Обвалы могут вызывать сопутствующие ОЯП: оползни, сели, волны стока. Сопутствующие ОЯП могут выступать в качестве дополнительных поражающих факторов.

В России обвалы приурочены к горным районам: Северный Кавказ, Прибайкалье, горные хребты Восточной Сибири и т.п.

Поражающими факторами при обвале является кинетическая энергия глыбово-щебенистой массы или льда, завалы. Объем вовлеченных в обвал масс может достигать нескольких кубических километров. Например, Сарезское или Памирское землетрясение 1911 г. сопровождалось колоссальным горным обвалом, который образовал плотину высотой до 650–700 м, шириной в 5 км поперек долины и длиной около 1 км вдоль русла реки Мургаб. Под завалом был погребен кишлак Усой, по имени которого назван завал. Усойский завал – величайший из всех, возникших на земном шаре за историческое время. Объем вовлеченной горной породы оценивается в 2,2–2,4 км³ (около 6 млрд. т). Погибло около 90 человек и много скота.

Ярким примером обвала льда, как ОЯП, и его последствий является трагедия в Кармадонском ущелье, произошедшая 20 сентября 2002 г. в Осетии. Произошло достаточно редкое явление: ледник Колка практически полностью обвалился, т.е. оторвался от своей тыльной стороны и всей массой ушел вниз по долине реки в Кармадонском ущелье. Одной из возможных причин отрыва ледника Колка является очередной обвал горной породы и льда с гребня Джимарай-Майли, который является основным источником питания ледника Колка. Эти обвалы случаются регулярно и не вызывают движения ледника пока он «сухой», но если ледник оказывается достаточно «мокрым», то на очередной обвал, упавший на него, он может отреагировать необычным образом, оторваться от своей тыловой стороны и улететь вниз. Отрыву ледника Колка способствовали аномально большие массы воды в теле льда и у его подошвы, которые скопились за предшествующие четыре года аномально теплой погоды. Среагировав на очередной обвал горных пород и висячих льдов с гребня Джимарай-Майли, колоссальные массы «мокрого» льда с огромной скоростью устремились вниз, образовав ледовую лавину, чрезвычайно редкое ОЯП.

На своем пути эта лавина уничтожила поселок Нижний Кармадон, киногруппу известного режиссера Сергея Бодрова-младшего в полном составе. Дойдя до поперечной гряды Скалистого хребта, лавина остановилась, заполнила всю Кармадонскую котловину, образовав завал высотой от 60 до 150 м. Тело завала состоит из смеси льда, воды и камней. Таяние этого завала продлится не менее 10

лет. Ледяные массы прошли 12 км за 4–5 мин, их скорость существенно превысила 100 км/ч (см. 3.1.4).



Рис. 3.3. Участок обвала висячего льда и горной породы с гребня Джимарай-Майли

Интересно отметить, что ледник Колка ведет себя подобным образом не в первый раз. В 1969 и 1902 гг. происходили подобные явления, есть сведения о ледовом выбросе 1835 г. Однако уроки не были учтены, строения Нижнего Кармадона были построены слишком низко и были уничтожены ледовой лавиной. По-видимому, обвалы с гребня Джимарай-Майли являются редким спусковым механизмом образования ледовых лавин ледника Колка. Более 20 лет назад один из исследователей Колки, К.П. Рототаев, считал, что турбулентно-вязкий ледовый сель со значительным водосодержанием, подобный выбросу 1902 г., в современных условиях может, по-видимому, достигать выхода в Кармадонскую котловину. Фактически он предсказал сценарий Кармадонской трагедии.

Обвалы могут вызывать перекрытие русел горных рек и приводить к образованию горных озер. Естественно, что при этом коренным образом изменяется окружающий ландшафт, экосистемы, изменяется хозяйственная деятельность людей. За счет обвалов образовалось огромное количество горных озер, которые воздействуют на перекрытие, стараясь прорвать ее за счет давления воды.

В случае прорыва перекрытия вода из озера устремится вниз, сметая на своем пути все живое. Таким образом, в случае перекрытия русел горных рек, обвалы закладывают условия для такого специфического ОЯП, как прорыв перекрытия горного озера. Наиболее известным в данном аспекте является Сарезское озеро в Таджикистане, получившее название Мургабской бомбы. Озеро Сарез образовалось в 1911 г. в результате перекрытия упомянутым выше самым большим в мире Усойским завалом реки Мургаб и ее долины. Более того, считается, что причиной образования Усойского завала является многолетний подмыв рекой Мургаб своего правого берега, а Сарезское землетрясение вызвало обвал этой подмытой каменистой стены, высота которой составляла несколько сот метров. Озеро сразу стало заполняться водой, которая в том же 1911 г. затопила кишлак Сарез. По имени кишлака озеро получило свое название. В настоящее время в озере скопилось около 17 км^3 воды, а его наибольшая глубина достигает 500 м. Если Усойский завал будет прорван, например, землетрясением, или вода озера Сарез перельется через верх завала, например, при попадании в него мощного очередного горного обвала, то вниз устремится колоссальный селевой поток.

В 1993 г. в Вашингтоне прошел международный семинар по проблемам Аральского моря. Председатель делегации Таджикистана, выступивший с докладом, назвал зоны возможного поражения. Согласно его мнению, площадь такой зоны составляет 52 тыс. км^2 , включая части территории Таджикистана, Афганистана, Узбекистана и Туркмении, а количество населения в этой зоне равняется 5 млн. человек. Существуют и более скромные оценки, но по данным Комитета по чрезвычайным ситуациям Таджикистана только на территории этой страны в зоне поражения могут оказаться 150 населенных пунктов с населением 280 тыс. человек. Потери в промышленности и сельском хозяйстве Таджикистана могут составить 22% и 38% соответственно. Прошло всего 90 лет, а проблема Сарезского озера с момента его образования достигла уровня потенциальной региональной экологической катастрофы в масштабах нескольких стран и Приаралья.

Обычно при обвалах погибают люди в зоне, попавшие под обвал, а также повреждаются дороги, железнодорожные пути, ЛЭП, сооружения в зоне поражения. При производстве горнопроходческих работ обвалы могут уничтожить результаты работ, привести к гибели людей, техники.

Прогнозирование обвалов представляет собой достаточно трудную задачу, поэтому основным методом борьбы с обвалами является использование специальных защитных инженерных сооружений и устройств: противообвальные сетки, стенки, карнизы, тоннели и т.п. Весьма важно располагать технические объекты не только с учетом обвалов, но и сопутствующих ОЯП.

3.1.3. Оползни

Оползнем называется скользящее смещение масс грунта вниз по склону под действием силы тяжести при участии подземных или поверхностных вод. Оползень по механизму генерации полностью сходен с обвалом, но под действием сил тяжести обрушиваются не горные породы, а массы рыхлого грунта. Обрушение происходит по-разному из-за различной вязкости обрушиваемого материала. Благоприятными условиям для оползней являются склоны из рыхлых грунтов, под которыми находятся наклонные водоупорные горизонты. Если вода, просачиваясь сквозь рыхлый грунт, встречает водоупорный пласт, то, двигаясь по водоупорным породам и размывая верхние пласты, она образует плоскость скольжения, по которой могут скатиться все вышележащие породы. Угол склона должен быть близок или несколько больше угла естественного откоса для слагающих пород. Причиной оползней обычно оказывается естественное, например при намокании грунта, или техногенное, например при строительстве, увеличение нагрузок на склон.

Изучением оползней занимается геоморфология. Большое внимание вопросам, связанным с оползнями, уделяется при строительстве дорог, зданий и сооружений, ЛЭП, нефте- и газопроводов.

Поражающими факторами являются:

- разрушение зданий и сооружений из-за ухода их оснований, фундаментов со штатного места;
- кинетическая энергия обрушивающегося грунта и вовлеченного материала;
- завалы.

История оползней насчитывает немало катастроф по всему миру. Например, 28 июня 1974 г. оползень в каньоне Куадрабланка, расположенном в 75 км к востоку от Боготы (Колумбия), послужил причиной гибели более 200 человек. Основная масса грязи и обломков камней оползня обрушилась на главную автомагистраль, соеди-

няющую Боготу с Вилависенсией. Шесть рейсовых автобусов с пассажирами и 20 других автомобилей с людьми были похоронены заживо под этой махиной. 29 сентября того же года еще один оползень обрушился на трущобы города Медилин, в 200 км от Боготы; тогда погибло около 90 человек.

В мае 1982 г. разразившийся сильнейший ливень над Гонконгом вызвал множество оползней. Часто они превращались в бурные селевые потоки, под которыми, как выяснилось позже, погибло 20 человек. Потоки грязи и воды разрушили множество жилых домов, административных зданий и строений. Были нарушены линии электропередачи, коммуникационные линии, дороги и железнодорожные пути, 2400 человек осталось без крова.

Лос-Анджелес, штат Калифорния, США, январь 1969 г. Ураган и дожди, давшие 25 см осадков, стали в Южной Калифорнии причиной целой серии оползней, под которыми погибло около 100 человек; общий ущерб оценивался более чем в 60 млн. долл. Дожди смыли верхний слой почвы и обнажили фундаменты домов, построенных на холмах. Более 9000 домов были разрушены или серьезно повреждены. Президент Ричард Никсон объявил район районом бедствия и выделил 3 млн. долл. из федерального фонда помощи жертвам чрезвычайных ситуаций.



а



б

Рис. 3.4. Оползни
(а – обрушение оползня на автомобильную дорогу;
б – оползни поражают населенный пункт)

Повторяемость катастрофических событий в России, связанных с массовой активизацией оползней, составляет 1 раз в 8–12 лет практически для всех оползнеопасных районов. Эти цифры характерны для сильно расчлененных территорий Северного Кавказа, Поволжья, Южной Сибири, Дальнего Востока, а также для оползневых побережий Черного и Азовского морей. Повышенная опасность оползней, активизации существующих и образования новых катастрофических оползней наблюдается для многих областей Северо-Западного, Центрального и Приволжского регионов страны. От оползней страдают и населенные пункты, к которым относятся: Сочи, Таганрог, Ставрополь, Минеральные Воды, Черкесск, Махачкала, Буйнакск, Нижний Новгород, Чебоксары, Вольск, Ульяновск, Саратов, Волгоград, Барнаул, Красноярск, Омск, Томск, Ачинск, Иркутск, Хабаровск, Петропавловск-Камчатский. В пределах населенных пунктов появляются антропогенные причины образования оползней: искусственные подрезки склонов, утечка воды из коммуникаций, подтопления, вибрационные нагрузки, иные техногенные факторы.

Примером катастрофической ситуации является массовый сход оползней весной 1989 г. в Чечне и Ингушетии. Тогда оползнями оказались охвачены около 2,5 тыс. км². Были разрушены полностью или в значительной степени 85 населенных пунктов, включая город Малгобек. Разрушены 2517 домов, около 100 км автомобильных дорог, 102 км ЛЭП. Без крова остались 6025 семей. Прямой суммарный экономический ущерб был оценен в 390 млн. долл. США. Город Малгобек, съедаемый оползнями с двух сторон, был полностью перенесен на равнину, что потребовало еще 100 млн. долл. США. Подобная оползневая катастрофа повторилась в том же регионе в 1998 г. Без крова осталось 12 тыс. человек, а экономический ущерб был оценен в 140 млн. долл. США.

Сопутствующими ОЯП являются: сели, лавины, техногенные катастрофы. Существуют и достаточно редкие ОЯП, сопутствующие оползням. Например, для целого ряда африканских озер, известных под названием озер-убийц (см. 3.2.20), оползни являются спусковым механизмом выделения из них различных природных газов, вызывающих мгновенную смерть всего живого в окрестностях этих озер.

Прогноз оползней является весьма сложной задачей. Антропогенные оползни, связанные с различными техногенными факторами, практически не поддаются прогнозированию. В оползнеопасных районах используются различные инженерные способы и сооружения для уменьшения вероятности сходов оползней, а также для уменьшения их разрушительного влияния. К ним относятся планировка склонов, подпорные стенки, системы перехвата поверхностного стока и дренажа подземных вод, а также локальная стабилизация участков с помощью буронабивных и других свай. В первую очередь эти способы и сооружения используются для защиты технических объектов (дорог, мостов, ЛЭП), а также населенных пунктов.

3.1.4. Лавины

Лавиной называется масса снега, падающая или сползающая с горных склонов. В процессе своего движения лавина вовлекает новые массы снега на своем пути, поэтому ее масса нарастает к подножию. Причиной возникновения лавин является накопление снега на склонах гор, нарастание скатывающей силы, образование напряжений в снежном покрове и, наконец, скачкообразное превышение скатывающей силы над силой сцепления. Изучением лавин занимается геофизика и гляциология. Обычно лавины возникают в результате интенсивного снегопада, повышения или понижения температуры воздуха, приложения внешних нагрузок различного характера. Иногда достаточно громкого звука (акустическая нагрузка), чтобы вызвать сход лавины. Редким ОЯП является ледовая лавина, как это наблюдалось при сходе ледника Колка в Кармадонском ущелье. Эта лавина прошла более 12 км за 4–5 мин.

Поражающим фактором при сходе лавин является кинетическая энергия снега, льда, вовлеченных предметов, а также завалы. Известно, что плотность снега в лавине сильно возрастает и приближается к плотности бетона. Как только лавина останавливается, снег затвердевает с огромной скоростью и его можно только взрывать и пилить. Основная опасность лавин связана с гибелью оказавшихся на ее пути людей, а также разрушением автомобильных и железных дорог, ЛЭП, транспортных средств, зданий и сооружений.

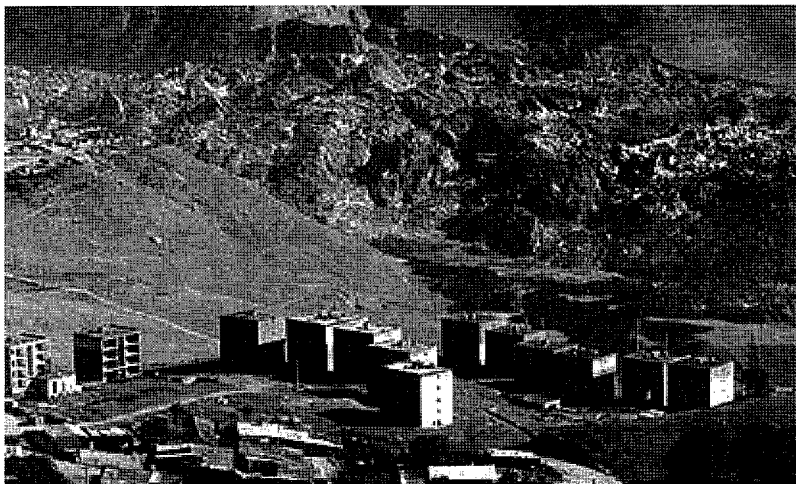


Рис. 3.5. Ледовая лавина в Кармадонском ущелье



Рис. 3.6. Здесь еще вчера был поселок Нижний Кармадон

Лавины на планете приурочены к горным районам со значительным снежным покровом. Для целого ряда стран лавинная опасность является достаточно серьезной в социальном и экономическом масштабах.

Одна из сильнейших катастроф, связанных с лавинами, случилась в Перу 31 мая 1970 г. В результате землетрясения силой 7,9 *R* с горы Уаскаран в долину с тем же названием обрушилась огромная масса льда и каменных глыб общим объемом 7600 м³. Со скоростью 400 км/ч эта масса устремилась в направлении населенных пунктов, превратившись в неистовый поток шириной 900 м. Второй раз за восемь лет город Ранрагирка был стерт с лица земли. Затем лавина перехлестнула через горный кряж высотой около 200 м и накрыла город Юнгау, погубив почти всех его жителей. Погибло около 20 тыс. человек (по более поздним оценкам – около 70 тыс. человек).

В Рекингене (Альпы, Швейцария) 24 февраля 1970 года произошел сход огромной лавины. Эти события считаются, по данным Швейцарского института снега и лавин, самой ужасной катастрофой в Альпах. В 5 ч 5 мин громадные массы снега обрушились на деревню и на участок вблизи дорожного моста, сметая все на своем пути. Громадный лавинный конус накрыл местность. В развалинах домов остались засыпанными снегом 48 человек. Спасатели в течение первых полутора часов после катастрофы обнаружили живыми 19 пострадавших, среди них – годовалый ребенок в колыбели. На протяжении еще нескольких дней 950 спасателей, используя собак, нашли всех заваленных снегом, но было уже поздно. Еще один из спасенных умер в больнице. В результате – 30 погибших, 13 млн. швейцарских франков ущерба.

Снежные лавины представляют опасность примерно для 9 % сильно расчлененной территории России, особенно в пределах Западного Кавказа, Хибин, Северного Урала, Алтая, Забайкалья, Сахалина. Практически ежегодно из-за лавин прерывается электроснабжение Большого Сочи, перекрывается движение транспорта на дорогах Северного Кавказа, Забайкалья, Сахалина. В снежную зиму 1986–87 г. Транскавказская дорога бездействовала в течение 5 месяцев, а ориентировочный экономический ущерб составил 10 млн. долл. США.

Среднегодовое население от лавин на территории России составляют 7–10 человек, однако весьма высок риск так на-

зываемых коллективных поражений, когда возможны поражения небольших (до 100 человек) групп. Повторяемость таких катастрофических событий на всей территории России составляет примерно один раз в 7–10 лет.

Прогноз схода снежных лавин является сложной задачей, особенно если требуется указать точное место и время схода лавины. Широкое применение получили такие методы и способы уменьшения потерь от лавин, как создание специальных противолавинных служб, спасательных отрядов, закрытие районов на период повышенной опасности схода лавин. Используются также специальные инженерные защитные сооружения, способные направлять лавины в обход защищаемых мест. Широко применяется мониторинг лавиноопасных участков. Часто организуются предупредительные спуски лавин путем обстрела лавиноопасных участков из артиллерийских орудий.

3.1.5. Сели

Селем называется стремительный паводок в горной местности с очень большим (до 75 % общей массы) содержанием обломков горных пород, грунта, минеральных частиц. Лобовая часть селя продвигается в форме вала из воды и обломочного материала и обладает большой разрушительной силой. Условием образования селя является наличие ложбины, ущелья в горах, в котором имеется достаточный уклон и скапливается обломочный и рыхлый материал. Эта ложбина концентрирует сток с горных склонов. Для образования селя также необходимо накопление значительных масс воды, которые устремляются вниз по концентрирующей сток ложбине. Обычно первопричиной такого повышенного стока являются интенсивные дожди. Однако в некоторых случаях причиной селя является обрушение в горное озеро обвала или оползня, которое вызывает выплескивание из него значительных масс воды и их стремительное стекание по горным склонам. Рио-де-Жанейро, Бразилия, февраль 1967 г. На город обрушился ливень. Количество выпавших осадков составило 30 см. С холмов пошли грязевые потоки, разрушавшие и сметавшие хижины бедняков. Грязевые потоки вторглись на территорию трех электростанций и лишили 40 % территории города электроэнергии. Число жертв селя составило до 260 человек.

Округ Медельин, Колумбия, 27 сентября 1987 г. Вызванные проливными дождями грязевые потоки снесли целые районы города Вилья-Тина. Воскресным утром тонны красной земли, превратившиеся в результате проливных дождей в жидкую грязь, сорвались со склонов горы Шугар-Лоаф и, захватывая на пути гигантские валуны, на огромной скорости ворвались в один из районов городка. Без вести пропали 500 человек, их посчитали погибшими. Тела 183 человек были обнаружены. 200 человек были ранены. В этой катастрофе выжили только 117 жителей района.

Шунгар, Перу, 19 марта 1971 г. Шунгар – уединенный лагерь при руднике, расположенный на высоте 3000 м в Андах, – снесен селом, образовавшимся в результате землетрясения. При этом 400–600 человек погибли, 50 получили ранения. Сель был вызван землетрясением, произошедшим в 8 ч 30 мин. Оно разрушило вершину скалы и сбросило ее в озеро. Вода, выйдя из берегов, обрушилась на близлежащую территорию, смывая землю, вырывая с корнем деревья и захватывая гигантские валуны. Поток устремился вниз и перекрыл главную дорогу, ведущую из Лимы в Шунгар. Он срывал на пути мосты и разрушал жилые дома. В лагере, в восьми часах ходьбы от ближайшего города, обитала тысяча человек. Но спасатели, прибывшие туда, нашли в живых только треть населения. Остальные оказались погребенными под тоннами грязи, камней, под развалинами домов. Пострадавшие были вывезены самолетами и доставлены в больницу. Это было самое тяжелое стихийное бедствие после землетрясения, произошедшего в Перу в мае предыдущего года с эпицентром в 350 км севернее Лимы.

Основные ущербы наносят сели значительной интенсивности. В России частота их повторяемости составляет 1 раз в 10 лет и более. За последнее столетие сели поражали города: Тырныауз, Баксан, Новороссийск, Туапсе, Кировск, Кяхта, Улан-Удэ, Хилок, Нерчинск, Петропавловск-Забайкальский, Чита, Владивосток, Находка, а также более мелкие поселения. В 1992 г. сели уничтожили в Буйнакском районе Дагестана более 700 домов. 18–25 июля 2000 года по реке Терхожансу в Кабардино-Балкарии с небольшими перерывами сошли 5 мощных селевых потоков. Погибли 8 человек, разрушены здания, дороги, ЛЭП. Общий ущерб составил около 18 млн. долл. США.

Фактор поражения при селе носит гидродинамический характер, усиленный наличием обломков горных пород. Сели, вызванные обильными осадками, обычно прогнозируются с достаточной точностью и заблаговременностью. Прогнозирование селей, вызванных землетрясениями, обвалами и оползнями, представляет значительную трудность. В качестве защитных мер используются противоселевые плотины, селепропуски, селегасящие дамбы, селеотводные стенки, а также строительство зданий, сооружений, дорог, ЛЭП вне зон продвижения селей. Вместе с тем, в горных районах избежать строительства в зонах распространения селей не всегда удастся, так как количество пригодных мест резко ограничено.

3.1.6. Просадки лёссов

Лёссы – это однородная рыхлая порода желтовато-серого, серого, светло-коричневого или бурого цвета. Ее гранулометрический состав относят к пылевато-песчано-глинистому типу, содержащему более 50 % пылеватых частиц. Лёссы – преимущественно макропористая порода, обычно с повышенным содержанием карбоната кальция; в маловлажном (природном) состоянии относительно прочная, способная держать вертикальные откосы; при замачивании легко теряет структурные связи между частицами и дает просадку от внешней нагрузки и (или) природного давления грунта; при полном водонасыщении может перейти в плавунное состояние. При действии водных потоков на склонах легко подвергаются размыву с образованием оврагов. Просадочные свойства лёссов тесно связаны с их происхождением и формированием особой лёссовой структуры грунта. При промачивании лёсса происходит просадка и резкое уменьшение прочности грунта (под грунтом понимают любую горную породу, являющуюся предметом инженерной деятельности человека). При этом наблюдается потеря устойчивости основания, его интенсивная осадка и часто выдавливание водонасыщенного лёссового грунта из-под фундамента сооружения, что обычно приводит к полному или частичному разрушению зданий, плотин, дорог и т.д.

В лёссовидных толщах, залегающих на скальных породах, при быстром увлажнении образуются *оползни-потоки*, возникающие в результате сброса вязкотекучих масс; они могут следовать по долинообразным понижениям и при поступлении в реки разбавляются и трансформируются в сели.

Подтопление городов, расположенных на лёссовых породах (Запорожье, Днепропетровск, Мариуполь, Херсон), приводит к возникновению просадок. Просадки в лёссах возникают даже при незначительном (2–5 %) увеличении влажности и изменяются в широких пределах – от 0,1 до 2,5–3,0 м. В связи с просадками лёссовых грунтов начинается оседание поверхности земли и деформация зданий, вызывающая разрушение жилья и даже его потерю. В Запорожье от просадок лёссов деформировано 900 зданий.

Лессовые грунты широко распространены в мире и в России. Их толщина может меняться от нескольких метров до 25 м и более. В настоящее время 563 города в России страдают от просадок лесов. Разовый экономический ущерб может достигать 30 млн. долл. США, а среднегодовой – 600–800 млн. долл. США.

В связи с широким распространением лёссовых пород на территории России и стран СНГ проблема борьбы с просадочностью этих пород в основаниях инженерных сооружений становится весьма актуальной. По оценкам специалистов, до 45% стоимости работ по строительству гражданских и промышленных объектов на лёссовых грунтах тратится на комплекс мероприятий, предотвращающих деформацию сооружений из-за просадочности лёсса.

Существует несколько способов борьбы с просадкой лёссов. Наиболее распространенным является механическое уплотнение лёссовых грунтов тяжелыми трамбовками, масса которых может достигать 10 т, а иногда и более. Обычно трамбовки многократно (до 10–16 раз) сбрасываются на уплотняемый участок грунта с высоты 4–8 м. Данный метод позволяет уплотнить толщу лёссового грунта на глубину до 3,5 м. Если необходимо ликвидировать просадочные свойства лёссовых грунтов на глубину до 25 м, то проводят их глубинное уплотнение грунтовыми набивными сваями или энергией взрыва. Иногда для ликвидации просадочных свойств производят предварительное промачивание лёссового массива. При этом происходит спровоцированная просадка грунта, после чего он уплотняется, теряет просадочность и переходит в стабильное состояние.

3.1.7. Карст

Карстом называется особая форма рельефа в результате растворения подземными водами горных пород с образованием полостей и пещер различных форм и размеров. Сам термин (нем. Karst),

происходит от названия плато Карст, или Крас, в Югославии. Образованию карстового рельефа способствует наличие грунтов, сложенных соленосными породами, гипсами, ангидритами и карбонатными породами. Причиной возникновения карста является повышенная растворимость отдельных участков грунтов. Развитию карста благоприятствует изменение уровня подземных вод, увеличение их напора, увеличение количества атмосферных осадков. Развитие карста начинается с возникновения трещин или каверн в грунте. Для поверхности карстовых местностей характерны мелкие борозды – карры, замкнутые углубления: воронки, ванны, котловины, поля, естественные колодцы и шахты, слепые (замкнутые в нижнем конце) долины и балки. Особенно типичны воронки (конические, котлообразные, блюдцеобразные либо в виде ям неправильной формы) диаметром от 1 до 200 м и глубина от 0,5 до 50 м. На дне воронок и других понижений встречаются водопоглощающие отверстия – поноры. Котловины и воронки могут то заполняться водой, то осушаться (периодически исчезающие озёра). Котловины площадью до нескольких десятков и сотен квадратных километров, с крутыми бортами, ровным дном, исчезающими речками и ручьями известны под названием польев. Карстовые местности бедны поверхностными водотоками. Реки и ручьи часто уходят в подземные полости, проделав в них часть своего пути, выходят опять на поверхность в виде мощных источников (воклюзов), главным образом по краям карстовых массивов. Нередко в громадных карстовых пещерах образуются подземные озера, между которыми текут подземные реки. В закарстованных массивах образуются различные подземные ходы, полости, пещеры, которые часто развиваются вдоль трещин. Длиннейшие пещеры мира превышают 100 км (например, пещерные системы Флинт-Ридж в Кентукки, США, Хёллох в Альпах, Швейцария). Известны системы карстовых пещер, занимающие сотни квадратных километров. Глубокие карстовые колодцы и естественные шахты, или пропасти, составляют переход между поверхностными и подземными формами карста. Глубочайшие пропасти мира – Пьер-Сен-Мартен 1110 м (Франция – Испания) и Берже 1122 м (Изер, Франция). В России – Назаровская пропасть в районе Сочи на Западном Кавказе имеет глубину около 500 м.

За рубежом особенно интенсивно карст развит в Югославии, считающейся страной классического карста, во многих других

странах Западной Европы, в различных районах США, в Вест-Индии (на Кубе, Пуэрто-Рико, Ямайке), в Китае (особенно в Гуанси-Чжуанском автономном районе и провинции Юньнань), на полуострове Индокитай и др.

В России карсты развиты примерно на 13 % территории. Наиболее активные и опасные для экономической деятельности проявления карста характерны для Приуралья, Пермской, Нижегородской, Самарской областей, республик Татарстан и Башкортостан. В зонах карстовой опасности расположены такие крупные города, как Пермь, Уфа, Казань, Нижний Новгород. Менее активные карстовые процессы характерны для Архангельской, Ленинградской, Московской, Тульской областей, Северного Кавказа.

В последнее время усилились карстовые процессы в Москве под влиянием неконтролируемых откачек подземных вод и огромных утечек из коммунальных водопроводных сетей.

Сопутствующие ОЯП – провалы и просадки грунта. В результате таких катастрофических провалов за последние 100 лет наблюдались разрушения зданий и сооружений в Уфе, Казани, Перми, Кунгуре, Москве. До 1969 г. карстовые провалы на территории Москвы не регистрировались, а за последние 30 лет было зафиксировано 42 провальные воронки диаметром от нескольких до 40 м и глубиной от 1,5 до 8 м. В 1969 г. в результате карстового провала полностью разрушился 5-этажный жилой дом на Хорошевском шоссе, а в 1977 г. – еще два в Новохорошевском проезде. Всего в России 301 город подвержен карстовой опасности. Разовый ущерб может составить до 100 млн. долл. США, а среднегодовой – до 1 млрд. долл. США. Наибольшую опасность в данное время такие провалы представляют для густонаселенных районов с опасными техническими объектами, где даже небольшие деформации могут привести к массовому поражению населения и значительным экономическим ущербам. На территории России повторяемость катастрофических карстовых провалов составляет около 2–5 случаев в год.

Поражающие факторы:

- уход, обрушение грунта из-под основания зданий, сооружений;
- образование карстовых воронок со значительными уклонами.

Прогнозирование карстовых провалов в краткосрочном плане, с указанием точного места и времени, наталкивается на значительные трудности. Применяются в основном инженерные методы за-

щиты, связанные с укреплением обнаруженных крупных карстовых пещер и каверн.

3.1.8. Суффозия

Суффозией называется выщелачивание растворимых солей почвы, нарушение микроагрегатной структуры грунтов с образованием на поверхности замкнутых понижений. В результате суффозии ослабляются связи между микрочастицами грунта, а подземные воды вымывают эти частицы и образуют каверны, пустоты. Суффозионные понижения наиболее характерны для лёссов и лёссовидных грунтов. Развитие суффозии в карсте приводит к карстово-суффозионному процессу. В этом случае суффозия ослабляет связи между частицами карстового грунта, а подземные воды вымывают эти частицы в ускоренном темпе.

Сопутствующие ОЯП – оползни, провалы, просадки грунта. В 1983 г. в городе Курган (Западная Сибирь) суффозионный оползень, вызванный техногенными утечками из коммунальных сетей, привел к разрушению 5-этажного здания, разрыву тепломагистрали, гибели 14 человек. Всего в России 958 городов подвержены суффозии. Разовый ущерб может достигать 40 млн. долл. США, а среднегодовой – 1 млрд. долл. США.

3.1.9. Эрозия плоскостная и овражная

Эрозией почвы называется разрушение почвы водой и ветром, перемещение продуктов разрушения и их переотложение. Водная эрозия проявляется на склонах, где стекает дождевая или талая вода; подразделяется на плоскостную (сравнительно равномерный смыл почвы под влиянием стока воды, не успевающей впитаться), струйчатую (образование неглубоких промоин, устраняемых обычной обработкой) и глубинную (размыв потоками воды почв и горных пород).

Ветровая эрозия, или дефляция, развивается на любых типах рельефа, в том числе на равнинах; бывает повседневной (ветры малой скорости поднимают в воздух почвенные частицы и относят их на другие участки) и периодической – пыльные бури (сильные ветры поднимают в воздух верхний слой почвы, иногда вместе с посевами, и переносят почвенные массы на большие расстояния).

Основным фактором расчленения рельефа являются водно-эрозионные процессы. Они формируют структуру, которая является господствующей в современном рельефе и представлена сложно построенной овражно-балочной сетью, системой террас и различными формами расчленения рельефа.

Эрозия почв – это естественный и постоянный процесс и в нарушенных экологических системах, защищенных растительным покровом, где происходящие разрушения обычно восстанавливаются. Однако если равновесие между почвой и растительностью нарушено, что нередко происходит под влиянием деятельности человека, то эрозия усиливается и зачастую приводит к необратимым последствиям.



Рис. 3.7. Развитие овражно-балочной системы на сельскохозяйственных угодьях (снимок из космоса)

По степени разрушения эрозию почв подразделяют на нормальную (естественную) и ускоренную (антропогенную). Нормальная эрозия почв протекает медленно, плодородие почвы не снижается. Ускоренная эрозия связана с хозяйственной деятельностью

человека — с неправильной обработкой почвы и орошением, нарушением растительного покрова при выпасе скота, сведением лесов, строительными работами.

При сильном развитии эрозии почв снижается плодородие земель, повреждаются посевы, овраги превращают сельскохозяйственные угодья в неудобные земли и затрудняют обработку полей, происходит заиление рек и водоёмов. Эрозия почв разрушает дороги, линии связи, электропередач и другие коммуникации.

Эрозия почв наносит огромный ущерб сельскому хозяйству. Особо опасные размеры она приняла в США и Канаде, где длительное время практиковалось использование земли "на истощение", а также в странах Средиземноморья, Ближнего Востока, в Индии, Пакистане, Китае, Южной Африке и Австралии. Вследствие эрозии почв к 1975 г. на земном шаре выбыло из сельскохозяйственного оборота свыше 50 млн. га пахотных земель.

Плоскостная и овражная водная эрозия почв в виде образования оврагов и удаления с плоских поверхностей является одним из самых распространенных ОЯП. Она постоянно воздействует на 734 города на территории России, а среднегодовой экономический ущерб от нее составляет около 4 млрд. долл. США.

В России борьба с овражной и плоскостной эрозией почв является одной из важнейших задач развития сельского хозяйства. Для её решения разработаны зональные комплексы взаимодополняющих агротехнических, лесомелиоративных, гидротехнических и организационно-хозяйственных противоэрозионных мероприятий. Агротехнические мероприятия (обработка участков и посев поперёк склонов, глубокая, более 22 см, вспашка, чередуемая через 2–3 года с обычной вспашкой, плоскорезная и безотвальная обработка почвы, весеннее рыхление зяби полосами, щелевание, залужение склонов) способствуют регулированию стока талых и дождевых вод и значительно уменьшают смыв почвы. В районах распространения ветровой эрозии вместо вспашки применяют плоскорезную обработку почвы культиваторами-плоскорезами. с сохранением стерни на поверхности (почвозащитная технология обработки почвы), что уменьшает распыление и способствует большему накоплению почвенной влаги. Во всех районах, подверженных эрозии почв, большое значение имеют почвозащитные севообороты. Из лесомелиоративных мероприятий эффективны лесные защитные насаждения

(полезащитные, приовражные и прибалочные лесные полосы). Из гидротехнических мер применяют террасирование на крутых склонах, сооружают водозадерживающие валы и водоотводящие каналы, быстротоки и перепады в руслах оврагов и ложбин.

3.1.10. Извержения вулканов

Извержение вулканов проявляется в выходе на поверхность земли газов, пепла, расплавленной магмы из кратера вулкана или трещины. Это крайне опасное явление природы сопровождается выделением колоссальной энергии, подземных веществ, газов, пепла и пыли. Изучением вулканов занимается вулканология. Вулканы на земле распределены неравномерно. Выделяют вулканопасные зоны.

Извержение вулканов много раз приводило к гибели большого количества людей и громадным экономическим ущербам. Извержение вулкана привело к гибели минойской цивилизации на Крите в древней истории. Общеизвестна из античной истории гибель городов Помпеи и Геркуланума из-за извержения вулкана Этна. И в наше время извержения вулканов затрагивают судьбы миллионов людей. Это обусловлено тем, что последствия крупного извержения вулкана ощущаются не только в его ближайших окрестностях. Пепел от крупного извержения вулкана Кракатау (Индонезия) поднялся в стратосферу, воздушными течениями распространился вокруг всей планеты и существовал на этих высотах около двух лет.

В XX в. на вулканах мира произошли тысячи средних и больших извержений. Среди них были извержения всех типов, за исключением больших трапповых излияний. Образовывались новые вулканические конусы. Несколько десятков извержений были катастрофическими по своим размерам и последствиям. Впечатляющими примерами были взрывы вулкана Катмаи на Аляске (1912 г.), вулкана Безымянный на Камчатке (1956 г.), вулкана Сент-Хеленс на западе США (1980 г.), вулкана Пинатубо на Филиппинах (1991 г.). Среди крупнейших извержений прошлого века, отличавшихся наибольшим разнообразием своих проявлений, было Большое трещинное Толбачинское извержение, происходившее на Камчатке с 6 июля 1975 г. по 10 декабря 1976 г. В ходе этого извержения появилась цепь новых крупных моногенных базальтовых конусов, образовался базальтовый лавовый покров площадью 45 км², возник провал в

вершинной кальдере вулкана Плоский Толбачик глубиной 400 м и поперечником 1600 м.



Рис. 3.8. Снимок из космоса действующего вулкана в Японии

В России действующие вулканы существуют на Камчатском полуострове, в малонаселенных районах. Вероятность значительного экономического ущерба от них пренебрежимо мала.

3.1.11. Пучение

Пучением называется поднятия поверхности земли с образованием бугров, в результате льдообразования в промерзающих грунтах. Для развития пучения необходимо наличие рыхлых влажных грунтов, подвергающихся сезонному промерзанию.

На планете в пределах умеренных и арктических широт пучение является повсеместным явлением. На территории России пучение охватывает 61% земель, наблюдается в 841 городе. Значительный экономический ущерб пучения наносят автомобильным и железным дорогам в районах Западной и Восточной Сибири, Крайнего Севера.

Поражающий фактор: выпирание опор, повреждение буграми дорог, взлетных полос аэропортов.

Для борьбы с пучениями применяются особые методы строительства автомобильных и железных дорог, с использованием защитных подложек и решеток, которые защищают мерзлотные грунты от оттаивания.

3.1.12. Наледь, обледенение, гололед

Наледью называется слоистый ледяной массив на поверхности земли или на инженерных сооружениях, образовавшийся при замерзании периодически поступающих вод. Наледи возникают при попадании воды на поверхности (грунт, инженерное сооружение) с отрицательными температурами. Поступающая вода может иметь грунтовое или атмосферное происхождение (капли дождя, штормовые брызги, туман).

Наиболее сильно наледи воздействуют на железные и автомобильные дороги, бетонные сооружения. Образование наледей на бетонных сооружениях приводит к их ускоренному растрескиванию и выветриванию. В случае образования льда на судах, самолетах, электрических проводах говорят об их обледенении. В этом случае происхождение воды на поверхностях с отрицательными температурами является преимущественно атмосферным. Особым случаем наледей является так называемый ледяной дождь, когда обильные дождевые осадки с температурой около температуры льдообразования попадают на поверхности с отрицательными температурами и практически мгновенно замерзают. Образуется очень толстый и гладкий слой льда на горизонтальных и вертикальных поверхностях, проводах и инженерных конструкциях.

Отложение наледей на дорожном покрытии обычно называют гололедом. Он затрудняет движение автомобильного транспорта, приводит к повышению травматизма среди пешеходов за счет переломов конечностей, ушибов при падениях.

В России 174 города подвержены наледеобразованию. Убытки, связанные с устранением наледей, авариями техники, травматизмом людей составляют сотни миллионов долларов в год.

Для борьбы с наледями, обледенением, гололедом используются специальные технологии, спецтехника. Некоторые типы самолетов судов в обязательном порядке оборудуются системами, препятствующими образованию льда на их корпусах. Для борьбы с гололедом в городах и на трассах используются специальные составы и присыпки.

3.1.13. Термокарст, термоэрозия

Термокарст относится к так называемым псевдокарстовым процессам и состоит в образовании просадочных и провальных форм рельефа и подземных пустот вследствие вытаивания подземного льда или оттаивания мёрзлого грунта при повышении среднегодовой температуры воздуха или при увеличении амплитуды колебания температуры почвы.



Рис. 3.9. Обнажение пласта многолетнего льда
(верхнее течение р. Колымы)

Термокарст – это специфическое явление в области распространения многолетнемерзлых пород, называемых вечной мерзлотой. Типичные формы рельефа, образующиеся в результате термокарста: озёрная котловина, аласы, западины, блюдца и другие отрицательные формы рельефа, а также провальные образования и полости в подпочвенном слое (гроты, ниши, ямы). Причиной термокарста может также стать промышленное и гражданское строительство, вырубка лесов и многие другие факторы хозяйственной деятельности человека. Появление термокарста обычно связано с процессами деградации вечной мерзлоты.

Термокарсту, как правило, сопутствуют другие процессы (например, термоэрозия, тепловая усадка и гравитационное перемещение оттаявших пород); он может сочетаться с плоскостным и подпочвенным смывом, солифлюкцией, суффозией, эрозией и абразией.

В России термокарсту подвержено около 45 % ее территории. Его воздействие проявляется в 72 городах.

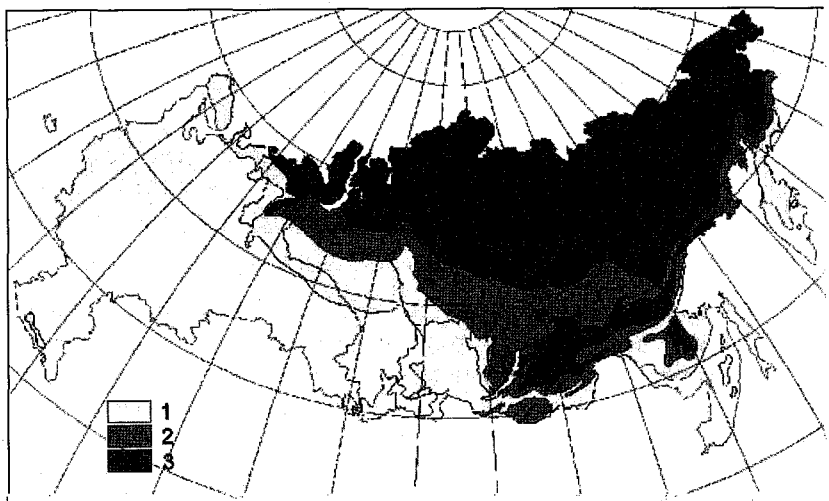


Рис. 3.10. Зоны островного (1), прерывистого (2) и сплошного (3) распространения многолетнемерзлых пород на территории России

Термокарст оказывает сильное влияние на строительство и эксплуатацию зданий и сооружений, нефте- и газопроводов, эксплуатацию нефтяных и газовых месторождений, строительство и экс-

плутацию автомобильных и железных дорог. В Якутске с начала 70-х годов прошлого века более 300 зданий получили серьезные повреждения в результате просадок мерзлого грунта. В зоне вечной мерзлоты проходит часть Транссиба – самой протяженной железно-дорожной магистрали России.



Рис. 3.11. Обрушившаяся из-за термокарста секция здания в пос. Черский

Поражающий фактор: провалы, осадки, оползни, солифлюкция.

Комплекс мероприятий по предупреждению и борьбе с термокарстом включает предохранение многолетнемёрзлых пород и подземных льдов от протаивания при строительстве и эксплуатации сооружений, предпостроечное оттаивание мёрзлых льдистых оснований, дренаж территорий. При выборе защитных мероприятий следует учитывать, что на территории России погребенные вечные льды достигают толщины от нескольких метров до нескольких десятков метров. Например, на Бованенковском газоконденсатном месторождении (западная периферия полуострова Ямал) толщина таких льдов достигает 45 м.

Значительный интерес проблема термокарста вызывает в последнее время в связи с глобальным потеплением климата. Соответ-

ствующие исследования выполнены в интересах нефтегазовой промышленности для территорий перспективных и эксплуатирующихся месторождений на Ямале, республики Коми, а также для промышленности и территории Якутии. Все они свидетельствуют об интенсификации процессов термокарста в последнее десятилетие. Дальнейшее развитие этих тенденций может привести к значительным изменениям рельефа на многих важных промышленных объектах с крайне негативными последствиями.

3.1.14. Солифлюкция

Термин солифлюкция (от лат. *solum* – почва и *fluctio* – истечение) означает медленное передвижение почв и рыхлых грунтов (в основном пылеватого гранулометрического состава) под влиянием попеременного протаивания – промерзания и силы тяжести. Это движение происходит при естественной влажности, равной полной влагоемкости, и уклоне местности не менее 3° . Солифлюкция наблюдается, главным образом, в областях развития мерзлых горных пород. Происходит при оттаивании льдонасыщенных грунтов, когда последние утрачивают структурные связи и переходят в вязкопластичное состояние. Развивается при наличии подстилающего мерзлого субстрата, служащего водоупором и способствующего переувлажнению вышележащей толщи почвы, грунта. Растительный покров (дернина) затрудняет развитие солифлюкции. С солифлюкцией связано образование специфических форм рельефа (валов, гряд, солифлюкционных террас и др.).

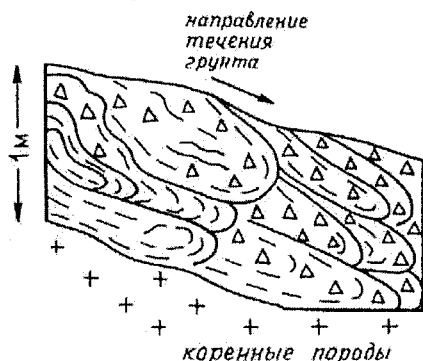


Рис. 3.12. Солифлюкционные структуры (в разрезе)

Поражающими факторами являются:

- формирование бугров, волн рельефа;
- кинетическая энергия движущегося вязкого потока.

Наиболее сильно от солифлюкции страдают автомобильные и железные дороги, нефте- и газопроводы, а также городские коммунальные сети, уличное хозяйство городов.

Солифлюкция наблюдается в 60 городах России, на 6 % ее территории.

В настоящее время общий экономический ущерб от геокриологических процессов, представленных в основном термокарстом и солифлюкцией, составляет около 1 млрд. долл. США. В связи с потеплением климата этот ущерб может возрасти многократно.

3.1.15. Движение песков

Под движением песков понимают перенос значительных масс песка ветром достаточной скорости. Для этого необходимо наличие больших участков песчаной поверхности (пустыни, пляжи) и скоростей ветра, достаточных для поднятия песка в воздух. Движению песков способствуют продолжительные сильные ветра.

Поражающие факторы:

- заносы;
- разрушение инженерных сооружений;
- завалы.

Наиболее сильно движение песков влияет на сельское хозяйство, жилищно-коммунальное хозяйство, эксплуатацию дорог. Для борьбы с движением песков применяют инженерные способы (защитные лесополосы, щитовые заграждения и т.п.).

3.1.16. Плывуны

Плывунами называются грунты, способные к переходу в разжиженное состояние при водонасыщении и перемещению в виде потоков. Плывуны характеризуются наличием участков мелкозернистых песков и пылеватых суглинков, содержащих органические вещества и находящихся в состоянии водонасыщения. Причиной плывунов является так называемая тиксотропность глинистых, лёссовых и супесчаных грунтов, под которой понимают переход коллоида из геля в золь при встряхивании. Обычно плывуны образуют-

ся при вибрациях, перемещениях, оттаивании. Плывунам способствует повышение влажности грунта.

Сопутствующие ОЯП: осадка и провалы грунта, оползни-потоки.

Нередко плывуны в сочетании с техногенными факторами приводят к катастрофическим оползням-потокам с человеческими жертвами и значительным разовым экономическим ущербом. Особенно значимо плывуны проявляются в области подземного строительства и эксплуатации коммуникаций. Утечки вод, вибрации, оттаивание грунтов по техногенным причинам резко увеличивают частоту проявления плывуна. Колоссальный экономический ущерб нанес плывун, разрушивший и затопивший перегон метрополитена в Санкт-Петербурге в ноябре 1995 г. Устранение последствий заняло 9 лет и стоило несколько миллиардов рублей. В том же 1995 г. в Барнауле, Алтай, гигантский оползень, вызванный плывунами, привел к разрушению множества домов и гибели 9 человек.

Защитные меры по предотвращению плывунов и ликвидации их последствий отличаются высокой затратностью. Целесообразно избегать строительства в зоне плывунов, однако это простое соображение игнорируется еще на стадии проектирования. Так, в Санкт-Петербурге обсуждаются планы строительства так называемого Западного скоростного диаметра, стоимостью около 2 млрд. долл. США. На центральном участке этой скоростной трассы с движением в 8 полос планируется строительство трехкилометрового туннеля вдоль Васильевского острова. Этот туннель должен пройти над плывуном, аналогичным тому, что вызвал аварию на линии метро 9 лет назад. Утечки вод из туннеля и повышенная вибрация могут привести к катастрофе.

3.1.17. Засуха почвенная

Почвенной засухой называют ситуацию, когда в течение вегетационного периода не менее 30 дней подряд запасы продуктивной влаги в слое почвы 0–20 см составляют не более 10 мм. Почвенная засуха возникает при длительном периоде слабых осадков весной и летом при повышенных температурах. В результате иссякают запасы воды в почве. Причиной такой ситуации является преобладание в атмосфере региона устойчивых антициклонов после длительного периода слабого накопления и повышенного расхода почвенной и

подземной влаги. Обычно почвенной засухе предшествует мало-снежная зима после сухой осени.

Сопутствующие ОЯП: суховеи, пожары.

Поражающие факторы:

- гибель посевов;
- разрушение сооружений.

История засух и их влияния на человечество пишется с древнейших лет. Некоторые исследователи считают, что гибель династического Египта была связана с почвенной засухой, которая продолжалась в дельте Нила более 100 лет. Катастрофические почвенные засухи, поражающие значительные территории, всегда сопровождались массовым голодом, гибелью значительного числа людей, домашнего скота. Катастрофическая засуха в Поволжье в 1922 г. вошла в историю страны под названием «Голод в Поволжье», а образ голодающего из Поволжья стал нарицательным. Экономика целых стран могла быть отброшена на десятилетия назад. Сопутствующим явлением в таких случаях оказываются массовые миграции людей и животных, которые для сопредельных территорий сами по себе воспринимаются как стихийное и социальное бедствие.

Современная история насчитывает огромное количество засух на территориях рискованного земледелия. Например, Китай в 2001 и 2003 гг. был поражен тяжелейшими почвенными засухами, которые охватили многие провинции Южного Китая и нанесли ущербы в миллиарды долларов США. Глобализация экономики принесла смягчение последствий катастрофических засух, отсутствие явлений массового голода. Однако экономика развивающихся стран и стран третьего мира весьма тяжело реагирует на катастрофические засухи. Экономический ущерб от средних и малых по интенсивности почвенных засух обычно не оценивается на уровне стран, но он весьма сказывается на экономиках регионов, районов, отдельных хозяйств.

Почвенные засухи поражают около 24 % территории России. Катастрофические засухи случаются раз в несколько десятков лет. Экономический ущерб от катастрофических почвенных засух исчисляется сотнями миллионов долларов США. Примером может служить засуха 2004 г. в Курганской области, в ходе которой погиб урожай кормовых и зерновых на 350 тыс. га посевных площадей. Тяжелая ситуация сложилась с кормами для животноводства. Был

объявлен режим чрезвычайной ситуации (ЧС) и запрошена помощь в размере 1,5 млрд. руб. Предыдущая катастрофическая засуха в этом регионе наблюдалась в 1975 г., когда в качестве кормов для скота заготавливали болотные кочки, ветки и камыш. Свой вклад в формирование среднегодовых экономических ущербов вносят и средние по интенсивности почвенные засухи. Они приводят к уменьшению запланированных урожаев, колебаниям цен на продукты питания и т.п.

Долгосрочный прогноз почвенных засух представляет собой сложную задачу. Для борьбы с засухами используются организационные мероприятия (предупреждение, изменение сроков посевов, планирование) и инженерные методы (ирригация, дождевальные установки и т.п.).

3.2. Опасные природные явления в гидросфере

3.2.1. Наводнения

Наводнением называется затопление части территории водами различного происхождения (морские или речные воды, поверхностный сток интенсивных осадков). Такому затоплению обычно предшествует подъем уровня вод, контролируемый по показаниям приборов на гидрометрических постах. Поэтому в практике гидрометеорологических служб под наводнением понимается подъем уровня воды на некотором гидрометрическом посту выше установленной отметки. Например, в Санкт-Петербурге объявляется наводнение, если уровень Невы превысит 150 см по гидрометрической рейке, расположенной на гидрометрическом посту у Горного института. Изучением наводнений занимается гидрометеорология в целом и ее отдельные науки: гидрология, океанология.

Причины наводнения как ОЯП обычно формируются в результате развития других ОЯП (цунами, сгонно-нагонные явления в прибрежных частях морских акваторий, интенсивные дожди, интенсивное таяние снегов и т.п.) или в результате техногенных катастроф (разрушение плотин, дамб, подводные взрывы большой мощности и т.п.). Обычно, для каждой территории, подвергающейся наводнениям, действует один-два механизма генерации этого опасного явления. В редких случаях, как, например, в Нидерландах, механизмы наводнений отличаются большим разнообразием (сгонно-

нагонные явления со стороны моря, паводковые наводнения со стороны Рейна, местные наводнения в результате интенсивных осенних осадков, местные половодья весной, поверхностный сток интенсивных осадков, принесенных штормовыми циклонами, разрушение плотин и дамб). Для России основной причиной наводнений является половодье, возникающее в результате весеннего таяния снега. Для приморских городов России основным механизмом формирования наводнений являются сгонно-нагонные явления.

Различают регулярные во времени наводнения и нерегулярные. Это связано с действием регулярных и нерегулярных механизмов их образования. К регулярным относят, например, наводнения, связанные с половодьями, вызываемыми весенним таянием снегов, а также муссонные наводнения, связанные с муссонами. К нерегулярным наводнениям относят наводнения, связанные с паводками, сгонно-нагонными явлениями или с цунами.

По характеру своего проявления наводнения разделяют на потоковые и площадные. В первом случае основную опасность представляет энергия водного потока, сконцентрированного на относительно небольшой по ширине поверхности. Кинетическая энергия потока является мощным поражающим фактором в горных районах, а также при наводнениях, связанных с цунами. Потоковые наводнения обычно отличаются высокой интенсивностью, но малым временем действия. Они могут возникать достаточно быстро и отличаются плохой предсказуемостью. Причинами потоковых наводнений обычно являются интенсивные осадки в горной местности, таяние снегов в горной местности. В редких случаях причиной потоковых наводнений может стать прорыв или перелив горного озера. Потоковые наводнения связаны и с техногенными факторами (разрушением плотин, дамб), особенно в начальной фазе аварии.

В случае площадных наводнений основную опасность представляет покрытие значительных территорий водой на достаточно продолжительное время. Обычно площадные наводнения формируются на низменной или равнинной местности с малоизрезанным рельефом в результате продолжительных осадков или интенсивного таяния снегов на больших территориях. В некоторых случаях площадные наводнения являются результатом разрушения дамб и затопления низменных участков территорий. Покрытие значительных территорий водой на длительное время, выступая как поражающий

фактор, воздействует на всю биомассу затапливаемой территории и приводит к тяжелейшим поражениям экосистем на затапливаемой территории. В случае нахождения на этой территории населенных пунктов и экономических объектов возникает значительный экономический ущерб. Население необходимо эвакуировать. В противном случае неизбежна гибель большого числа людей. Обычно это происходит в слаборазвитых странах. Формирование площадных наводнений обычно занимает достаточно продолжительное время, иногда достигающее многих недель. Чем больше высота слоя воды на затопленной территории и чем дольше эта вода стоит, тем более тяжелые последствия связаны с конкретным наводнением.

Катастрофические наводнения в мире уносят сотни тысяч человеческих жизней, вызывают ущербы в десятки миллиардов долл. США. Особенно большие человеческие потери несут Индия, Бангладеш, Вьетнам. Экономические потери наиболее характерны для развитых стран, находящихся на низменных местностях. Эти потери обусловлены преимущественно площадными наводнениями, вызванными продолжительными интенсивными осадками в сочетании с интенсивным таянием снегов в горных районах. Примером может служить крупнейшее в Европе наводнение 2002 г., охватившее территории целого ряда стран. Наиболее сильно пострадали Германия, Чехия, Словакия. По данным Всемирной метеорологической организации (ВМО), в 2002 г. от наводнений на Земле пострадало свыше 17 млн. человек, погибло свыше 3 тыс. человек. Материальный ущерб от наводнений составил более 30 млрд. долл. США. Суммарная площадь затопления составила свыше 8 млн. км².

Наводнения являются для России самым разрушительным ОЯП на протяжении всей истории. В середине XX в. в СССР были выполнены значительные работы по уменьшению опасности наводнений. После проведения в 50–70-х годах прошлого века широкомасштабных работ по зарегулированию стока рек водохранилищами, обвалованию берегов, переносу многих населенных пунктов из зон возможного затопления, опасность наводнений уменьшилась, особенно на европейской территории страны. Вместе с тем, в настоящее время опасность наводнений разного характера существует для 2,4 % территории России, охватывая 746 городов, в которых сосредоточено около 70 % населения страны.

Примерно 50 % наводнений обусловлено половодьями, связанными с весенним таянием снега. Наиболее катастрофические наводнения этого типа, охватывавшие огромные территории, происходили в 1908, 1926, 1970 и 1979 гг. на европейской части России, а в 1959 г. – на нижнем Енисее. Катастрофическое наводнение в Башкирии в 1990 г. привело к затоплению 130 населенных пунктов. Экономический ущерб составил 250 млн. долл. США.

Значительный ущерб наносят и паводковые наводнения, связанные с обильными дождевыми осадками в летне-осенний период (30 % случаев). В августе 1998 г. тайфун, сопровождавшийся проливными дождями, обрушился на Приморский край, вызвал катастрофическое наводнение. Затопленными оказались 180 населенных пунктов на площади 1,5 млн. га. Разрушено 347 мостов, свыше 2 тыс. км дорог. Прямой экономический ущерб составил 170 млн. руб. В конце июня – начале июля 2002 г. в результате наводнения паводкового происхождения на юге России пострадали Ставропольский, Краснодарский края, республики Дагестан, Кабардино-Балкария, Чечня. Погибло свыше 100 человек, пострадало 340 тыс. человек. Ущерб нанесен более 300 населенным пунктам, около 8 тыс. домов полностью разрушено. Материальный ущерб оценен в 500 млн. долл. США.

Нагонные наводнения поражают дельтовые и устьевые части крупных рек в северных и дальневосточных регионах России, а также пологие побережья Каспийского и Азовского морей. Наиболее известные наводнения такого происхождения связаны с Санкт-Петербургом. В 1995 г. на Каспии произошел катастрофический нагон, который вызвал наводнение в г. Лагани, отстоящем от побережья на 15 км, прямой экономический ущерб превысил 90 млн. долл. США.

В результате широкомасштабного строительства защитных гидротехнических сооружений увеличилась опасность наводнений от техногенных факторов, связанных с разрушением возведенных дамб и плотин, береговых обвалований. Эта опасность особенно возросла к настоящему времени, поскольку из-за недостаточного финансирования в конце 90-х годов большинство из гидротехнических сооружений пришли в аварийное состояние. Примером является катастрофическое наводнение, происшедшее в августе 2002 г. в Абрау-Дюрсо (Краснодарский край), связанное с прорывом плоти-

ны Владимирского водохранилища. Трагедия произошла на фоне серии смерчей с сильнейшими осадками. Владимирское водохранилище было возведено с целью накопления воды для полива сельскохозяйственных угодий и регулирования горного стока в 70-х годах. К моменту прорыва его плотина пришла в аварийное состояние из-за полного отсутствия на нем регламентных работ. Незадолго до прорыва эта плотина была показана по центральному телевидению. Видно было, что водоспускные сооружения на плотине заделаны наглухо и находятся в нерабочем состоянии. Таким образом, непосредственно перед катастрофой опасность осознавалась, но мер предпринято не было. Вода из водохранилища, расположенного на 80 метров выше поселка Цемдолина, находящегося прямо под ним, хлынула смертельным валом на этот поселок при прорыве аварийной плотины. Эта же волна смыла «дикие» туристические лагеря в Широкой Балке, оказавшейся на это время руслом потокового наводнения. По различным данным количество погибших при этом наводнении составило около 60 человек. Высота вала была настолько высокой, что жительницу пос. Цемдолина Татьяну Гарбуз чуть не смыло с конька ее собственного дома. Был нанесен и значительный экономический ущерб из-за разрушения большого количества новых домов, выстроенных самовольно в опасных местах. В зоне наводнения оказалось 18 населенных пунктов с населением около 30 тыс. человек. Экономический ущерб был оценен около 1 млрд. руб.

Интересно отметить, что августовская трагедия в Абрау-Дюрсо оказалась третьей по счету для Краснодарского края в 2002 г. Самые сильные наводнения ливневого происхождения нанесли значительный ущерб этим местам в январе и июне того же года. По результатам инвентаризации последствий этих наводнений были составлены списки инженерных сооружений, нуждающихся в восстановлении и укреплении. Плотина Владимирского водохранилища в этот список по неведомым причинам не попала. Уже после трагедии было принято решение по укреплению плотины, спуску воды из водохранилища, уменьшению его объема в пять раз до 200 тыс. м³. Важно отметить, что власти отрицали факт прорыва плотины, говоря только о трещине в ней. Это вызвало возмущение местных жителей, перекрытие федеральной автомобильной дороги пикетами, взятие «в плен» местными жителями полномочного представителя президен-

та по Южному федеральному округу Александра Казанцева. Социальные волнения оказались весьма сильными.

3.2.2. Цунами

Цунами – это так называемые длинные морские волны, возникающие, например, при перемещениях морского дна, являются примером вторичной сейсмической опасности в водной среде. Такая волна может образоваться и в результате попадания в океан не крупного астероида, диаметром около 100 м. В крупных озерах такие волны образуются при гигантских оползнях в чашу озера. Подавляющее число цунами образуется, все-таки, в морях и океанах при подводных землетрясениях.

В переводе с японского цунами означает «большая волна в гавани». В открытом море цунами, охватывают всю толщу воды, распространяются с большой скоростью и имеют незначительную высоту. При выходе на мелководный участок высота резко возрастает, а скорость, пропорциональная квадратному корню из глубины места, уменьшается. В результате крутизна цунами быстро увеличивается и появляется тенденция к обрушению, возникает предпосылка для формирования гидродинамического удара колоссальной мощности. При обрушении на берег потенциальная энергия цунами преобразуется в энергию гидродинамического удара, который и является основным поражающим фактором. Цунами может распространяться на значительную дистанцию в глубь территории, вызывая на ней кратковременное наводнение. Цунами может распространяться в виде нескольких отдельных волн, каждая из которых при выходе на берег наносит разрушения. Таким образом, цунами становится опасным явлением природы только при выходе на берег. Цунами изучает геофизика, сейсмология, океанология.

Принято все побережье океанов и открытых морей делить на зоны цунамиопасности. Основное место образования цунами – Тихий океан. Ведь именно Тихий океан опоясан Великим огненным кольцом, с которым связана основная масса землетрясений и вулканических извержений. Поэтому цунами, которые связаны с землетрясениями и вулканами, чаще всего совершают набег на Тихоокеанское побережье. Цунами наблюдаются также в Атлантическом океане (побережье Чили), Средиземном море и в Индийском океане.

Первое цунами, о котором мы знаем из истории, уничтожило город Амнисос на Крите около 1400 г. до нашей эры. Считается, что гибель этой минойской цивилизации отразилась в легенде о гибели Атлантиды. В современную эпоху наиболее сильные цунами связаны с землетрясениями в Лиссабоне в 1755 г., Мессине в 1908 г., Токио в 1896 г. В последнем случае высота цунами достигала 35 м, погибло 27 тыс. человек, все прибрежные городки и деревни, растянувшиеся на 800 км, прекратили свое существование.

В России наиболее цунамиопасными являются побережья Камчатки и Курил. В ноябре 1952 г. здесь имело место самое разрушительное в истории страны цунами, вызванное землетрясением с магнитудой 8,25, охватившим более 700 км Тихоокеанского побережья. Три огромные волны высотой до 14–20 м, достигшие побережья Курил через 20–25 мин после землетрясения, обрушились на город Северо-Курильск на о. Парамушир. Город, располагавшийся на высотных отметках 10–15 м, был полностью уничтожен, погибло 11 тыс. человек. Было принято решение не восстанавливать город. Еще три раза цунами приводило к человеческим жертвам и экономическому ущербу (1958, 1963 и 1994 гг.). Повторяемость разрушительных цунами высотой 1–2 м на указанном побережье составляет 1 раз в 10 лет, а катастрофических цунами – 1 раз в 100–300 лет.

Прогноз цунами тесно связан с прогнозом землетрясений и наличием систем слежения за цунами. В Японии, Чили и на Гавайских островах (США) существуют специальные службы по предупреждению цунами, основанные на системе подводных датчиков давления воды, располагающихся на дне. Сигналы от этих датчиков через спутники поступают в специальные центры предупреждения цунами. В качестве защитных мер широко используются инженерные сооружения, гасящие энергию удара и не допускающие проникновения воды в глубь территории. Особенно широко такие сооружения используются в Японии.

3.2.3. Сгонно-нагонные явления

Сгонно-нагонные явления называются отклонения уровня моря под влиянием атмосферных процессов. При нагоне уровень моря повышается, а граница уреза воды перемещается в глубь территории, вызывая наводнение. Как указывалось ранее, катастрофический нагон в 1995 г. привел к затоплению г. Лагани, отстоящего

от побережья Каспийского моря на 15 км. При сгоне уровень моря понижается, урез воды отступает, обнажая морское дно. Так, например, в районе порта Таганрог (Азовское море) отмечались случаи, когда при сгонах вода отступала от береговой линии более чем на 3 мили (более 5 км).

Экономические ущербы могут возникать как при нагонах, так и при сгонах. Вместе с тем, наводнения, вызываемые нагонами, могут привести к гибели людей и разрушениям зданий и сооружений на берегу, т.е. нагон принято рассматривать как более опасное явление, которое может принять катастрофический характер. Существуют различные типы сгонно-нагонных явлений, зависящие от механизма образования (ветровой, волновой), рельефа дна и прибрежной черты. Изучением сгонно-нагонных явлений занимается метеорология и океанология.

Поражающие факторы:

- повышение уровня воды и наводнения при нагонах;
- понижение уровня воды, обмеление акваторий и обнажение дна при сгонах;
- перестройка поля температуры морской воды в прибрежной полосе при сгонах.

Сильнейшим штормовым нагонам подвержено побережье Голландии, побережье США в районе Нью-Орлеана. Положение на указанных территориях усугубляется тем, что прибрежные территории располагаются ниже уровня моря и отделены от моря системами дамб. В случае их разрушения, прорыва, перелива через них, огромные, густонаселенные территории оказываются затопленными на длительное время. В 1953 г., в результате сильнейшего штормового нагона большая территория в юго-западной части Голландии была затоплена, многие прибрежные поселения были разрушены, пострадали сельскохозяйственные угодья, погибло около 2000 человек.

В России нагонные явления вызывают ежегодные наводнения в Санкт-Петербурге, на Азовском море, на Каспийском море, на Сахалине. В исключительных случаях, раз в несколько десятков лет, эти нагоны имеют катастрофический характер. На Черном море сгон воды летом в Ялте вызывает резкое уменьшение температуры воды у берега (с 24–26 °С до 9 °С). Это явление наносит экономический ущерб местному курортному бизнесу.

Прогноз сгонно-нагонных явлений представляет собой сложную задачу. Для каждого географического района, подверженного сгонно-нагонным явлениям, создаются и используются свои методы прогнозов.

Для защиты морских побережий, портов, городов от сгонно-нагонных явлений используются различные методы инженерной защиты. Известны случаи постройки уникальных инженерных объектов колоссальной стоимости. Примером является подвижное защитное сооружение в Мааслане, предназначенное для защиты крупнейшего порта в мире Роттердам от самых крупных штормовых нагонов, случающихся раз в 50 лет (рис. 3.13)

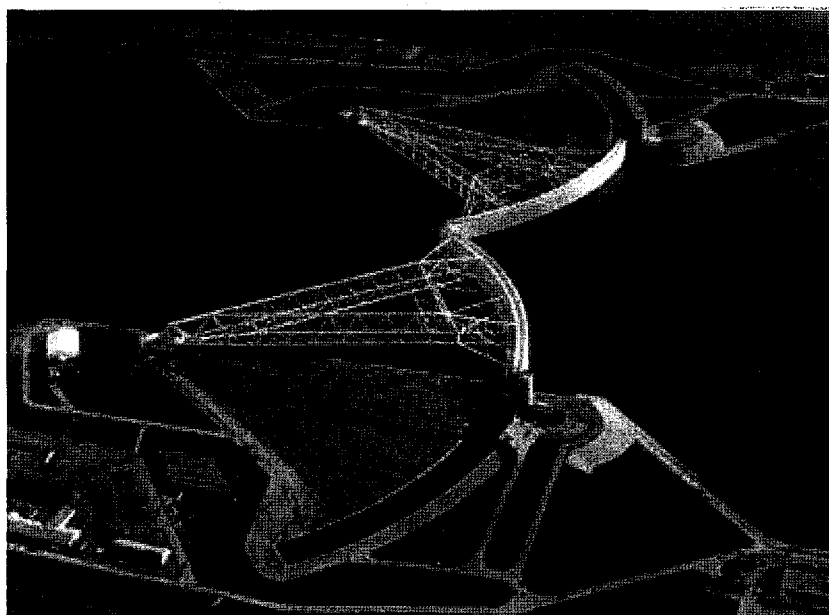


Рис. 3.13. "Маасланткеринг" – защитное сооружение порта Роттердам

Грузооборот этого порта достигает 300 млн. т, т.е. около 1 млн. т в год. Каждые 5 мин этот порт покидает 1 судно, что составляет около 80 тыс. судов в год. Чтобы защитить такой интенсивный порт не подходят обычные защитные сооружения – шлюзы и дамбы с затворами. Шлюзы очень медленны, а затворы нельзя поднять на достаточную высоту для пропуска судов. В конце XX в. молодые

инженеры разработали проект из двух подвижных барьеров, которые способны перекрывать при опасности морской вход в Роттердам. Тела барьеров являются полыми, как корабли, поэтому они в нормальном положении плавают. После их установки, они затапливаются и отрезают порт от моря. После окончания нагона они осушаются и отводятся в исходное положение, открывая вход в порт. Моделирование в бассейне показало, что при закрытии барьеров они находятся в практически неуправляемом состоянии из-за течений под барьерами. Сами барьеры при моделировании испытывали интенсивные вертикальные колебания, которые в перерасчете на натуру составляли до 10 м по высоте. Чтобы уменьшить такие колебания инженеры изменили конструкцию донной части барьеров и добились уменьшения таких колебаний. Это сооружение было построено в Мааслане, введено в эксплуатацию. Оно расположено в главном судоходном канале в порту Роттердам и обычно открыто.

3.2.4. Переработка берегов морей и водохранилищ

Под переработкой берегов морей и водохранилищ понимают разрушение слагающих берег пород и их последующий смыв в воду. Негативные экономические последствия этого явления связаны с разрушениями ценных, наиболее освоенных прибрежных территорий с большой плотностью экономических объектов.

Разрушения берегов морей и водохранилищ, а также связанные с ними экономические ущербы наблюдаются во всем мире.

В России насчитывают около 125 тыс. км береговой черты, которые относятся к 13 морям и около 2260 водохранилищам. Примерно 39 % указанной береговой черты (около 48,4 тыс. км) активно разрушаются, что приводит к изъятию ежегодно около 6,7 тыс. га прибрежных территорий различного назначения. Скорость линейного отступления берегов изменяется от 1–5 до 10–30 м в год. Разрушения берегов, нередко приводящие к человеческим жертвам и значительному экономическому ущербу, наблюдаются на территориях 53 городов и в сотнях других населенных пунктов – практически во всех районах России. Особенно опасная ситуация сложилась за последние 10 лет на побережье Каспийского моря в связи с повышением его уровня на 245 см. Этот подъем привел не только к затоплению территорий, но и к активизации процессов разрушения берега на всем дагестанском побережье. В зоне поражения оказа-

лись 5 городов с населением около 100 тыс. человек. Суммарный среднесреднегодичный экономический ущерб в России от разрушений берега на всех водохранилищах и морях составляет по экспертным оценкам около 2–2,5 млрд. долл. США в год.

Сопутствующие ОЯП: оползни. Процессы разрушения берегов и сопутствующие оползни оказывают важное влияние на подводные нефте- и газопроводы, особенно в районе арктических морей. В арктических морях берега обнажают погребенные льды многометровой толщины. Переработка таких берегов идет особенно быстро и линейная скорость отступления берегов может составлять сотни метров в год. В таких условиях нефте- и газодобыча, прокладка и эксплуатация междуприисковых трубопроводов могут испытывать серьезные затруднения из-за быстрого наступления моря на сушу.

Основным способом защиты берегов является строительство берегоукрепительных сооружений. Сегодня в мировой практике используется несколько сотен методов и способов берегоукрепления, и не всегда они требуют больших материальных затрат. Обоснованное решение должно базироваться на прогнозе берегопереработки. Методы прогнозов берегопереработки постоянно совершенствуются, учитывают максимально возможное количество факторов влияния, их в настоящее время насчитывается около сорока.

3.2.5. Эрозия речная

Речной эрозией называется постепенное разрушение рекой своего русла за счет размывания как берегов (боковая эрозия), так и ложа русла (глубинная эрозия). Речная эрозия – постоянный процесс, интенсивность которого зависит от прочности окружающих горных пород и интенсивности речного потока. Интенсивность речной эрозии достаточно сильно меняется в зависимости от гидрологических сезонов.

В горных реках, где прочность пород берегов и ложа примерно одинакова, преобладающее влияние имеет глубинная эрозия, приводящая к «пропиливанию» горных пород. Глубина эрозии в таких случаях может составлять многие сотни метров. В дальнейшем, подмывая высокие крутые берега за счет боковой эрозии, река создает условия для формирования крупных обвалов. Эти обвалы могут перекрывать русло реки, формируя горное озеро. Опасные последствия такого процесса описаны выше (см. 3.1.2).

Наибольшую экономическую опасность представляет боковая речная эрозия, приводящая к заметным изменениям речных берегов. Особенно заметна боковая речная эрозия, если берега реки сложены рыхлыми, легко размываемыми породами. Экономические ущербы от боковой речной эрозии особенно заметны в населенных пунктах. Иногда интенсивная боковая эрозия приводит к образованию отмелей ниже по течению реки. В этом случае экономический ущерб наносится судоходству.

Сопутствующие ОЯП: обвалы, оползни.

Поражающий фактор – подмыв берегов, обрушение зданий, сооружений, ЛЭП, автомобильных и железных дорог.

В России экономическим ущербам от речной эрозии подвержены 442 города, а среднескользящий годовой ущерб в целом по стране составляет около 2 млрд. долл. США.

Защита от речной эрозии осуществляется с помощью инженерных сооружений, укрепляющих берега рек. Стоимость таких сооружений изменяется в широких пределах.

3.2.6. Подтопление территорий, переувлажнение почвы, заболачивание

Подтоплением территории называется подъем уровня грунтовых вод, в результате которого глубина их залегания составляет 2–3 м. Различают постоянное, сезонное и эпизодическое подтопление территорий. Подтопление территорий обусловлено сложными процессами взаимодействия поверхностных и грунтовых вод, а также процессами динамики грунтовых вод в различных грунтах. Изучением процессов подтопления занимается гидрогеология, а также различные разделы строительной науки и мелиорации. Причинами подтопления территорий являются естественные природные и техногенные процессы:

- избыток и застой воды в поверхностных горизонтах;
- утечки вод из коммунальных водопроводных сетей;
- поливные работы на сельскохозяйственных угодьях;
- строительство водохранилищ, водных каналов;
- гражданское и промышленное строительство.

Подтоплению территорий способствуют мелкое залегание верхних водоупорных слоев грунта, наличие низинных форм рельефа.

Сопутствующие ОЯП: осадка и провалы грунта, плывуны.

Поражающие факторы:

- засоление почв;
- размывы грунта под фундаментами зданий, сооружений;
- нарушение нормальной эксплуатации жилищно-коммунального хозяйства.

Подтоплению в России подвержены 93 % всех городов и населенных пунктов, что составляет 960 единиц. В качестве примера можно привести ситуацию с подтоплением территории Москвы. Около 37 % этой территории находится в постоянно подтопленном состоянии. Объем грунтовых вод в Москве в 2–3 раза превышает естественный уровень за пределами города. Основной причиной такого положения являются постоянные утечки из водонесущих коммуникаций. Питание грунтовых вод в Москве только на 30 % определяется атмосферными осадками, остальные 70 % – это утечки из водонесущих коммуникаций, общая протяженность которых составляет более 20 тыс. км. Ущерб от подобных подтоплений ежегодно оценивается в 600 млн. рублей (более 20 млн. долл. США).

Общий среднесноголетний экономический ущерб от подтопления в России составляет сотни миллионов долларов в год.

В строительстве и мелиорации широко применяются различные методы инженерной защиты населенных пунктов и сельскохозяйственных территорий. В строительстве вопросы инженерной защиты территорий от подтопления регламентированы СНиП 2.06.15-85.

Подтопление территорий способствует развитию переувлажнения почвы и заболачиванию территорий. Переувлажнение почв вызывает значительные экономические ущербы в сельском хозяйстве (вымокание урожая). Заболачивание почв меняет ландшафт территории, вызывает перестройку экологических систем, заставляет изменять хозяйственную деятельность. Борьба с переувлажнением почв и заболачиванием территорий требует мелиорационных работ, что приводит к дополнительным затратам, размер которых может быть весьма значительным.

3.2.7. Зажор

Зажором называется скопление шуги и внутриводного льда во время осеннего ледохода и в начале ледостава, создающее стеснение русла на отдельном участке реки и вызывающее подъем уровня до отметок обеспеченностью 10 % и менее. Зажоры наиболее часто

возникают во время осенних паводков на фоне отрицательных температур воздуха. Образованию зажоров способствуют уменьшения живого сечения реки, а также изгибы русла реки. Зажоры могут образовываться у гидротехнических сооружений (водопрпускные сооружения плотин, водозаборы, причалы и т.п.) и мостов. В этом случае они могут привести к нештатным режимам функционирования этих сооружений, создать угрозу их повреждения и разрушения. Известно, что наличие напорных плотин способствует продуцированию шуги в незамерзающей полынье за плотиной. Эта шуга может стать причиной зажоров ниже по течению.

Сопутствующие ОЯП: наводнения.

Поражающий фактор: подъем уровня воды, воздействие внутриводного льда на гидротехнические сооружения.

Прогноз зажоров осуществляется с помощью ледотермических методов гидрологических расчетов и статистических методов.

Методы борьбы с зазорами в настоящее время считаются малоэффективными из-за сложности явления и значительного количества влияющих факторов в каждом конкретном случае.

3.2.8. Затоп

Затором называется скопление льда во время ледохода, обычно весеннего, создающее стеснение русла реки, перекрытие реки и вызывающее подъем уровня воды до отметок 10 % и менее. Образованию заторов способствуют естественные уменьшения живого сечения реки и изгибы ее русла. Как и зазоры, заторы могут образовываться у гидротехнических сооружений и мостов. В этом случае заторы могут их повредить или разрушить за счет наваливания и наводнения.

Сопутствующие ОЯП: наводнения, эрозия берегов.

Поражающие факторы:

- подъем уровня воды;
- разрушение берегов;
- разрушение зданий и сооружений;
- гибель людей.

Прогнозирование заторов является сложной задачей, и она решена не для всех рек.

Для борьбы с заторами обычно используются взрывные работы ниже по течению, включая бомбометание, закладку зарядов. Вместе

с тем, эффективность подобных методов зачастую оказывается весьма низкой. Более того, известны случаи, когда проведение взрывных работ ухудшало ситуацию и способствовало сплочению заторов.

3.2.9. Низкая межень

Низкой меженью называется понижение уровня воды в реке ниже навигационных уровней и проектных отметок водозаборных сооружений. Низкая межень является весьма негативным явлением для так называемого водного хозяйства, управляющего водопользованием в интересах населения, промышленности, сельского хозяйства, энергетики, водного транспорта, рыбоводства и рыболовства. Причиной низкой межени является критическое уменьшение притока поверхностного стока и подземного стока в русло реки. Обычно причиной низкой межени являются многолетние колебания метеорологических характеристик (осадки, испарение) и гидрологических характеристик (уровень, расход), приводящие к маловодному году или серии маловодных лет. В некоторых случаях в результате хозяйственной деятельности изменяются характеристики водосборных бассейнов (лесистость, травостой, пашни, заболоченность). Такие изменения могут привести к изменению характеристик стока в целом и к учащению появления низкой межени.

В России значительное количество населенных пунктов страдает от низкой межени, что проявляется, в первую очередь, в ухудшении режима водоснабжения городов и поселков.

Сопутствующие ОЯП: суховей, пожароопасность.

Поражающий фактор: критическое снижение уровня, приводящее к перебоям в водоснабжении, эксплуатации водных путей, производственных процессов.

Прогноз низкой межени осуществляется в рамках гидрологических прогнозов минимального стока и основывается на статистических закономерностях.

3.2.10. Паводок

Паводком называется нерегулярный быстрый подъем уровня воды реки до отметок обеспеченностью 10 % и менее. Причиной паводка является выпадение обильных дождей, интенсивное кратковременное снеготаяние. В свою очередь, обильные дожди могут

вызываться различными атмосферными ОЯП: смерчами, ураганами, тайфунами и т.п. Для формирования паводка в виде волны (волна паводка) требуется наличие значительных уклонов земной поверхности. Паводки характеризуются резким усилением скоростей течения воды, формированием значительных гидродинамических нагрузок на берега и берегозащитные сооружения.

В гористой местности паводки проявляются практически ежегодно, отличаясь интенсивностью и зонами поражения. Так как причиной паводка являются интенсивные дожди, то они могут возникать внезапно и развиваться весьма быстро. Выход циклонов и тайфунов, несущих обильные осадки, на гористую местность практически всегда сопровождается интенсивными паводками и сопутствующими наводнениями.

Паводковые потоки могут образовываться только на период дождей, а затем их ложа пересыхают. В таких местах паводки особенно опасны из-за быстрого развития и отсутствия ориентиров в виде рек или ручьев. Примером являются паводки в так называемых «вади» – узких ущельях в пустынных районах. При выпадении дождей они превращаются в ревущие потоки. Животные и путники, застигнутые паводком в вади, могут не успеть выбраться из них и погибнуть.

Паводковые потоки обладают значительной кинетической энергией и представляют опасность даже при отсутствии наводнения. Сильный паводковый поток может снести мосты, разрушить надводные переходы трубопроводов.

Сопутствующие ОЯП: наводнения, интенсивная береговая эрозия, оползни, обвалы.

Поражающие факторы:

- быстрый подъем уровня;
- кинетическая энергия потока;
- гидродинамический удар.

Прогноз паводков для каждого конкретного района, конкретной реки или населенного пункта основывается на статистической связи между количеством выпавших осадков и уровнем или расходом паводкового потока.

Для уменьшения ущербов, связанных с паводками, применяются организационные мероприятия (запрет на строительство зданий и сооружений на путях распространения паводковых потоков и в зо-

нах затопления паводками) и инженерные сооружения (отбойные стенки, паводкопроводы, коллекторы).

3.2.11. Половодье

Половодьем называется регулярный, ежегодный подъем уровня воды до отметок обеспеченностью 10 % и менее. В умеренных широтах половодье вызывается весенним таянием снега, которое оказывается основным источником питания реки на данной стадии годового гидрологического цикла. Половодье является фазой наибольшей водности реки в ее годовом режиме, характеризующейся высоким и длительным подъемом уровня воды. У всех рек одного гидрологического района половодье наступает в один и тот же гидрологический сезон.

Половодья широко распространены в умеренных широтах в зонах обильного выпадения снега. Половодье приводит к выходу реки из ее коренного русла и затоплению поймы реки. При сильных половодьях зона затопления может быть значительно больше нормы. Половодье может сопровождаться заторами, которые вызывают дополнительный подъем уровня и способствуют увеличению зоны затопления. Сильные половодья для конкретных водных бассейнов, сопровождающиеся значительными площадными наводнениями, обычно происходят раз в несколько лет и обусловлены накоплением значительных масс снега в течение зимы (снежная зима). Тяжесть последствий половодья в значительной степени определяется характером рельефа местности в окрестностях реки. При наличии низменностей и равнинных мест половодье может приводить к затоплению значительных площадей.

Половодья приводят к значительным экономическим ущербам при наличии населенных пунктов, хозяйственных объектов и сельскохозяйственных угодий в зоне затопления при половодье, особенно в условиях низменного рельефа окружающей местности. Значительный ущерб половодье может наносить дорожно-транспортной сети, линиям электропередач, нефте- и газопроводам. Особенно тяжелые последствия во время весенних половодий возникают при заторах льда. Именно такие наводнения наблюдались в 1998 и 2001 гг. на р. Лене. В результате был практически уничтожен город Ленск, который пришлось отстраивать на новом месте ценой колоссальных средств, защищать дамбами.

В России ежегодно в половодье затопливается около 5 млн. га (0,3 % территории).

Сопутствующие ОЯП: площадные наводнения.

Поражающий фактор: длительный подъем уровня воды на значительных территориях.

Прогноз половодий основывается на результатах мониторинга запасов снега и влаги в водосборном бассейне реки перед началом сезона таяния.

Для защиты от половодий применяется комплекс мер организационного и инженерного характера (строительство зданий и сооружений выше отметок затопления при самом сильном половодье, сооружение защитных дамб, эвакуация жителей и т.п.).

3.2.12. Сильное волнение

Сильным волнением называется достижение такой высоты волн, которая признается в данном районе опасной для мореплавания, промысла и сооружений (в прибрежных районах – не менее 4 м, в открытом море – не менее 6 м, в открытом океане – не менее 8 м). Причиной сильного волнения являются сильные ветры с большой продолжительностью действия при достаточной величине так называемого разгона. Сами сильные ветры вызываются различными атмосферными ОЯП: штормами, тропическими циклонами, ураганами, тайфунами.

В результате воздействия сильного волнения на суда в мире ежегодно погибают сотни судов. Экономический ущерб от сильного волнения составляет сотни миллионов долларов США. Значительный экономический ущерб сильное волнение вызывает и при морской добыче нефти и газа. Осенью 2004 г. серия ураганов в Мексиканском заливе и вызванное ими сильное волнение привела к нарушению работы тысяч морских нефтедобывающих платформ и оказалась одним из факторов повышения мировых цен на нефть.

Сильное волнение в сочетании с сильнейшим нагоном, вызванное штормом в Северном море, привело к разрушению защитных дамб в Нидерландах в 1953 г. Огромная территория оказалась затопленной. Погибло много тысяч людей. Подобная ситуация постоянно угрожает Нью-Орлеану, также расположенному ниже уровня моря и подверженному воздействию сильнейших тропических штормов и связанных с ними огромных волн.

Сопутствующие ОЯП: переработка берегов, наводнения у побережий.

Поражающие факторы:

- кинетическая энергия волн;
- волновой дрейф;
- гидродинамический удар при обрушении.

Прогнозирование сильных волн осуществляется статистическими методами в рамках теории ветрового волнения.

Защита от негативного влияния сильного волнения осуществляется путем комплекса инженерных и организационных мероприятий. В настоящее время создаются суда и морские платформы, способные выдержать воздействие самых сильных волн, предельная высота которых принимается равной 30 м. Заметим, что существуют немногочисленные данные о присутствии в открытом океане волн высотой до 50 м, но в конструктивных особенностях судов и морских платформ такие высоты пока не учтены. В то же время для большинства судов существуют ограничения по выходу в море при волнении более критической для них высоты.

3.2.13. Тягун

Тягуном называются колебания воды на акватории порта, приводящие к сильным горизонтальным колебаниям пришвартованных судов, появлению сильных динамических нагрузок на швартовых концах. Причиной возникновения тягуна считают нелинейные взаимодействия системы ветровых волн достаточной мощности с резонансными частотами акватории порта. Основная причина этих движений – длинные волны с периодом от 0,5 до 5 мин высотой обычно до 30 см. Тягун возникает при сильном, устойчивом по направлению ветре в сочетании с особой конфигурацией акватории порта и открытыми акваториями в его окрестностях. В пределах одного порта тягун у разных причалов имеет неодинаковую интенсивность.

Тягун наблюдается во многих портах мира: Дакаре, Касабланке, Гавре, Бомбее и др., особенно в портах Японии и Новой Зеландии.

В России тягун наиболее ярко выражен в порту Туапсе. Он также отмечается в Батуми, Сочи, Клайпеде, Корсакове и др.

В результате тягуна наблюдаются обрывы швартовых тросов, навалы судов на причальные стенки, повреждения судов и порто-

вых сооружений. Тягун приводит к крупным экономическим ущербам, связанным с простоями портов, повреждениями судов и портовых сооружений.

Борьба с вредными последствиями тягуна ведётся преимущественно путём применения специальной швартовки судов. Значение имеет и заблаговременное предсказание тягуна.

3.2.14. Интенсивный дрейф льда

Дрейф льдов со скоростью не менее 1 км/ч считается интенсивным. Причиной интенсивного дрейфа льдов являются сильные, устойчивые по направлению ветры над дрейфующими ледовыми полями. При интенсивном дрейфе льда увеличиваются деформации в ледовых полях, которые могут достигать разрушительных значений. Такой дрейф сопровождается дроблением ледового поля, образованием торосов.



Рис. 3.14. Арктический танкер во льдах

Интенсивный дрейф льдов представляет опасность для морских нефтяных вышек, морских нефтехранилищ, судоходства в период навигации, людей, находящихся на дрейфующих льдах. Особенно опасным является интенсивный дрейф торосенных льдов.

Интенсивный дрейф льда наблюдается практически во всех арктических морях, в которых в последнее время развивается бурная экономическая деятельность по нефте- и газодобыче. В резуль-

тате такой деятельности появились специальные морские ледостойкие стационарные платформы (МЛСП), предназначенные для круглогодичной эксплуатации в условиях дрейфующих льдов арктических морей.

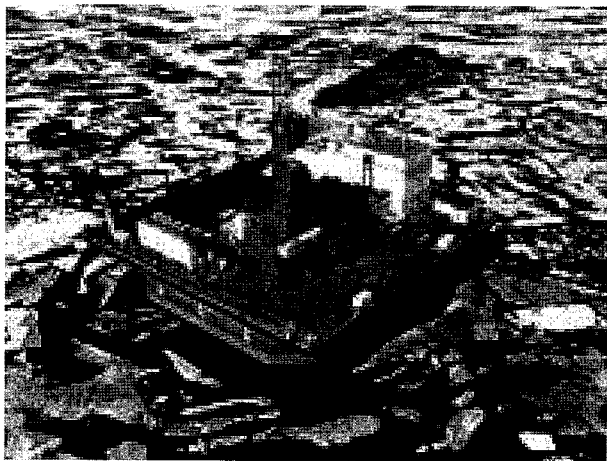


Рис. 3.15. Морская ледостойкая стационарная платформа в дрейфующих льдах

Сопутствующие ОЯП: сжатие льда, опасное появление льда, навалы льда, опасность отрыва льда.

Поражающие факторы:

- кинетическая энергия льдин и ледового поля в целом;
- разрушительные деформации в ледовом поле.

Особенно опасным интенсивный дрейф льда становится на мелководье, если на дне проложены межпромысловые нефте- и газопроводы. Быстродвижущиеся льдины, содержащие торосы, способны на значительную глубину пропахать дно, повреждая трубопроводы, проложенные на нем, в том числе и заглубленные. Экономические потери от прорыва подводного нефте- или газопровода могут составлять от нескольких миллионов до сотен миллионов долларов США, в зависимости от объекта и места повреждения.

Взаимодействие быстродвижущихся льдин и ледовых полей с плавучими объектами, морскими буровыми сооружениями и подводными сооружениями оказывается сложной технической пробле-

мой. Для защиты от воздействия интенсивного дрейфа льдов используются различные методы. Арктические суда имеют специальные формы и усиления корпуса. Все суда делятся по ледовым классам, которые означают их способность выдерживать ледовую нагрузку на их корпуса. Морские буровые сооружения содержат силовые защитные ограждения, подводные нефтепроводы заглубляются, береговые сооружения укрепляются.

3.2.15. Навалы льда

Навалами льда называются нагромождения льдин на берегах. Они возникают в результате действия так называемых нажимных ветров и приливо-отливных течений на дрейфующие ледовые поля в прибрежной области. В некоторых случаях льды могут надвигаться на берег без образования навалов. Известны случаи такого надвига льдин на берег на расстояние до 100 м без образования навалов.

В природных условиях навалы льда могут распространяться в глубь берега на расстояние в десятки метров. Например, расчеты показывают, что в Охотском море навалы льда могут распространяться в глубь берега на расстояние до 85 м, в зависимости от уклона берега. При этом высота наваленного льда может достигать 10 м. С навалами льда связаны разрушения береговых сооружений.

Поражающий фактор: динамические нагрузки на береговые сооружения.

3.2.16. Опасное появление льда

Опасным появлением льда называется появление ледового поля, непроходимого судами и ледоколами, в период навигации на судовых трассах и в районах промысла. Причинами опасного появления льда являются расположение кромки льдов вблизи судоходных трасс и районов промысла.

Экономические ущербы от этого явления связаны с перерывами судоходства и промысловых работ, повреждениями и гибелью судов.

3.2.17. Опасность отрыва льда

Опасность отрыва льда рассматривается только для мест выхода людей на лед. Отрыв льда от берега возникает в условиях взлома припая при усилении отрывных ветров в течение 7–8 дней. Обычно

отрыв льда возникает в условиях весеннего потепления, однако возможен и в зимнее время.

Отрыв льда может привести к выносу людей в открытое море, что потребует проведения специальных спасательных операций. В особо тяжелых случаях возможна гибель унесенных людей.

В России отрывы льда ежегодно приводят к уносу значительного количества людей в открытое море. В некоторых случаях количество унесенных людей измеряется сотнями. Например, в Санкт-Петербурге опасные отрывы льда с выносом десятков людей в Финский залив стали ежегодным явлением. Это обусловлено массовым явлением зимней рыбалки со льда Финского залива, в которой принимают участие тысячи рыболовов-любителей. В отдельные годы в ходе конкретных отрывов количество унесенных измеряется сотнями. Проведение вынужденных спасательных операций с использованием специальной техники (вертолетов, судов и катеров на воздушной подушке) приводит к значительным экономическим ущербам. Ежегодно в Санкт-Петербурге из-за опасных отрывов льда гибнет несколько человек.

3.2.18. Раннее появление льда

Под данным ОЯП понимается появление льда или припая в ранние сроки, значимо раньше среднемноголетних дат появления льда. Повторяемость данного явления составляет не чаще одного раза в 10 лет. Причиной раннего появления льда является преобладание осенью атмосферных процессов, обостряющих отрицательные аномалии температуры воздуха.

Ущерб от раннего появления льда связаны с досрочным прекращением навигации и промысловых работ, ухудшение условий работы на шельфе по добыче нефти и газа. Раннее появление льда приводит к необходимости применения ледоколов в незапланированные периоды, что может рассматриваться как ущерб из-за сверхнормативных затрат. В условиях раннего появления льда возможно попадание отдельных судов и промышленного оборудования в ледовый плен. В дальнейшем эти объекты могут быть раздавлены льдами из-за сжатия ледовых полей.

Особенно негативным образом для России раннее появление льда сказывается в районах Крайнего Севера, где основная масса грузов, в том числе и топливо на весь год до следующей летней на-

вигации, завозится в короткий период летней навигации, называемый «северным завозом». Для северного завоза необходимо учитывать возможность раннего появления льда при составлении планов завоза огромных масс различных грузов, т.е. за несколько месяцев. Прогнозирование данного ОЯП с такой заблаговременностью представляет собой труднейшую задачу долгосрочного прогнозирования атмосферных процессов, решение которой на данном этапе не найдено.

3.2.19. Сжатие льда

Под влиянием полей ветра и течений ледовые поля могут испытать нагрузки сжатия. В этих условиях льды перекрывают ледокольные каналы движения судов в период зимней навигации, способны захватить в ледовый плен суда и морские сооружения, вовлечь их в вынужденный ледовый дрейф, а в дальнейшем и раздавить их. Данное опасное явление наиболее ярко проявляется на акваториях Северного морского пути вдоль северных границ России. В арктических водах из-за сжатия льда погибло множество судов, повреждено значительное количество морских ледостойких платформ. Ущерб от данного явления обусловлен и необходимостью проведения дорогостоящих спасательных работ по вызволению из ледового плена судов, оборудования и людей.

Если сжимаемое поле льда находится у берега, то сопутствующим ОЯП оказываются навалы льда на берег.

3.2.20. Выбросы вредных газов

Известно, что в воде растворяются и хранятся в растворенном состоянии различные газы, в том числе и вредные для живых организмов: углекислый газ, сероводород, метан. Высвобождение газов из воды может носить медленный или взрывообразный характер. В обычных условиях газообмен между атмосферой и водными объектами происходит в медленном режиме. Однако при резком изменении давления или встряхивании в воде может генерироваться и взрывообразный механизм высвобождения газов. Ярким примером является откупоривание шампанского или бутылки с газированным напитком. В крупных водных объектах (моря, крупные озера, подземные нефтяные месторождения) накапливаются колоссальные количества этих газов, которые находятся под большим давлением.

Если в результате каких-либо процессов произойдет взрывообразное высвобождение этих газов в атмосферу, то на какое-то время газовый состав атмосферы в окрестностях водного объекта изменится и может стать смертельным для многих живых организмов. Кроме того, взрыв высвобождающегося газа сгенерирует волны значительной высоты, которые обрушатся на берега и могут стать самостоятельным поражающим фактором. Некоторые газы являются горючими (сероводород, метан) и их высвобождение может сопровождаться пожарами, факелами, объемными взрывами.

На планете существуют несколько озер, в которых время от времени происходят взрывообразные выделения колоссального количества вредных газов в смертельных для живых организмов концентрациях. Эти озера получили названия озер-убийц.

Наибольшую известность получило вулканическое озеро-убийца Ниоса в Камеруне, которое периодически извергает углекислый газ. 21 августа 1986 г. оно за считанные минуты удушило 1700 человек и около 6000 животных! Ниоса умерщвляет свои жертвы... газом, который в громадных количествах накапливается на дне озера, а затем внезапно извергается из него, после чего в радиусе 25 км в округе не остается ни одного живого существа... В тот день, около восьми часов вечера, в результате гигантского оползня газ стремительно «выплеснулся» на поверхность озера, образовав волны высотой до 8 м. Сколько было этого газа, никто не знает. Он быстро поднялся на высоту около 1 км, а затем «фухнул» в долину. Через полчаса местность была усеяна трупами людей и животных. Прибывшие на место медики быстро установили основную причину гибели людей и животных: отравление углекислым газом. Углекислый газ присутствует в воздухе, которым мы дышим, но при концентрации более 10 % он вызывает мгновенную смерть.

Там же, в Камеруне, вулканическое озеро Мануна двумя годами ранее также выбросило облако углекислого газа, которое унесло жизни 34 человек и множества животных. Важно понимать, что накопление и взрывообразное высвобождение газа из этих озер является перманентным механизмом и следующие выбросы неизбежны.

В свете всех этих событий ученые обеспокоены состоянием гигантского озера Киву – одного из крупнейших среди Великих африканских озер. На его берегах проживает около 2 млн. человек. Выяснилось также, что в его водах количество углекислого газа в ты-

сячу раз превышает содержание этого газа в озерах Ниоса и Мануна, взятых вместе. Кроме того, там растворено около 55 км^3 весьма огнеопасного метана. В 2002 г. в воды Киву вторгся мощный поток лавы, который был извергнут ближайшим к озеру вулканом Ньярагонго. К счастью, он не нарушил стратификации слоев воды и не вызвал взрывообразного выделения газов. Но следует учитывать, что этот водоем лежит непосредственно на активном рифте, так что расщелины в земной коре вполне могут широко раскрыться, дав выход вулканическим газам. Тогда, согласно подсчетам специалистов, последствия могут оказаться сравнимыми с взрывом атомной бомбы.

В России также существуют озера-убийцы, хотя и гораздо меньшего размера. В Новгородской области в озере Бросно присутствует сероводород в форме газового гидрата – соединения газа с водой, напоминающего спрессованный снег. При резком механическом воздействии возникает эффект спускаемого курка: газ начинает пузыриться и вырывается на поверхность. По рассказам местных жителей выбросы этого газа привели к гибели нескольких рыбаков.

В Архангельской области на озере Сюрзи наблюдалось несколько необъяснимых смертей рыбаков в результате отравления неизвестным веществом, скорее всего газом. Вскрытие тел двух погибших рыбаков показало токсическое поражение печени, почек, мышц.

Некоторые ученые считают, что Черное море может стать морем-убийцей в масштабах всей планеты. Содержащийся в ее глубинах сероводород в ряде мест поднялся до глубин 40–60 м и продолжает распространяться к поверхности. Если выход сероводорода к поверхности совпадет с ударом молнии в это место, то произойдет объемный взрыв миллиардов тонн сероводорода с образованием колоссального количества серной кислоты, выброшенной в атмосферу. Последующие кислотные дожди выжгут все живое на Земле.

Примерно такой же сценарий другие ученые связывают с Каспийским бассейном. Однако сероводород должен поступить в атмосферу в результате сильного землетрясения на Тенгизском нефтяном месторождении и высвободится не из воды, а из нефти. Причиной же землетрясения, по мнению ученых, может послужить наведенная сейсмичность, связанная с нефтедобычей.

3.2.21. Эль-Ниньо

Первоначально название Эль-Ниньо было дано перуанскими рыбаками теплому течению, которое изредка возникает у берегов Перу. Направление этого теплого течения оказывается обратным по отношению к обычно существующему в этом районе течению. Такие течения иногда называют возвратными. С возникновением этого течения из районов традиционного промысла сардин исчезала вся рыба, и рыбаки несли убытки. Таким образом, в узком, региональном смысле Эль-Ниньо – это теплое возвратное течение у берегов Перу и Эквадора, которое приводит к исчезновению традиционных промысловых рыб в прибрежных водах и наносит экономический ущерб рыболовной промышленности.

Исследования причин появления теплого противотечения, выполненные в 80-х годах прошлого века, привели к открытию механизма кратковременного нарушения баланса между океаном и атмосферой в ограниченном регионе, которое распространяется на значительные расстояния и вызывает появление множества опасных явлений на обширных территориях. Стали говорить о явлении Эль-Ниньо в широком смысле. Ослабление пассатных ветров приводит к изменению постоянного наклона уровня океана и возникновению возвратного течения Эль-Ниньо в Тихом океане. Огромная масса воды, нагретой в экваториальной зоне океана, обычно перемещается от берегов Южной Америки вдоль экватора в сторону Азии. Время от времени – период от 2 до 9 лет – поворачивает обратно и течет от Азии к Америке. Впервые метеорологи обратили внимание на странное поведение Эль-Ниньо в 1982 г. И тогда же в Южной Америке и в землях, лежащих в западной части Тихого океана, появились опасные признаки: засухи и наводнения в тех местах, где до той поры их обычно не бывало. Это обстоятельство говорит о том, что кратковременной перестройке подвергается глобальная атмосферная циркуляция, которая определяет погоду на значительных территориях в масштабах континентов.

Явление Эль-Ниньо, периодически происходящее у берегов Перу и Эквадора, отражает нарушение нормального для региона состояния океана и атмосферы. Явление заключается в подавлении обычного для региона берегового холодного апвеллинга и резком потеплении поверхностных вод океана (на 10–14 °C) и находящихся

над ними воздушных масс. Явление обычно начинается в декабре и продолжается несколько месяцев. Эль-Ниньо в плане — это вытянутый язык сильно нагретой воды. По площади он равен территории США. Нагретая вода интенсивнее испаряется и быстрее «накачивает» атмосферу энергией. Эль-Ниньо передает ей 450 млн. МВт, что равносильно мощности 300 000 больших атомных электростанций. Эта энергия идет на изменение глобальной атмосферной циркуляции и генерацию необычных погодных явлений. Резкое потепление во время развития Эль-Ниньо приводит к массовой смертности одних и уходу из региона других организмов, нарушаются сложившиеся трофические связи, что приводит к гибели многих организмов. Эль-Ниньо сопровождается резким изменением погодных условий, что сказывается не только над океаном, но и над сушей.

Нарушение системы взаимодействия океан-атмосфера приводит к развитию погодных аномалий на континентах. Резкое снижение количества атмосферных осадков и засушливые условия возникают в Австралии, Восточной и Северной Африке. Наоборот, в Северной и особенно в Южной Америке Эль-Ниньо приносит необычайно дождливую погоду: при этом значения температуры воздушных масс на протяжении года испытывают большие перепады. Естественно, что подобные неустойчивые колебания погодных условий сказываются и на сухопутной флоре и фауне.

Вообще говоря, явление Эль-Ниньо происходит один раз в несколько лет, но обычно его масштабы незначительны и ограничиваются океаническими районами. Случаи катастрофических явлений Эль-Ниньо, последствия которых ощущаются на удаленных континентах, наблюдаются один раз в 10–15 лет. Наибольшую известность получили случаи катастрофических Эль-Ниньо в 1982 и 1997 гг.

Эль-Ниньо 1982 года началось раньше, чем обычно, а потепление распространилось на юг до берегов Чили, на север до берегов Северной Америки, охватило район Галапагосских островов. Оно пагубно отразилось на фауне Галапагосских островов, на пресмыкающихся и птицах. В 1982–1983 гг., когда Эль-Ниньо впервые показало свой характер, метеорологи еще не связывали воедино события тех лет: засухи в Индии, пожары в Южной Африке и ураганы, пронесшиеся через Гавайи и Таити. Позднее, когда выяснились причины этих нарушений в природе, были подсчитаны потери, ко-

торые принесло своеволие стихии. Совокупный убыток во всем мире оценен в 13–20 млрд. долл. США.

В 1997 г. Эль-Ниньо проявилось еще более ярко. Пожары, наводнения, засухи, ураганы и смерчи – все дружно свалилось на нашу Землю в 1997 г. Пожары превратили в пепел тропические леса Индонезии, потом забушевали на просторах Австралии. Они дошли до предместья Мельбурна. Пепел долетел до Новой Зеландии – за 2000 км. Смерчи проносились там, где их никогда не было. Солнечная Калифорния подверглась атаке торнадо (так в США называют смерч) «Нора» небывалых размеров – 142 км в диаметре. Он промчался над Лос-Анджелесом, чуть не сорвал крыши с киностудий Голливуда. Две недели спустя другой смерч – «Паулине» – обрушился на Мексику. Знаменитый курорт Акапулько был атакован десятиметровыми океанскими волнами – разрушены постройки, улицы завалены обломками строений, мусором и пляжной мебелью. Наводнения не пощадили и Южную Америку. Сотни тысяч крестьян Перу спасались бегством от наступления воды, обрушившейся с неба, поля погибли, затопленные грязью. Там, где раньше журчали ручейки, пронеслись бурные потоки. На чилийскую пустыню Атакама, которая всегда отличалась необыкновенной сухостью, такой, что НАСА именно там испытывала марсианский вездеход, обрушились проливные дожди. В других частях планеты буйства климата принесли иные несчастья. На Новой Гвинее – одном из крупнейших островов планеты – главным образом в восточной его части земля растрескалась от жары и засухи. Тропическая зелень высохла, колodцы остались без воды, урожай погиб. Полтысячи человек умерло от голода. Нависла угроза эпидемии холеры.

Экономический ущерб от Эль-Ниньо в 1997 г. был обусловлен не только разрушительными опасными явлениями (ураганы, наводнения, засухи), но и снижением урожайности целого ряда мировых биржевых сельскохозяйственных культур (кофе, табак, пшеница и т.п.). Неблагоприятный прогноз, а затем и фактическое падение урожайности привели к небывалому росту цен на эти сельскохозяйственные культуры в мировом масштабе.

В настоящее время явлению Эль-Ниньо уделяется значительное внимание, созданы специальные метеорологические системы, с помощью которых осуществляется наблюдение за температурой воды в критических областях океана. Так, например, Эль-Ниньо

1997 г. не оказалось неожиданностью. Заблаговременно была получена информация о начале потепления вод у берегов Перу и Эквадора, и метеослужбы развитых стран дали долгосрочный прогноз развития аномалий погоды на территориях своих стран, что позволило уменьшить ущерб.

Китайские эксперты прогнозируют новое катастрофическое явление Эль-Ниньо в период до 2008 г.

3.3. Опасные природные явления в атмосфере

3.3.1. Тропические циклоны, ураганы, тайфуны

Особо опасным явлением природы являются глубокие циклоны различного происхождения, с которыми связаны сильные ветры, обильные осадки, нагоны и высокие ветровые волны в море. Глубина циклона определяется значением давления воздуха в его центре. Размеры и мощность глубоких циклонов зависят от многих факторов и, в первую очередь, от места их зарождения. Наибольшей мощностью отличаются циклоны, зародившиеся в тропической полосе широт. Их называют тропическими в отличие от внетропических циклонов (*extratropical cyclones*), среди которых выделяют циклоны умеренных широт и арктические циклоны. Чем выше географическая широта зарождения циклона, тем меньше его предельная мощность.

Тропические циклоны несут в себе колоссальные запасы энергии и обладают большой разрушительной силой. Кинетическая энергия среднего по размерам тропического циклона сравнима с энергией взрыва нескольких мощных водородных бомб и составляет около 10 % всей кинетической энергии северного полушария.

Наиболее часто (в 87 % случаев) тропические циклоны возникают между широтами 5° и 20°. В более высоких широтах они возникают лишь в 13 % случаев. Никогда не отмечалось возникновения тропических циклонов севернее 35° с. ш. и южнее 22° ю. ш. Тропические циклоны могут возникать в любое время года в тропических частях всех океанов, за исключением юго-восточной части Тихого океана и южной части Атлантики. Чаще всего они образуются в северной части тропической зоны Тихого океана: здесь в среднем за год прослеживается около 30 циклонов. Основной сезон развития тропических циклонов – август–сентябрь, зимой и весной их повторяемость весьма незначительна.

Тропические циклоны обычно зарождаются над океанами, а затем движутся над их акваториями и выходят на побережье континентов, островов, обрушивая на них сильнейшие ветры, потоки дождя, вызывая нагонную волну до 8 м высотой, а также волны в открытом море, высотой свыше 10 м.

Тропические циклоны, достигшие значительной интенсивности, в каждом районе имеют свое название. В восточной части Тихого океана и в Атлантике их называют ураганами (от испанского слова «уракан» или английского «харикейн»), в странах полуострова Индостан – циклонами или штормами, на Дальнем Востоке – тайфунами (от китайского слова «тай», что означает сильный ветер). Есть и менее распространенные местные названия: «вилли-вилли» – в Австралии, «вилли-вау» – в Океании и «багио» – на Филиппинах.

Для описания интенсивности тропических циклонов используется шкала Саффир-Симпсона (Saffir-Simpson scale), приведенная в табл. 3.3.1.1. Из нее видно, что по мере углубления циклона в нем возрастает скорость ветра и высота нагонной волны, а сам циклон классифицируется либо как шторм, либо как ураган с первой по пятую категории. Эта шкала используется практически всеми центрами по наблюдениям за ураганами и тайфунами. В последнее время шкала Саффир-Симпсона стала использоваться и для классификации глубоких внутритропических циклонов, достигших силы шторма или урагана. Из этой таблицы следует, что ураганы и тайфуны имеют пять категорий (от урагана или тайфуна первой категории Н1 до урагана или тайфуна пятой категории Н5). Тропические депрессии и тропические штормы на категории не делятся.

Таблица 3.3.1.1

Шкала тропических циклонов

Тип	Категория	Давление, мб	Ветер, км/ч	Высота нагона, м
Тропическая депрессия	TD	–	< 63	–
Тропический шторм	TS	–	63–117	–
Ураган	H1	> 980	119–152	1,3–1,7
Ураган	H2	965–980	154–176	2,0–2,6
Ураган	H3	945–965	178–209	3,0–4,0
Ураган	H4	920–945	211–250	4,3–6,0
Ураган	H5	< 920	> 250	> 6

В жизненном цикле тропического циклона можно выделить четыре стадии:

1. Стадия формирования. Начинается с появления первой замкнутой изобары. Давление в центре циклона опускается до 990 мб. Лишь около 10 % тропических депрессий получает дальнейшее развитие.

2. Стадия молодого циклона, или стадия развития. Циклон начинает быстро углубляться, т.е. отмечается интенсивное падение давления. Ветры ураганной силы образуют вокруг центра кольцо радиусом 40–50 км.

3. Стадия зрелости. Падение давления в центре циклона и увеличение скорости ветра постепенно прекращаются. Область штормовых ветров и интенсивных ливней увеличивается в размерах. Диаметр тропических циклонов в стадии развития и в зрелой стадии может колебаться от 60–70 до 1000 км.

4. Стадия затухания. Начало заполнения циклона (роста давления в его центре). Затухание происходит при перемещении тропического циклона в зону более низких температур поверхности воды или при переходе на сушу. Это связано с уменьшением притока энергии (тепла и влаги) с поверхности океана, а при выходе на сушу еще и с увеличением трения о подстилающую поверхность.

После выхода за пределы тропиков тропический циклон может потерять свои специфические свойства и превратиться в обычный циклон внетропических широт. Случается и так, что тропические циклоны, оставаясь в тропиках, выходят на материк. Здесь они быстро заполняются, но при этом успевают произвести много разрушений.

С давних лет существует практика присваивания разрушительным ураганам и тайфунам имен собственных. В разные времена принципы присваивания имен менялись. На протяжении сотен лет ураганам Карибского бассейна присваивались имена святых по церковному календарю, на день которых приходилось обрушение разрушительного урагана на крупный населенный пункт. Под этими именами ураганы входили в летописи и легенды. Примером является ураган Санта Анна, обрушившийся 26 июля 1825 г. на Пуэрто-Рико с исключительной силой. В конце XIX в. австралийский метеоролог Клемент Рэгг стал называть тропические штормы женскими именами. С 1953 г. Национальный центр ураганов США стал публиковать предварительные списки, по которым получали имена

атлантические тропические штормы. До 1979 г. в нем употреблялись только женские имена. С 1979 г. используются как женские, так и мужские имена. Практика составления предварительных списков ураганов и тайфунов распространилась на все регионы. Сейчас таких регионов в Мировом океане насчитывается 11. Эти предварительные списки по всем регионам создаются и обновляются специальным международным комитетом Всемирной метеорологической организации (ВМО).

Поражающие факторы ураганов и тайфунов:

- кинетическая энергия ветра;
- интенсивные осадки;
- нагонная волна;
- штормовые волны значительной высоты.

Сопутствующие ОЯП: сильный ветер, сильное волнение, интенсивные дожди, сильный град, паводки, наводнения, обвалы, оползни, эрозия и переработка берегов.

Ураганы наносят колоссальный ущерб побережьям Северной и Южной Америки, островам на пути их распространения. Они обрушиваются на эти побережья с частотой один раз в несколько лет, образуя иногда серии в течение одного года. Один из самых разрушительных ураганов — Mitch в октябре 1998 г. унес жизни 10 000 человек в Гондурасе и Никарагуа и оставил без крыши над головой 2 млн. человек. Ураган вызвал самые сильные наводнения в этих странах за последние двести лет. Общий экономический ущерб от действия урагана превысил 5 млрд. долл. США. Наибольший в мире экономический ущерб нанес ураган Andrew, пронесшийся над территорией США с 23 по 27 августа 1992 г. Страховщики выплатили 17 млрд. долл. США, что покрыло около 57 % убытков от урагана. Слаборазвитые страны Карибского бассейна несут тяжелейшие ущербы от ураганов, последствия которых они восстанавливают годами. Ураганы в средних широтах бывают редко: один раз в 8-10 лет. В январе 1923 г. ураган захватил всю Европейскую часть СССР, центр урагана прошел через Вологду. В сентябре 1942 г. ураган пронесся над центральными районами Европейской части нашей страны. Разница давлений была очень велика, а поэтому местами образовывались ветры ураганной скорости. Обычная скорость движения циклонов — 30–40 км/ч; но бывают скорости более 80 км/ч. Сентябрьский циклон 1942 г. за одни сутки прошел 2400 км

(т.е. скорость его передвижения была 100 км/ч). 18 ноября 2004 г. ураган обрушился на Германию, затем переместился на Польшу и Калининград. В Германии скорость ветра достигала 160 км/ч, в Польше 130 – км/ч, в Калининграде – 120 км/ч. В этих странах погибло 11 человек, из них 7 в Польше. Везде ураган вызвал наводнения, обрывы линий электропередачи, повреждения крыш домов, вывернул деревья.

Ежегодные убытки от тайфунов приносят значительный урон экономике ряда стран Азии. Большинство экономически слаборазвитых стран с большим трудом восстанавливают ущерб, причиняемый тайфунами. Из 25–30 тайфунов, которые каждый год появляются над западной частью Тихого океана, на Японское море и Приморский край, т.е. на территорию России, выходят в различные годы от одного до четырех тайфунов, принося резкое ухудшение погоды и вызывая значительные экономические ущербы. Все они возникают над океаном к северо-востоку от Филиппин. Средняя продолжительность существования тайфуна составляет 11 дней, а максимальная – 18 дней. Минимальное давление, наблюдавшееся в таких тропических циклонах, колеблется в широких пределах: от 885 до 980 гПа, но при выходе тайфунов на нашу территорию давление в их центрах повышается до 960–1005 гПа. Максимальные суточные суммы осадков достигают 400 мм, а скорость ветра – 20–35 м/с. В 2000 г. на территорию Приморья вышли четыре тайфуна, один из которых – BOLAVEN – оказался самым разрушительным: было затоплено 116 населенных пунктов, повреждено 196 мостов и около 2000 км автомобильных дорог. В общей сложности пострадало 32 000 человек и один человек погиб. Экономический ущерб составил более 800 млн. руб.

Прогноз ураганов и тайфунов, обнаружение их зарождения, отслеживание их траекторий является важнейшей задачей метеорологических служб многих стран, в первую очередь, США, Японии, Китая, России. Для решения этих задач используются космические методы мониторинга, моделирование атмосферных процессов, синоптические прогнозы.

Для уменьшения ущерба от ураганов и тайфунов, в первую очередь, в части человеческих жертв, используются методы оповещения, эвакуации, адаптации промышленных процессов, инженерная защита берегов, зданий, сооружений.

3.3.2. Штормы

Первоначально нестрогий термин «шторм» обозначал сильный ветер, достигший определенной силы, или погоду с сильным ветром. Погода с сильным ветром может сопровождаться обильными осадками, в том числе и снегом. Тогда говорят о снежном шторме. На море сильный, штормовой ветер сопровождается сильным волнением, которое иногда называют штормовым. Для моряков термин «шторм» обозначает тип погоды с сильным ветром и высоким волнением и, зачастую, дождевыми или снежными осадками.

По мере изучения причин возникновения штормовой погоды, гидрометеорологи пришли к выводу, что они связаны с глубокими, быстро движущимися циклонами. Тогда термином «шторм» стали называть сами глубокие циклоны, в которых скорость ветра достигает определенных значений. Иногда употребляют термин «штормовой циклон». Различают тропические и внетропические циклоны и, соответственно, тропические и внетропические штормы. Между тропическими и внетропическими циклонами существуют различия, позволяющие надежно разделить их между собой. Тропические циклоны образуются над океанами, у них нет системы фронтов, в центре находится более теплый воздух, наиболее сильные ветры наблюдаются у поверхности земли. Внетропические циклоны могут образовываться над сушей, у них есть система фронтов, в центре находится более холодный воздух, наиболее сильные ветры наблюдаются в стратосфере.

Тропические штормы встречаются гораздо чаще, чем ураганы и тайфуны. Весьма часто ураганы и тропические штормы сменяют друг друга, обрушиваясь на побережья со стороны моря. Тропическим штормам в атлантическом регионе принято давать имена собственные, а на остальных акваториях (Тихий океан, Индийский океан) им присваивают цифровые коды, без имен собственных.

Наиболее сильные внетропические штормовые циклоны наблюдаются в Северном полушарии, где они движутся, преимущественно с запада на восток. Циклоны часто называют создателями погоды (*weather makers*). В таком случае штормовые циклоны – это создатели очень плохой погоды. С ними связаны многочисленные катастрофические события в умеренных широтах на всем земном шаре. Зачастую внетропические штормы приводят к значительным

ущербам, сравнимым с ущербами от ураганов и тайфунов. Обладая меньшей энергией, они поражают густонаселенные районы и сельскохозяйственные угодья, вызывая многочисленные повреждения инфраструктуры, зданий и сооружений, уничтожая урожай, лесное хозяйство. Зачастую в таких условиях гибнет множество людей.

Обычно внетропическим штормам не дают имен собственных. Однако бывают исключения. Например, в марте 2004 г. на Бразилию обрушился внетропический циклон, скорость ветра в котором достигала 150 км/ч. По происхождению это был шторм (внетропический циклон), но по силе ветра в нем – ураган первой категории, поэтому ему было присвоено имя «Катарина», а сам он был назван сильнейшим в истории Южной Атлантики штормом.

Поражающие факторы штормов:

- кинетическая энергия ветра;
- интенсивные осадки;
- нагонная волна;
- штормовые волны значительной высоты.

Штормы умеренных широт, обладая меньшей интенсивностью, чем ураганы и тайфуны, способны нанести огромный ущерб, вызвать гибель людей. Особенно опасны они для крупных населенных пунктов, аэропортов, линий электропередачи, морских судов, прибрежных районов. Штормы умеренных широт наносят ежегодно крупный ущерб практически всем странам в этой полосе широт.

В июне 1998 г. штормом, пронесшимся над Москвой, было повалено несколько тысяч деревьев, повреждены линии электропередачи, кровли домов, упало несколько сотен рекламных щитов. Несколько человек погибло. Ширина полосы разрушительного шторма составила 20–30 км, протяженность – до 300 км, скорость ветра – до 30 м/с. Шторм в ноябре 1981 г. в Балтийском море привел к аварии танкера «Globe Asimi» у побережья Клайпеды. В море попало 16 тыс. т сырой нефти. Эта авария является самой крупной на Балтийском море по объему попавшей в воду сырой нефти. Было загрязнено нефтью около 80 км побережья. При ликвидации последствий аварии пришлось удалить 400 тыс. м³ загрязненного берегового песка.

Арктические штормовые циклоны или снежные штормы приносят обильные снежные осадки в зимний период. В сочетании с сильными ветрами она практически парализуют жизнь крупных населенных пунктов, работу аэропортов, обрывают линии электропередачи.

Прогноз штормов, обнаружение их зарождения, отслеживание их траекторий осуществляется метеорологическими службами многих стран. Для решения этих задач используются космические методы мониторинга, синоптические прогнозы, т.е. те же методы, что и для прогноза ураганов и тайфунов.

Для уменьшения ущерба от штормов, в первую очередь в части человеческих жертв, как и для ураганов и тайфунов, используются методы оповещения, эвакуации, адаптации промышленных процессов, инженерная защита берегов, зданий, сооружений.

3.3.3. Смерчи

Смерч (торнадо, тромб) – вращающийся воронкообразный вихрь, который протягивается к земле от основания грозового облака. Цвет его меняется от серого до черного. Ось вращения вихря занимает вертикальное или наклонное положение. Горизонтальный радиус обычно составляет 50–300 м, изредка достигая 1 км. Несмотря на сравнительно небольшие размеры, смерчи относятся к наиболее опасным штормовым явлениям. Смерч сопровождается грозой, дождем, градом, и если воронка достигает земли, то вызывает значительные разрушения. Воронка может и не достигнуть поверхности земли, исчезая прямо на глазах.



Рис. 3.16. Смерч на юге США

Смерчи распространены в различных районах, где сталкиваются воздушные массы с большим контрастом температуры, влажности, скорости. Такое столкновение сопровождается сильными ветрами в узкой переходной зоне, которые и могут вызвать образование смерча. Нередко образуются серии смерчей. Они обладают способностью делиться, т.е. из одной воронки со временем может образоваться две или три. В прибрежных районах смерчи часто зарождаются в море и выходят на сушу вместе с грозовыми облаками. В США классический торнадо зарождается на суше. Считается, что именно в США наблюдаются лучшие условия для образования торнадо. Среднее количество смерчей на территории США около 800 в год, причем половина из них приходится на апрель, май и июнь. Наибольших величин этот показатель достигает в Техасе (120 в год), а наименьших – в северо-восточных и западных штатах (1 в год).

Смерчи наблюдались и в России, но частота их возникновения мала. Интенсивные смерчи на европейской территории наблюдаются один раз в десятки лет.

Торнадо делятся: на слабые – со скоростью ветра до 50 м/с (около 70 % всех торнадо); сильные – со скоростью ветра от 50 до 100 м/с (около 28 %); на неистовые – со скоростью ветра свыше 100 м/с (~ 2 %). Приблизительно в 80 % торнадо на территории США максимальные скорости ветра достигают 65 – 120 км/ч и только в 1% – 320 км/ч и выше. Приближающийся торнадо обычно издает шум, подобный грохоту движущегося товарного поезда. В сильных и, возможно, в неистовых торнадо восходящий поток поднимается, вращаясь в тонком слое, охватывающем воронку. В самой воронке наблюдается медленное нисходящее движение воздуха. Высота смерча обычно составляет 800–1500 м. Давление в ядре смерча на 10–15 % ниже, чем на его периферии.

Поражающие факторы:

- кинетическая энергия ветра;
- разность давлений в центре смерча и в окружающей среде;
- подъем на высоту и падение с высоты;
- вовлечение в движение и удар о препятствие;
- кинетическая энергия обломков, вовлеченных в движение.

Разрушения, вызванные смерчами, ужасны. Они происходят как из-за ветра огромной силы, так и из-за больших перепадов давления на ограниченной площади. Смерч способен разнести на ку-

сочки здание и разметать его по воздуху. Могут обрушиваться стены. Резкое снижение давления приводит к тому, что тяжелые предметы, даже находящиеся внутри зданий, поднимаются в воздух, как бы всасываемые гигантским насосом, и иногда переносятся на значительные расстояния. Известны случаи засасывания людей и животных и перенос их на сотни метров.

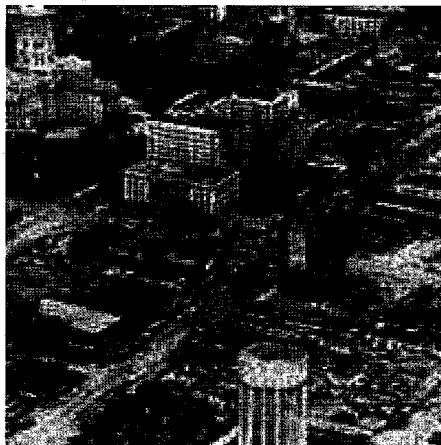


Рис. 3.17. Разрушения в г. Топики (США), вызванные торнадо 8 июня 1966 года

Самый разрушительный смерч в истории человечества возник в Шатурии (Бангладеш) 26 апреля 1989 г. Смерчи в Бангладеш наблюдаются значительно реже, чем в США и даже в Западной Европе. Несмотря на то что жители города были заранее предупреждены о приближении смерча, жертвами этого стихийного бедствия стали 1300 человек.

Самый обширный и разрушительный торнадо из всех известных до него в Техасе погубил 169 человек 9 апреля 1947 г. Он прошел наиболее широкой полосой – 2,4 километра (обычно ширина торнадо измеряется десятками метров). Его первое соприкосновение с землей произошло в маленьком городе Уайт-Дир (Техас) с населением 500 человек. Торнадо обрушился на товарный поезд как раз близ Уайт-Дира и поднял его в воздух. На своем пути этот торнадо разрушил 6 населенных пунктов. В самом крупном из них, Шаттаке было разрушено 100 кварталов, погибло 95 человек.

В Европе от смерчей страдали Германия, Турция, Россия. 20 июня 2002 г. над Турцией в районе Анкары пронесся сильнейший смерч. В окрестностях Анкары были разрушены десятки домов и других строений. Погибло 5 и ранено 14 человек. Черноморское побережье России также страдает от смерчей, большинство из которых зарождается в море и сопровождается сильнейшими дождями, вызывающими сильные паводки. Необычный смерч по типу торнадо возник на суше в Адлере в 2001 г. Диаметр воронки достигал 500 м, были разрушены автопарк, птицеферма и десятки частных домов. Общий ущерб составил около 100 млн. руб.

Смерчи часто образуют серии. В США 11 апреля 1965 г. на Средний Запад прорвались 37 торнадо, погубив 271 человека и ранив свыше 5000 человек. Материальный ущерб составил 300 млн. долл. США, 93 человека погибли и более 2000 были ранены, когда 24 торнадо пересекали северо-восток США 31 мая 1985 г. Самая мощная за последние 50 лет волна смерчей обрушилась на США в мае 2003 г. С 1 по 9 мая прошло около 300 торнадо. Погибло 44 человека, ущерб составил около 100 млн. долл. США.

Прогноз смерчей, торнадо представляет сложную задачу, решение которой еще не получено. Невозможно предсказать, где именно образуется смерч. Однако можно определить район площадью около 50 тыс. км², внутри которого вероятность появления смерчей достаточно высока.

Для защиты от смерчей используются организационные мероприятия (предупреждения населения, расположение людей в убежищах, подвалах), а также укрепление зданий, строений. Широкому распространению инженерных мероприятий препятствует неожиданность явления.

3.3.4. Шквалы

Шквал (от англ. squall) – резкое кратковременное (минуты и десятки минут) усиление ветра иногда до 30–60 м/с с изменением его направления, чаще всего при грозе. Шквал обусловлен вихревым движением воздуха вокруг некоторой горизонтальной оси. Ориентация этой оси в пространстве определяется так называемой полосой неустойчивости, перемещающейся в горизонтальном направлении.

Шквал возникает в основном перед холодными атмосферными фронтами или вблизи центров небольших подвижных циклонов при соприкосновении холодных масс воздуха с теплыми воздушными массами. Холодный воздух при вторжении вытесняет теплый, заставляя его быстро подниматься, и чем больше разность температур между встречающимся холодным и теплым воздухом (а она может превышать $10-15^{\circ}$), тем больше сила шквала. Скорость ветра при шквале достигает $50-60$ м/с, а длиться он может и до одного часа; он нередко сопровождается ливнем или градом. После шквала происходит заметное похолодание. Шквал может возникнуть во все сезоны года и в любое время суток, но чаще летом, когда сильнее прогревается земная поверхность. Шквалы – грозное явление природы, особенно из-за внезапности их появления. Вот описание одного шквала. 24 марта 1878 г. в Англии на берегу моря встречали прибывающий из дальнего плавания фрегат "Эвридик". Фрегат уже показался на горизонте. До берега оставалось каких-нибудь 2–3 км. Вдруг налетел ужасающий шквал со снегом. Явление продолжалось всего минуты две. Когда шквал закончился, от фрегата не осталось никаких следов. Он опрокинулся и затонул. Это пример так называемого одинокого шквала, достаточно редкого и мало предсказуемого явления. Обычно шквалы образуют серию. В таком случае говорят о шквалистом ветре.

Поражающие факторы:

- кинетическая энергия ветра;
- интенсивные осадки;
- кинетическая энергия вовлеченных в движение предметов.

Шквалы представляют опасность для строительства с использованием башенных кранов, морского транспорта, особенно малого тоннажа. Шквалистые ветры влияют на работу аэропортов, могут вызвать их временное закрытие на прием самолетов. Нередко шквалы вызывают обрывы линий электропередачи. Значительный ущерб шквалистые ветры могут нанести сельскому хозяйству в период уборочных работ.

Шквалы наблюдаются практически везде. Наибольшее распространение шквалы имеют в прибрежных районах, в районах путей преимущественного движения штормовых циклонов.

Прогноз шквалов, особенно одиноких, является трудной задачей. Шквалистые ветры, связанные с движением холодных фрон-

тов, прогнозируются в рамках синоптических прогнозов погоды. В случае опасности составляются так называемые штормовые предупреждения.

Для защиты от шквалов используются в основном организационные мероприятия (прекращение строительных работ с использованием башенных кранов, заходы судов в порты и т.п.).

3.3.5. Сильный ветер

Ветер считается сильным, если его скорость, считая порывы, составляет не менее 25 м/с в условиях равнинной местности; не менее 35 м/с на акватории океанов, арктических и дальневосточных морей и не менее 30 м/с на побережьях морей и в горах. Обычно сильный ветер связан с прохождением холодных фронтов, линий шквалов, смерчей, штормовых циклонов умеренных широт, тропических циклонов.

Сильный ветер рассматривается как самостоятельное ОЯП из-за его влияния на многие виды хозяйственной деятельности: морской транспорт, высотные сооружения, строительство, деятельность портов, сельское хозяйство, жилищно-коммунальное хозяйство и т.п. Для каждого из видов хозяйственной деятельности существуют свои ограничения деятельности, связанные с сильным ветром, которые могут не совпадать с градациями сильного ветра, установленными в гидрометеорологии.

Поражающий фактор: кинетическая энергия ветра, ударная энергия предметов, вовлеченных в движение сильным ветром.

Ущерб от сильных ветров делятся на прямые и косвенные. Прямые ущербы связаны с повреждениями и разрушениями, вызванными сильным ветром, потерями урожая, повреждениями лесов, садов, парков. Косвенные потери связаны с потерями из-за простоев техники, прекращением деятельности на время сильного ветра, упущенной прибылью.

В России экономические ущербы и человеческие жертвы от сильных ветров наблюдаются практически везде, но особенно сильно они ощущаются примерно на 21 % территории страны. Штормовые и шквальные ветры особенно характерны для прибрежных районов, акваторий крупных водохранилищ, равнинных и предгорных территорий, примыкающих к горным районам. Сильные ветры, связанные со смерчами, наиболее часто возникают в Центральном и

Центрально-Черноморском экономическом регионах. Ежегодно на европейской территории России возникает 8–10 смерчей и шквалов, но не все они приводят к разрушениям. Частота прямых экономических ущербов от сильных ветров величиной 2,5 млн. долл. США и более составляет 4–5 раз в год. В особо редких случаях экономический ущерб может превысить 30 млн. долл. США.

Прогноз сильного ветра обычно осуществляется в рамках синоптических прогнозов погоды с выдачей так называемых штормовых предупреждений «по ветру».

Для защиты от сильного ветра могут использоваться организационные мероприятия (прекращение работ, срочный заход в порт, закрытие аэропортов и т.п.) и инженерные способы (укрепление элементов конструкций, установка ветрозащитных щитов, экранов, обтекателей и т.п.).

3.3.6. Сильные морозы

Под сильным морозом понимаются минимальные температуры, опасные для данной территории. Сильные морозы наблюдаются не каждый год. В таких случаях говорят о морозной зиме. Обычно сильные морозы наблюдаются в период с ноября по март. Сильным морозам благоприятствуют погодные условия, связанные с установлением устойчивых антициклонов с сухим воздухом.

Поражающий фактор: – низкие температуры.

Продолжительность сильных морозов является дополнительным поражающим фактором. Это связано с промерзанием грунтов и стен зданий. Глубина промерзания зависит, при прочих равных условиях, от времени.

Ущерб от сильных морозов связан с гибелью людей от переохлаждения, замораживанием технических объектов, разрушением систем отопления, повреждениями в жилищно-коммунальном хозяйстве населенных пунктов, в первую очередь, систем водоснабжения. Устранение этих разрушений требует значительных дополнительных затрат и времени. Зачастую необходимые ремонтно-восстановительные работы не успевают закончить в теплый период времени и следующий отопительный период проходит в сложных условиях. Нарушения в теплоснабжении и водоснабжении населенных пунктов приводят к значительной социальной напряженности.

Сильным морозам подвержены практически все умеренные и арктические широты. Однако они наиболее опасны для южных широт, где их появление носит катастрофический характер. В феврале 2004 г. морозы и метели обрушились на Грецию и Крит. Температура в Афинах упала до -8°C . Были закрыты все государственные учреждения и школы. В столице Крита Ираклионе температура впервые за десять лет упала до нуля и выпал снег.

Для России сильные морозы являются самым распространенным ОЯП, которому подвержено 100 % ее территории. В последние 10–15 лет сильные морозы стали представлять для России серьезную опасность для населения и экономики. Участились случаи гибели людей от переохлаждения с 2–5 человек в год в 80-х годах до 50 человек в год в наше время. Ряд исследователей связывает это явление с увеличением числа бездомных и считает эту проблему социальной. В это же время стали наблюдаться крупные аварии на объектах тепло- и электроснабжения мелких и средних населенных пунктов, приводившие к замораживанию тепловых сетей. Общеизвестно, что эти негативные явления связаны с износом тепловых сетей, котельных, а также недостатками финансирования закупки топлива на период отопительного сезона. В таких условиях «сильным» становится даже незначительный мороз, который ранее переносился без тяжелых экономических ущербов.

Долговременный прогноз сильных морозов является актуальной задачей для планирования процессов подготовки к зимнему сезону. Особенно важно это для труднодоступных районов. Краткосрочные прогнозы сильных морозов осуществляются в рамках синоптических прогнозов погоды и развиты достаточно хорошо.

Защита от сильных морозов предусматривает инженерные и организационные мероприятия. В качестве последней меры предполагается эвакуация населения.

3.3.7. Сильная метель

Очень сильной метелью называется перенос снега над поверхностью земли ветром со средней скоростью не менее 15 м/с со снижением видимости до 500 м и менее. Сильные метели обычно возникают при больших барических градиентах в нижнем слое атмосферы в зоне выпадения снега.

Поражающие факторы:

- ограничение видимости;
- заносы.

Сильные метели распространены практически во всех умеренных и арктических широтах. Сильным метелям подвержены 100 % территории России.

Сильные метели могут приводить к человеческим жертвам, особенно в условиях горного или степного рельефа. Наибольший экономический ущерб они наносят воздушному и автомобильному транспорту, линиям электропередачи, системам жилищно-коммунального хозяйства, строительным работам.

Особенно значительный ущерб сильные метели наносят в нетрадиционных районах проявления, например в южных широтах. Так, в январе–феврале 2004 г. на Грецию обрушились две сильные метели. Скорость ветра в первом случае, в январе, достигала 160 км/ч. Погибло 20 человек, было прервано движение наземного и морского транспорта. Скорость ветра во втором случае, в феврале, достигала 100 км/ч. Метель продолжалась более 12 ч, было блокировано движение в Афинах, закрыт аэропорт и четыре морских порта. Изредка сильные метели нарушают электроснабжение в Сочи, обрывая линии электропередачи в горах. Перерывы в электроснабжении в таких случаях из-за труднодоступности мест повреждений могут достигать нескольких суток.

Прогноз сильных метелей осуществляется в рамках синоптического прогноза погоды. При опасности сильной метели выдается штормовое предупреждение.

В качестве защиты от сильных метелей используются организационные мероприятия (оповещение, ограничение деятельности, закрытие аэропортов и т.п.), инженерные сооружения (щиты, линии заграждения).

3.3.8. Очень сильный снег

Очень сильным снегом называется выпадение за 12 ч не менее 20 мм осадков в виде снега. Условием для выпадения очень сильного снега является условная неустойчивость нижней тропосферы на фоне пониженного давления, высокой температуры и влажности пограничного слоя. Обычно это явление наблюдается при существовании фронтальных слоисто-дождевых облаков толщиной не менее 500 м при ширине несколько сотен километров. Верхняя грани-

ца облаков должна располагаться выше изотермы -10°C . Выпадение сильного снега часто сопровождается сильным ветром, метелями. Выпадение сильного снега в весеннее время или в южных районах сопровождается его бурным таянием, формированием паводков, особенно в горных районах.

Поражающие факторы:

- интенсивные осадки;
- переувлажнение грунтов;
- повышение уровня и расходов рек.

Сопутствующие ОЯП: сильные метели, паводки, сели, оползни.

Очень сильный снег выпадает на 100 % территории России. Нередко это ОЯП носит характер стихийного бедствия, особенно в южных районах, в крупных населенных пунктах, в сочетании с сильным ветром и метелями. Практически все крупные города России страдают от этого ОЯП и несут существенные экономические ущербы. Например, в сильный снег в Хабаровске в 2002 г. в сочетании с сильным ветром привел к сильным разрушениям в антенном хозяйстве города

Прогноз выпадения сильного снега осуществляется в рамках синоптического прогноза погоды. При опасности его появления выдается штормовое предупреждение.

Защита от сильного снега осуществляется на организационном и инженерном уровнях. Для ликвидации последствий в крупных городах используется специальная техника.

3.3.9. Заморозки

Заморозком называется понижение температуры воздуха или поверхности почвы до отрицательных значений при положительной среднесуточной температуре в период активной вегетации. Заморозки приводят к повреждению сельскохозяйственных растений. Заморозки появляются при сухой, холодной погоде при отсутствии облачности, что благоприятствует максимальному ночному радиационному выхолаживанию. Заморозки могут быть связаны с вторжением холодной воздушной массы с отрицательными температурами воздуха. Заморозкам способствует пониженная влажность почвы.

Поражающий фактор: отрицательные температуры на почве и в припочвенном слое воздуха.

Заморозки наблюдаются на всей территории так называемой зоны рискованного земледелия. От заморозков страдает сельское хозяйство многих стран. В Казахстане, Украине, Молдавии, Армении заморозки наносят ущерб сельскому хозяйству в десятки миллионов долларов в среднем за год. В отдельные годы эти убытки достигают нескольких сот миллионов долларов США.

Заморозки наблюдаются на большей части территории России. Наибольший ущерб заморозки наносят сельскому хозяйству, открытым системам водоснабжения, водяным системам охлаждения. В 2003 г. весенние заморозки в мае поразили южные и центральные сельскохозяйственные регионы на территории около 2,5 млн. га. Убытки в сельском хозяйстве составили около 500 млн. долл. США. Специалисты считают, что на Дону только в 1945 г. наблюдались подобные заморозки. В 2004 г. из-за угрозы заморозков сев начался на 2 недели позже среднесезонных сроков, что привело к колоссальным потерям в урожае яровых.

Прогноз заморозков является важнейшей задачей агрометеорологии. Он осуществляется как в долгосрочном, так и в краткосрочном аспектах. Краткосрочный прогноз заморозков осуществляется в рамках синоптических прогнозов погоды. При появлении опасности заморозков выдается штормовое предупреждение.

В качестве защиты от заморозков используются организационные (сдвигание сроков сева, уборки урожая) и специальные мероприятия (окуливание дымом, укрывание соломой, сливание воды из открытых систем водоснабжения, замена воды охлаждающей жидкостью и т.п.). В качестве мер по ликвидации последствий весенних заморозков в сельском хозяйстве применяются повторный сев.

3.3.10. Сильная жара

Ситуация, когда с мая по август максимальная температура принимает опасные значения для заданного района, называется сильной жарой. Причиной сильной жары является устойчивое, длительное нахождение антициклона над данной местностью, сопровождающееся устойчивой стратификацией воздуха.

Поражающие факторы:

- высокая температура воздуха;
- уменьшение влагосодержания в почве.

Сопутствующие ОЯП: засуха, суховей, пожароопасность.

Сильная жара может наблюдаться практически везде. Известны случаи установления сильной жары в арктических районах. В южных районах в большинстве регионов сильная жара наблюдается практически ежегодно.

Ущербы от сильной жары в наибольшей степени связаны с сельским хозяйством, жилищно-коммунальным хозяйством крупных населенных пунктов, испытывающим трудности с водоснабжением. Сильная жара существенно снижает комфортность проживания в городах, обостряет социальные проблемы, вызывает повышенный уровень смертности среди лиц с сердечно-сосудистыми заболеваниями. Сильная жара 2003 г. во Франции вызвала настоящий политический кризис, связанный с неспособностью системы здравоохранения справиться с потоком пострадавших от длительной жары сердечников.

В России частота наступления сильной жары неравномерна по территории. В степных регионах это явления встречается достаточно часто. Раз в несколько десятилетий на значительной части европейской территории России устанавливается сильная жара, приводящая к сильным засухам на огромных территориях. Данное явление тесно связано с установлением аномальных форм атмосферной циркуляции на протяжении длительного периода.

Долгосрочный прогноз сильной жары является чрезвычайно сложной задачей. Краткосрочный прогноз данного ОЯП осуществляется в рамках синоптического прогноза погоды.

В качестве защиты при сильной жаре используются организационные мероприятия (режим дня и водопотребления, миграция населения из городов) и также инженерные способы (устройство навесов, фонтанов и т.п.).

3.3.11. Чрезвычайная пожароопасность

Чрезвычайной пожароопасностью называется ситуация, когда показатель пожарной опасности превышает 10 000. Показателем пожарной опасности называется сумма произведений температуры воздуха на значение дефицита точки росы в 15 ч, определяемая за все дни, считая от последнего дня с осадками не менее 3 мм. Чрезвычайная пожароопасность возникает при длительном периоде пониженных сумм осадков в сочетании с повышенными температурами воздуха летом.

Поражающий фактор: иссушение подстилающей поверхности.
Сопутствующие ОЯП: природные пожары.

Чрезвычайная пожароопасность характерна для южных районов США, Франции, Испании, Португалии и целого ряда других стран. Данное ОЯП регулярно наблюдается и в России, особенно на ее лесных территориях (Ленинградская область, Карелия, Красноярский край, Хабаровская область, Приморье).

В качестве защитных мер при чрезвычайной пожароопасности используются организационные мероприятия (объявление режима чрезвычайной ситуации, ограничение доступа людей в иссушенные районы, в леса, в не обустроенные противопожарными средствами места отдыха и т.п.) и инженерные способы (сооружение противопожарных валов и рвов, разделительных полос, пожарных водоемов и т.п.).

3.3.12. Природные пожары

Пожар – это неконтролируемый процесс горения, сопровождающийся уничтожением материальных ценностей и создающий опасность для жизни и здоровья людей, сельскохозяйственных животных и растений. В качестве ОЯП выделяют природные пожары, к которым относятся лесные пожары, пожары степных и хлебных массивов, торфяные пожары, подземные пожары горючих ископаемых. Причинами природных пожаров являются молнии, самовозгорание сухих деревьев и подстилающей поверхности, а также умышленные и неумышленные поджоги. При подготовке территорий к сельскохозяйственной деятельности устраиваются умышленные выжигания сухой травы, которые могут привести к природным пожарам.

Основными видами пожаров, охватывающих, как правило, огромные территории, являются:

- лесные пожары, которые, в свою очередь, делятся на верховые, низовые и подземные;
- степные (полевые) пожары.

Лесные пожары по интенсивности горения подразделяются на слабые, средние и сильные, а по характеру горения низовые и верховые пожары делятся на беглые и устойчивые. При лесных низовых пожарах горит лесная подстилка, надпочвенный покров и подлесок без захвата кроны деревьев. Скорость движения низового пожара лежит в пределах от 0,3 (при слабом пожаре) до 16 м/мин (при сильном пожаре), высота пламени 1–2 м, максимальная температура

на кромке пожара достигает 900 °С. Лесные верховые пожары развиваются, как правило, из низовых и характеризуются горением крон деревьев. При беглом верховом пожаре пламя распространяется с большой (до 8–25 км/ч) скоростью, перескакивая с кроны на крону. При устойчивом верховом пожаре горят не только кроны, но и стволы деревьев, скорость распространения пламени доходит до 5–8 км/ч, при этом горит весь лес от почвенного покрова до верхушек деревьев. Подземные пожары возникают чаще всего как следствие верховых или низовых лесных пожаров, при этом огонь распространяется иногда на довольно большую глубину (более 50 см), образуя выгоревшие пустоты (прогары), в которые могут провалиться люди, техника. Подземные пожары очень устойчивы, трудно поддаются ликвидации и могут длиться месяцами, горение может продолжаться даже зимой.

Степные (полевые) пожары, как правило, происходят по мере созревания трав, хлебов, т.е. чаще всего бывают летом. Скорость распространения огня может достигать 20–30 км/ч.

Поражающими факторами природных пожаров являются:

- высокая температура;
- пламя;
- дым, содержащий токсические продукты сгорания.

В результате природных пожаров гибнут люди, домашние и дикие животные. Наносится ущерб экосистемам на значительных территориях. Особенно опасны природные пожары в окрестностях населенных пунктов, на густонаселенных пространствах.

Сезон природных пожаров охватывает весну, лето и осень. На территории России весенние пожары начинаются уже в апреле-мае, двигаясь с Дальнего Востока на запад страны. Лето и начало осени – самые пожароопасные сезоны. В октябре-ноябре наблюдаются только отдельные лесные пожары на небольших территориях. На территории России есть традиционно опасные регионы, пожарный сезон в которых каждый год бывает напряженным. Сложная пожарная обстановка ежегодно наблюдается в южных районах Сибири, в Дальневосточном и Забайкальском регионах, а на территории европейской части страны – в отдельных районах Северо-Западного и Центрального регионов.

По данным Госкомстата России за последние 30 лет на активно охраняемой от природных пожаров территории ежегодно регистри-

руется от 11,8 до 36,6 тыс. случаев лесных пожаров, охватывающих в сумме от 0,14 до 3,84 млн. га покрытой лесом площади. Они обесценивают от 2,64 до 143,03 млн. м³ лесных материалов (древесины на корню). Только в 90-х годах XX в. ежегодный ущерб, причиненный указанными пожарами лесному хозяйству России, исчислялся в суммах от 753,4 до 13055,6 млн. руб. (в ценах 1999 г.).

От природных пожаров страдают США, Канада, Франция, Испания, Греция, Болгария. Летом 2003 г. Францию охватили сильнейшие лесные пожары. В борьбе с ними помимо России, которая направила во Францию два специально оборудованных вертолета Ми-26 и 19 специалистов, помощь оказали также Германия, Греция, Испания и Италия. Летом 2000 г. сильнейшие природные пожары охватили Грецию и Болгарию, общее число очагов возгорания составило около 200.

Прогнозирование природных пожаров является чрезвычайно сложной задачей. Методы долгосрочного прогнозирования до настоящего времени не получили практического подтверждения. Как показывает мировой опыт реальное прогнозирование возникновения и развития пожарной обстановки возможно только с заблаговременностью не более 5 дней, но достоверность даже таких краткосрочных прогнозов не превышает 50 %. В США ведутся активные работы по моделированию природных пожаров с помощью суперкомпьютеров. Однако существующие модели еще далеки от применения в прогностических целях.

Для защиты от природных пожаров используются методы профилактики, активной борьбы и ликвидации последствий. Профилактические методы направлены на уменьшение вероятности возгорания природных горючих материалов, а также на уменьшение потенциального ущерба. Методы активной борьбы предполагают использование специальной пожарной техники, привлечения значительных масс пожарных, а также создание оперативных противопожарных валов, борозд. В критических случаях используется тактика управляемого пожара, состоящая в выжигании перед основным пожаром некоторой территории. Ликвидация последствий пожаров является затратной операцией и используется далеко не всегда. В этом случае основной упор делается на самовосстановление экосистем на выжженных территориях.

3.3.13. Засуха атмосферная

Засухой атмосферной называется отсутствие эффективных осадков (более 5 мм в сутки) в вегетационный период года не менее 30 дней подряд при максимальной температуре воздуха выше 25 °С (в южных районах – выше 30 °С). Причиной возникновения атмосферной засухи является преобладание в регионе устойчивых антициклонов.

Сопутствующие ОЯП: засухи почвенные, суховеи, чрезвычайная пожароопасность, природные пожары.

Поражающие факторы:

- иссушение растений и материалов зданий и сооружений;
- гибель посевов;
- гибель домашних и диких животных;
- гибель людей.

Атмосферные засухи распространены во всем мире. Они устойчиво поражают 24 % территории России, вызывая значительные экономические ущербы в сельском хозяйстве.

Долгосрочный прогноз засухи является чрезвычайно сложной задачей.

В качестве защиты от атмосферной засухи используются организационные и инженерные мероприятия с применением дождевальной техники.

3.3.14. Суховеи

Суховеем называется сохранение в течение трех дней и более подряд хотя бы в один из сроков гидрометеорологических наблюдений значений относительной влажности не более 30 % при скорости ветра более 7 м/с и температуре воздуха выше 25 °С в период цветения, полива или созревания зерновых культур. "Сжигающие без огня" – так называют суховеи. Там, где они пронеслись, засыхают и погибают растения, даже при достаточном запасе влаги в почве, так как корневая система не успевает подавать в наземную часть достаточное количество воды. Причиной суховея является приток в районы степей или полупустынь сухого арктического воздуха с последующим прогреванием. К суховеям приводит и вынос сухого воздуха из пустынных районов. Обычно такая ситуация возникает при нахождении южной или юго-западной периферии анти-

циклона над районами степей или полупустынь в течение длительного времени. Принято выделять суховеи слабой, средней и высокой интенсивности. Суховеи слабой интенсивности вызывают нарушение водного баланса растений, приводящее к остановкам процесса роста растений при запасах продуктивной влаги в пахотном слое почвы менее 20 мм. Суховеи средней интенсивности вызывают пожелтение и подсыхание, у незакаленных растений даже захват зерна, если запасы продуктивной влаги в пахотном слое не более 10 мм, а в метровом – не более 50–60 мм. Суховеи высокой интенсивности в течение 2–3 дней вызывают сильное увядание, быстрое усыхание и захват зерна при запасах продуктивной влаги в пахотном слое не более 10 мм, а в метровом – не более 30 мм.

Поражающие факторы: ветер в сочетании с высокой температурой и низкой относительной влажностью вызывает быструю и массовую гибель растений, создает угрозу жизни людей и животных.

Суховеи наблюдаются практически во всей зоне лесостепей, степей и полупустынь, в основном в весенний и летний периоды. В России суховеи отмечаются в Прибайкалье, Донбассе, изредка в Приморье, нанося значительный ущерб сельскому хозяйству.

Прогноз суховеев осуществляется в рамках синоптических прогнозов погоды. При наличии критической ситуации выдается штормовое предупреждение.

Для борьбы с суховеями осуществляют комплекс мероприятий, наиболее эффективными из которых являются ажурные лесные полосы, разбивающие воздушный поток на более мелкие вихри.

3.3.15. Очень сильный дождь, продолжительный сильный дождь

Очень сильным дождем называется выпадение за 12 ч не менее 50 мм осадков (в горных районах – более 30 мм). Под продолжительными сильными дождями понимается выпадение не менее 100 мм осадков за период более 12 ч, но менее 48 ч. Очень сильные дожди и продолжительные сильные дожди возникают при прохождении теплых фронтов, медленно движущихся холодных фронтов и фронтов окклюзии. Они выпадают из слоисто-дождевых облаков, мощность которых составляет не менее 500 м, а верхняя граница располагается выше изотермы -10°C . Увеличение повторяемости

благоприятных синоптических условий приводит к увеличению числа очень сильных дождей за конкретный промежуток времени.

Сопутствующие ОЯП: паводки, подтопления, оползни, обвалы, овражная эрозия почвы.

Поражающие факторы:

- паводковые явления;
- подъем уровня рек;
- подъем уровня грунтовых вод;
- разрушение сельскохозяйственных угодий.

В сельском хозяйстве очень сильные и продолжительные сильные дожди приводят к смыву почвы, разрушению сельскохозяйственных угодий, вымоканию урожая, полеганию зерновых в период уборки и т.п. В мире ущербы от этих негативных последствий оцениваются в несколько миллиардов долларов США. Продолжительные сильные дожди наносят значительный ущерб предприятиям отдыха (санатории, курорты и т.п.) в периоды массового отдыха. В других областях экономической деятельности ущерб от очень сильных дождей и продолжительных сильных дождей обычно приписывается сопутствующим ОЯП и редко оцениваются в самостоятельном виде.

В результате продолжительных проливных дождей на северо-западе Италии, которые прошли в октябре 2000 г., погибло 19 человек и несколько пропали без вести. Ущерб от стихии достиг 500 млн. долл. США. Из родных мест были эвакуированы около 40 тыс. человек. В некоторых районах уровень воды в реках поднялся до рекордно высокой отметки. Продолжительные сильные дожди, прошедшие в ноябре 2000 г. в Австралии, привели к наводнению, оказавшемуся самым сильным за последние 50 лет на этом континенте. Была затоплена практически полностью территория – Нового Южного Уэльса. Площадь образовавшегося "моря" – 215 тыс. км² – превышает размеры Британских островов. Погиб весь урожай пшеницы и хлопка. В августе 2002 г. сильные и продолжительные дожди вызвали катастрофические наводнения в ряде стран Западной Европы (Германии, Чехии, Австрии, Испании, Англии, Италии), приведшие к колоссальным ущербам и угрозе техногенных катастроф.

Прогноз очень сильного дождя и продолжительного сильного дождя осуществляется в рамках синоптического прогноза погоды. При возникновении угрозы очень сильного дождя или продолжительного сильного дождя выдается штормовое предупреждение.

Для защиты от очень сильного дождя используются организационные (оповещение, перемещение) и инженерные мероприятия (строительство дренажных систем различных типов, мелиоративные мероприятия).

3.3.16. Сильный ливень

Сильным ливнем называется выпадение не более чем за 1 час не менее 30 мм осадков. Причиной данного ОЯП является повышенная неустойчивость нижнего слоя тропосферы на фоне пониженного давления, высокая температура и влажность пограничного слоя. Сильным ливням способствуют орографические особенности рельефа, приводящие к формированию интенсивных восходящих токов с диаметром более 5 км. Сопутствующие ОЯП: град, грозы, шквал, в горных условиях – паводки, оползни, обвалы.

Поражающие факторы:

- потоки воды;
- повреждение сооружений, сельскохозяйственных угодий.

В горных районах и в условиях сильно пересеченной местности сильные ливни наносят ущербы сельскому хозяйству, промышленным предприятиям, дорогам, линиям связи, объектам незавершенного строительства на нулевом цикле. Значительные ущербы сильные ливни наносят в условиях крупных городов с пересеченным рельефом, при наличии метрополитена, автомобильных тоннелей, подземных пешеходных переходов, подземных гаражей. При сильных ливнях и неправильном функционировании ливневой канализации указанные подземные сооружения заливаются потоками воды.

Прогнозирование сильных ливней осуществляется в рамках синоптических прогнозов погоды. При возникновении угрозы сильного ливня выдается штормовое предупреждение.

Для защиты от сильных ливней используются инженерные методы (устройство водоводов, ливнепропускных сооружений).

3.3.17. Крупный град

Крупным градом называются атмосферные осадки в виде частиц плотного льда диаметром не менее 20 мм. Причиной крупного града является очень сильная неустойчивость нижней тропосферы на фоне пониженного давления при высокой температуре и влажности пограничного слоя. Такие условия возникают при выходе тро-

пических циклонов на сушу, при длительном проникновении морских воздушных масс на континент, а также при длительной циклонической деятельности. В результате указанных условий возникают особо мощные кучево-дождевые облака, верхняя граница которых находится у границы тропопаузы, а нижняя – на уровне нулевой изотермы температуры воздуха – в нижней тропосфере, что обеспечивает малое таяние выпадающего града.

Сопутствующие ОЯП: ливни, шквалы, грозы.

Поражающий фактор: кинетическая энергия крупных градин.

Крупный град способен привести к гибели людей и животных, нанести им серьезные травмы, вызвать повреждения крыш зданий, автомобилей, повредить сооружения и линии связи, нанести ущерб сельскохозяйственным угодьям.

По оценкам экспертов в мире от крупного града погибают десятки людей, ежегодный мировой ущерб от градобоя составляет около 6 млрд. долл. США, из них около 300 млн. долл. США приходится на район Северного Кавказа. Существенный ущерб от крупного града несет и Россия. Так, в мае и июне 2001 г. Ставропольский край дважды понес значительный ущерб от крупного града: 500 млн. руб. и 230 млн. руб. соответственно. В мае градины на Ставрополье достигали размера куриного яйца. Около 50 жителей Буденновского района получили ушибы и черепно-мозговые травмы в результате выпадения града, 15 человек было госпитализировано. В некоторых местах град был настолько сильным, что в 8 населенных пунктах района на 4 тыс. домов повреждена кровля, в 100 домах оказавшегося в эпицентре стихийного бедствия села Прасковья обрушились не только крыши, но и потолки – без жилья осталось более 400 человек. Местами слой выпавшего града достигал полуметра. Выбиты посевы зерновых на площади 14 тыс. га, повреждено 320 га садов, 420 га виноградников, 10 км линий электропередачи и 12 км линий связи. В июне были полностью уничтожены градом 15,5 тыс. га посевов на полях в нескольких районах Ставропольского края. Значительный ущерб крупный град нанес Москве в июле 1999 г. Только выплаты компании «Ингосстрах» по страховкам автомобилей составили около 1 млн. долл. США.

Размеры крупного града могут поражать воображение. Масса градин, обрушившихся в июне 2000 года на поселок Новоленино, достигал 150 г. Коровам, застигнутым на пастбище, повредило поч-

ки, животные доились с кровью. Ягодника, застигнутого ненастьем на открытой поляне, спасло ведро. Высыпав ягоды на землю, он надел ведро на голову. Град, выпавший в Рубцовске в июне 2000 г., представлял собой ледяные пластины величиной в половину ладони. Человеческих жертв не было, однако 60 жителям была оказана медицинская помощь. Несколько человек были госпитализированы.

Прогнозирование крупного града осуществляется в рамках синоптического прогноза погоды. При возникновении угрозы крупного града выдается штормовое предупреждение.

Защита от крупного града осуществляется в основном за счет организационных мероприятий (оповещение, перевод домашнего скота, транспорта в защищенные места, укрытие сооружений щитами и навесами). Ограниченное применение имеют инженерные методы противогорадовой защиты, основанные на применении химических реагентов, вносимых в градовое облако. В большинстве случаев в качестве такого реагента используются кристаллы йодистого серебра. Между собой эти противогорадовые защиты отличаются в основном средствами доставки реагента в нужную зону градового облака (наземные генераторы, авиация, артиллерия, ракеты).

3.3.18. Гроза

Гроза представляет собой особый атмосферный процесс, связанный с накоплением и разрядами электростатического электричества в мощных конвективных облаках. Для образования грозовых облаков необходимо наличие большого количества ледяных кристаллов в верхней части облака. Грозовое облако оказывается аналогом конденсатора, в котором происходит накопление электрического заряда до момента пробоя. Такой пробой сопровождается мощными акустическими эффектами (гром) и видимыми туннельными разрядами (молнии). Сила тока при таком разряде обычно составляет десятки тысяч ампер и может достигать сотен тысяч ампер. Грозы обычно образуются при прохождении быстрых холодных фронтов, сильном прогреве влажной подстилающей поверхности. Нередко грозы охватывают значительные территории, образуя грозовой фронт. В настоящее время ведется глобальное наблюдение за грозами и молниями. Ежегодно фиксируется около 20 млн. молний в земной атмосфере.

Сопутствующие ОЯП: шквалы, сильный ветер, сильный дождь, сильный ливень, град. В зоне грозы наблюдается сильная турбулентность атмосферы, оказывающая значительное негативное влияние на летательные аппараты в виде повышенных перегрузок.

Поражающие факторы:

- молнии;
- значительные осадки;
- крупный град;
- шквалы;
- сильный ветер;
- гром.

По оценке ООН, гроза – одно из десяти наиболее серьезных стихийных бедствий. По данным соответствующих ведомств, во всем мире каждую минуту происходит 2000 гроз. Ежегодно в мире от гроз страдают свыше 10 тыс. человек. Грозы нередко приводят к гибели отдельных людей и животных, вызывают природные пожары, разрушают отдельные здания и строения, линии связи, нарушают работу аэропортов. Известны случаи панического поведения людей и животных под влиянием грома и молний.

Ущерб, наносимый грозами, очень серьезен. Это и гибель людей, и большие материальные потери. Примерно 30 % сбоев в работе электрических и электронных систем вызвано грозовыми явлениями. В Китае годовой ущерб от гроз составляет от 400 до 800 млн. долл. США. В Западной Европе ежегодный экономический ущерб от гроз оценивается в несколько миллионов евро. Например, гроза, пронесшаяся над некоторыми районами Австрии в июне 2003 г., причинила хозяйству страны существенный ущерб. Резкими порывами ветра деревья были вырваны с корнем, снесены крыши домов и сельскохозяйственные постройки, нарушено движение по австрийским автодорогам. В большом селе Альтхефлайн молния попала в крышу местной церкви и вызвала пожар, который с трудом удалось потушить прибывшей бригаде пожарных. Был отрезан от "большой земли" крупный дунайский город Тулльн, подъезды к которому были заблокированы упавшими деревьями. В районе города Фрайштадт многие населенные пункты остались без электричества, так как молния попала в подстанцию. Пожарные и спасатели в двух федеральных землях Австрии выезжали на места различных происшествий, связанных с буйством стихии, более 500 раз. Ущерб, нане-

сенный грозой хозяйству страны, составил несколько десятков миллионов евро. Из данного примера видно, что поражающие факторы грозы действуют комплексно.

В России грозы также являются причиной гибели людей и животных, источником серьезных ущербов. 28 июня 2004 г. при сильной грозе в г. Арсеньев (Приморский край) в разных концах города молниями было убито 2 человека.

Прогноз гроз осуществляется в рамках синоптического прогноза погоды. При возникновении угрозы появления гроз выдается штормовое предупреждение.

Для защиты от молний используются как организационные меры (предупреждения), так и различные инженерные методы (громотводы, заземления).

3.3.19. Сильный туман

Туман считается сильным, если видимость составляет не более 50 м (на море – не более 100 м). Туман возникает при понижении температуры воздуха вблизи подстилающей поверхности из-за радиационного выхолаживания. При этом повышается влажность воздуха. Такие туманы называются радиационными. Туман может возникать при адвекции тепла и влаги на холодную подстилающую поверхность. Такие туманы называются адвективными. Образование тумана возможно только при слабом ветре (скорость до 5 м/с).

Сопутствующие ОЯП: изморозь, гололед, смог.

Поражающий фактор: ухудшение видимости.

Сильный туман приводит к экономическим ущербам, вызванным авариями и вынужденными ограничениями, прекращением работы в авиации, морском и автомобильном транспорте, строительстве.

23 февраля 2001 г. сильный туман на северо-востоке Китая вывел из строя систему электропередачи и вызвал перебои в энергоснабжении административного центра провинции Ляонин города Шэньян. В результате было обесточено 70 % городской зоны Шэньяна и подавляющая часть сельских районов. Из 12 подстанций в городе работали только три. 25 марта 2003 г. в провинции Чжэцзян (Китай) при сильном тумане на автотрассе произошло столкновение 47 машин, в результате чего 11 человек погибло. Пять судов столкнулось 12 ноября 2004 г. на Рейне из-за сильного тумана. В 2001 г. на Рейне из-за сильного тумана лоб в лоб столкнулись бельгийское

судно и караван немецких судов. Никто не погиб, но материальный ущерб был нанесён значительный.

Прогноз сильного тумана выполняется в рамках синоптического прогноза погоды. При возникновении угрозы сильного тумана выдается штормовое предупреждение.

Защита от сильного тумана предполагает использование преимущественно организационных мер (оповещение, прекращение работ, закрытие аэропортов и портов). В некоторых случаях для борьбы с радиационными туманами используются инженерные установки.

3.3.20. Сильная пыльная буря

Пыльной бурей называется перенос больших количеств пыли или песка над поверхностью земли со средней скоростью не менее 15 м/с, при понижении видимости до 500 м и менее. Возникновению пыльной бури способствует иссушение почвы и песков под влиянием устойчивой засушливой погоды. Горизонтальная протяженность районов, охваченных пыльными бурями, весьма различна – от нескольких сотен метров до тысяч километров. Запыленность атмосферы по вертикали может при этом колебаться от 1–2 м до 6–7 км. Основной причиной образования пыльных бурь является турбулентность, обусловленная структурой ветра, способствующая подъему с земной поверхности частиц пыли и песка, а также ветровая эрозия почвы.

Имеются документы, повествующие о жуткой черной буре весной 1892 г. Она прокатилась по всей степной полосе и отличалась особой силой. Порывистый восточный ветер несколько дней гнал массы песка, чернозема и пыли. Все это тучами поднималось вверх и сливалось в непроницаемую завесу. Посевы подрезались под корень или сдирались целиком. Пыль, поднятая с полей, была занесена в Польшу и Германию, в Финляндию и Швецию.

В ноябре 1962 г. ветер поднял в Аравийской пустыне столько пыли, что в Каире несколько суток был закрыт аэропорт, а на Суэцком канале прекратилось судоходство. По свидетельствам очевидцев, в городе была "кромешная тьма" – люди не видели пальцев на вытянутой руке.

В марте и апреле 2002 г. в Приморье наблюдали явление, когда воздух был серым, а солнце голубым. Мгла, накрывшая Примор-

ский край, была результатом пыльных бурь, разыгравшихся на территории Монголии и Китая. Пыльная мгла, занесенная ветром на значительное расстояние от очага пыльных бурь, называется адвективной мглой. На спутниковых снимках в этот период можно было видеть, как серая пелена (пыль в атмосфере) распространилась на огромную территорию – Желтое море, Корею, Приморье, Японское море и Японию. Вызвано это явление было серией глубоких циклонов, перемещавшихся с района Читинской области на Хабаровский край. Недостаток осадков зимой 2002 г. на территории Монголии и северного Китая вызвали засуху и пересыхание почвы, которая сильными ветрами была поднята в атмосферу.

Сопутствующие ОЯП: электризация атмосферы, генерация радиопомех.

Поражающие факторы:

- уменьшение видимости;
- песчаные заносы;
- вынос почвы с сельскохозяйственных полей.

Прогноз пыльных бурь осуществляется в рамках синоптических прогнозов погоды.

В качестве защиты от пыльных бурь используются инженерные методы защиты, основанные на закреплении почвы и песка, например растительным покровом.

3.3.21. Кислотные осадки

Кислотными называются атмосферные осадки, содержащие серную, сернистую, азотную и азотистую кислоты. В последнее время считается, что в кислотных осадках могут содержаться в незначительных количествах соляная и плавиковая кислоты. Кислотные осадки представлены в основном кислотными дождями. Отмечаются также кислотный туман, кислотный снег и в редких случаях кислотная роса. Кислотные осадки образуются при поступлении в атмосферу промышленных газов, содержащих окислы серы, азота, а также хлор и фтор с последующим их взаимодействием с атмосферной влагой.

Отличить кислотные осадки можно даже на вкус – они и будут кислыми. Дождь и снег считаются подкисленными, если pH ниже 5,6. Дождь со значением pH = 5,1 считается кислотным. В некоторых случаях кислотность дождей достигает значений кислотности

апельсинового сока ($pH = 4$). В Баварии (ФРГ) в августе 1981 г. выпадали дожди с кислотностью $pH = 3,5$. В отдельных случаях кислотность туманов может достигать значения, характерного для лимонного сока ($pH = 2,5$). Максимальная зарегистрированная кислотность осадков в Западной Европе имела значение $pH = 2,3$.

Для слежения за перемещениями кислотных туч в Европе созданы два специальных метеорологических центра: «Запад» – находится в Осло, и «Восток» – в Москве. Они отслеживают, сколько в какой стране выбрасывается вредных веществ и где они потом выпадают в виде кислотных осадков. В среднем в Москве каждый пятый–третий дождь можно отнести к категории кислотных. Значительное количество дождей в Балтийском регионе также является кислотными. В Китае приблизительно 85% дождей содержат кислоты.

Над промышленными центрами, где сжигается много минерального топлива и в атмосферу поступает значительное количество окислов серы и азота, практически всегда наблюдается повышенная концентрация этих окислов в атмосфере. Наибольшее количество окислов серы поступает в атмосферу при сжигании каменного и особенно бурого угля. При сжигании мазута окислы серы поступают в атмосферу в значительно меньших количествах.

Окислы азота, поступающие в атмосферу, образуются при так называемом высокотемпературном сжигании, когда температура пламени превышает 1000°C . Большое количество окислов серы и азота поступает в атмосферу в составе выхлопных газов от автотранспорта. При аварийных ситуациях на объектах теплоэнергетики наблюдаются выбросы промышленных газов, и концентрация этих окислов многократно возрастает. При образовании атмосферных осадков над крупными промышленными центрами в период аварийных выбросов промышленных газов интенсивность кислотных осадков усиливается. Во время боевых действий в Персидском заливе были подожжены сотни нефтяных скважин, и окрестные территории залили потоки кислотных дождей.

Под действием ветра кислотные осадки, преимущественно в виде дождей, могут распространяться на значительные расстояния и оказывать свое действие на значительные территории. В таких условиях говорят о трансграничном аспекте кислотных осадков. Практически все европейские страны являются одновременно «экспортерами» и «импортерами» кислотных осадков. Из-за особенно-

стей преимущественно западного переноса воздушных масс над Европой страны, расположенные восточнее, импортируют кислотные осадки, сформировавшиеся над территорией более западных стран.

Сопутствующие ОЯП: повышение кислотности почв и поверхностных вод.

Поражающий фактор: повышенное содержание серной и азотной кислот в атмосферных осадках.

Кислотные осадки вызывают ускоренное разрушение зданий и сооружений, их защитных покрытий, приводят к сокращению урожая сельскохозяйственных культур, поражают лесные запасы, наносят ущерб растениям, почвенным и водным экосистемам из-за повышения кислотности почв и поверхностных водоемов. Кислотные дожди оказывают и непосредственное действие на организм человека. От концентрации вредных примесей в дождевой воде и времени воздействия на организм зависит реакция на кислотные дожди. Они могут вызвать разные реакции – немедленную в виде покраснения кожи и зуда и отсроченную в виде выпадения волос, нарушения биохимических процессов.

В США было подсчитано, что каждая тонна двуокиси серы, выброшенная в атмосферу, наносит вред более чем на 3000 долл. Таким образом, связанные с сернокислотными выбросами издержки только для Среднего Запада США составляют более 25 млрд. долл. в год. В настоящее время площадь районов Китая, на которые обрушивались кислотные дожди, составляет 30 % общей площади территории страны. Оценки показывают, что ежегодные потери Китая от кислотных дождей, вызванных чрезмерным выбросом двуокиси серы, составляют в среднем около 15 млрд. долл. США. Такая оценка получена без учета влияния загрязнения воздуха на водные ресурсы, здания и другие объекты. Ущерб от кислотных дождей в индустриальных странах составляет до 4 % валового национального продукта. В Западной Европе этот ущерб в денежном выражении оценивается в 1,1 млрд. долл. США в год.

В последние годы кислотные дожди стали наблюдаться в промышленных районах Азии, Латинской Америки и Африки. Например, в Восточном Трансваале (ЮАР), где вырабатывается 4/5 электроэнергии страны, на 1 км² выпадает около 60 т серы в год в виде кислотных осадков. В тропических районах, где промышленность

практически неразвита, кислотные осадки вызваны поступлением в атмосферу оксидов азота за счет сжигания биомассы.

В России наиболее высокие уровни выпадений окисленной серы и оксидов азота (до 750 кг/км^2 в год) на значительных по площади ареалах (несколько тыс. км^2) наблюдаются в густонаселенных и промышленных регионах страны – в Северо-Западном, Центральном, Центрально-Черноземном, Уральском и других районах; на локальных ареалах (площадью до 1 тыс. км^2) – в ближнем следе металлургических предприятий, крупных ГРЭС, а также больших городов и промышленных центров (Москва, Санкт-Петербург, Омск, Норильск, Красноярск, Иркутск и др.), насыщенных энергетическими установками и автотранспортом.

Превышение уровня критических нагрузок по выпадению окисленной серы отмечается в ряде областей (Ленинградская, Московская, Рязанская), на европейской территории России и по выпадениям оксидов азота – на половине этой территории. За последние пять лет, согласно результатам измерений, наблюдается неизменное повышение кислотности дождей (минимальные значения $\text{pH} = 3,1\text{--}3,4$) на Урале и в Предуралье, на северо-западе и юге европейской территории России.

Наибольший вклад в трансграничное подкисление природной среды России соединениями серы вносят Украина, Польша, Германия. В свою очередь, из России больше всего окисленной серы направляется в страны Скандинавии. Соотношения принимают следующие значения: с Украиной – 1:17, с Польшей – 1:32, с Норвегией – 7:1. Экспортируется «мокрая» часть выбросов (аэрозоли), сухая часть загрязнений выпадает в непосредственной близости от источника выброса или на незначительном удалении от него.

В настоящее время практика прогнозирования кислотных осадков практически отсутствует. Борьба с кислотными осадками ведется в следующих направлениях:

- очистка промышленных выбросов в атмосферу от окислов серы и азота с помощью различных фильтров;
- переход на минеральное топливо с пониженным содержанием серы (замена угля мазутом, природным газом и т.п.);
- замена минерального топлива альтернативными источниками энергии (ядерная энергетика, ветровые электростанции и т.п.).

3.3.22. Смог

Смогом называют сочетание газообразных и твердых примесей с туманом или аэрозольной дымкой, вызывающей интенсивное загрязнение атмосферы. Первоначально под термином "смог" понимали совместное сочетание дыма и тумана (от англ. smoke-дым и fog-туман). Такого типа смоги уже отмечались более 100 лет назад, и наибольшую известность периодическое их образование приобрело в Лондоне. В дальнейшем смоги иного типа были обнаружены в 1944 г. в Лос-Анджелесе. Они получили название фотохимических. Иногда говорят о смогах лондонского и лос-анджелесского типа. Основная причина загрязнения воздуха в первом случае – сжигание угля и мазута, во втором – выбросы автотранспорта. В последнее время стали говорить о новом типе смога – бурой азиатской мгле, которая практически постоянно наблюдается в крупных азиатских городах, особенно в Индии.

Лондонский тип смога возникает зимой в крупных промышленных городах при неблагоприятных погодных условиях (отсутствие ветра и температурная инверсия). Температурная инверсия проявляется в повышении температуры воздуха с высотой в некотором слое атмосферы (обычно в интервале 300–400 м от поверхности земли) вместо обычного понижения. В результате циркуляция атмосферного воздуха резко нарушается, дым и загрязняющие вещества не могут подняться вверх и не рассеиваются. Нередко возникают туманы. Концентрации оксидов серы, взвешенной пыли, оксида углерода достигают опасных для здоровья человека уровней, приводят к расстройству кровообращения, дыхания, а нередко и к смерти. В 1952 г. в Лондоне от смога с 3 по 9 декабря погибло более 4 тыс. человек, до 10 тыс. человек тяжело заболели. В конце 1962 г. в Руре (ФРГ) смог убил за три дня 156 человек. Рассеять смог может только ветер, а сгладить смогоопасную ситуацию – сокращение выбросов загрязняющих веществ.

Лос-анджелесский тип смога, или фотохимический смог, не менее опасен, чем лондонский. Возникает он летом при интенсивном воздействии солнечной радиации на воздух, насыщенный, а вернее перенасыщенный выхлопными газами автомобилей. В Лос-Анджелесе выхлопные газы более 4 млн. автомобилей выбрасывают только оксидов азота в количестве более чем 1 тыс. т в сутки. При

очень слабом движении воздуха или безветрии в воздухе под действием интенсивной солнечной радиации в этот период идут сложные реакции с образованием новых высокотоксичных загрязнителей-оксидантов (озон, органические перекиси, нитриты и др.), которые раздражают у людей слизистые оболочки желудочно-кишечного тракта, легких и органов зрения, повреждают растения, разрушают резину. Фотохимический смог характерен для больших тропических и субтропических городов. От фотохимического смога, помимо Лос-Анджелеса, страдает крупнейший город мира Мехико, с населением более 20 млн. человек. Фотохимический смог отмечен и в умеренных широтах, например в Киеве. В Токио смог вызвал отравление 10 тыс. человек в 1970 г. и 28 тыс. – в 1971 г. По официальным данным, в Афинах в дни смога смертность в шесть раз выше, чем в дни относительно чистой атмосферы.

Бурая азиатская мгла – относительно новая форма смога. Бурой мглой покрыта большая часть азиатского континента и Индийского океана, смог висит над крупными городами практически круглый год. Ядовитое облако ученые начали серьезно исследовать относительно недавно. И пришли к выводу, что слой толщиной в 2 км представляет собой токсичную смесь из выхлопных газов, промышленных выбросов и частиц продуктов сгорания – от лесных пожаров и бытовых печей. Иностранцы, наблюдающие плотную коричневую дымку впервые, уверены, что это – особенность индийского воздуха. Эксперты ООН говорят, что подобное явление не только опасно для жизни людей, но и наносит серьезный ущерб климату планеты в целом. Бурая азиатская мгла на 15 % сокращает объем солнечной энергии, достигающей поверхности Земли. Ученые предсказывают засуху, а следом за ней – гибель некоторых видов растений и животных на суше и в водах Индийского океана. Но главную опасность бурый смог представляет для человека. Данные, которые приводят специалисты, неутешительны – сотни тысяч жителей Юго-Восточной Азии не доживают до 50 лет. Жертвами бурой азиатской мглы, по расчетам специалистов, в ближайшие 30 лет могут стать миллионы человек.

В последнее время смог наблюдается и в крупных городах России. В летнее время, при ярком солнце и застое в приземном слое воздуха возникают достаточно тяжелые фотохимические смоги в Москве, особенно в центральной части города. В некоторых горо-

дах (Кемерово, Ангарск, Новокузнецк, Медногорск и др.), особенно в тех, которые расположены в низинах, в связи с ростом числа автомобилей и увеличением выброса выхлопных газов, содержащих оксид азота, вероятность образования фотохимического смога увеличивается. В зимнее время, при застое воздуха при оттепелях и туманах в некоторых российских городах возникают смоги лондонского типа. При авариях и пожарах на нефтяных объектах также возникают смоги. Например, в сентябре 2003 г. в течение трех суток в городе Октябрьск (Самарская область) горел танкер «Виктория». Сгорело около 1500 т облегченной нефти. Все это время город страдал от тяжелейшего классического смога. Взятые пробы показали, что содержание вредных примесей превышало допустимые нормы в десятки раз. Жителям города советовали не открывать окна, не выходить без нужды на улицу и пользоваться марлевыми повязками.

Продолжительность смогов обычно от одного до нескольких дней, но интенсивность загрязнения настолько велика, что смоги вызывают тяжелые последствия, нередко сопровождающиеся жертвами. Высокие концентрации озона, которые иногда используют в качестве одного из показателей фотохимического смога, наблюдаются не только в местах его образования, но и на значительных расстояниях от них в результате переноса воздушных масс.

Прогнозирование смога осуществляется в рамках синоптического прогноза погодных условий, благоприятных для его образования. Для защиты от смога используются организационные мероприятия (оповещение) и инженерные методы. Основным методом инженерной защиты от смога является использование специальных катализаторов в выхлопных системах современных автомобилей, в которых осуществляется дожигание окислов азота. В результате в атмосферу поступает меньше окислов азота и не запускается химическая цепь образования фотохимического смога. Для борьбы со смогом лондонского типа используются практически те же методы, что и для защиты от кислотных осадков: уменьшение серы в промышленных выбросах за счет фильтров, переход на использование топлива с пониженным содержанием серы

3.3.23. Озоновая дыра

Озоновой дырой называют уменьшение общего содержания озона (ОСО) в так называемом озоновом слое над некоторым рай-

оном до значений менее 200 единиц Добсона (Д.е.). Некоторые исследователи говорят об озоновой дыре при уменьшении ОСО до 220 Д.е. Озоновый слой охватывает весь земной шар и располагается в стратосфере на высотах от 9 до 50 км с максимальной концентрацией озона на высотах около 11 км и 19–22 км. Насыщенность атмосферы озоном постоянно меняется в любой части планеты, достигая максимума весной в приполярной области. Нормальному озоновому слою соответствуют значения 275–300 Д.е. Минимальное значение ОСО (88 Д.е.) наблюдалось над Антарктидой в 1993 г.

Впервые истощение озонового слоя привлекло внимание широкой общественности в 1985 г., когда над Антарктидой было обнаружено пространство с пониженным (до 50 %) содержанием озона, получившее название “озоновой дыры”. С тех пор результаты измерений подтверждают повсеместное уменьшение озонового слоя практически на всей планете. Так, например, в России за последние десять лет концентрация озонового слоя снизилась на 4–6 % в зимнее время и на 3 % – в летнее. В настоящее время истощение озонового слоя признано всеми как серьезная угроза глобальной экологической безопасности. Снижение концентрации озона ослабляет способность атмосферы защищать все живое на Земле от жесткого ультрафиолетового излучения. Живые организмы весьма уязвимы для жесткого ультрафиолетового излучения, ибо энергии даже одного фотона из этих лучей достаточно, чтобы разрушить химические связи в большинстве органических молекул. Не случайно поэтому в районах с пониженным содержанием озона многочисленны солнечные ожоги, наблюдается увеличение заболевания людей раком кожи и др. Так, например, по мнению ряда ученых-экологов, к 2030 г. в России при сохранении нынешних темпов истощения озонового слоя заболеют раком кожи дополнительно 6 млн. человек. Кроме кожных заболеваний возможно развитие глазных болезней (катаракта и др.), подавление иммунной системы и т. д. Установлено также, что растения под влиянием жесткого ультрафиолетового излучения постепенно теряют свою способность к фотосинтезу, а нарушение жизнедеятельности планктона приводит к разрыву трофических цепей водных экосистем и т. д.

Наука еще до конца не установила, каковы же основные процессы, нарушающие ОСО. Предполагается как естественное, так и антропогенное происхождение “озоновых дыр”. Ряд ученых настаи-

вают на естественном происхождении “озоновой дыры”. Причины ее возникновения одни видят в естественной изменчивости ОСО, циклической активности Солнца, другие связывают эти процессы с рифто-генезом и дегазацией Земли. Большинство ученых, связывают появление озоновых дыр с повышенным содержанием хлорфторуглеродов (фреонов). Фреоны широко применяются в промышленном производстве и в быту (хладагрегаты, растворители, распылители, аэрозольные упаковки и др.). Поднимаясь в атмосферу, фреоны разлагаются с выделением атомов хлора и брома, губительно действующих на молекулы озона.

По данным международной экологической организации “Гринпис”, основными поставщиками хлорфторуглеродов (фреонов) являются США – 30,85 %, Япония – 12,42 %, Великобритания – 8,62% и Россия – 8,0 %. Считается, что США пробили в озоновом слое “дыру” площадью 7 млн. км², Япония – 3 млн. км², что в семь раз больше, чем площадь самой Японии. В последнее время в США и ряде западных стран построены заводы по производству новых видов хладореагентов (гидрохлорфторуглеродов) с низким потенциалом разрушения озонового слоя.

Прогноз ОСО в настоящее время ведется статистическими методами, основанными на многолетних наблюдениях с так называемых озоновых станций и с космических аппаратов. Борьба с уменьшением ОСО ведется организационными и инженерными методами. Наибольшее распространение получил метод замены озоноразрушающих веществ на нейтральные к озону компоненты. Согласно протоколу Монреальской конференции (1990 г.), пересмотренному затем в Лондоне (1991 г.) и Копенгагене (1992 г.), предусматривается снижение выбросов хлорфторуглерода.

3.4. Опасные астрономические природные явления

3.4.1. Метеоритный удар

Метеоритным ударом называется падение небольших небесных тел (метеоритов) на поверхность Земли. Причиной метеоритных ударов является гравитационный захват нашей планетой метеоритов при критическом сближении их траекторий движений. Размеры метеоритов обычно настолько малы, что они недоступны для регулярных астрономических наблюдений и удар происходит нежиз-

данно. Земля встречается с мелкими космическими телами постоянно. Скорость при этих встречах всегда превышает 11,2 км/с – вторую космическую скорость для Земли. Если тело невелико, то, врезаясь в верхние слои атмосферы, оно окутывается слоем раскалённой плазмы и полностью испаряется. Такие частички в науке называют метеорами, а в народе – "падающими звёздами". Метеор неожиданно вспыхивает и прочерчивает в ночном небе быстро гаснущий след. Иногда случаются "метеорные дожди" – массовое появление метеоров при встрече Земли с метеорными роями или потоками. Метеоры хорошо видны земному наблюдателю, они пролетают бесшумно на высоте около 100 км. Совсем иначе выглядит встреча с более крупным телом. Оно испаряется только частично, проникает в нижние слои атмосферы, иногда распадается на части или взрывается, и, потеряв скорость, падает на Землю. Такое тело в полёте называют болидом, а то, что долетело до поверхности Земли – метеоритом. По своему составу метеориты бывают разными: примерно 92,8 % падающих на Землю метеоритов каменные, 5,7% – железные, а остальные 1,5% – железо-каменные.

Самый крупный из наблюдавшихся при падении метеоритов упал 12 февраля 1947 г. на Дальнем Востоке в отрогах хребта Сихотэ-Алинь. Болид был виден в радиусе 400 км. На месте его падения обнаружено 24 кратера более 9 м в поперечнике (один из них достигал 26 м) и огромное число воронок. Самая крупная часть метеорита имела массу 1745 кг, а общая масса найденного материала составила 27 т. Предполагается, что он имел исходную массу близкую к 70 т и размер около 2,5 м.

30 июня 1908 г. космическое тело взорвалось на тысячу километров севернее, в безлюдной тайге, у реки Подкаменная Тунгуска, притока Енисея, на высоте около 8 км. Энергия взрыва по современным оценкам превысила энергию взрыва 1000 атомных бомб, подобных бомбе, сброшенной на Хиросиму. Взрывная волна несколько раз обошла земной шар, долго наблюдались необычайной красоты зори, вызванные выбросом в верхнюю атмосферу масс распылённого вещества. Лежащие веером деревья позволили довольно точно определить место в северо-западной части пострадавшей зоны, над которым произошёл взрыв. Интересно, что среди поваленных деревьев некоторые остались стоять, не погибли и даже сейчас живые возвышаются над более поздней порослью. Сущест-

вует мнение, что метеорит был ядром кометы и состоял преимущественно из водяного льда. Несмотря на активные исследования, пока ещё нет однозначного ответа на вопрос, что же представляло собой Тунгусское космическое тело.

Среди найденных метеоритов самым большим является метеорит Западная Гоба, найденный в Намибии. Его масса составляет 60 т. Он продолжает лежать на месте падения. Известно еще несколько метеоритов с массой более 10 т. Существуют сведения, что в районе Шингетти в пустыне Адрар (Мавритания) находится огромный метеорит длиной около 100 м, высотой около 45 м и массой порядка 100 000 т, но его никогда не видели ученые. Однако образец, доставленный в Европу, показывает, что он является частью железного метеорита. Специалисты считают, что примерно каждые три года на Землю падает метеорит массой около 10 т, а каждые 100 тыс. лет — массой около 500 т, вызывая региональные катастрофы.

Более крупные небесные тела — астероиды — доступны для регулярных астрономических наблюдений, их траектории движений предвычисляются. Теоретически не исключен и астероидный удар по нашей планете, как это было, например, 65 млн. лет назад, когда Земля испытала столкновение с астероидом в районе Мексиканского залива. Размер этого астероида оценивается в 10 км. Результатом столкновения явилось образование Мексиканского залива и гибель 2/3 живых организмов в тогдашней биосфере. По мнению ряда ученых ранее Земля испытала столкновение с еще более крупным астероидом. В результате удара погибли 90 % биосферы. Следы этого столкновения найдены в скалистых породах Антарктиды. Примерно один раз в миллион лет менее крупные астероиды сталкиваются с Землей, оставляя на ней астроблемы («звездные раны»). Астроблемы расположены довольно равномерно по Земле и имеют вид кратеров с диаметром от 15–20 до 200 км. Наиболее известным является кратер Чиксулуб, который находится в Мексике. Его диаметр составляет 180 километров.

Глобальную катастрофу на Земле, по мнению ученых, может вызвать астероид размером от 1 км и более. Поисками таких астероидов в окрестностях Земли астрономы занимаются в рамках программы наблюдения за околоземными объектами Near-Earth Object Observation Program, которая финансируется NASA. Предполагается, что за 10 лет работы по этой программе удастся обнаружить и опре-

делить параметры орбит как минимум 90 % потенциально опасных для Земли астероидов размером не менее 1 км в поперечнике.

В 2002 г. практически рядом с Землей прошел астероид 2002 MN размером около 120 м. Наименьшее расстояние между астероидом и Землей составило всего 120 тыс. км, что в три раза меньше расстояния между Землей и Луной. Столкновение такого астероида с Землей было бы эквивалентно взрыву водородной бомбы. Отметим, что сам астероид был замечен только три дня спустя, после того как приблизился к Земле на самое близкое расстояние. Дело в том, что астероид летел со стороны Солнца – из так называемой мертвой зоны, в которой подобные объекты невозможно зафиксировать ни одним из существующих ныне телескопов! И только выйдя из ореола слепящих лучей, небесное тело стало доступным для астрономов.

Ряд специалистов-геофизиков считают, что прохождение вблизи от Земли астероидов нарушают ее гравитационное и электромагнитное поля и вызывают повышенную активность ее геосфер. Результатом являются крупные землетрясения, наводнения, изменения атмосферной циркуляции и подобные ОЯП. С прохождением того же астероида 2002 MN они связывают наводнения в Европе, Китае, Бангладеш.

Последствия метеоритного удара могут носить катастрофический характер. Особенно большой ущерб от сильного метеоритного удара возникнет при его попадании в крупный населенный пункт. Подсчитано, что если бы Тунгусское космическое тело столкнулось с Землей на 4 ч позже, то от Санкт-Петербурга мало бы что осталось. 3 февраля 1490 г. на город в провинции Шанси (Китай) упал относительно маленький астероид. Взрывной волной весь город с населением около 10 тыс. жителей был уничтожен.

Сопутствующие ОЯП: землетрясения, цунами, ударная волна от взрыва, пожары.

Методы прогноза метеоритного удара в настоящее время мало разработаны. Защитные меры могут носить в основном организационный характер в виде оповещения, ликвидации последствий.

3.4.2. Резкие изменения ионосферы (магнитная буря)

Магнитной бурей называются быстрые и нерегулярные колебания характеристик земного магнетизма (электромагнитного поля), резко нарушающие его суточный ход. Магнитные бури продолжа-

ются от нескольких часов до нескольких дней. Причиной магнитных бурь является взаимодействие магнитного поля Земли (геомагнитного поля), ионосферы Земли и электромагнитного излучения и корпускулярных потоков Солнца. Геомагнитное поле, измеренное в любой точке земной поверхности, является совокупностью нескольких магнитных полей, генерируемых различными источниками. Эти поля накладываются и взаимодействуют друг с другом. Более чем 90 % измеряемого поля генерируется внутри планеты и в земной коре. Эта часть геомагнитного поля часто называется главным магнитным полем. Для изучения главного магнитного поля свыше 70 стран мира содержат более 200 магнитных обсерваторий по всему миру. Главное магнитное поле изменяется медленно во времени и может быть описано такими математическими моделями, как (IGRF) – международная геомагнитная рекомендуемая модель, (WMM) – Глобальная магнитная модель. Главное магнитное поле создает в межпланетной среде полость, называемую магнитосферой, где земное магнитное поле преобладает в магнитном поле солнечного ветра. Конфигурация магнитосферы чем-то напоминает комету по распределению динамического давления солнечного ветра. Она сжата с солнечной стороны примерно до 10 радиусов Земли и в тени Солнца хвостовая часть распространяется на расстояния свыше 100 земных радиусов. Магнитосфера отклоняет поток большей части частиц солнечного ветра около Земли, тогда как линии геомагнитного поля направляют изменение движения частиц внутри магнитосферы. Различные потоки ионов и электронов внутри магнитосферы и токовые системы в ионосфере вызывают вариации напряженности магнитного поля Земли. Эти внешние токи в верхней ионизированной атмосфере и магнитосфере изменяются во времени гораздо меньше, чем внутреннее главное магнитное поле, и могут создавать магнитные поля более 10 % главного магнитного поля. Другими важными источниками являются поля, возникающие от электрических полей, текущих в ионизированной верхней атмосфере, и поля, индуцированные токами, текущими внутри земной коры и мантии.

Ионосфера – это верхние слои атмосферы (80–400 км, а по некоторым данным и выше), содержащие значительное количество ионов и электронов, образующихся главным образом под воздействием энергии Солнца. Ионосфера играет исключительно важную роль в распространении радиоволн, которые здесь преломляются,

отражаются, поглощаются и поляризуются. Свойство ионосферы отражать радиоволны позволяет широко использовать для радиопередач на большие расстояния короткие радиоволны. Процессы, происходящие в ионосфере, определяются главным образом солнечной активностью. С изменением последней в ионосфере наблюдаются магнитные бури и другие возмущения, приводящие к резким нарушениям радиосвязи. В ионосфере наблюдаются оптические явления – полярные сияния и свечения ночного неба.

Солнце и процессы на нем оказывают важнейшую роль на процессы в ионосфере и на изменчивость геомагнитного поля, вызванную процессами в ионосфере. От Солнца нас отделяет 150 млн. км – совсем немного по космическим меркам. Время от времени на Солнце наблюдаются так называемые хромосферные вспышки, представляющие мощные выбросы плазмы в окружающее космическое пространство. В результате хромосферной вспышки на Солнце ее волновые компоненты – жесткое корпускулярное, мягкое рентгеновское и ультрафиолетовое излучения – могут достигать Землю через 7–8 мин и вызывают ионизацию нижней ионосферы. Медленный плазменный поток, состоящий из находящихся в плазменном состоянии атомов водорода и гелия, может достигать Землю за 19 – 36 ч. Это приводит к геомагнитным возмущениям (магнитным бурям) – изменениям параметров магнитного поля от спокойного уровня. Для возбуждения магнитной бури важным оказывается взаимная ориентация направления потока выброшенной солнечной плазмы и магнитосферы Земли в области ионосферы. Далеко не всякая вспышка на Солнце приводит к магнитной буре на Земле.

Интенсивность магнитных бурь определяется путем анализа магнитограмм, полученных на магнитных станциях по всему земному шару. Для характеристики интенсивности геомагнитной активности принята специальная шкала – от 0 до 9. Баллы от 0 до 3 характеризуют малую интенсивность. Начиная с балла 5, речь может идти о магнитной буре. А вот 9 – это уже исключительно большая интенсивность. Самая мощная вспышка ("супер девятка", так сказать) была зафиксирована 2 апреля 2001 г.

Геомагнитное поле является одним из факторов окружающей среды, воздействующих на организм. Воздействует оно и на его регуляторные механизмы на всех уровнях: молекулярном, внутриклеточном, межклеточном и т.д. Интенсивность ответных реакций ор-

анизма на природный стресс-фактор, проявляющийся геомагнитным возмущением, зависит от индивидуальных адаптационных способностей организма, которые сформировались в ходе эволюции. Иными словами, некоторые люди могут реагировать на магнитные бури болезненным образом, в то время как другие люди могут чувствовать себя вполне здоровыми. В результате целенаправленных медицинских исследований доказано, что в период магнитных бурь наблюдается существенное увеличение сердечно-сосудистых заболеваний, а также тяжести их протекания, по сравнению со спокойными в геомагнитном отношении периодами. В последнее время ученые обнаружили, что в некоторых случаях заболеваемость возрастает и при магнитном штиле.

Сопутствующие ОЯП: возникновение индуцированных токов в проводниках, радиопомехи, ухудшение здоровья людей, аварии в системах связи, навигации, электросетей, трубопроводов, рельсовых путей.

Как правило, магнитные бури отмечаются 2–3 раза в месяц, несколько чаще – в странах, удаленных от экватора. Сильные магнитные бури интенсивностью 7–9 баллов наблюдаются гораздо реже. Им предшествуют мощные вспышки в центральной части солнечного диска, направленные в сторону Земли. Именно с ними связывают аварии в технических системах, всплесках сердечно-сосудистых заболеваний. В полярных областях, где наблюдаются северные сияния, магнитные бури приводят к регулярным нарушениям радиосвязи, сбоям в навигационных системах. С точки зрения земного магнетизма такие области называются авроральными зонами. Мощные магнитные возмущения в авроральных зонах, тесно связанные с областью распространения полярных сияний и других полярных возмущений, называются полярными штормами. Значительные территории России расположены в авроральных зонах, испытывая влияние магнитных бурь и полярных штормов.

Прогнозирование магнитных бурь основано на наблюдении солнечных вспышек и скорости распространения выброшенного плазменного потока. Эта скорость оценивается разными методами, в том числе и с помощью специального спутника «Sun», расположенного на орбите ровно посередине между Солнцем и Землей. В некоторых странах, в том числе и в некоторых регионах России,

прогноз геомагнитной ситуации включается в состав прогноза погоды, по крайней мере, в экспериментальном порядке.

Защита от магнитных бурь осуществляется на организационном уровне (оповещение, планирование деятельности) и с помощью инженерных мер (электромагнитное экранирование, шунтирование).

Контрольные вопросы

1. Что такое опасные явления природы (ОЯП)?
2. Что такое геосферы?
3. Каковы основные ОЯП в литосфере?
4. Каковы основные ОЯП в гидросфере?
5. Каковы основные ОЯП в атмосфере?
6. Каковы основные ОЯП астрономической природы?

Глава 4.

ТЕХНОГЕННЫЕ РИСКИ В ТЕХНОЭКОСИСТЕМАХ

4.1. Источники техногенных рисков

К настоящему времени сложилась достаточно проработанное направление в теории рисков, связанное с оценкой и управлением так называемыми техногенными рисками. Этот вид рисков связан с опасностями, существующими при строительстве, эксплуатации технических систем различной сложности. Различают технические устройства и технические системы. Последние представляют собой системы различной сложности, состоящие из технических устройств и операторов, объединенных жесткой или гибкой структурой, правилами функционирования. В пределах технических систем осуществляется целенаправленный обмен веществом, энергией, информацией. Цель функционирования технических систем определена заранее. Функциональная схема технической системы всегда направлена на реализацию поставленной цели и сопутствующих задач. Важной особенностью современных технических систем является их «включенность» в экономику. Помимо технических целей существуют и экономические цели функционирования таких систем. Зачастую в современных условиях технические цели существования этих систем являются подчиненными экономическим целям и сверхцелям. В любом случае, функционирование технической системы требует материального и финансового обеспечения. Этим технические системы отличаются от природных экосистем, которые способны функционировать самостоятельно, без финансового и материально-технического обеспечения. Вместе с тем, экономическая «подчиненность» современных технических систем экономическим, финансовым и материально-техническим условиям оказалась практически вне поля зрения специалистов по техногенным рискам.

Практически все технические устройства и технические системы вписаны в окружающую среду и взаимодействуют с ней, обмениваясь веществом, энергией и информацией. Для большинства сложных и сверхсложных технических систем подобный обмен с окружающей природной средой настолько велик, что оказывает на нее существенное влияние и вызывает в ней адаптивные изменения. Эти изменения могут затрагивать и окружающие экосистемы различного масштаба. В этом случае принято говорить о техноэко-

стемах. Существование техноэкосистем различного масштаба также является результатом экономической деятельности человечества.

Опасности для человека, связанные с различными техническими устройствами, появились с момента создания и использования этих устройств. Опасности связаны, в первую очередь, с неправильным функционированием этих устройств или неправильным их использованием. Последние опасности связывают с так называемыми ошибками операторов.

Роль техногенных рисков весьма велика. В первую очередь их последствия проявляются в самой технической сфере. Ущерб в этом случае связаны с разрушением технических объектов, гибелью и травмами персонала, упущенной выгодой, штрафами, необходимостью ликвидации последствий в технической сфере и восстановительными работами. Вместе с тем, очевидно, что последствия от этих рисков могут проявляться не только в самой технической сфере. Техногенные риски являются источником опасности для третьих лиц, угрожая им утратой имущества, жизни и здоровья, иными видами ущербов. Часто с ними связаны и экологические, и энвиронментальные риски, поскольку техногенные опасности вызывают появление специфических экологических и энвиронментальных опасностей. Например, в результате техногенной аварии могут наблюдаться выбросы токсических химических веществ в атмосферу, гидросферу и литосферу. Можно сказать, что генерирование техногенных опасностей для природы и является отличительной чертой человечества как вида живых организмов. Только с человечеством связаны специфически экологические и энвиронментальные риски, обусловленные его технической деятельностью в колоссальных объемах. Без оценки и управления техногенными рисками невозможно полноценное управление экологическими и энвиронментальными рисками в различных масштабах. Эти масштабы находятся в пределах от индивидуальных до глобальных рисков, влияющих на экономическую деятельность и существование человечества в современном виде в масштабах планеты.

В свою очередь, природа также оказывает свое опасное влияние на технические системы. Природные явления являются источниками соответствующих опасностей для технических систем. Некоторые природные явления влияют на правильность функционирования технических систем и могут приводить к различным не-

штатным ситуациям в них. Часть этих явлений может влиять на работу операторов и приводить к появлению ошибок операторов. Например, ограничение видимости, связанное с туманом, дождем, метелью, может приводить к ошибкам операторов (водителей автомобилей, пилотов самолетов, рулевых судов и т.п.) и вызвать различные инциденты с техническими средствами и системами.

Переход технической системы в нештатное функционирование в такой дисциплине, как БЖД, принято называть инцидентом. Последствия этих инцидентов с техническими системами могут быть различной тяжести, определяемой суммой материального ущерба, количеством погибших, раненных и заболевших людей, площадью поражения окружающей среды, затронутостью субъектов территориального деления социума. При этом масштаб потенциальных ущербов тесно связан с типом технической системы:

- технические системы серийного, крупносерийного и массового производства с единичной стоимостью 10^4 – 10^6 руб. (автомобили, сельскохозяйственные машины, станки, технологические установки и т.п.);

- уникальные технические системы единичного и мелкосерийного производства с единичной стоимостью порядка 10^8 – 10^{10} руб. (мощные энергоустановки, атомные реакторы, химические и металлургические установки, летательные аппараты, горнодобывающие комплексы, нефте- и газопроводы, плавучие буровые установки и т.п.).

Для технических систем первого рода широко используются традиционные методы проектирования и эксплуатации, большой объем ремонтно-восстановительных работ, относительно небольшие ущербы (10^3 – 10^5 руб.) при отказе единичных экземпляров.

Для технических систем второго рода характерно отсутствие опыта предшествующей эксплуатации, большой объем конструкторских разработок, стендовых испытаний и большие материальные (до 10^{10} руб.) потери при отказах и авариях, а также значительный энвиронментальный, экологический ущерб.

В данном пособии рассматриваются преимущественно техногенные опасности и риски, связанные с техническими системами второго рода. Интересно отметить, что имеющиеся данные по фактической частоте крупных аварий на технических объектах второго рода существенно превышают аналогичные расчетные величины, получаемые методами теории безопасности технических систем.

Например, фактическая вероятность тяжелых аварий на АЭС с повреждением активной зоны составляет 0,005, вместо требуемых значений 10^{-6} – 10^{-7} . На ракетно-космических кораблях фактическая вероятность аварий, связанных с неудачными пусками, составляет $(3-7) \cdot 10^{-2}$, что на порядок превышает требуемые величины.

Источниками техногенных рисков принято называть различные опасности, приводящие к нештатному функционированию технических систем или к ошибкам операторов. Различают внешние и внутренние источники для каждого технического устройства и каждой технической системы. Обычно при анализе техногенных рисков ограничиваются внутренними и внешними источниками, связанными непосредственно с функционированием рассматриваемой технической системы или техносистемы.

К внешним источникам обычно относятся :

— природные воздействия, связанные с опасными явлениями природы;

— внешние пожары, взрывы;

— внешние техногенные воздействия (столкновения, аварии и катастрофы на других технических объектах и т.п.);

— внешние бытовые воздействия (отключение питания, водоснабжения, протесты населения);

— диверсии, акты терроризма;

— военные действия;

— иные.

К внутренним источникам обычно относятся:

— ошибки собственных операторов;

— внутренний саботаж;

— отказы технических устройств в составе технической системы;

— разрушения несущих конструкций вследствие дефектов или усталости конструкционных материалов;

— внутренние аварии, вызванные отключением питания, водоснабжения, перерывом технологических процессов и т.п.;

— внутренние пожары, взрывы;

— структура технической системы, наличие узлов и цепочек инцидентов

— иные.

Для технических объектов характерно накопление определенных запасов энергии, концентрация энергии на ограниченных про-

странствах. Освобождение этой энергии порождает специфические опасности, называемые силами или опасностями разрушения. Накопление химической энергии приводит к возрастанию опасностей пожаров и взрывов, выбросов токсических и ксенобиотических веществ в окружающую среду. Накопление потенциальной энергии воды приводит к возрастанию гидродинамической опасности. Накопление электрической энергии приводит к увеличению опасностей взрывов, поражения током, пожаров, электромагнитных поражений. Иногда эти источники опасностей разрушения выделяют в отдельную группу при факторном анализе.

Для технических систем принято отдельно рассматривать и источники опасностей, связанные с поражающими свойствами материалов, накопленных в них. В этом случае говорят о факторах поражения. К ним относят фугасное поражение (поражение взрывной волной), осколочное поражение, термическое поражение, химическое поражение, радиоактивное поражение, гидродинамическое поражение, акустическое поражение и т.д. Естественно, что при указании опасности поражения необходимо указывать и объекты поражения: здания и оборудование, люди, животный мир, растительность и т.п.

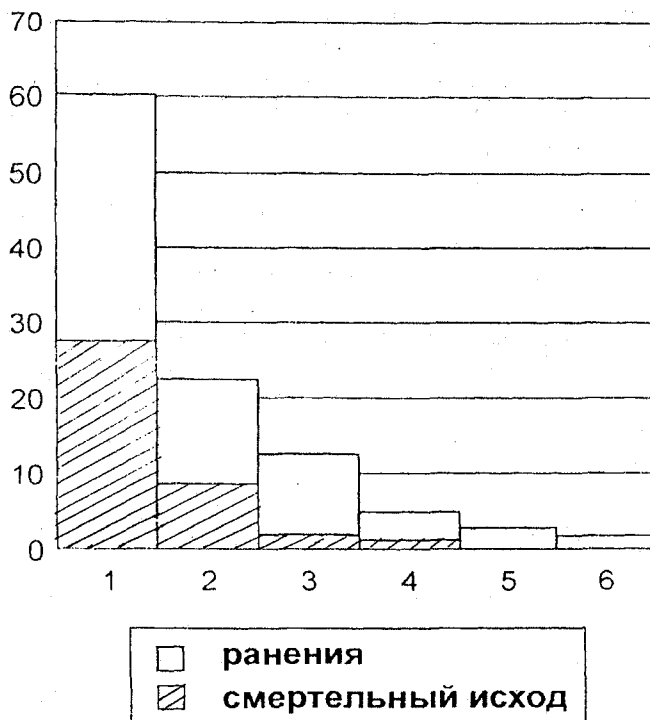
Важно отметить, что для каждой технической системы существует свой набор источников опасности, как направленных на нее, так и исходящих от нее. По мере усложнения технической системы количество источников опасности увеличивается. Обычно источники опасности объединяются в различные группы, которые служат основой для факторного анализа техногенных рисков.

В теории и практике изучения техногенных опасностей сложилось так называемое физико-химическое направление идентификации источников техногенных опасностей при аварийных ситуациях на крупных промышленных объектах. Это направление исходит из того, что при аварии или катастрофе гибель людей вызывается физико-химическими превращениями веществ, вовлеченных в аварию. Эти физико-химические превращения проявляются в виде:

- разрушения, обрушения зданий и сооружений;
- различных форм пожара;
- разлета осколков и фрагментов оборудования;
- падения, столкновения или удара человека о неподвижные элементы конструкции;
- воздействия токсичных продуктов (токсическое поражение);

– прямого поражения ударными волнами (фугасное поражение).

На рис. 4.1 приведены обобщенные данные по несчастным случаям в различных авариях и катастрофах в зависимости от перечисленных выше процессов, являющихся источниками опасности для жизни и здоровья людей на территории промышленных объектов.



- 1 - разрушение, обрушение зданий и сооружений;
2 - пожар;
3 - осколки и разлетающиеся фрагменты оборудования;
4 - стоякновение, удар с элементами конструкции;
5 - поражения токовыми продуктами;
6 - прямые поражения ударными волнами

Рис. 4.1. Распределение несчастных случаев по источникам опасности

На рис. 4.2 приведены оценки вероятности появления основных упомянутых выше техногенных опасностей при техногенных авариях и катастрофах.

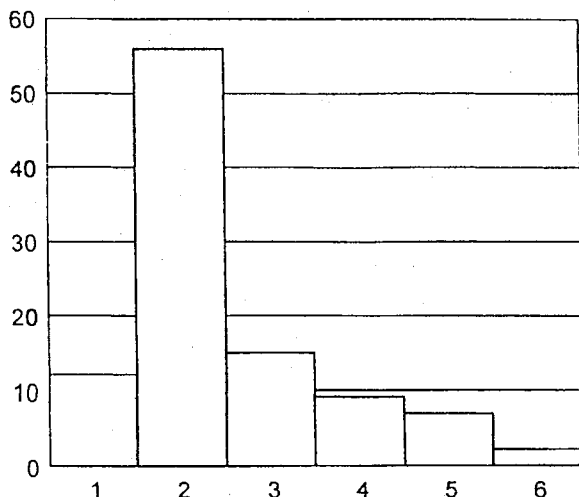


Рис. 4.2. Вероятность основных опасностей поражения при техногенных авариях

Важно отметить, что технические системы существуют во времени и имеют свой цикл жизни. В этом цикле выделяют следующие этапы или стадии:

- замысел;
- проектирование;
- создание;
- ввод в эксплуатацию;
- эксплуатация,
- ремонты и реконструкции;
- вывод из эксплуатации;
- ликвидация.

На разных стадиях жизненного цикла технической системы или техносистемы существуют свои источники опасностей или факторы риска. Например, на стадии замысла закладываются стратегические особенности технической системы, в том числе и ошибки, которые не могут быть исправлены в последующем. На этой стадии физически отсутствуют многие источники опасности, но они закладываются. Можно сказать, что уже на стадии замысла должен осуществляться прогноз техногенных рисков.

Необходимо отметить и другие группы источников техногенных рисков, которые обычно не рассматриваются специалистами по техногенным рискам, но их важность может оказаться первоочередной для конкретной стадии существования технической системы и техносистемы.

Первая группа источников нетрадиционных техногенных рисков связана с общей экономической ситуацией и финансированием функционирования технической системы на различных стадиях жизненного цикла. К этой группе можно отнести:

- экономический спад в конкретной отрасли;
- техническую революцию в отрасли;
- потерю рентабельности эксплуатации конкретной технической системы;
- недофинансирование функционирования конкретной технической системы на различных стадиях ее жизненного цикла.

Множество нетрадиционных техногенных рисков обусловлено несогласованными действиями ЛПР различного уровня, как внешних, так и внутренних. Целесообразно эти риски объединить во вторую группу. К ним можно отнести:

- разногласия между финансирующими органами и техническими специалистами по объемам финансирования функционирования технической системы на различных стадиях ее жизненного цикла (финансовый техногенный риск);
- непродуманные решения властей, приводящие к потере рентабельности при эксплуатации технических систем (политический техногенный риск);
- международную политическую ситуацию и связанную с ней систему международных договоров (международный техногенный риск);
- недостаточную квалификацию ЛПР в области рисков вообще и техногенных рисков в частности.

Третья группа нетрадиционных рисков связана с материально-техническим снабжением функционирования технических систем. К этой группе можно отнести:

- отсутствие или недостаточный объем запасных частей и расходных материалов;
- проведение регламентных работ в недостаточном объеме;

– эксплуатацию технической системы сверх нормативных сроков при недостаточном дополнительном материально-техническом обслуживании;

– критичные ограничения по электроснабжению, энергоснабжению, водоснабжению.

Четвертая группа нетрадиционных техногенных рисков связана с конкурентной борьбой. К ней можно отнести:

– неправомерное ограничение экономической деятельности, приводящее к потере рентабельности эксплуатации технической системы;

– неправомерное ограничение в финансовых и материальных ресурсах;

– неправомерное воздействие на менеджеров и персонал технических систем;

– диверсии;

– иные.

Пятая группа связана с характером поведения субъектов риска. Парадоксы поведения субъектов риска можно считать самостоятельными факторами техногенных рисков. Известны альтруистические, эгоистические и маниакальные формы поведения. Можно выделить и бездумную форму поведения, определяемую подсознательными мотивами субъекта. При альтруистическом поведении действия осуществляются таким образом, что субъект риска ставит интересы других субъектов риска выше, чем свои. При эгоистическом поведении – наоборот. Маниакальные формы поведения связаны с нанесением себе осознанного ущерба в угоду сиюминутным выгодам и удовольствиям, объективная ценность которых намного ниже потенциального ущерба самому субъекту риска. Бездумные формы поведения являются основой коммерческой деятельности в области массовых продаж. Действия бизнес сектора современного общества, особенно большого бизнеса, безусловно, несут черты эгоистического поведения, а действия населения – бездумного, а зачастую и маниакального. Ярким примером маниакального поведения в области риска является курение, потребление алкоголя, езда на мотоцикле без шлема, езда в нетрезвом виде и т.п.

Эгоистическое поведение делового сектора общества приводит к тому, что интересы получения прибыли ставятся выше интересов безопасности общества, приводят к повышенному риску для треть-

их лиц. Этот риск особенно увеличивается, если отсутствует законодательная база для предъявления ущерба виновникам инцидентов, или существуют пути обхода действующего законодательства.

Существуют ли примеры маниакального поведения в сфере технических рисков? Примеров можно найти достаточно много. Управление техническими объектами без эгоистических стимулов экономического характера часто превращается в маниакальную форму поведения. Сиюминутные выгоды, так любимые высшим менеджментом убыточных компаний (невыплата зарплат, недофинансирование регламентных работ, обман налоговых органов и т.п.), зачастую приводят к гибели технической инфраструктуры этих компаний. Менеджеры это сознают вполне отчетливо, но действуют как маньяки. Принцип «хоть день, но наш» является основой маниакального поведения высшего менеджмента убыточных компаний. Все это сказывается, не в последнюю очередь, на росте техногенных рисков.

Известны также бездумные и маниакальные формы поведения населения, выражающиеся в расхищении и разворовывании неохраняемых или плохо охраняемых технических систем, а также их разрушении без видимых причин или выгод. Зачастую при этом возникают угрозы для жизни и здоровья самих людей, разрушающих технические системы. Для обычных людей характерно недоверчивое отношение к техническим системам и подсознательное желание избавиться от них любой ценой. Немалую роль играет подсознательное желание самоутверждения за счет разрушения сложного и опасного объекта, вызывающего сознательный или подсознательный страх. Если я уничтожил источник страха, то я сильнее его.

Важно отметить, что все указанные группы нетрадиционных техногенных опасностей могут прямо или косвенно приводить к нештатным режимам функционирования технических систем и техносистем, вызывать инциденты различной тяжести. Именно на этом основании они могут быть отнесены к техногенным рискам. Будучи инициированы в различных сферах, они проявляются в техногенной сфере. Отметим, что в современных условиях развития России именно нетрадиционные техногенные опасности обусловили огромное количество инцидентов на технических объектах и вызвали колоссальные ущербы. Примером может являться разрушение нефтяной отрасли России в начале 90-х годов из-за падения цен на

нефть на мировых рынках. В результате этого процесса произошли многочисленные инциденты на российских нефтяных месторождениях, трубопроводах.

Ярким примером нетрадиционных техногенных опасностей является «заморозка» в прямом смысле технической и городской инфраструктуры Приморья из-за отсутствия топлива и электроэнергии. В результате возникло огромное количество инцидентов, приведших к колоссальным экономическим ущербам, ухудшению условий жизни значительных масс населения и росту социальной напряженности. По-видимому, в той трагической картине, связанной с «заморозкой» тепловых сетей в населенных пунктах Приморья, свою роль сыграли и эгоистические, и маниакальные формы поведения различных менеджеров высшего уровня.

Примером неадекватного поведения населения являются разрушения и акты вандализма на железных дорогах (немотивированная поломка путей и оборудования, порча подвижного состава, подкладывание предметов на рельсы, закидывание проходящих составов камнями и т.п.). Из-за таких форм немотивированного вандализма железная дорога несет огромный ущерб. Большой проблемой является порча электрооборудования железных дорог, связанная с разворовыванием населением цветных металлов. Кстати, эта проблема характерна не только для железных дорог, но и для всей технической инфраструктуры различных отраслей. Примером является порча электрооборудования лифтового парка в городах, приводящая к значительным ущербам для городских властей и ухудшению условий жизни населения.

4.2. Факторы техногенных рисков

В 2.3 отмечалось, что в ходе факторного анализа целесообразно провести дополнительные исследования по переводу источников опасности в факторы риска. Для технических систем такая возможность существует. Это связано с тем, что структура каждой конкретной технической системы обычно хорошо известна. В ряде случаев по соображениям безопасности доступ к сведениям о структуре технической системы является ограниченным для различных категорий пользователей. Для пользователя с высшим рангом доступа вся структура технической системы является доступной. Данное обстоятельство позволяет установить структурные связи между ис-

точниками опасности, выделить так называемые негативные главные события и их связи с причинами. Например, источником техногенной опасности является взрыв конкретной емкости с бензином. Этот взрыв в теории безопасности технических систем называют главным событием. Далее рассматривают причины, которые могут вызвать взрыв данной емкости:

- самовоспламенение паров бензина;
- удар молнии;
- диверсия;
- искра от вспомогательного оборудования;
- падение давления паров бензина при открывании крышки емкости;
- иные.

По структурным связям можно установить связи между негативным главным событием и вызывающими его причинами. Такой анализ в теории безопасности технических систем носит название «событие – причина» или «СП-анализ». Тогда в качестве факторов риска можно использовать как главные события, так и вызывающие их причины. Например, в качестве фактора можно указать взрыв, а можно группу вызывающих его причин: удар молнии, диверсия, искра от вспомогательного оборудования и т.д. Очевидно, что для целей управления рисками путем управления факторными рисками предпочтительнее в качестве факторов указывать причины, а не главные события. Однако задача сокращения количества учитываемых факторов может заставить использовать именно главные события в качестве факторов риска.

Другим методом анализа безопасности технических систем является построение дерева отказов. На основании этого анализа устанавливаются структурные и количественные связи между причинами и негативными главными событиями. В таком случае в качестве факторов могут указываться соответствующие отказы. Например, рассматривается отказ двигателя как фактор техногенного риска для конкретной модели самолета. В этом случае отказ двигателя, рассматриваемый как причина негативных событий, может вызвать целый перечень негативных главных событий:

- падение самолета;
- аварийная посадка самолета;

– продолжение полета с меньшей скоростью на оставшихся в строю двигателях.

На основании структурного анализа взаимосвязей между источниками опасностей можно проследить цепи отказов, выделить так называемые узлы отказов. Цепи отказов и узлы отказов также могут рассматриваться в качестве самостоятельных техногенных рисков. Например, отключение энергопитания может являться узлом в цепях отказов различных подсистем в пределах технической системы и вызывать целый ряд внешне различных главных событий.

В 2.3 указывается, что факторный анализ рисков обязательно должен сопровождаться выделением субъектов риска, а также определением вектора потенциальных ущербов для каждого факторного риска. Обычно оказывается, что техногенные риски, в зависимости от масштаба инцидента, могут затрагивать различные субъекты риска (собственники, физические и юридические лица, власти, население, государство, ряд государств, человечество, экосистемы, окружающая среда на различных территориях). Вектор потенциального ущерба может содержать следующие составляющие:

- материальный ущерб;
- утрата имущества;
- утрата культурных ценностей;
- утрата жизни;
- утрата здоровья;
- ущерб экосистемам;
- ущерб окружающей среде;
- иные виды ущерба.

Каждая из составляющих вектора потенциального ущерба может иметь инвентарный список на многие и многие позиции. Инвентарные списки составляющих вектора потенциального ущерба связаны с теми объектами, которым может быть нанесен ущерб данного вида при инциденте с исследуемой технической системой. Например, материальный ущерб, связанный с инцидентом определенной тяжести с некоторой технической системой, может быть связан со следующими позициями:

– полное или частичное разрушение зданий (списки зданий, которые могут оказаться в зоне поражения, с указанием их инвентарной или рыночной стоимости);

- полное или частичное уничтожение различного оборудования (списки оборудования с указанием стоимости);
- полное или частичное уничтожение имущества физических лиц (списки лиц с указанием имущества и их стоимостей);
- полное или частичное уничтожение имущества юридических лиц (списки лиц с указанием имущества);
- иски со стороны потерпевших ущерб сторон;
- штрафы за последствия инцидента;
- стоимость восстановительных работ;
- ликвидация последствий инцидента на территории поражения;
- иные.

Видно, что всего один фактор техногенного риска может быть связан цепочкой причинно-следственных связей со многими субъектами риска и многосписочными векторами потенциальных ущербов этим субъектам. Например, отказ клапана давления в загрузочной системе некоего бензохранилища может привести к переливу бензина и последующему взрыву, который по цепи связанных инцидентов, например, в пределах нефтебазы, может привести к значительным ущербам у многих субъектов риска. Эти ущербы могут оказаться настолько большими, что их возмещение превысит все позитивные результаты деятельности нефтебазы за многие годы. Осознание данного факта позволяет по-особому взглянуть на роль данного клапана давления как фактора риска в деятельности данной нефтебазы.

На этапе выделения факторов риска целесообразно приложить все усилия по выяснению прямых связей между конкретным фактором риска и механизмом формирования конкретного вида потенциального ущерба у конкретного субъекта риска. Заданность структуры технических систем позволяет, в принципе, решать эту задачу с помощью СП-анализа, построения дерева отказов или другими методами. Отмечается, что для сложных и сверхсложных технических систем традиционные методы анализа риска являются весьма трудоемкими и могут содержать принципиальные упущения из-за неполноты учета исходной информации о факторах риска.

Практически для всех сложных и сверхсложных технических систем в составе техноэкосистем важными оказываются две группы факторов риска. Первая из них связана с воздействием опасных природных явлений на исследуемую техническую систему. Вторая связана со штатным и нештатным воздействием технической систе-

мы на окружающую среду, в том числе и на различные экосистемы. Риск-менеджмент по этим группам факторов риска является основным предметом данного пособия. Вместе с тем, необходимо еще раз подчеркнуть, что факторные риски по этим группам обязательно должны сравниваться с факторными рисками из других групп.

С другой стороны, при рассмотрении факторов риска для конкретных экосистем или природных образований на определенных территориях соответствующие экологические и энвиронментальные риски должны содержать группу техногенных рисков, связанных с данными территориями. Отдельной темой в данном контексте выглядят исследования факторов риска техногенного происхождения для крупных населенных пунктов, являющихся крупными техно-экосистемами.

При выделении техногенных факторов риска обычно используются все методы, указанные в 2.3. При этом широко используются опросные листы, структурные диаграммы, карты потоков, модели технологических процессов, технологические карты, структурные и функциональные модели технических систем и подсистем. Прямые инспекции используются в ограниченном объеме, обычно на завершающем этапе, после знакомства с доступной документацией. Консультации со специалистами составляют продолжительный и значимый этап, поскольку трудно ожидать от риск-менеджера компетентности по всем особенностям функционирования сложных технических систем.

4.3. Методы оценки техногенных рисков

Методы оценки техногенных рисков разрабатываются достаточно давно, и по ним получены впечатляющие результаты. Большинство из них основаны на статистических данных и применении методов теории вероятностей.

В статистическом направлении оцениваются некие средние по времени и пространству характеристики ущербов от различных техногенных причин или инцидентов. Оценивается частота или вероятность самих инцидентов, аварий, катастроф. Оценивается и средний ущерб на один инцидент и т.п. Количество статистических характеристик по техногенным рискам может быть достаточно большим. Из них наиболее часто используются:

- частота инцидентов определенной категории, например, катастроф на железнодорожном транспорте, в год на определенной территории, 1/год;
- средний материальный ущерб за один инцидент для определенной территории, например, в млн. долл./инцидент;
- средний натуральный ущерб за один инцидент для определенной территории, например, среднее количество пролившейся нефти в тоннах/инцидент.
- индивидуальный риск летального исхода, связанный с техническим источником, 1/год;
- индивидуальный риск здоровью, 1/год.

Отметим, что индивидуальные риски летального исхода и здоровью используются для оценки среднего количества умерших или заболевших конкретным заболеванием в год на данной территории от данного техногенного фактора. Эти средние значения получают-ся умножением индивидуального риска на количество людей в группе риска. Группа риска может включать те или иные слои профессиональных работников или населения.

Использование данного подхода предполагает получение достаточного количества данных об ущербах техногенного характера за определенный период времени для определенных территорий. В дальнейшем эти данные подвергаются статистической обработке осреднения по пространству и по времени. Использование таких данных для прогноза будущих значений техногенных рисков основывается на инерционном принципе и гипотезе о стационарности случайного процесса техногенных ущербов во времени.

Очевидно, что с ростом плотности и сложности технической инфраструктуры на некоторой территории, а также с ростом плотности населения в окрестностях технических крупных объектов средние характеристики ущербов для данной территории будут изменяться во времени в сторону увеличения. Следовательно, процесс формирования техногенных ущербов является нестационарным по математическому ожиданию и, по-видимому, по дисперсии. Можно сказать, что с увеличением плотности населения и ростом технической инфраструктуры территории техногенные риски будут расти со временем.

Существует и противоположный процесс снижения техногенных рисков на рассматриваемой территории со временем. Он связан

с внедрением новых методов и средств технической защиты, уменьшения рисков за счет совершенствования законодательства и систематического выполнения организационных мероприятий. В этом случае статистические характеристики ущербов будут снижаться во времени.

Преимуществом статистического направления оценки техногенных рисков является простота вводимых оценок техногенных рисков, возможность их использования в прямом сравнении с другими видами риска, понятность для широкого круга пользователей и субъектов риска. Недостатком такого направления является достаточно высокая стоимость процесса сбора необходимой первичной информации, ее статистической обработки, а затем и распространения информации о рисках заинтересованным лицам, в том числе и субъектам риска, органам контроля и надзора. Отсутствие необходимой первичной информации или ее недостаточный для статистической обработки объем делает применимость данного направления оценки техногенных рисков невозможным. В последнее время широкое применение получили так называемые параметрические методы оценки вероятностных характеристик различных случайных величин и процессов, которые позволяют получить оценки техногенных рисков по весьма малым объемам выборки первичной информации.

Прямая оценка техногенных рисков в виде средних по времени и пространству ущербов наталкивается на серьезное препятствие, связанное с так называемой проблемой «тяжелых хвостов» или редких явлений. Эта проблема связана с тем, что функция распределения вероятностей ущербов демонстрирует конечную вероятность сколь угодно больших ущербов, так называемый «тяжелый хвост». В таких условиях ущерб от редкого события как угодно много может превышать его среднее значение, характеризующееся значением риска. Более того, известно, что для таких распределений конечные моменты, в том числе и уже первый, могут не сходиться по вероятности. В таких условиях среднее значение по любому периоду само является случайной величиной, которая не сходится по вероятности к математическому ожиданию. Показано, что основной вклад в среднее значение в таких случаях вносит наибольшее значение, связанное с самым тяжелым по последствиям редким событием. В таких условиях нет смысла вести регулярные наблюдения и

учитывать незначительные ущербы от мелких инцидентов. Однако в случае техногенных рисков проблема «тяжелых хвостов» не является такой серьезной, как в случае природных катастроф. Количество сверхтяжелых техногенных катастроф все-таки пока достаточно мало и их вклад в средний техногенный риск пока невысок. Даже сверхтяжелая по последствиям Чернобыльская катастрофа не внесла определяющего вклада в техногенный риск наиболее пострадавших от них Белоруссии и Украины. Однако со временем эта проблема может стать достаточно серьезной. Такая же ситуация проявляется по мере уменьшения территории осреднения. Например, экологическая и энвиронментальная катастрофа Аральского моря оказалась вызванной техногенными причинами и явилась определяющей в фактическом ущербе регионов вокруг этого моря. Можно постфактум сказать, что техногенный риск проекта орошения земель для среднеазиатского региона за счет изъятия стока вод Аму-Дарьи и Сыр-Дарьи оказался высочайшим для Приаралья, но его не удалось спрогнозировать.

Многие исследователи понимают, что прогноз техногенного риска для инновационных технических проектов не может быть достаточно точно осуществлен инерционным методом по существующим оценкам средних ущербов. Необходимо учитывать особенности функционирования самих систем и влияние этих особенностей на техногенные риски. Целый ряд оценок риска базируется на феноменологическом подходе, когда возможность или невозможность аварийных процессов основывается на физических или иных известных законах природы. С помощью этого метода обычно выбираются рабочие или штатные условия для функционирования технических систем, когда условия для аварийных режимов исключаются. Можно сказать, что с помощью феноменологического подхода определяются области отсутствия техногенных рисков, связанных с авариями и катастрофами.

Однако практика показала, что функционирование технических устройств всегда связано с различными инцидентами (отказы, аварии, катастрофы). Часть из этих инцидентов стала учитываться при проектировании. Они получили название нормальных или проектных инцидентов, аварий. Для них разрабатываются меры защиты и организационные мероприятия по их пресечению и устранению. Часть

аварий и катастроф оказывается за пределами рассмотрения проекта. Они получили название запроектных инцидентов или аварий.

Для описания и моделирования проектных и запроектных инцидентов с участием технических систем используются детерминистический и вероятностный подходы. В детерминированном подходе предусматривается анализ последовательности развития инцидента, начиная от исходного события через последовательность предполагаемых стадий отказов, деформаций и разрушения компонентов до установившегося состояния. Ход аварийного процесса изучается и предсказывается с помощью математического и физического моделирования, для чего проводятся многочисленные лабораторные и натурные эксперименты. Детерминистический подход позволяет выявить причины инцидентов, разработать методы защиты на уровне конструктивных решений, снизить вероятность наступления инцидента за счет выбора материалов и конструктивных решений. Недостатком этого метода является сложность, высокая стоимость, вероятность пропуска важного фактора риска, недооценка случайных составляющих риска.

В вероятностном анализе проводится оценка вероятности возникновения инцидента, расчет вероятности того или иного сценария инцидента, анализируются разветвленные и пересекающиеся цепочки событий. Расчетные модели при этом оказываются значительно упрощенными по сравнению с детерминистическим подходом и соответствующими моделями. В этих случаях широко используется метод построения дерева отказов, СП-анализ и метод Монте-Карло, называемый также методом статистического моделирования.

Отличительной чертой всех указанных выше методов, как при детерминированном, так и при вероятностном подходе, является построение некоторой модели исследуемой технической системы. Эта модель может учитывать разные существенные факторы, в том числе и взаимное влияние окружающей среды и технической системы. Таким образом, в отличие от метода статистических характеристик все остальные методы оценки техногенных рисков основываются на моделировании. Процесс моделирования является сам по себе неоднозначным инструментом научного познания. С его помощью могут быть получены полезные результаты, но могут быть совершены и серьезные ошибки. Применение методов моделирования требует участия узких специалистов на всех этапах моделиро-

вания, от постановки задачи, до интерпретации результатов и верификации моделей. Прямой перенос результатов моделирования техногенных рисков на практическую почву может привести к неправильным выводам, неверным управленческим решениям, включая выбор методов защиты и борьбы с последствиями техногенных катастроф. Существующая практика моделирования техногенных рисков с помощью перечисленных выше методов показала их надежность, эффективность. Имеются некоторые проблемы, связанные с пониманием результатов таких исследований для различных субъектов риска и ЛПР. Зачастую результаты по оценке техногенных рисков, полученные в рамках этих методов, неправильно интерпретируются или не учитываются в ЛПР в практической деятельности. Для устранения разрыва между получением оценок техногенного риска и их использованием в практике деятельности различных пользователей этой информации в последнее время интенсивно развивается такое направление теории риска, как методы распространения информации о риске (в англоязычном варианте risk-communication).

Перейдем к методам оценки риска с учетом особенностей функционирования тех или иных технических систем.

Начнем с рассмотрения метода построения дерева отказов. Первоначально этот метод разрабатывался в рамках теории надежности. Основной целью метода построения дерева отказов является оценка вероятности отказа некоторой системы, состоящей из элементов с заданными вероятностями отказов. Вероятность отказа системы определяется вероятностями отказов ее элементов и структурой связи между ними. Сначала рассматриваются вероятности отказа исходных элементов, из которых составлена некоторая структурная модель технической системы. Пусть одновременно испытываются N однородных элементов, агрегатов, систем. В ходе испытания фиксируются количество отказавших элементов на момент времени t . Вероятность отказа $Q(t)$ зависит от времени t и понимается как доля отказавших элементов m на момент времени t от общего числа испытываемых элементов N при бесконечном количестве испытаний n :

$$Q(t) = m/N. \quad (4.3.1)$$

Вероятность отказа $Q(t)$ и вероятность безотказной работы $P(t)$ образуют полную группу случайных событий, т.е. $Q(t) + P(t) = 1$. Каждый из элементов системы характеризуется своей вероятностью отказа, которые берутся из различных источников: данные производителя, данные эксплуатации разными потребителями, данные независимых экспертных организаций. Зависимостям поведения вероятности отказа для различных технических элементов от времени посвящена значительная литература. В частности, известно, что общий вид зависимости $Q(t)$ имеет вид, представленный на рис. 4.3.

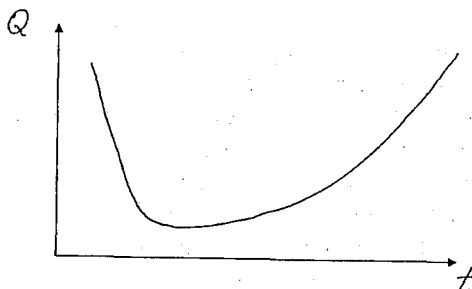


Рис. 4.3. Изменение во времени вероятности отказа элемента технической системы

Из этого рисунка видно, что на начальной стадии элемент обладает повышенной вероятностью отказа; затем она уменьшается и долгое время остается практически на одном уровне. Начиная с какого-то времени вероятность отказа быстро и резко растет. В соответствии с таким поведением $Q(t)$ выделяют следующие периоды в жизни элемента системы: пуско-наладка, нормальная эксплуатация, утрата ресурса. На стадии пуско-наладки вышедший из строя элемент заменяется или ремонтируется. На стадии утраты ресурса — заменяется или восстанавливается. После восстановления элемент частично возвращает свои свойства, но кривая отказа располагается значительно выше, чем у нового и элемент становится в целом менее надежен. Периоды замены элементов называются ремонтом. Ремонты могут быть плановыми или регламентными, когда элемент заменяют не дожидаясь его отказа, или аварийным после отказа элемента и возникновения соответствующего инцидента.

Техническая система, состоящая из множества элементов, подверженных отказам, заменяется в методе построения дерева отказов некоторой структурной моделью. В ней выбранные элементы, агрегаты или подсистемы рассматриваемой технической системы соединяются цепочками событий, где один отказ может вызывать те или иные события с учетом отказов или срабатывания системы защиты. Здесь отказы в технической системе и отказы в защите могут совпадать и порождать различные варианты течения инцидента или, как говорят, различные сценарии аварии. Отказы элемента технической системы и отказы элементов защиты рассматриваются как независимые случайные события, а вероятность их совместного осуществления вычисляется как произведение их вероятностей. Если в дереве события оставить только ветви отказов, то получится дерево отказов, где вероятность каждой ветви определяется как произведение вероятностей предыдущего отказа и отказа текущего элемента защиты. Метод дерева отказов позволяет проследить последствия отказов в нескольких точках технической системы, оценить эффект их совместного влияния. Заметим, что в самом методе построения дерева отказов оценивается только вероятность инцидента, но не оценивается ущерб от него. Следовательно, в этом методе нет непосредственной оценки риска, а только вероятности появления негативного события. Для оценки связанного с инцидентом ущерба необходимо применять специальные методы. К таким методам относятся «доза – эффект», экспертные оценки потенциального материального ущерба в зависимости от места, времени и тяжести инцидента, экспертные оценки ущерба экосистемам, окружающей среде, социальным структурам, государству, национальной безопасности и т.п. Однако в области техногенных рисков такие исследования проводятся редко. Обычно исследователи останавливаются на оценке вероятности негативного техногенного события и именно ее предлагают использовать в качестве меры риска. Так и говорят, техногенный риск, например взрыва бензохранилища, составляет $3 \cdot 10^{-7}$ в год, что является практически невероятным событием. Применение метода дерева отказов позволило сформулировать некоторые важные методы повышения безопасности технических систем за счет снижения вероятности отказов и инцидентов, уменьшения значимости их последствий для жизни и здоровья человека, снижения материального ущерба, т.е. снижения техногенного риска.

Перейдем к рассмотрению оценки техногенного риска методом «событие – причина» или СП-анализа. Это, по существу, тот же метод построения дерева событий, но от главного события к причинам, которые его могут вызвать. Достоинством этого метода является возможность углубленного поиска причин, вызывающих главное событие, оценку степени влияния каждой причины на появление главного события, выявление главных причин главного события, разработка мероприятий по устранению конкретных причин главного события или снижению их значимости. По существу, СП-анализ является мощным орудием проверки работоспособности технической системы с точки зрения возможности выхода из строя тем или иным путем всего оборудования или части его. Основная идея подхода – расчленение сложных производственных технических систем на отдельные более простые и легче анализируемые части. Каждая часть подвергается тщательному анализу с целью выявить и идентифицировать все опасности.

В рамках СП-анализа процесс идентификации опасности выполняется в четыре последовательных этапа:

- 1) назначение исследуемой части технической системы;
- 2) возможные отклонения от штатного режима работы;
- 3) причины отклонений;
- 4) последствия отклонений.

Достоинством метода является достаточно тщательная идентификация опасностей. Однако для этого требуется проведение весьма долговременных исследований, что связано со значительными затратами. Сам поиск причин, вызывающих главное негативное событие, строится, как и дерево отказов, но в обратную сторону. При этом фактически используются только два логических действия:

- логическое сложение (операция «ИЛИ»), когда главное событие вызывается любой причиной из суммы перечисленных;
- логическое умножение (операция «И»), когда для реализации главного события требуется реализация одновременно всех причин, перечисленных в операции логического умножения.

При этом вероятность главного события вычисляется по законам теории вероятностей: вероятность произведения независимых событий равна произведению вероятностей, вероятность суммы равна сумме вероятностей. Если исходные причины являются зависимыми величинами, то вероятность произведения равна произве-

дению так называемых условных вероятностей. В СП-анализе практически всегда причины являются независимыми.

В качестве простого примера рассмотрим автоматизированную установку по производству некоторого химического продукта, изображенную на рис. 4.4.

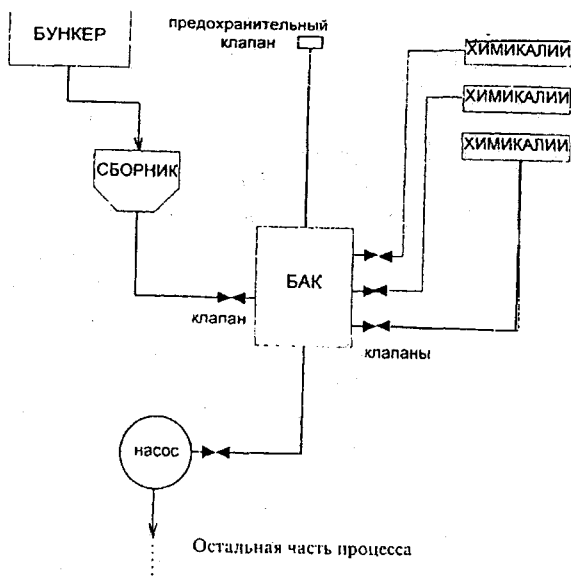


Рис. 4.4. Блок-схема автоматизированной установки производства химической продукции

В ней сырьевые материалы поступают в бункер, где частично перемалываются. Затем по ленточному транспортеру они поступают в сборник, где подвергаются более мелкому перемалыванию. Затем размолотое сырье засасывается в бак, и к нему добавляются химические присадки. После этого полученная смесь выкачивается из бака насосом. Бак оборудован предохранительным клапаном для сброса чрезмерного давления. Среди возможных негативных событий рассмотрим возможный взрыв бака, который будем считать главным событием. К этому главному событию, которое считается вершиной дерева, построим причины, которые считаются ветвями дерева. В первом приближении таких причин можно выделить две:

- повышение давления в баке сверх нормы (событие *A*);
- отказ предохранительного клапана (событие *B*).

Чтобы взрыв произошел, эти причины должны наблюдаться одновременно, поэтому эти ветви объединяются знаком логического умножения (операция «И»). В первом приближении повышение давления в баке и отказ предохранительного клапана являются независимыми случайными событиями. Следовательно, вероятность взрыва бака равна произведению вероятностей этих событий. Известно, что вероятность (частота) повышения давления в баке сверх нормы случается два раза в год, а вероятность отказа предохранительного клапана оценивается значением 10^{-4} , т.е. 1 раз в 10 000 лет. Тогда вероятность взрыва составляет $2 \cdot 10^{-4}$. В структурном виде связь главного события 1 (взрыва) и вызывающих его причин (события *A* и *B*) показана на рис. 4.5.

При необходимости можно увеличить глубину СП-анализа. В СП-анализе каждое событие может считаться главным, и к нему могут определяться вызывающие его причины. Поэтому попытаемся разобраться в причинах повышения давления сверх нормы. Общий смысл подсказывает, что это вызвано или неисправностью откачивающего продукцию насоса (событие *C*), или чрезмерной загрузкой из сборника через транспортер, управляемый оператором (событие *D*). Каждое из этих событий может привести к повышению давления, поэтому они объединяются знаком логического сложения (операция «ИЛИ»). Из статистических данных известно, что неисправность насоса оценивается вероятностью 0,5/год, а чрезмерная нагрузка 1,5/год, что в сумме и дает вероятность 2/год повышения давления. Связь между главным событием 2 и его причинами (события *C* и *D*) отражается на той же схеме 4.5, образуя второй ярус ветвей.

На этой же схеме указаны причины следующего яруса главных событий:

- отказ предохранительного клапана (главное событие 3);
- неисправности насоса (главное событие 4);
- чрезмерная нагрузка (главное событие 5).

Отметим, что эти причины указаны без соответствующих вероятностей, что также допустимо. Они дают качественное представление, но не дают количественной картины их важности. Если проведен полный СП-анализ и выявлены первопричины верхнего глав-

ного события, то говорят о полном дереве отказов. В нашем случае первопричинами взрыва бака являются:

- большая скорость вращения насоса в сочетании с отказом регулятора скорости вращения насоса;
- высокая скорость движения транспортера
- ошибка оператора при работе с транспортером;
- грязь или посторонние предметы в предохранительном клапане;
- ошибка оператора при работе с предохранительным клапаном.

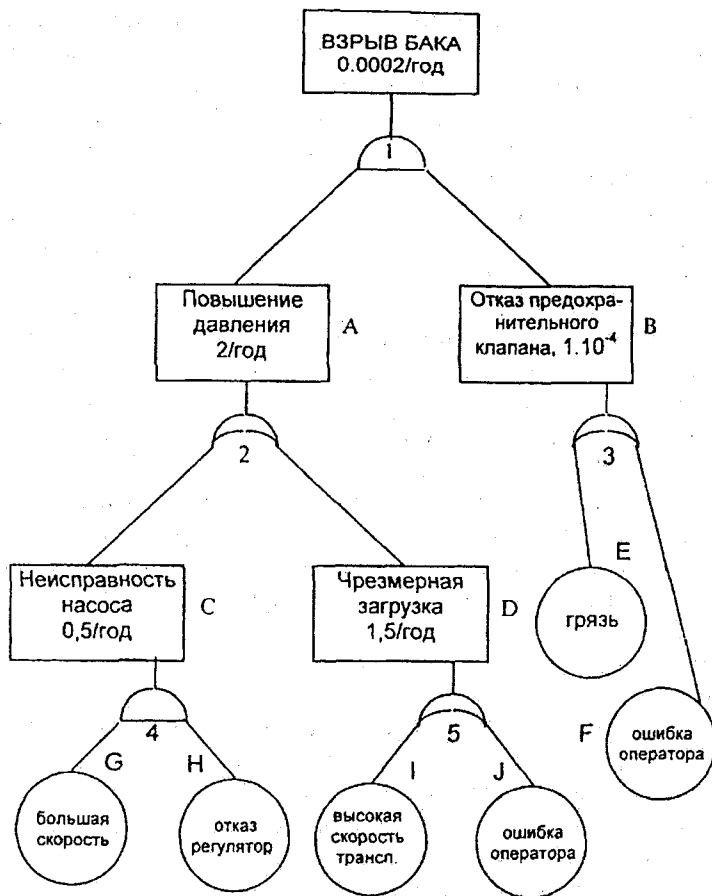


Рис. 4.5. Полное дерево отказов при взрыве бака химической установки

Построенное в ходе СП-анализа дерево отказов позволяет выразить вероятность главного негативного события через вероятности вызывающих его причин. При этом сами причины оказываются связанными с главным событием некоторой структурной моделью, построенной в ходе СП-анализа. Для вычисления риска, связанного с главным событием, остается умножить вероятность главного события на ущерб, связанный с этим событием, т.е. использовать формулу (2.1.1). Однако оценка ущерба от главного события может оказаться достаточно сложной задачей, которая зависит от среды вокруг главного события. Например, главное событие – взрыв бензохранилища. В результате СП-анализа выявлены причины этого события и определена его вероятность, например, 10^{-4} в год. Однако ущерб, связанный с этим взрывом, зависит от того, что окружает это бензохранилище. Вектор этого ущерба может включать не только материальные составляющие, но и гибель людей, потерю ими здоровья. Важно отметить, что эти цифры берутся не из СП-анализа, а из статистических данных по аналогичным объектам или из модельных задач. Часто эти оценки сами имеют вероятностный характер и даются в виде функции распределения потенциального ущерба.

Весьма часто при рассмотрении техногенных рисков останавливаются только на оценке вероятности главного негативного события, и именно эту вероятность называют риском. Так и говорят: риск взрыва бензохранилища составляет 10^{-4} в год. Естественно, что большинство ЛПР, особенно из экономического блока, остаются неудовлетворенными такой оценкой, поскольку она не дает представления о потенциальном ущербе и способах управления им. Для специалистов по безопасности технических систем такая оценка является, наоборот, привычной и достаточной. На ее основании они говорят о степени безопасности объекта и способах управления ею.

Следующим методом оценки техногенного риска является статистическое моделирование, или метод Монте-Карло. Его суть состоит в том, что техническая система представляется в виде некоторой динамической системы, на входы которой воздействуют случайные векторные поля. При этом сами звенья этой системы и связи между ними являются детерминированными и описываются теми или иными математическими моделями. Эти модели могут описывать не только функционирование самой технической системы, но и учитывать окружающую среду. Тогда в ходе моделирования могут

оцениваться не только главные негативные события, но и ущерб от них. В ходе моделирования просчитываются так называемые сценарии событий, при различных сочетаниях входных сигналов и параметров моделей. Затем полученные результаты усредняют по реализациям сценариев и получают статистические оценки рисков по выбранным формулам. Главным достоинством метода статистического моделирования является универсальность и прозрачность хода исследования. К настоящему времени создано достаточно универсальное программное обеспечение, например в среде MATLAB, позволяющее легко реализовать метод статистического моделирования для широкого класса динамических систем, с одной стороны, и широкого набора вероятностных величин, векторов и полей, воздействующих на них – с другой.

В области исследования техногенных рисков нашла свое применение группа методов «индексов опасности», основанных на интегральных оценках опасностей, связанных с той или иной технической системой. Эти методы используют грубые оценки опасностей, например по поражающим факторам. В качестве меры опасности вводятся некоторые легко определяемые интегральные показатели, которые называют индексами опасности. Смысл этих индексов обычно легко прослеживается. Примером является используемый при оценке пожаро- и взрывобезопасности «индекс Дау» (Dow Fire and Explosion Index). С его помощью оценивают, какую опасность представляет данная техническая система с точки зрения потенциальных пожаров и взрывов. Индекс вычисляется по формуле:

$$\text{Dow} = F \cdot M, \quad (4.3.2)$$

где F – так называемый узловой показатель опасности; M – материальный фактор. Узловой показатель F , в свою очередь, вычисляется по формуле:

$$F = f_1 \cdot f_2, \quad (4.3.3)$$

где f_1 – показатель общих опасностей; f_2 – показатель специфических опасностей.

Материальный фактор M – это количественная мера интенсивности выделения энергии из химических веществ, которые находятся или могут находиться в технической системе или его выбранной части. Он связан с используемыми веществами, поэтому для техни-

ческой системы составляется перечень всех потенциально опасных химических веществ и указывается их примерное количество. Каждому веществу ставится в соответствие свой материальный фактор, который берется из соответствующих нормативных документов. Общй материальный фактор технической системы определяется как средневзвешенная сумма исходных материальных факторов. Массы веществ определяются в зависимости от количества используемых веществ. Значение материального фактора обычно находится между 1 и 40.

Показатель общих опасностей f_1 характеризует особенности процесса, не связанные непосредственно с материалами, но могущими увеличить размер ущерба. В их числе: обращение с материалами и их перемещение, тип реакций, используемых в процессе переработки, наличие проходов, дренажей. Он берется из специальных таблиц для каждой позиции и является суммой всех таких особенностей. Показатель специфических опасностей характеризует опасности, увеличивающие вероятность возникновения пожара или взрыва: температура, пыль, давление, количество воспламеняемых материалов, нагревательных устройств. Каждая из этих позиций оценивается по таблицам и суммируется.

Грубая количественная оценка последствий пожара или взрыва может быть оценена по индексу Дау следующим образом: диапазон значений индекса Дау от 1 до 60 – малая опасность; от 61 до 96 – средняя опасность; от 97 до 127 – промежуточная опасность; от 128 до 158 – серьезная опасность; свыше 158 – очень серьезная опасность.

По индексу Дау по специальным таблицам и номограммам может быть определена площадь (или радиус) распространения пожара или влияния взрыва. В зависимости от значений узлового фактора F и материального фактора M с помощью специальных таблиц определяют значение фактора ущерба Y , который указывает долю вероятного разрушения рассматриваемой технической системы в случае пожара или взрыва и изменяется в пределах от 0 до 1. С помощью фактора ущерба находится максимально возможный ущерб имуществу, находящемуся в зоне поражения:

$$Y_{\max} = Y \cdot C, \quad (4.4.4)$$

где C – стоимость имущества в зоне поражения.

Обычно для уменьшения ущерба от пожаров и взрывов используют различные системы защиты или безопасности. Их полезное действие обычно характеризуют коэффициентом доверия КД (credit factor), изменяющимся в диапазоне от 0 до 1. Тогда ожидаемое максимальное значение ущерба вычисляются по формуле

$$RY_{\max} = KД \cdot Y_{\max}. \quad (4.4.5)$$

Индекс Дау не идентифицирует отдельные риски, но его значение дает возможность риск-менеджеру оценивать техногенные риски, связанные с пожарами и взрывами, а также управлять ими.

Можно сказать, что метод «индексов опасности» в целом нашел весьма широкое применение в области техногенных опасностей. При этом исследователи в области безопасности технических систем связывают различные конструктивные особенности технических систем (размеры, весовые характеристики, прочностные характеристики и т.п.) в различные комплексы величин, которые называют индексами опасности, безопасности, риска и т.п. Следствием такого положения является появление различных технических индексов, которые называются рисками и выражаются через конструктивные параметры системы. Очевидно, что к понятию риска как меры потенциального ущерба эти индексы, в общем случае, отношения не имеют, но при этом возникает семантическая путаница. В лучшем случае, на основании этих индексов можно ввести некоторое пространство или шкалы ущербов с помощью специальных дополнительных исследований. Тогда определенным индексам опасности можно будет сопоставить и потенциальный ущерб. Использование индексов опасности напрямую в информации для ЛПР может встречать непонимание и неприятие. В этом случае необходим перевод значений индексов опасностей на язык экономики, т.е. потенциальных ущербов.

4.4. Управление техногенными рисками

Управление техногенными рисками имеет множество отличительных черт по сравнению с управлением рисками других видов. Это связано с механизмами образования этих рисков и накопленным опытом управления техническими объектами. Здесь должны использоваться, и используются, универсальные эвристические методы управления рисками, перечисленные в 2.4.

В соответствии с общими принципами построения системы управления рисками необходимо на начальной стадии рассмотреть саму техническую систему, технический объект. Необходимо разобратся с основными целями и задачами создания этой технической системы, а также с общей системой управления ею, направленными на достижение этих целей. Можно сказать, что создаваемая система управления техногенными рисками на данном техническом объекте должна являться частью управления объектом в целом.

На следующем этапе определяются субъекты риска при функционировании рассматриваемой технической системы. Среди этих субъектов риска обычно оказываются:

- собственники технической системы;
- собственники земли и недвижимости на территории технического объекта;
- собственники оборудования, инструментов, расходных материалов,
- собственники материалов, поступивших в переработку;
- собственники готовой продукции;
- персонал, включая наемный менеджмент;
- население на прилегающих территориях;
- юридические и физические лица на прилегающих территориях;
- государственные органы различного уровня и ведомственного подчинения;
- бюджеты различного уровня;
- окружающая среда (воздушные объекты, водные объекты, земля, почвы и т.п.);
- экосистемы на территориях в сфере влияния объекта при его функционировании в штатных ситуациях и при инцидентах различной тяжести;
- собственники земель и сельскохозяйственных угодий на прилегающих территориях;
- иные сырьевые хозяйствующие субъекты (рыболовство, водоснабжение, лесное хозяйство и т.п.);
- транспортные и коммуникационные объекты и их собственники на прилегающих территориях;
- кредиторы и инвесторы;
- иные субъекты риска.

Особым случаем является положение, когда функционирующий технический объект может являться предметом международного внимания (совместные предприятия, трансграничные влияния, выход в открытое море, в экономические зоны других государств и т.п.). В этом случае среди субъектов риска появляются:

- иностранные государства;
- иностранные экономические субъекты;
- международные организации.

Для каждого субъекта риска определяется свой вектор потенциальных ущербов.

Естественно, что каждый субъект техногенных рисков, связанных с функционированием рассматриваемого технического объекта, должен самостоятельно оценивать свой вектор потенциальных ущербов и принимать меры к управлению своими техногенными рисками, связанными с этим объектом. Это простое обстоятельство далеко не всегда учитывается при формулировании задач управления техногенными рисками, связанными с конкретными предприятиями. В этом случае попытка построить общую задачу управления такими рисками наталкивается на противоречивость целей различных субъектов риска. Для одних из них техногенный риск, связанный с данным объектом, является спекулятивным и несет возможности как выигрыша, так и проигрыша. Для таких субъектов риска задачей управления техногенными рисками является удержание шансов выше рисков. Для других субъектов риска рассматриваемые техногенные риски являются чистыми, и у них отсутствует мотивация нести эти риски. Для данных субъектов целью управления своими рисками, связанными с данным техническим объектом, является уклонение от риска, например путем закрытия деятельности данного предприятия.

Наличие целого списка субъектов риска, существование у них собственных векторов потенциальных техногенных ущербов, объективное существование у этих субъектов своих программ управления рисками до определенного времени игнорировалось отечественной теорией техногенных опасностей. Это было связано с тем, что государство, собственник, народ, т.е. население, идеологически были одним и тем же субъектом риска и между ними не признавались какие-либо противоречия. В связи с вступлением России в период переход-

ной экономики вопрос о наличии списка субъектов риска и существования у них противоречивых целей решил сам собой.

Обычно управление своими техногенными рисками в контексте конкретного технического объекта в наиболее полном объеме осуществляют следующие субъекты риска:

- сектор власти;
- собственник технического объекта;
- кредиторы и инвесторы.

Такие важные субъекты риска, как население и третьи лица, могут строить свою систему управления техногенными рисками только через систему власти или прямые меры воздействия, включая насилие и неповиновение. Окружающая среда и экосистемы на прилегающих территориях вообще не могут иметь собственной системы управления техногенными рисками. Они представлены либо сектором власти, либо различными природоохранными и экологическими некоммерческими организациями. Цели управления техногенными рисками этих «представителей» окружающей среды и экосистем обычно сильно различаются. Для сектора власти, представляющих «интересы» природы, рассматриваемые риски являются спекулятивными, а для природоохранных организаций — чистыми. О системе управления экологическими и энвиронментальными рисками, в том числе и техногенного происхождения, более подробно будет рассказано в главах 5 и 6 соответственно.

Пусть на всех стадиях управления спекулятивными техногенными рисками участвуют основные субъекты риска: сектор власти, собственник технического объекта и инвесторы. Очевидно, что их системы управления своими рисками, связанными с данным объектом, должны быть согласованы, по крайней мере, на определенных этапах. Они могут использовать сходные эвристические методы управления рисками, правда, каждый по-своему.

На стадии замысла обязательно должен использоваться такой способ управления рисками, как диверсификация. В данном случае он предполагает наличие нескольких конкурирующих замыслов и отбор лучшего из них по различным параметрам, в том числе и по величине прогнозируемых техногенных рисков. На стадии замысла анализ и прогноз техногенных рисков может выполняться в ограниченном объеме, используя только основные черты будущего проек-

та. Если основные субъекты риска не одобряют замысла, то объект просто не появится.

На стадии проектирования определяются внешние условия штатного функционирования технических систем, а также внешние факторы, способные вывести эти системы из штатного состояния. В числе первых внешних факторов риска учитываются различные опасные явления природы, характерные для территории расположения технического объекта. Часть из таких воздействий учитывается на уровне проектируемых аварий. Для защиты от опасных явлений природы и проектных аварий, связанных с ними, вводятся различные системы защиты. Обычно опасное явление природы характеризуется интенсивностью проявления и вероятностью (частотой) появления. Чем интенсивнее проявление опасного природного явления, тем реже оно появляется. В проектах технических систем обычно ограничиваются некоторой интенсивностью опасного явления природы, появляющегося с определенной частотой. При этом опасное природное явление считается редким, если вероятность его появления равна 0,01/год и менее. Таким образом, более опасные и более редкие природные явления оказываются за пределами рассмотрения проекта и вызывают запроектные аварии и катастрофы. Однако эти опасные природные явления хоть и редко, но реализуются и вызывают запроектные ущербы. Теория природных катастроф пытается предсказать моменты наступления таких запроектных природных явлений и разработать методы реагирования с целью уменьшения запроектных ущербов.

На стадии проектирования учитывается как можно больше факторов риска, и в технические системы включаются различные защитные составляющие, направленные на предотвращение перехода системы в нештатное состояние или на уменьшение последствий инцидента из-за конкретного фактора риска.

Важное внимание на стадии проектирования уделяется и воздействию технического объекта на окружающую среду и экосистемы на прилегающих территориях. Эти воздействия являются факторами риска ответственности перед третьими лицами. Для управления этими рисками также используются различные технические системы защиты, смягчающие негативное воздействие объекта на окружающую среду. Эти факторы риска иногда называют экологическими и энвиронментальными рисками техногенного происхож-

дения. Управление такими рисками описывается в главах 5 и 6. Важно отметить, что и в штатном режиме существуют экологические и энвиронментальные риски техногенного происхождения.

Использование защитных систем является важнейшим способом управления техногенными рисками. Таким образом реализуется превентивный метод уменьшения риска. С таким приемом обычно согласны основные субъекты риска, но они могут по-разному понимать необходимую степень защиты. Обычно наиболее жесткие требования по глубине защитных мероприятий выдвигает сектор власти, а наименьший — инвесторы и кредиторы. Все основные субъекты техногенного риска понимают, что излишние защитные мероприятия могут привести к потере рентабельности проекта, что неизбежно скажется на его осуществимости.

В какой-то момент основным субъектам риска приходится рассматривать сами техногенные опасности, связанные с возможностями нештатного функционирования технического объекта. Целями управления техногенными рисками на данной стадии являются:

- устранение риска потери имущества из-за нештатных ситуаций техногенного характера, предусмотренных проектными инцидентами;

- устранение гибели, травматизма и заболеваний среди персонала;

- устранение гибели, травматизма и заболеваний среди третьих лиц;

- устранение риска потери рентабельности проекта из-за нештатных ситуаций;

- минимизация затрат на защитные мероприятия и систему управления техногенными рисками;

- максимизация дохода и прибыли по данному техническому объекту;

- иные цели (устойчивое развитие, мир в обществе, создание рабочих мест, защита окружающей среды и т.п.).

На данной стадии создания системы управления техногенными рисками активное участие принимают специалисты по безопасности технических систем. Однако они являются не единственными участниками. Активное участие принимают и финансовые специалисты, способные оценить влияние предлагаемых технических мер на рентабельность проекта. Обычно техническим специалистам по

безопасности и финансистам трудно выработать единое мнение, поскольку они разговаривают на разных языках. Ключевым моментом на данной стадии является выработка или принятие приемлемого техногенного риска, связанного с функционированием технических систем и вызываемого нештатными ситуациями. При этом технические специалисты по безопасности говорят о вероятности появления того или иного негативного события, например взрыва или пожара на объекте, и этим стараются ограничиться. Могут сказать, что негативное событие с точки зрения принятых классификаций опасностей является редким, весьма редким, практически невозможным и т.п. Финансовые специалисты просят указать потенциальный ущерб и дать его раскладку. Участие риск-менеджера значительно облегчает нахождение общего языка и достижение единого мнения.

Для осуществления управления техногенными рисками необходимо знать время реализации соответствующих опасностей и время влияния последствий инцидентов. Техногенные опасности являются весьма быстрыми с точки зрения нарастания опасности. Время реализации опасности может составлять несколько секунд, оно определяется временем перехода технической системы из штатного состояния в нештатное. Однако существуют и очень медленные техногенные опасности, например, коррозия металла, которые реализуются в течение ряда лет и даже десятилетий. Последствия инцидентов с техническими системами могут длиться от нескольких часов и до тысяч лет. Такие огромные диапазоны времени реализации опасностей и времени последствий техногенных инцидентов приводят к необходимости создания различных по своей структуре защитных систем для управления техногенными рисками.

По своему механизму действия защитные системы разделяются на активные и пассивные. Активные защитные системы оказывают влияние на течение процесса, которым осуществляется управление. Использование активных защитных систем может быть включено в оперативный уровень управления технической системой в целом. На этом уровне защитная система может действовать автоматически или при участии оператора. Главной задачей активных систем защиты является недопущение перехода системы в аварийные режимы, предусмотренные проектом, т.е. в режимы проектных аварий. Пассивные защитные системы снижают последствия инцидентов, не препятствуя развитию механизма образования инцидента.

Например, в движущихся технических системах активные системы управления движением являются одновременно и общими с точки зрения управления процессом движения, и защитными с точки зрения предупреждения столкновения и связанного с ним рисками. Корпус движущихся средств является общим конструктивным элементом и одновременно средством пассивной защиты при столкновении, уменьшающим последствия инцидента.

В направлениях, связанных с повышением безопасности технических систем, весьма полно разработаны методы активной и пассивной защиты как на стадии проектирования, так и на стадии эксплуатации. Иногда, говоря о принципах функционирования защитных систем, выделяют жесткую, функциональную и комбинированную защиты. Жесткой называют защиту, если ее работа не зависит от состояния технической системы и не требует подвода энергии. Функциональная защита требует подвода энергии, и она может активно воздействовать на процессы, протекающие в технической системе. Комбинированная защита подразумевает сочетание жесткой и функциональной защит.

По принципу действия защиты технических систем делятся на четыре класса:

- предохраняющие элементы технической системы от внешнего аварийного воздействия;
- отключающие аварийные блоки;
- прерывающие аварийные процессы или отключающие аварийные блоки;
- локализующие развитие и последствия аварии.

В настоящее время имеется достаточно большая литература по различным аспектам, связанным с проектированием и эксплуатацией защитных систем, применяемых в технической области экономической деятельности.

Эффективность защиты зависит от вида инцидента, аварии или катастрофы. С этой точки зрения выделяют:

- режимные инциденты, возникающие при штатном функционировании; степень защиты высокая;
- проектные инциденты; защищенность достаточная;
- запроектные инциденты; защищенность недостаточная, необходимы восстановительные работы, высокие ущербы, возможны человеческие жертвы;

— гипотетические инциденты, возникают при непредусмотренных стечениях обстоятельств; защищенность низкая, прямому восстановлению техническая система не подлежит, максимально возможные материальные ущербы и человеческие жертвы.

Важно отметить, что между собой защитные системы могут конкурировать по стоимости и эффективности. Очень часто конкурс на лучшую систему управления рисками превращается в конкурс лучшей по стоимости или эффективности защитной системы для той или иной технической системы. Введение удачной защиты позволяет сделать и весь экономический проект эффективным. Важно отметить, что обычно сложные технические системы содержат не одну систему защиты. Можно говорить о комплексе защитных систем активного и пассивного характера, а также о необходимости квалифицированного пользования персоналом этими системами. Роль человеческого фактора в технических системах огромна. Неправильное действие оператора может привести систему в нештатный режим, неправильное использование защитных систем может помешать предотвращению инцидента и усилению ущерба. Рассмотрение причин, течения и последствий крупных аварий и катастроф, включая Чернобыльскую катастрофу, выявило решающую роль человеческого фактора в их генезисе и протекании.

Управление техногенными рисками на стадии проектирования и эксплуатации тесно связано с принятой структурой технической системы, включая ее элементы защиты. В 4.3 приведено полное дерево отказов химической установки. На основании этого дерева отказов можно предложить различные способы уменьшения техногенного риска взрыва за счет уменьшения его вероятности. Для этого необходимо уменьшить вероятности его причин, т.е. отказа предохранительного клапана и повышенного давления. Пусть предложено использовать более дорогой, но более надежный клапан с вероятностью отказа 10^{-6} . Реализация этого предложения позволяет сразу в 100 раз снизить техногенный риск, связанный с взрывом бака химической установки. Можно установить и более надежный насос с вероятностью отказа в 2 раза меньшей, чем предыдущий. В этом случае техногенный риск также снизится в 2 раза. При этом видно, что замена клапана является более эффективным мероприятием по уменьшению техногенного риска, чем замена насоса. Метод управления техногенными рисками с использования дерева от-

казов технической системы является распространенным и широко используемым методом. Он также позволяет учитывать стоимости различных проектов и выбирать из предложенных альтернатив наиболее приемлемую. Использование дерева отказов позволяет выявить и сравнить роль человеческого фактора в техногенном риске конкретной технической системы.

Уже на стадии проектирования для технического объекта предусматривается группа методов управления рисками, сутью которых является борьба с последствиями негативных техногенных событий. Существует понимание, что какими бы маловероятными не были техногенные инциденты в виде аварий и катастроф, необходимо предусмотреть их появление и рассмотреть возможности борьбы с их негативными последствиями. Как уже отмечалось в 2.4, борьба с последствиями негативных событий как метод управления рисками направлена на уменьшение потенциального ущерба, зависящего от фактора времени.

В области техногенных рисков объем потенциального ущерба сильно зависит от таких протекающих во времени негативных процессов. К ним относятся, в первую очередь, пожары и выбросы вредных веществ, завалы людей в обрушившихся зданиях и сооружениях. Противодействие этим процессам после их реализации является основой методов управления техногенными рисками в разделе борьбы с последствиями техногенных аварий и катастроф. Уже на стадии проектирования технических систем, а затем и их функционирования, проектируются и совершенствуются необходимые методы борьбы с последствиями негативных событий.

Для осуществления этих мероприятий зачастую необходима специальная техника и обученный персонал. На особо опасных производственных объектах парк такой специальной техники может быть весьма впечатляющим. Например, в нефтеналивном порту Приморск (ООО «Спецморнефтепорт Приморск»), одном из самых современных и надежных, уже на стадии проектирования запланировано применение методов борьбы с последствиями таких негативных событий, как аварийные разливы нефти, пожары, сбросы промышленных и бытовых загрязненных вод. В акватории Финского залива установлена зона ответственности Компании площадью равной 3,8 км². Для ликвидации возможных аварийных разливов нефти на этой территории создана Аварийно-восстановительная

служба в составе 120 высококвалифицированных аттестованных специалистов, имеющих сертификаты Международной морской организации (ИМО). Данное подразделение оснащено 11 км боновых заграждений, 22 нефтесборными системами, позволяющими собирать разлитую нефть в объёме 1160 м³/ч. Помимо этого построено 7 судов природоохранного флота, включающего в себя бонопостановщики, нефтемусоросборщик, сборщик льяльных вод, нефтеналивную баржу. Ведётся строительство буксиров ледового класса. В соответствии с действующим Российским законодательством для ООО «Спецморнефтепорт Приморск» разработан и согласован со всеми контролирующими инстанциями «План ликвидации аварийных разливов нефти». При аварийном разливе более 700 т региональным Планом определён порядок привлечения к ликвидации разлива региональных и федеральных сил МЧС и Министерства транспорта Российской Федерации. Произведено математическое моделирование возможных сценариев характера изменения разливов нефти с учётом климатических сезонов. Разработано 46 карт экологической чувствительности, определены приоритетные защитные зоны. Для обеспечения пожарной безопасности резервуарный парк и причальные сооружения обеспечены современной автоматической системой пожаротушения, которая способна мгновенно обнаружить и в течение 10 мин автоматически потушить пожар любой степени сложности. Создано специализированное противопожарное подразделение в составе 47 человек, в котором систематически проводятся противопожарные и аварийные учения. Для предотвращения загрязнения окружающей среды введены в эксплуатацию высокопроизводительные очистные сооружения промышленных и бытовых сточных вод. Уникальная технология позволяет обеспечить соответствие степени очистки сточных вод жёстким нормативным природоохранным требованиям по всему спектру загрязняющих веществ.

Стоимость борьбы с последствиями негативных явлений может оказаться весьма высокой и сравнимой с потенциальным ущербом от самой аварии. Более того, заранее невозможно предсказать эту стоимость, и она сама должна включаться в состав техногенных рисков. Экономически может оказаться невыгодным применение этих методов. Если ущерб наносится жизни и здоровью людей, значимым экосистемам и территориям, эти методы применяются, не

взвизывая на их стоимость. Зачастую для борьбы с негативными последствиями необходимы сложные технические системы, значительный персонал. Важную роль играет и фактор времени. Для сложных технических объектов, опасных производственных и транспортных систем борьба с негативными последствиями аварий является обязательным методом уменьшения рисков. Это обусловлено соответствующими нормативными актами, т.е. является следствием применения репрессивных методов управления рисками. В России для борьбы с последствиями чрезвычайных ситуаций, вызванных в том числе и техногенными опасностями, создано специальное Министерство чрезвычайных ситуаций (МЧС), в рамках которого существует аварийно-спасательная служба.

На стадии эксплуатации технического объекта управление техногенными рисками включает в себя, среди прочего, проведение регламентных и ремонтных работ, связанных с поддержанием технического объекта в исправном состоянии. На этой стадии, перечисленные в 4.1 нетрадиционные факторы техногенных рисков, связанные, например с недофинансированием регламентных и ремонтных работ, или с отсутствием должного материального обеспечения, играют важнейшую роль. Их действие способно привести к дополнительным ущербам, сокращению фактических сроков эксплуатации технического объекта. Экономия средств на данных видах работ может обернуться намного большими потерями в будущем. Можно сказать, что на стадии эксплуатации технического объекта значительные усилия риск-менеджеров должны быть направлены на получение в достаточном объеме финансирования на проведение регламентных и ремонтных работ, на обеспечение необходимых материально-технических ресурсов. Данные функции обычно присущи топ-менеджерам, т.е. ЛПР. Следовательно, на стадии эксплуатации роль риск-менеджеров по нетрадиционным техногенным рискам играют сами ЛПР. На стадии эксплуатации важную роль играют политические техногенные риски (см. 4.1), связанные с непродуманными решениями властей и приводящие к потере рентабельности проекта. В таких условиях в первую очередь страдают именно источники финансирования регламентных работ. Методами управления политическими техногенными рисками является лоббирование, установление доверительных отношений с сек-

тором власти, личные контакты ЛПР из технического сектора с ЛПР из сектора власти.

Ни пассивные, ни активные защитные системы не действуют при запроектных авариях. Более того, их поведение в запроектных режимах может принести существенный вред и усилить последствия инцидента. Поэтому необходимо использование либо методов математического моделирования, либо эвристических методов управления риском в запроектных авариях. Математическое моделирование позволяет определить зоны поражения и выделить поражаемые объекты. Оценка риска для различных управляющих воздействий позволяет выделить наиболее приемлемые стратегии управления техногенным риском при запроектных авариях. Однако моделирование может восприниматься как обоснование проекта, и отобранные сценарии рассматриваются уже в качестве проектных инцидентов. За пределами проекта, в действительности, могут использоваться только эвристические методы управления техногенными рисками.

В первую очередь используется уклонение от риска, недопущение приближения технического объекта к запроектным режимам функционирования. Как ни странно, но этот принцип управления техногенными рисками нарушается весьма часто. Водители ездят с недозволенной скоростью, самолеты летают в непредусмотренных погодных условиях, механизмы эксплуатируются сверх установленного ресурса и т.д. Очень важным фактором оказывается отношение к риску ЛПР. Необходимо архиконсервативное поведение ЛПР в случае эксплуатации опасных технических систем. Смелые технические эксперименты с участием склонных к риску ЛПР привели не к одной катастрофе. Зачастую склонность к риску идет рука об руку с технической неграмотностью ЛПР, что приводит к самым печальным последствиям.

Вторым по важности методом является использование страхования и самострахования, их компенсационных возможностей управления риском. Применение страховых схем предусматривает подключение к проекту лучших специалистов по управлению рисками вообще и техногенными рисками, в частности. Они определяют возможные последствия инцидентов, дают обязательные к исполнению рекомендации по уменьшению рисков, осуществляют сторонний контроль при разборе инцидентов. Если технический

объект застрахован, то это является дополнительной гарантией инвестиций в технико-экономический проект, связанный с его созданием и эксплуатацией. Для технических объектов страхование осуществляется в двух направлениях: страхование собственного имущества и страхование гражданской ответственности перед третьими лицами. Первый вид страхования осуществляется в России на добровольной основе и используется сравнительно редко. Наибольшее значение данный вид страхования может иметь при управлении внешними техногенными рисками, связанными с опасными явлениями природы, пожарами и т.п. Для опасных производственных объектов в России предусмотрено обязательное страхование гражданской ответственности перед третьими лицами. Однако новизна этого вида законодательства приводит к значительным недоразумениям в вопросах определения страховых премий и способах выплаты по страховым случаям. Здесь также огромное поле для работы риск-менеджеров как со стороны страховых компаний, так и собственников опасных производств.

Третьим по важности, но не по стоимости, является борьба с последствиями инцидентов с техническими системами, особенно с запроектными авариями и катастрофами. Ликвидация последствий таких инцидентов требует создания специальных служб различной ведомственной подчиненности. В составе этих служб могут оказаться сосредоточенными значительные материальные и человеческие ресурсы, которые в отсутствие инцидентов простаивают. Содержание таких служб является отягощением для экономической деятельности и может, вообще говоря, привести к потере ее рентабельности и экономическому краху. Вместе с тем, для так называемых опасных технических объектов меры по борьбе с последствиями инцидентов вводятся на законодательном уровне, т.е. используются репрессивные меры управления риском.

Любой технический объект в своем жизненном цикле переходит в стадию повышенного износа, а затем и ликвидации. В этот жизненный период технической системы техногенные риски проявляются особенно ярко, поскольку теряется экономическая рентабельность проекта, а с ней и источники финансирования функционирования. Несвоевременная плановая ликвидация приводит неизбежно к ликвидации аварийным, а то и катастрофическим образом. Оказалось, что часть сложных технических систем с высоким и

опасным уровнем техногенных рисков создавалась без учета их жизненного цикла и не имеет плана ликвидации. В первую очередь это относится к военным техническим системам с большим разрушительным потенциалом. Примером является проблема ядерных энергетических установок подводных лодок, снятых с вооружения. Подобная картина существует и для большинства гидротехнических сооружений, особенно советского периода. Саморазрушающиеся из-за повышенного износа и отсутствия ликвидационных работ технические системы являются основным источником техногенного риска в современной России. Управление техногенным риском на этой стадии связано с управлением нетрадиционными факторами, перечисленными в 4.1. Для современной России эти факторы обусловлены, в первую очередь, переходным состоянием экономики, переходом собственности из рук государства в частные руки. В этих условиях, с одной стороны, необходимо усиление репрессивных мер управления рисками, а с другой – использование государственной помощи новым хозяевам изношенных технических объектов для их ликвидации или приведения в порядок.

Среди мер государственной помощи могут использоваться налоговые льготы, субсидии, компенсации затрат на уменьшение техногенных рисков и т.п. Со стороны собственников нерентабельных технических систем важным методом уменьшения техногенных рисков является лоббирование программ по перевооружению экономики с участием государства в виде кредитора или инвестора. Важным стратегическим направлением управления техногенными рисками является повышение благосостояния населения, что будет способствовать повышению уровня цен за услуги технических систем и повышению их рентабельности. В этих условиях могут появиться источники финансирования для эксплуатации старых, изношенных технических систем на какой-то переходный период. Это касается в первую очередь систем жилищно-коммунального хозяйства и энергетической инфраструктуры России. Важно определить экономическую целесообразность эксплуатации изношенных систем, а также заблаговременно создать финансовые источники для их ликвидации и замены. Промежуточным состоянием для таких систем может оказаться консервация, затраты на которую могут быть значительно меньшими, чем на ликвидацию. Этим способом уменьшения техногенных рисков следует пользоваться только после тщательных

экономических расчетов, так как консервация может оказаться значительно дороже полной ликвидации технической системы.

При рассмотрении практических аспектов управления техногенными рисками определенное внимание уделяется стратегии поведения ЛПР в этой области. Основная масса ЛПР в области техногенных рисков находится в рамках процессно-ориентированного подхода принятия решения и скована различными внутренними регламентами. Это обстоятельство необходимо учитывать при разработке мероприятий по управлению техногенными рисками.

Вместе с тем, высшему менеджменту технических предприятий доступен уровень стратегических решений в области техногенного риска. При выработке стратегических управляющих решений в области техногенных рисков широко используются все методы: формальный анализ, метод аналогий, включая бутстреппинг, экспертные оценки. Преимущественное использование того или иного метода определяется либо предпочтениями ЛПР, либо особенностями технического объекта, например, его инновационным характером и отсутствием аналогов. Однако отличительной чертой даже стратегических решений в области управления техногенными рисками является настроенность ЛПР на законодательно закрепленные нормы оценки рисков и опасностей. Так как в законодательном плане оценка рисков техногенного характера не являлась обязательной, то для большинства технических объектов и систем в России она сейчас отсутствует. Основной особенностью даже стратегического управления техногенными рисками в России на современном этапе является полное отсутствие оценок техногенных рисков для большинства технических предприятий. Необходим переходный период, когда оценки безопасности предприятий будут заменены оценками связанных с ними техногенных рисков.

Формальные методы анализа техногенных рисков должны быть выполнены в ближайшее время для большинства технических объектов в России. Затруднения в данном направлении связаны не с отсутствием необходимых методов, а с отсутствием финансирования работ в данном направлении.

Методы аналогий предполагают изучение чужого и собственного более раннего опыта и использование результатов в принятии решения. Поскольку отечественный опыт управления техногенными рисками отсутствует, то бутстреппинг мало применим и остается

освоение зарубежного опыта в этой области. Однако, некоторые авторитетные отечественные эксперты в области безопасности технических систем считают, что зарубежный опыт в области техногенных рисков неприменим в России на современном этапе. Они мотивируют это тем, что большинство технических объектов в России находятся в состоянии полной изношенности и эксплуатируются в запроектных режимах. Следствием является повышенная частота аварий и катастроф техногенного происхождения на территории России по сравнению с зарубежными техническими объектами.

Экспертные оценки в области управления техногенными рисками являются мощным методом выработки стратегических решений. Эксперт пользуется своим опытом и профессиональной интуицией. Чтобы свести к минимуму ошибки или просто исключить неверные решения, применяются методы квалификации экспертов, сравнение экспертных оценок. С помощью данного метода могут приниматься решения в области техногенных рисков, не укладывающиеся в схему баланса «затраты – выгоды», например, при учете психологических аспектов риск-менеджмента. Такие аспекты постоянно возникают при обсуждении техногенных рисков на уровне населения, третьих лиц и в международных отношениях.

Контрольные вопросы

1. Что такое источники техногенных рисков?
2. Что такое жизненный цикл технической системы?
3. Что такое не традиционные техногенные риски?
4. Что такое запроектные инциденты с техническими системами?
5. Что такое дерево отказов?
6. Что такое СП-анализ?
7. Что такое «индексы опасности»?
8. Что такое управление техногенными рисками?

Глава 5.

ЭНВИРОНМЕНТАЛЬНЫЕ РИСКИ

5.1. О терминах

Как уже отмечалось ранее, результаты экономической деятельности находятся в зависимости от окружающей среды и от протекающих в ней процессов. Весьма часто окружающая среда является причиной экономических потерь. Характер этих потерь и их величина определяются различными факторами, описывающими состояние окружающей среды. Можно говорить о соответствующих опасностях, угрозах, рисках.

В свою очередь, экономическая деятельность также влияет на окружающую среду. Более того, зачастую целью экономической деятельности является именно изменение состояния окружающей среды. Пример – сельское хозяйство, под воздействием которого целенаправленно меняются свойства почв, состав растений, популяции животных. Иногда влияние экономической деятельности на окружающую среду является непреднамеренным, побочным эффектом. Из-за этих побочных эффектов также могут возникать особые виды ущерба у экономических субъектов, населения, живых организмов. Можно говорить об опасностях, угрозах и рисках, связанных с этими побочными эффектами. Например, в результате целенаправленного применения гербицидов в сельском хозяйстве для борьбы с сорняками возник побочный эффект химического загрязнения окружающей среды. Затем по трофическим цепям этот эффект достиг человека и вызвал ущерб здоровью населения планеты. Борьба с последствиями этого эффекта на уровне населения привела к значительным экономическим потерям.

В настоящее время существуют различные термины для обозначения опасностей и рисков, связанных с окружающей средой. Ряд отечественных исследователей, включая академика РАН, директора института геоэкологии РАН В.И. Осипова, используют термин природные риски. При этом под природными рисками они понимают риски от воздействия опасных явлений природы, описанные в гл. 3, на человечество и экономические объекты. Риски от воздействия экономической деятельности человека на окружающую среду ими не включаются в понятие природных рисков. В отечественной литературе для обозначения таких рисков обычно использу-

ется термин «экологические риски». При этом в их состав не входят риски, связанные с ущербами от влияния экосистем на экономическую деятельность.

В англоязычной литературе для обозначения окружающей среды имеется нечеткий термин “environment” и связанный с ним термин “environmental risks”, под которым понимают ущербы, связанные с побочным воздействием экономической деятельности на окружающую среду. Существует и термин “ecological risks”, связанный с ущербами от побочных воздействий на экосистемы и человека.

В настоящем пособии используются два термина: «энвайронментальные риски» и «экологические риски». Первый термин используется для обозначения рисков субъектов экономической деятельности, связанных с физическими и химическими параметрами окружающей среды. При этом эффектом взаимодействия экономической деятельности и экосистем на прилегающих территориях пренебрегается. В эту группу входят как риски, связанные с воздействием опасных явлений природы на экономическую деятельность, так и побочные эффекты влияния экономической деятельности на физические и частично химические свойства окружающей среды. Важно отметить, что эффект влияния изменения химических свойств окружающей среды на живые организмы в этой группе рисков не рассматривается. Второй термин, т.е. «экологические риски», используется в основном для описания рисков, связанных с побочными эффектами влияния экономической деятельности на экосистемы и здоровье человека. Он также включает и риски, связанные с негативным воздействием экосистем на экономическую деятельность. Примерами могут служить: нашествие саранчи, сорняки в сельском хозяйстве, столкновение птиц с летательными аппаратами и т.п.

Можно было бы использовать общий термин – «риски, связанные с окружающей средой», но это длинно, или общий термин – «природные риски», но за ним укрепилось ограниченное понимание группы рисков. Более того, по методическим причинам полезно разделить риски, связанные с неживой и живой природой, так как механизмы образования соответствующих рисков существенно различны. Таким образом, за термином «энвайронментальные риски» стоят механизмы образования потенциальных ущербов у различных субъектов риска, связанные с неживой природой. За термином

«экологические риски» стоят такие же механизмы, связанные с живой природой. Поскольку между неживой и живой природой существует тесная связь, то и между энвиронментальными рисками и экологическими рисками такая связь имеется. В экологии известно, что окружающая среда определяет в основном строение и функционирование экосистем. Поэтому энвиронментальные риски могут оказывать значительное влияние на экологические риски. Экологические риски и их связи с энвиронментальными рисками будут рассмотрены в гл. 6.

Важным моментом использования терминов энвиронментальные и экологические риски является стремление максимально сблизить понимание этих рисков в России и в англоязычных странах. Это оказывается весьма важным при обсуждении крупных экономических проектов с участием иностранных инвесторов и кредиторов, которые входят в группу основных субъектов риска. Например, термин «природные риски» в прямом переводе на английский имеет вид “natural risks”, но в англоязычной литературе такой термин просто отсутствует. Если же использовать перевод “environmental risks”, то окажется, что отечественное понимание таких рисков существенно уже.

5.2. Источники энвиронментальных рисков

Первая группа опасностей, связанных с окружающей средой, направлена со стороны окружающей среды на экономическую деятельность. В этой группе опасностей реализуется взаимодействие «опасное явление природы – экономический объект – ущерб». Назовем их энвиронментальными опасностями первого рода. В результате их реализации может наблюдаться гибель и травмы персонала, ущерб имуществу, потеря собственности, упускается доход и прибыль. Важной особенностью таких опасностей является их площадной характер, приуроченность к некоторой территории. В зону риска попадают экономические объекты, расположенные на территории проявления конкретной энвиронментальной опасности первого рода. К таким опасностям относятся все опасные явления природы (см. гл. 3).

Однако не только особо опасные явления природы составляют эту группу. Экономическая деятельность зависит и от погоды. Многие планы экономической деятельности содержат некоторым обра-

зом заданные природные параметры (температуру воздуха, воды, силу ветра и т.п.) Любое погодное явление, интенсивность которого отличается от планового, может вызвать экономический ущерб, т.е. является источником энвиронментального риска. Например, затраты на отопление города в январе запланированы, исходя из средне-месячной температуры воздуха -6°C . Фактическое значение средне-месячной температуры может отличаться как в ту, так и в другую сторону. Все значения температуры ниже планового значения приведут к повышенным затратам на отопление, что и составляет предмет риска. Будем называть такие энвиронментальные опасности первого рода погодными. В отечественной литературе источники энвиронментальных погодных опасностей первого рода, не связанные с катастрофами, исследованы достаточно хорошо. Существует целое направление в гидрометеорологии, связанное с оценкой экономических потерь из-за погодных условий. Однако эти сведения известны только специалистам из соответствующих отраслей и в концентрированном виде не опубликованы. Более того, с точки зрения теории риска эти опасности практически не рассматривались. Чувствительность экономических планов к опасностям такого рода должна обязательно проверяться с точки зрения потенциальных ущербов, т.е. теории риска. Известно, например, что для большинства российских городов годовые бюджеты на отопление срываются. Важную роль в этом негативном явлении играет неучет при их составлении энвиронментальных погодных рисков первого рода.

Особую группу энвиронментальных опасностей первого рода составляют климатические факторы, точнее их изменение. Проблема изменения климата под влиянием антропогенных и естественных причин занимает сейчас важное место среди специалистов по энвиронментальным рискам. Это связано с глобальным характером соответствующих потенциальных ущербов, колоссальными цифрами таких потерь, а также проблемами выживания целых государств. Энвиронментальные климатические опасности первого рода оказывают важнейшее влияние на развитие человеческой цивилизации на протяжении всей ее истории. Существует, например, гипотеза, что египетская цивилизация, связанная с династическим правлением фараонов, погибла в результате столетней засухи, вызванной отклонением климата. Египетская цивилизация не смогла приспособиться к такому изменению климата и погибла. В современном мире

региональные изменения климата и сейчас оказывают важнейшее влияние на народы и государства. Примером является регион Каспийского моря, где климатические колебания уровня моря, вызываемые естественными причинами, являются источником огромных экономических ущербов для ряда государств, включая Россию.

Отдельное место среди энвиронментальных климатических опасностей на современном этапе представляет проблема потепления климата, которая имеет глобальный, планетарный характер. По данным многочисленных исследований, изложенных в Докладе рабочей группы Межправительственной группы экспертов по изменению климата, складывается следующая картина:

- глобальная средняя приземная температура в течение XX в. повысилась на 0,6 °C;

- уменьшилась протяженность снежного покрова и льда;

- повысился глобальный средний уровень океана;

- увеличилось теплосодержание океана;

- весьма вероятно, что увеличилось количество и частота интенсивных атмосферных осадков в средних и высоких широтах северного полушария;

- весьма вероятно, что во второй половине XX в. происходило увеличение частоты возникновения экстремально высоких температур приземных слоев воздуха;

- с большой вероятностью потепление климата связано с выбросами парниковых газов в результате антропогенной деятельности.

При этом указывается, что концентрация CO₂ в атмосфере, основного компонента формирования парникового эффекта, возросла в период с 1750 г. на 31 %.

По мнению экспертов, потепление будет происходить и в XXI в., в том числе и за счет дальнейшего увеличения выброса парниковых газов. По их мнению, можно ожидать следующих изменений глобального характера:

- глобальная средняя температура в период до 2100 г. может возрасти до 5,8 °C;

- глобальное содержание водяного пара в атмосфере и количество атмосферных осадков будет возрастать, причем различия между регионами возрастут;

– весьма вероятно увеличение числа экстремальных атмосферных явлений (максимальные температуры, засухи, сильные ветры и т.п.);

– продолжится уменьшение протяженности снежного покрова и морского льда, ледники и ледовые шапки будут повсеместно отступать;

– среднее повышение уровня океана к 2100 г. может достигнуть 0,88 м.

В целом для мира эти изменения климата могут привести к изменениям в циркуляции океанов, водного цикла, цикла углерода, производительности и структуры экосистем, производительности сельскохозяйственных угодий, поведения, состава и выживания растений и животных. Все перечисленные изменения могут негативно сказаться на благосостоянии людей и устойчивости социально-экономического развития стран мира. Для России потепление климата может привести к следующим опасностям:

– в случае повышения средней температуры поверхности до 4 °С возможен сдвиг границы вечной мерзлоты на 100–200 км к северу. Это может привести к изменению прочности горных пород, изменению несущей способности грунта, тепловой эрозии, что крайне негативно скажется на строительстве и горнодобывающей промышленности в этих регионах;

– таяние вечной мерзлоты, занимающей до 30 % территории России, может привести к обрушениям построек, деформации и разрывам трубопроводов, изменению ландшафта, выходу из строя железнодорожного полотна;

– для северных азиатских районов России вероятно увеличение числа лесных пожаров;

– в европейской части ожидается увеличение частоты, тяжести и расширение географии наводнений;

– последствия экологического характера, которые будут рассмотрены в гл. 6.

Следует отметить, что практически все ученые признают сам факт потепления климата. Однако далеко не все согласны с его антропогенным происхождением. Противники антропогенной обусловленности потепления климата указывают, что неправильная трактовка причин потепления может привести к неверным методам

решения этой проблемы, в том числе на политическом и международном уровне.

Подводя итог обсуждения энвиронментальных опасностей первого рода, выделим в них подгруппы опасностей, связанные со следующими колебаниями физико-химических параметров неживой природы:

- опасные явления природы;
- погодные опасности;
- климатические опасности.

Вторая группа опасностей направлена от предприятий, функционирующих в штатном режиме, на окружающую среду. При таком режиме функционирование любого предприятия не влияет негативным образом на функционирование других экономических объектов. Назовем их энвиронментальными опасностями второго рода. Примером является угледобыча карьерным способом, в результате которой меняется рельеф местности, но не создается опасностей для других предприятий. Сюда же относится строительство городов, портов, гидротехнических сооружений, дорог, нефтепроводов, газопроводов и т.п. В результате такой штатной, безаварийной деятельности меняется рельеф местности, водообмен, мезомасштабная атмосферная циркуляция, химический состав почв, вод и т.д. Однако взаимное расположение предприятий выбирается таким образом, что их штатное функционирование не наносит экономического ущерба друг другу. Во всяком случае, этим взаимным ущербом пренебрегают или вопрос решают с помощью компенсационных платежей.

Отметим важное обстоятельство, которое часто приводит к спорам и недоразумениям среди специалистов по экологии, охране окружающей среды и риск-менеджерами. Является ли неживая природа субъектом риска при энвиронментальных опасностях второго рода? Кто оценивает и предъявляет ущерб? Каким образом этот ущерб оценивается? Парадоксально, но в экономическом смысле природа вообще не является субъектом риска, поскольку не является самостоятельным экономическим субъектом и не может самостоятельно заявить о своих ущербах. Только собственник какой-то территории, объявивший себя и хозяином природы на этой территории, может оценить свой ущерб и заявить о его возмещении. Часто таким собственником является государство, иногда частное

лицо. Однако на нашей планете существует огромное количество акваторий и территорий, у которых нет хозяина, права которого бы признавали в экономическом сообществе. Таким образом, субъектом риска при любых энвиронментальных опасностях являются только экономические субъекты.

Третья группа энвиронментальных опасностей связана с последствиями аварийных воздействий технических объектов на окружающую среду и, возможно, друг на друга через эту среду. Назовем эту группу энвиронментальными опасностями третьего рода. Если учесть, что у каждого технического объекта существуют проектные и запроектные инциденты, аварии, катастрофы, то можно сказать, что существуют проектные и запроектные энвиронментальные опасности третьего рода. Главной особенностью этих опасностей является резкое и значительное изменение условий в окружающей среде по сравнению с энвиронментальными опасностями второго рода. Эти отличия требуют особых методов управления. Очевидно, что энвиронментальные опасности третьего рода тесно связаны с техногенными опасностями. На этом основании их можно было бы отнести к техногенным опасностям.

Однако существуют и отличия, связанные с особенностями влияния окружающей среды на реализацию этих опасностей. Именно окружающая среда, а не технические элементы, оказывается связующим звеном между экономическими, а не только между техническими объектами. От поведения этой среды, от процессов в ней происходящих, будут зависеть опасности, вызванные первоначально техногенной причиной. Отметим отличие энвиронментальных опасностей третьего рода от техногенных опасностей, связанных с цепями и узлами отказов в технических системах. В техногенных опасностях такого рода цепь отказов порождается техническими факторами (отключение питания, воздействие техногенного пожара, поражение осколками и т.п.).

В энвиронментальных опасностях третьего рода взаимодействие между техническими и экономическими объектами осуществляется при помощи компонентов окружающей среды (воздух, вода, земля). Например, в результате аварийного разлива нефти с затонувшего танкера оказался загрязненным берег моря, на котором расположен курорт. Курорт несет экономические убытки из-за отсутствия туристов, хотя сам он и не разрушен. При этом в загрязне-

нии берега важную роль играли процессы переноса нефти на поверхности моря, процессы ее поведения в морской среде после разлива, а также время. Можно сказать, что энвиронментальные опасности третьего рода являются достаточно медленными динамическими процессами по сравнению с большинством техногенных опасностей (пожары, взрывы, разрушения конструкций и т.п.). Это определяет, в конечном счете, методы управления ими по сравнению с управлением техногенными опасностями и рисками.

Важным источником энвиронментальных опасностей третьего рода являются захоронения химического оружия времен первой и второй мировых войн. Эта специфическая проблема возникла в связи с захоронением химического оружия в Северном, Балтийском морях в 1946–1947 гг. и в Японском море в 1946–1962 гг. Данные по боевым отравляющим веществам, затопленным в этих морях, приведены в табл. 5.2.1 и 5.2.2.

Таблица 5.2.1

Количество боевых отравляющих веществ (т),
затопленных в Балтийском и Северном морях (В.В. Анкиев и др., 2002)

Тип отравляющего вещества	Балтийское море	Северное море
Всего	12 000	26 000
В том числе:		
Иприт	5160	11 310
Мышьяковистые соединения	2712	5876
Включая:		
Люизит	1572	3380
Кларк-1	312	676
Кларк-2	24	52
Адамсит	816	1768
Табун	2508	5434
Хлорацетофенон	1476	3120

Таблица 5.2.2

Количество боевых отравляющих веществ (т), затопленных в Японском море
в экономической зоне России (В.В. Анкиев и др., 2002)

Тип отравляющих веществ	Период затопления	Количество, т
Иприт	1946	75
Иприт и люизит	1946–1962	10 000–15 000

Энвиронментальные опасности, связанные с захоронениями химического оружия, имеют региональный характер и не относятся к конкретному предприятию или собственнику. Эти опасности направлены на экономическую деятельность целого региона. Залповый выход отравляющих веществ, перечисленных в табл. 5.2.1, 5.2.2, может привести к экологической катастрофе в Балтийском, Северном и Японском морях.

Значительные энвиронментальные опасности третьего рода существуют в районе Каспийского моря. Они связаны с промышленной добычей нефти на акватории Северного Каспия, где годовые объемы добычи нефти могут достигнуть 72–100 млн. т, причем половина из них будет добываться на шельфе. Дополнительным источником энвиронментальных рисков третьего рода в этом регионе служит высокое содержание серы в сырой нефти и газовой фазе. В районе месторождения Тенгиз, где содержание сероводорода в нефти очень высоко (до 20 %), существует опасность локальных землетрясений с очагами на глубине 4–5 км. Они могут послужить, по мнению некоторых авторов, спусковым механизмом образования крупномасштабного очага землетрясения, в результате которого в атмосферу может поступить до нескольких миллионов тонн сероводорода и углеводорода. Это может привести к глобальной катастрофе с загрязнением воздуха в объеме 320 млн. км³ и загрязнения территории площадью 330 млн. км².

Для энвиронментальных опасностей третьего рода существуют особые политические риски, связанные с изменением природоохранного законодательства.

Четвертая группа энвиронментальных опасностей связана с тем, что параметры окружающей среды могут влиять на рыночную стоимость и доходность экономических объектов. Это характерно для туристического и курортного бизнеса, объектов городской и особенно загородной недвижимости.

Для энвиронментальных опасностей характерной чертой является синергетика, т.е. взаимосвязь опасностей, порождающих новые свойства. Очевидно, что энвиронментальные опасности первого рода в сочетании с наличием технических объектов могут порождать энвиронментальные опасности третьего рода, которые, в свою очередь, зависят от техногенных опасностей на этих объектах. Энвиронментальные опасности первого рода могут порождать энвирон-

ментальные опасности четвертого рода. Именно энвиронментальные опасности завязывают многие опасности в единый узел, определяют сценарии развития негативных событий. Одновременно именно энвиронментальные опасности первого рода являются причиной самых впечатляющих ущербов при максимальном количестве субъектов риска. Важно отметить, что именно энвиронментальные опасности являются причиной большинства экологических опасностей, хотя и не единственными.

5.3. Факторы энвиронментальных рисков

Перевод источников энвиронментальных опасностей в факторы риска требует проведения дополнительных исследований, связанных с выделением субъектов риска и предметов риска, т.е. вектора потенциальных ущербов. В соответствии с предложенными в 5.2 группами энвиронментальных опасностей будем говорить о энвиронментальных рисках первого, второго, третьего и четвертого родов.

Энвиронментальные риски первого рода, обусловленные опасными явлениями природы, воздействуют на субъекты риска во всех трех секторах общества:

- население;
- сектор власти;
- коммерческий сектор.

Можно также указать субъектов риска в экосистемах.

Вектор потенциальных ущербов обычно включает:

- летальные исходы;
- травмы;
- материальный ущерб в натуральных единицах;
- материальный ущерб в денежных единицах.

Каждое опасное природное явление принято считать фактором энвиронментального риска первого рода. Для этого фактора необходимо указать территорию проявления, субъектов риска с их векторами потенциальных ущербов или, иными словами, предметами риска. Территория проявления опасного природного явления может указываться с любой степенью подробности. Минимальная территория проявления опасного явления природы связана с его физическими минимальными пространственными размерами. Обычно проводят районирование территорий по частоте (вероятности) проявления каждого фактора энвиронментального риска первого рода.

Эти районирования учитываются при планировании экономической деятельности и мерам управления риском по каждому такому фактору. Эти же факторы должны учитываться органами власти при построении системы общего управления территориями. Население также может учитывать наличие таких факторов риска и использовать доступные им методы управления своими энвиронментальными рисками первого рода.

Для каждой территории существует свой ограниченный набор существенных энвиронментальных рисков первого рода, связанных с опасными явлениями природы. Естественно, что чем больше площадь рассматриваемой территории, тем длиннее список таких рисков. Для экономических субъектов, занимающих обширные площади, целесообразно использовать субрайонирование своих территорий. Примерами могут являться государства, области, транспортные системы, линии электропередачи и т.п.

Энвиронментальные погодные риски первого рода характерны для тех же субъектов, что и предыдущие факторы риска, но предметы риска существенно смещаются в экономическую сторону. Наибольшие ущербы несет коммерческий сектор. Эти ущербы связаны со следующими погодными факторами риска:

- отрицательные температуры воздуха, приводящие к выходу из строя оборудования, теплоснабжения;
- отрицательные температуры воздуха, ниже плановых значений, приводящие к перерасходу затрат на отопление;
- сила ветра, лимитирующая применение технических устройств (строительство, морской и воздушный транспорт);
- наличие осадков критически больше или меньше нормы (сельское хозяйство, туризм);
- ограничение видимости (транспорт, строительство)
- температура воды, критически ниже запланированных значений (туризм);
- иные.

Для сектора власти и связанного с ним дорожного и коммунального хозяйства ущербы могут вызывать следующие погодные факторы риска:

- переход температуры воздуха через ноль ранее запланированных сроков (дорожное хозяйство, теплоснабжение);

- отрицательные температуры воздуха, приводящие к выходу из строя теплоснабжения;
- отрицательные температуры воздуха, ниже плановых значений, приводящие к перерасходу затрат на отопление;
- зимние осадки выше запланированных значений, приводящие к перерасходу средств на их уборку;
- незапланированное обледенение проезжих частей и пешеходных дорожек, приводящее к повышенному травматизму;
- ливневые осадки, приводящие к затоплению или подтоплению строений;
- дефицит осадков, приводящий к нарушению водоснабжения;
- порывы ветра, приводящие к обрыву линий электропередачи;
- иные.

Для населения ущербы могут вызывать следующие погодные риски:

- отрицательные температуры воздуха, приводящие к повышению количества летальных исходов, обморожений, травм;
- обледенение проезжих частей и пешеходных дорожек, приводящее к повышенному травматизму;
- ливневые осадки, приводящие к затоплению или подтоплению частных строений;
- порывы ветра, приводящие к обрыву линий электропередач;
- иные.

Среди экологических рисков первого рода основное внимание исследователей привлечено к факторам, связанным с опасными явлениями природы, поскольку именно ОЯП приносят наиболее значимые ущербы. Однако из-за погодных факторов риска, которые слабо учитываются в повседневной работе сектора власти, в России ежегодно коммунальный сектор несет громадные убытки. Органы же власти демонстрируют хроническую неготовность к зимнему сезону, а также сколь-нибудь заметным изменениям погоды (метель, ливни, порывы ветра, колебания температуры и т.п.). Это не в последнюю очередь связано с тем, что положения теории рисков не используются в общем управлении коммунальным хозяйством. Фактические ущербы из-за погодных факторов риска уже давно воспринимаются как неизбежное зло, и к ним выработалась привычка. Вместе с тем, применение теории рисков при планирова-

нии и управлении коммунальным хозяйством могло бы снизить уровень этих потерь и улучшить общую управляемость.

Энвиронментальные риски второго рода, связанные со штатным, нормальным функционированием предприятий, являются предметом пристального внимания со стороны всех секторов общества.

Сектор власти является одним из главных субъектов риска, поскольку энвиронментальные опасности второго рода медленно изменяют свойства окружающей среды на подвластных территориях. Эти изменения могут привести в будущем к ущербам в секторе власти (повышение заболеваемости среди населения, борьба с заболеваниями среди населения, повышенные траты на рекультивацию земель, исход некоторых видов коммерческой деятельности, падение налогов и т.п.). Следовательно, вектор потенциальных ущербов для сектора власти содержит:

- повышение числа летальных исходов среди населения;
- повышение числа различных заболеваний среди населения;
- затраты на восстановление качества окружающей среды;
- затраты на компенсации пострадавшим среди населения.

Считается, что серьезных угроз власти энвиронментальные опасности второго рода не представляют. Это связано с медленным характером действия этих опасностей и наличием большого числа управляющих воздействий со стороны власти. С другой стороны, существуют тысячи химических веществ, которые предприятия выделяют в окружающую среду и которые относятся к факторам энвиронментальных рисков второго рода. Даже просто контроль над этими факторами оказывается весьма дорогостоящим занятием для сектора власти. Большой проблемой является и компетентность ЛПР во властном секторе в отношении таких факторов риска. Информация о содержании в воздухе города двуокиси азота в концентрации немного превышающей предельно допустимую концентрацию (ПДК) обычно вообще проходит мимо внимания ЛПР. На их вопрос, какими ущербами и в какие сроки это грозит, уже специалисты по охране окружающей среды, подготовившие для ЛПР эту информацию, не могут дать вразумительный ответ.

Для коммерческого сектора энвиронментальные риски второго рода связаны в основном с платежами и штрафами за уровень воздействия на окружающую среду. Этот уровень воздействия определяется путем измерения физических и химических характеристик

нарушенной и ненарушенной экономическим воздействием окружающей среды. Методы измерения уровня воздействия не входят в задачи настоящего пособия. Заметим только, что они могут осуществляться органами власти, а также самим субъектом риска для контроля своих энвиронментальных рисков второго рода. Для каждого фактора такого риска органами власти устанавливается нормативное допустимое воздействие, за которое субъект риска осуществляет платежи. За фактическое превышение воздействия при штатном функционировании предусматривается санкции. Эти санкции имеют экономическую составляющую в виде штрафов, а также меры по ограничению производства, вплоть до полной остановки. Очевидно, что для предприятий предметом энвиронментальных рисков второго рода являются санкции контролирующих органов. Однако этим дело не исчерпывается. Нормативные платежи на самом деле также являются предметом риска, поскольку они могут пересматриваться как по величине платежа, так и по мере воздействия на окружающую среду. Могут также появляться новые воздействия, по которым ранее предприятие не осуществляло платежей вообще. Очевидно, что нормативные платежи и санкции представляют собой отдельные предметы энвиронментального риска второго рода, поскольку механизм их формирования разный.

Отметим, что энвиронментальные риски второго рода в отечественной практике принято в последнее время относить к экологическим рискам. Это связано с тем, что фактически все изменения в окружающей среде влияют на экосистемы, расположенные на данной территории. Однако в большинстве случаев законодательные и контролирующие органы останавливаются именно на влиянии экономической деятельности на окружающую среду на уровне физических и химических параметров и не учитывают ее последствия в экосистемах, т. е. говорят именно об энвиронментальных опасностях второго рода. В большинстве случаев платежи и штрафы, которые могут рассматриваться как предмет риска для предприятий, взимаются именно за нарушения физических и химических параметров окружающей среды. Официально эти платежи связывают с охраной окружающей среды, но иногда их неофициально называют экологическими. Таким образом, по сути эти платежи являются энвиронментальными, т.е. связанными с окружающей средой, а их неправильно называют экологическими. Экологические платежи

должны учитывать фактический вред, нанесенный экосистемам или их составляющим частям, каким-то живым организмам. Однако в нормативах платежей и штрафов, связанных с загрязнением окружающей среды в качестве нормативной базы не используются никакие параметры самих экосистем или их составных частей. Следовательно, нормативные платежи и штрафы, взимаемые за нарушения предприятиями параметров окружающей среды при их штатном функционировании, являются предметом энвиронментальных рисков второго рода для предприятий, осуществляющих экономическую деятельность.

Для населения энвиронментальные риски второго рода связаны с ущербом здоровью и даже летальными исходами. Заболевания обычно приводят и к экономическим потерям, связанным с лечением, потерей работы и источников дохода, сменой места жительства и т.д. Можно сказать, что именно население является основным субъектом риска по отношению к энвиронментальным рискам второго рода. Именно население и экосистемы, как не экономический субъект риска, несут наиболее тяжкие ущербы. Для большинства из них эти риски оказываются чистыми, не компенсируемыми дополнительными доходами, которые были бы связаны именно с этим фактором риска. Из всех субъектов риска именно население располагает наименьшим объемом информации об этих рисках.

При рассмотрении энвиронментальных рисков третьего рода субъектами риска являются сектор коммерческий сектор, сектор власти и население, поскольку именно ему приходится в основном нести соответствующий ущерб. По некоторым данным, в России всего 3–4 % стоимости ущербов, связанных с реализацией таких рисков, возмещают собственники предприятий, около 10–12 % – органы власти, остальные оказываются неоплаченными вообще, т.е. это ущерб третьих лиц из коммерческого сектора и населения. Заметим, что для таких рисков негативное последствие от одного предприятия к другому экономическому объекту передается через процессы в окружающей среде, а не через техногенные поражающие факторы.

Для предприятий-виновников предметом энвиронментальных рисков третьего рода являются: гибель, травмы и заболевания персонала, утрата имущества и доходности, затраты на борьбу с последствиями и восстановление утраченного, платежи и санкции за

ненормативное влияние на окружающую среду, возникшее в результате инцидента, аварии или техногенной катастрофы, а также иски от третьих лиц по возмещению ущерба. Для предприятий-жертв таким предметом энвиронментальных рисков третьего рода являются: гибель, травмы и заболевания персонала, утрата имущества и доходности, затраты на борьбу с последствиями инцидентов, восстановление утраченного. Для органов власти предметом риска являются затраты на борьбу с последствиями энвиронментальных аварий и катастроф. Для населения предметом риска являются жизнь и здоровье, утрата имущества, лишение определенных доходов, расходы на восстановление утраченного, а также иные виды ущербов. Иногда энвиронментальные риски третьего рода также относят к экологическим рискам, но это неправильно, так как предмет риска и здесь оценивается по воздействию на физические и химические параметры окружающей среды, а не на экосистемы или их составные части. И здесь платежи и санкции рассчитываются по величине воздействия на окружающую среду, а не на экосистемы или их составные части.

Субъектами энвиронментальных рисков четвертого рода являются коммерческий сектор и население. Падение стоимости имущества, утрата доходности, затраты на восстановление утраченного являются предметом рисков. Сектор власти также может считаться субъектом таких рисков, если предметом риска считать уменьшение налоговых поступлений из-за утраты доходности в коммерческом секторе.

Как уже отмечалось, для энвиронментальных рисков обычным явлением является синергетика, порождаемая совокупностью действующих факторов риска различной природы. Например, для собственников нефтеналивного танкера, находящегося в море, вполне возможна такая цепочка рисков:

- энвиронментальный риск первого рода в виде шторма;
- далее серия техногенных рисков, связанная с отказом тех или иных технических систем, взрывами и пожарами, затоплением;
- далее энвиронментальный риск третьего рода, связанный с аварийным разливом нефти в море, которая может достичь берега, что может привести к появлению исков третьих сторон, расположенных на берегу моря и пострадавших от загрязнения нефтью.

В подобном сценарии задействовано множество субъектов риска со своими векторами потенциальных ущербов. В общем случае в

таком инциденте может участвовать не одно государство, что может иметь и международные последствия. Подобные случаи произошли, например, с танкером «Находка» и с танкером «Престиж».

Возможна синергетика техногенных рисков и экологических рисков третьего рода. По такому сценарию развивалась Чернобыльская катастрофа. К такой катастрофе могла привести авария на подводной лодке «Курск». Любой ядерный объект обладает синергетикой техногенных и экологических рисков третьего рода. Такой же синергетикой обладают нефтетрубопроводы, продуктопроводы, нефтеналивные порты, нефтеналивные танкеры, нефтедобывающие платформы в море. Огромную опасность из-за указанной синергетики представляют химические заводы. Например, взрыв на химическом заводе в Бхопале (Индия) привел к образованию облака из ядовитого газа, которое распространилось на значительное расстояние. В зоне поражения погибли и ослепли свыше 220 тыс. человек – более чем при взрыве атомной бомбы над Хиросимой.

Особое место занимают политические экологические риски, связанные с изменением природоохранного законодательства. Для России эти виды рисков обусловлены переходным характером экономики, сопровождающимся значительными политическими адаптационными процессами. В этот период действуют законы и нормативные акты различных политических эпох, идет активный законотворческий процесс, усиливается нормотворчество на различных уровнях сектора власти.

5.4. Методы оценки экологических рисков

Методы оценки экологических рисков основаны на общих методах оценки рисков. В России применение теории рисков для природных явлений и связанных с ними ущербов ведется в Институте геоэкологии РАН, Центре стратегических исследований гражданской защиты МЧС и других научно-исследовательских центрах. Большинство из них основаны на статистических данных и применении методов теории вероятностей.

Рассмотрим применение различных методов оценки рисков для экологических рисков первого рода. Наибольшее распространение получили методы статистического направления. В рамках этих методов оцениваются некие средние по времени и пространству характеристики ущербов от различных опасных явлений приро-

ды, являющихся составляющими энвиронментальных рисков первого рода. Оценивается процент территории, подверженной воздействию того или иного опасного явления. Оценивается частота или вероятность опасных явлений природы. Оценивается и средний ущерб за год для каждого опасного явления природы. Количество статистических характеристик по рискам, связанным с опасными явлениями природы, может быть достаточно большим. Из них наиболее часто используются:

- частота появления опасного явления природы на определенной территории, 1/год;
- процент территории, подверженной воздействию опасного явления природы;
- средний материальный ущерб от опасного явления природы за год для определенной территории, например, в млн. долл./год т;
- средний материальный ущерб за один инцидент для определенной территории, например, среднее количество разрушенных домов/(инцидент.
- индивидуальный риск летального исхода, связанный с опасным явлением природы, 1/год;
- индивидуальный риск здоровью из-за опасного явления природы, 1/год.

В табл. 5.4.1 приведены данные о подверженности территории и населения России опасным явлениям природы.

Отметим, что индивидуальные риски летального исхода и здоровью используются для оценки среднего количества погибших или заболевших конкретным заболеванием в год на данной территории от данного опасного явления природы. Эти средние значения получаются умножением индивидуального риска на количество людей в группе риска.

Статистические характеристики энвиронментальных погодных и климатических рисков первого рода получают таким же образом специалистами в различных отраслях экономической деятельности. Эти оценки имеют существенную территориальную зависимость. Для этих подгрупп энвиронментальных рисков первого рода статистическое направление является основным способом оценки рисков. Отметим, что для исследования изменений климатических характеристик в рамках статистического подхода необходимы длинные ряды наблюдений за многие десятки лет. Для получения

таких наблюдений в мире создана специальная сеть гидрометеорологических станций, на которых наблюдения за погодой осуществляются уже сотни лет.

Таблица 5.4.1

**Подверженность территории и населения России
опасным явлениям природы (В.И. Осипов, А.Л. Рагозин, 2002)**

Процессы	Подверженность, %			Плотность населения в зоне поражения явлением, чел./км ²
Геологические:				
землетрясения	34	10(103)*	16	4,8
оползни и обвалы	5	71(725)	7	14,0
лавины	9	0,6(8)	3	3,3
сели	5	0,6(13)	2	4,0
просадки лессов	11	55(563)	26	23,6
подтопление территорий	0,5	93(960)	69	1291
карст	13	30(301)	19	14,6
суффозия	9	92(958)	30	29,3
эрозия речная	0,2	43(442)	0,3	13,2
эрозия плоскостная и овражная	10	75(734)	25	21,9
переработка берегов морей и водохранилищ	39**	5(53)	5	627,5
Геокриологические:				
пучение	61	81(841)	60	8,6
термокарст, термоэрозия	45	7(72)	6	1,2
солифлюкция	6	6(60)	4	6,6
Геолого-гидрологические				
цунами	0,1	1(14)	0,1	8,8
Гидрологические				
наводнения	2,4	70(746)	0,9	3,4
наледообразование	0,08	17(174)	0,1	11,0
Метеорологические				
сильные морозы, метели	100	100	100	8,6
засухи	24	8	13	2,9
ураганы и смерчи	21	49(500)	12	5,0
Биологические				
Природные пожары	44,6	<1	0,02	3,8
Итого	98	100	93	8,3

* В скобках приведено количество городов, подверженных явлению.

** По линии берега, %.

Наиболее полной характеристикой потенциального ущерба, связанного с конкретным опасным явлением природы, погодным или климатическим фактором, является его функция распределения вероятностей или функция плотности распределения вероятностей. Оценка этих вероятностных характеристик требует значительных объемов статистических данных. В последнее время получили исследования, направленные на прогноз климатических рисков, связанных с проблемой потепления климата. Целый ряд климатических характеристик (температура воздуха, осадки, расходы рек и т.п.), полученных в результате статистической обработки длинных рядов наблюдений, подтверждают данную гипотезу. С потеплением климата связаны и специфические риски, особенно для России, где более 60 % территории подвержены геоэкологическим явлениям. Возможно также усиление рисков наводнений, которые и сейчас являются самым опасным явлением в России по величине ущербов.

Для определения этих функций по сравнительно небольшим объемам данных используются методы параметрической статистики. Часто функцию плотности распределения вероятностей изображают в двойных логарифмических координатах и называют $q-U$ кривыми, где q – вероятность приписываемая ущербу величиной U .

Иногда функции плотностей распределения вероятностей ущербов, связанные с опасными явлениями природы, относятся к распределениям с «тяжелыми хвостами». Для таких распределений сумма накопленного за некий период ущерба в вероятностном смысле стремится с точностью до множителя к максимальному за этот период ущербу. Известно, что для таких распределений среднее значение ущерба не является мерой риска, так как не характеризует сумму накопленного ущерба. Тогда в качестве меры риска можно принять максимальный потенциальный ущерб за некий период.

Использование статистического подхода предполагает получение достаточного количества данных об ущербах от экологических рисков первого рода, связанных с конкретными опасными явлениями природы, за определенный период времени для определенных территорий. В дальнейшем эти данные подвергаются статистической обработке осреднения по пространству и по времени. Использование таких данных для прогноза будущих значений экологических рисков первого рода основывается на инерционном

принципе и гипотезе о стационарности случайного процесса экологических ущербов во времени.

Очевидно, что с ростом плотности и сложности технической инфраструктуры на некоторой территории, а также с ростом плотности населения на рассматриваемых территориях средние характеристики ущербов для данной территории будут изменяться во времени в сторону увеличения. Следовательно, процесс формирования экологических рисков первого рода является нестационарным по математическому ожиданию и, по-видимому, по дисперсии. Можно сказать, что с увеличением плотности населения и ростом технической инфраструктуры территории такие риски будут расти со временем.

Существует и противоположный процесс снижения экологических рисков первого рода на рассматриваемой территории со временем. Он связан с внедрением новых методов и средств технической защиты, с уменьшением рисков за счет совершенствования законодательства и систематического выполнения организационных мероприятий. В этом случае статистические характеристики ущербов будут снижаться во времени. Примером является строительство сейсмостойких зданий, строительство дамб и плотин, внедрение противоселевой защиты и т.п. Естественно, что внедрение защитных систем само основывается на статистической информации об экологических рисках первого рода, связанных с опасными явлениями природы.

Преимуществом статистического направления оценки экологических рисков первого рода является простота вводимых оценок таких рисков, возможность их использования в прямом сравнении с другими видами риска, понятность для широкого круга пользователей и субъектов риска. Недостатком такого направления является достаточно высокая стоимость процесса сбора необходимой первичной информации, ее статистической обработки, а затем и распространения информации о рисках заинтересованным лицам, в том числе и субъектам риска, органам контроля и надзора. Отсутствие необходимой первичной информации или ее недостаточный для статистической обработки объем делает применимость данного направления оценки экологических рисков первого рода невозможным.

При оценках энвиронментальных рисков первого рода могут использоваться методы интуитивного прогнозирования рисков с использованием субъективных вероятностей и экспертного метода. Находят свое применение и методы математического моделирования, включая методы статистического моделирования. Особенно значительные исследования в рамках моделирования выполняются по проблеме потепления климата. Следует отметить, что подобные исследования требуют значительных затрат, а их достоверность весьма часто вызывает сомнения у научной аудитории и ЛПР. Тем не менее моделирование зачастую оказывается весьма эффективным методом оценки энвиронментальных рисков первого рода.

Оценки факторных энвиронментальных рисков второго рода, связанные с воздействием предприятий в штатном режиме на окружающую среду, опираются на величины платежей и санкций за такие воздействия. Списочный состав факторов риска в этом случае определяется количеством параметров окружающей среды, на которые воздействует предприятие и по которым за ним осуществляется контроль со стороны органов власти. У каждого предприятия существует своя статистика фактических ущербов из-за энвиронментальных факторов второго рода. Прогноз рисков осуществляется либо инерционным методом, либо с помощью управляющих функций потерь и защиты (см. 2.2), за которыми стоят отношение к риску ЛПР и защитные мероприятия, направленные на снижение таких рисков. Использование интуитивных методов оценки энвиронментальных рисков второго рода достаточно редкое явление, при этом обычно ограничиваются методом субъективных вероятностей, экспертных оценок и простейших схем статистического моделирования.

Оценки факторных энвиронментальных рисков третьего рода представляют сложную задачу даже в рамках статистического направления. Это связано со сложностью вычленения факторного ущерба такого рода из общей картины ущерба из-за аварий и катастроф. Вместе с тем, в некоторых случаях подобное вычленение сделать удастся. Например, при взрыве химического завода в Бхопале было легко различить ущерб, связанный с самим взрывом (техногенный ущерб), и ущерб, связанный с распространением облака ядовитого газа (энвиронментальный ущерб третьего рода). По количеству человеческих жертв энвиронментальный фактор (перенос ядовитого облака) в тысячи раз превзошел техногенный фактор (взрыв).

Подобная ситуация складывается и при крупных авариях с нефтеналивными танкерами и нефтепроводами. В этих ситуациях техногенные риски оказываются причиной намного более тяжелых экологических рисков третьего рода. Важно отметить, что субъекты техногенных и экологических рисков третьего рода в таких случаях оказываются различными. В случаях тяжелых аварий на промышленных объектах к владельцам предприятий и субъектам риска из коммерческого сектора добавляются население и сектор власти. У этих субъектов риска возникают свои вектора ущерба, которые обычно не оцениваются из-за отсутствия средств и апатичной позиции в отношении возможности компенсации. Субъекты риска из коммерческого сектора в таких случаях, по понятным причинам, также избегают оценок ущерба в указанных секторах. Если ущерб затрагивает межгосударственные отношения, то оценка фактического ущерба еще более усложняется противоречиями на самом высоком политическом уровне. Показательно в этом направлении оценка экологического ущерба третьего рода, вызванного аварией российского танкера «Находка» в январе 1997 г. у берегов Японии. Поскольку в российской печати эта катастрофа не освещалась с необходимой подробностью, картина описывается по статьям Джеффа Дурбина (Jeff Durbin) в японских газетах *The Japan Times* and *Daily Yomiuri* через три месяца после катастрофы.

Российский танкер «Находка», шедший с грузом нефти из Китая в Россию, попал в сильный шторм в Японском море. Скорость ветра достигала 180 км/ч. Второго января 1997 г. танкер разломился на две части в 110 км к северо-востоку от острова Оки. Главный корпус с приблизительно 12 500 т нефти лег на дно на глубине 2000 м, а носовая секция длиной 50 м, истекая нефтью, дрейфовал в сторону. Японии. В воду попало около 4500 т сырой нефти.

Седьмого января этот обломок танкера и вылившаяся нефть достигли префектуры Фукуи (Япония). Обломок танкера сел на риф около города Микунэ в пределах прямой видимости с берега. Огромные слики размером 15 на 19 км накрыли побережье в 10 японских провинциях и угрожали побережью вблизи залива Вакаса, где 15 ядерных реакторов берут морскую воду для охлаждения своих турбин. Нефтяные слики под действием ветра дрейфовали более трех недель и прошли более 100 км вдоль побережья Японии.

Из-за тяжелых погодных зимних условий в Японском море все меры борьбы с последствиями аварийного разлива были малоэффективными. В открытом море за несколько недель удалось собрать не более 700 т при работе, по крайней мере, пяти спасательных судов. Эти работы были закончены 24 февраля, когда на поверхности оставалось уже немного нефтяных slickов. На побережье аварийные работы также не увенчались успехом из-за сильного волнения высотой до 6 метров, неадекватного оборудования. Японское агентство морской безопасности задействовало до 50 патрульных судов и 10 самолетов. В работах приняло участие 800 военнослужащих и несколько тысяч добровольцев. Четверо из них в возрасте от 55 до 77 лет умерли от сердечного приступа. Свою негативную роль сыграл и севший на риф вблизи берега обломок танкера, который содержал еще 2800 т сырой нефти. Все попытки в зимних условиях снять его с рифа или хотя бы откачать из него нефть не увенчались успехом. В конце концов, нефть из него выкачали только через 41 день после посадки на мель. Весной около 200 тыс. добровольцев вышли с лопатами и ведрами для уборки остатков нефти на берегу перед тем, как они расплавятся на солнце и впитаются в пляжи.

Оценка ущерба, вызванных этой катастрофой, привела к следующим цифрам:

- операции по очистке – 9 млрд. йен (75 млн. долл. США);
- ущерб рыбной индустрии – 7 млрд. йен (58 млн. долл. США);
- иные ущербы в семи наиболее пострадавших префектурах – 1,5 млрд. йен (12 млн. долл. США).

Таким образом, общий ущерб от катастрофы по предварительным оценкам составил около 145 млн. долл. США. При этом сюда не включены:

- ущерб владельцам судна (утрата танкера);
- ущерб собственникам груза (утрата груза нефти примерно 17 тыс. тонн).

В процессе загрязнения нефтью морской акватории и побережья в зоне катастрофы произошли и поражения экосистем. Погибло, как обычно при таких инцидентах, множество морских птиц, морских животных, а также многие живые организмы. Эти экологические последствия, а также ущерб, связанный с ними, будут рассмотрены отдельно, в гл. 6.

Возмещение ущерба в таких катастрофах является предметом многолетних разбирательств в международных судах с участием представителей владельца судна и потерпевших сторон. Исход разбирательства зависит от множества обстоятельств и определяется множеством нюансов. В случае данной аварии предметом разбирательства оказывается возможность выплат страховых за различные виды ущерба из различных источников на общую сумму примерно в 500 млн. долл. США. Так, например, лимит ответственности страховки со стороны Международного фонда компенсации загрязнения нефтью (IOPCF) по данному случаю составляет до 22,5 млрд. йен (187 млн. долл. США). По заявлению юриста Фонда, для разбирательства потребуются около двух лет, но Фонд уже выплатил около 1 млрд. йен в качестве меры покрытия срочных мероприятий (stop-gar measure). Если будет доказана вина владельца судна (неисправность судна, ошибка экипажа), то владелец, компания Prisco Traffic, будет вынужден полностью оплатить все компенсации. В ходе разбирательства идут ожесточенные споры между российской и японской сторонами на государственном уровне. Министерство транспорта РФ последовательно выдвинула три различные причины катастрофы, остановившись на столкновении танкера с неизвестным большим полузатопленным предметом. Вместе с тем, исследования, выполненные японскими властями, показали, что корпус танкера ко времени аварии потерял около 20 % толщины корпуса из-за коррозии. По словам одного из моряков, большая волна в море, а их высота достигала 8 м, сломала палубу танкера, а следующая волна переломила его пополам.

История с разбирательствами по катастрофе с танкером «Находка» длилась долго. Только в 2001 г. закончились выплаты по компенсациям. По различным данным они составили более 200 млн. долл. США.

Особое разочарование случай с танкером «Находка» вызвал тем, что он едва-едва не попал под ограничения, введенные после аварии танкера «Эксон Валдез» в 1989 г. В соответствии с этими требованиями все танкеры старше 25 лет и водоизмещением свыше 20 000 т должны иметь двойной корпус. Возраст танкера «Находка» составлял 26 лет, а водоизмещение – около 19 200 т, т.е. чуть менее требуемых 20 000 т. В следующем году танкер должны были вывести из эксплуатации, но на этот год у него была пройдена требуемая

для эксплуатации инспекция, т.е. официально он был в исправном техническом состоянии.

Остается добавить, что катастрофа с танкером «Находка» явилась самой тяжелой в Японском море по своим последствиям за всю историю танкерных перевозок в этом регионе. До этой катастрофы были два крупных аварийных разлива нефти: в 1971 г. танкер вылил в море около 6000 т нефти в окрестностях Ниигаты, а в 1974 г. нефть вылилась в море в количестве около 8500 т из разрушившихся нефтехранилищ прибрежного нефтеперерабатывающего завода «Мицубиси» в Мизусиме. Однако ущерб от этих событий был гораздо ниже из-за меньшей пораженности нефтью береговой черты.

Для оценки и прогноза энвиронментальных рисков третьего рода широко применяются интуитивные методы, включая субъективные вероятности и экспертные оценки. Наиболее распространенным методом оценки и прогноза энвиронментальных рисков третьего рода, связанных с запроектными и гипотетическими авариями на опасных технических объектах, является статистическое моделирование. Переносы опасных химических субстанций в различных природных средах (атмосфера, гидросфера, литосфера) рассчитываются с помощью сложных математических моделей, реализованных на ЭВМ в специальных программных средах. Затем вычисленные траектории подвергаются статистической обработке, на основании которых и вычисляются потенциальные ущербы. Обычно подобные методы моделирования построены на базе геоинформационных систем (ГИС). Результаты моделирования представляются в виде карт с зонами риска. При построениях модельных сценариев учитывают опыт реальных катастроф, с реальными техническими объектами в реальных природных условиях. Метод статистического моделирования позволяет воспроизвести и синергетические эффекты, характерные для данного вида рисков.

Оценка энвиронментальных рисков четвертого рода обычно выполняется в рамках статистического направления, а также методом экспертных оценок в рамках интуитивного направления.

5.5. Управление энвиронментальными рисками

Управление энвиронментальными рисками имеет множество особенностей по сравнению с управлением рисками других видов. Это связано с механизмами образования этих рисков и накоплен-

ным опытом управления экономической деятельностью с учетом энвиронментальных опасностей. Вместе с тем, здесь должны использоваться, и используются, универсальные эвристические методы управления рисками, перечисленные в 2.4. Это связано с тем, что формальные методы анализа, оценки и прогноза риска зачастую неприменимы из-за малого объема исходной информации о потенциальных ущербах и их связей с энвиронментальными факторами.

Главной особенностью управления энвиронментальными рисками является их территориальный характер. Можно сказать, что эти риски формируются под воздействием следующих переменных:

- географического положения территории;
- наличия и распределения населения на этой территории;
- наличия и распределения на данной территории экономических объектов;
- совокупности всех видов экономической деятельности на данной территории;
- совокупности опасных природных явлений, погодных и климатических характеристик территории, зависящих от ее географического положения.

Чем больше плотность населения на территории, тем больше энвиронментальные риски. Чем интенсивнее экономическая деятельность на этой территории и чем больше экономических объектов на ней, тем выше энвиронментальные риски. Чем больше опасных явлений природы наблюдается на данной территории, чем изменчивее погода на ней, чем суровее климат, тем больше энвиронментальные риски.

Важно отметить, что энвиронментальные риски действуют на все секторы общества, расположенные на некоторой территории: сектор власти, коммерческий сектор, население. Каждый субъект риска должен иметь свою политику в этой области и собственные способы управления своими рисками. Зачастую политики различных субъектов риска на одной и той же территории оказываются в конфликте. Более мощные в экономическом отношении субъекты риска могут навязывать свою политику другим участникам конфликта. Разрешение этих конфликтов составляет предмет практики управления энвиронментальными рисками тех или иных территорий.

В 5.3 указывалось, что энвиронментальные риски делятся по своему происхождению на риски первого, второго, третьего и чет-

вертого рода. Управление ими также осуществляется различными способами. Однако, для них имеется одно общее важнейшее обстоятельство. Управление энвиронментальными рисками должно вписываться в общую систему управления экономической деятельностью некоторой территории, т.е. этот вопрос является прерогативой сектора власти, который устанавливает правила игры для коммерческого сектора и населения.

Коммерческий сектор несет фактическую ответственность за само наличие энвиронментальных рисков второго и третьего рода и должен был бы нести ее в полной мере. В теории природоохранной деятельности это положение называется «готовностью платить за загрязнения». В методах управления этими рисками различных экономических субъектов из коммерческого сектора существует значительная палитра методов их уменьшения за счет лоббирования, уклонения от уплаты штрафов и нормативных платежей, неисполнения решений судов и т.п. Дело доходит до вмешательства в законодательный процесс на самом высоком уровне с целью «проталкивания» удобных законов, приводящих к увеличению энвиронментальных рисков в секторе власти и у населения, но уменьшению этих рисков у коммерческого сектора. Так что теоретическая основа «готовность платить за загрязнения» наталкивается на практику уклонения коммерческим сектором от этих рисков любым способом. Коммерческий сектор старается учитывать и политические энвиронментальные риски, связанные с будущими изменениями природоохранного законодательства. Примером может являться Соглашение о добыче нефти на шельфе Сахалина в рамках соглашения о разделе продукции (СРП). В тексте этого Соглашения, подписанного в 1994 г., содержатся разделы, возлагающие все экономические потери от изменения природоохранного законодательства России в будущем на российское государство на все время действия этого Соглашения. Учитывая крайне невыгодные экономические условия для России по этому Соглашению, ряд российских специалистов называет это соглашение самым тяжелым колониальным актом в истории России. Иностраный коммерческий сектор оказался по всем статьям сильнее сектора власти России в рамках этого Соглашения. Среди методов крупного бизнеса в области уклонения от энвиронментальных рисков второго и третьего рода заметную роль

играет коррупция власти и взятки чиновникам на самом высоком уровне. Речь идет о десятках и сотнях миллионов долларов.

Население, для которого энвиронментальные риски второго и третьего родов могут быть достаточно высокими, обладают различными способами управления этими рисками. В странах с развитым гражданским обществом, где правительство вынуждено считаться с общественным мнением, огромную роль играют целенаправленные кампании и акции. Сила этих управляющих воздействий может достигать и международной арены. В условиях коррумпированных правительств палитра законных действий населения, отстаивающих свои права, гораздо уже, если не отсутствует вообще. Среди незаконных методов: кражи и грабежи коммерческих объектов, ответственных за наличие таких рисков. Примером таких действий в России являются незаконные врезки в магистральные нефтепроводы и продуктопроводы. Часто такие действия приводят к увеличению рисков. В Нигерии, где международные нефтяные компании ежегодно имеют доходы порядка 20 млрд. долл. США, а население в условиях коррумпированного правительства живет в крайней нищете, широкое распространение получили молодежные вооруженные банды, которые терроризируют международные нефтяные компании и вымогают крупные откупные. Для подавления деятельности этих банд правительство использует армейские подразделения, которые абсолютно не соблюдают права человека. Следствием являются значительные разрушения и убытки в гражданском секторе страны, требующим иностранной помощи. Деньги, полученные в результате вымогательства, молодежные банды тратят на оружие, наркотики и красивую жизнь. Богатейшая страна живет в условиях разрухи и тлеющей гражданской войны.

Основной особенностью управления энвиронментальными рисками в секторе власти на некоторой территории является наличие на этой территории множества экономических объектов. Каждый из этих объектов, особенно технических, по-своему подвержен энвиронментальным рискам всех родов. Совокупность векторов энвиронментальных рисков всех родов этих экономических объектов с учетом эффекта синергетики и является вектором энвиронментальных рисков для управляемой территории. Естественно, что чем больше территория и чем больше на ней экономических объектов,

тем больше становится вектор экологических рисков, как по количеству составляющих, так и по величине каждой составляющей.

Например, рассмотрим зону Мексиканского залива, в которой нефть добывается с помощью морских стационарных буровых платформ. В ней расположено порядка 7800 морских буровых платформ. По статистическим данным за последние 20 лет в этой зоне вероятность аварийного выброса нефти на одной скважине составляет $4 \cdot 10^{-3}$ 1/год. Следовательно, в год в этой зоне можно ожидать реализации 30 аварийных выбросов! Из оценок тяжести аварийных выбросов известно, что в случае тяжелого аварийного выброса контроль над скважиной можно установить только с помощью специального оборудования. В этом случае продолжительность выброса составляет около 3 суток, а вероятность такой аварии составляет 0,03. Умножив эту вероятность на количество аварийных выбросов в год, получим, что в зоне морской добычи нефти в Мексиканском заливе каждый год должна происходить одна тяжелая авария с выбросом нефти из скважины продолжительностью около 3 суток. Для установления контроля над аварийной скважиной потребуется специальное оборудование. Управление экологическими рисками в данной зоне должно учитывать такую интенсивность аварийных выбросов и принять меры по управлению ими. При этом необходимо обязательно учесть взаимное влияние сочетания техногенных рисков (аварийный выброс на каждой отдельной платформе) с экологическими рисками третьего рода (влияние аварийного выброса каждой отдельной платформы на экономические результаты остальных платформ с учетом влияния окружающей среды). Мексиканский залив кажется далекой зоной от берегов России, но точно такие же проблемы возникнут и при управлении зоной добычи нефти со дна моря на шельфе Восточного Сахалина (проект «Сахалин-2»), где проектная оценка частоты аварийных выбросов составляет от 1 до 5 на каждую тысячу скважин в год.

Яркой особенностью современного сектора власти является наличие территориальных границ ее компетенции. Экологические опасности, также имеющие площадной характер, могут не совпадать с территориальным делением власти. Наиболее крупным объектом власти на современном этапе является государство. Если экологическая опасность конкретного вида угрожает территории более одного государства, то говорят о трансграничной экологи-

ронментальной опасности. Управление рисками, связанными с такой опасностью, в каждом государстве будет определяться своими правилами. Более того, эти риски в рассматриваемых государствах могут оцениваться различными методами и иметь различные численные значения. В таких случаях возникает международный аспект управления энвиронментальными рисками. Обычно для этого используют механизм международных договоров, международных конвенций, двухсторонних соглашений и т.п. С помощью этих механизмов устанавливается межгосударственный механизм управления энвиронментальными рисками, который в обязательном порядке отражается в национальных законодательствах. Таким образом гармонизируются национальные законодательства в области конкретного энвиронментального риска.

Примером управления глобальными энвиронментальными климатическими рисками, связанными с потеплением климата, является Киотский протокол. В рамках этого нового международного соглашения были приняты обязательства государств-участников принять меры по ограничению и сокращению антропогенных выбросов парниковых газов. В работе конференции приняло участие 160 стран. Конференция приняла за аксиому предположение, что сокращение выбросов таких газов, прежде всего углекислого газа, может предотвратить потепление климата. Основные положения Киотского протокола сводятся к следующему:

- устанавливаются предельные суммарные совокупные антропогенные выбросы парниковых газов для каждой страны;
- разрешается продавать и приобретать единицы сокращения выбросов парниковых газов, полученные в результате проектов, направленных на сокращение их выбросов или их поглощение в любом секторе экономики;
- любая страна, ратифицировавшая Протокол, может участвовать в прямой коммерческой переуступке своих прав на выбросы парниковых газов для целей выполнения своих обязательств;
- Протокол позволяет осуществлять проекты на территориях стран, не участвующих в данном соглашении, с зачетом в своих обязательствах результатов сокращения выбросов парниковых газов, достигнутых в результате осуществления этих проектов;

— страна может накапливать квоты, если в тот или иной промежуток времени выбросы парниковых газов на ее территории были меньше установленной нормы.

Таким образом, в качестве метода управления энвиронментальными рисками, связанными с потеплением климата из-за антропогенных выбросов парниковых газов, выбран экономический механизм квотирования выбросов по странам-участникам с правом продажи и накопления квот. Введение Киотского протокола в действие потребует определенного времени. Ведущие российские ученые высказываются за участие России в Киотском протоколе, хотя существуют и не менее авторитетные противники этого процесса.

Если территория проявления энвиронментальной опасности первого рода находится в пределах одного государства, то основные методы управления соответствующим энвиронментальным риском на таком уровне определяются национальным законодательством с учетом разграничения полномочий различных органов власти на территории государства. Учитывая, что в России существует несколько уровней власти, можно говорить о системе управления энвиронментальными рисками в рамках компетенции каждого из этих уровней. Следовательно, самым главным способом управления энвиронментальными рисками всех родов является репрессивный метод, основанный на установлении свода правил, направленных на их уменьшение и поддержание на определенном уровне. Такие правила в России должны устанавливаться на всех уровнях власти, в пределах их компетенции. Следует отметить, что само понятие риска еще не включено в систему территориального управления экономической деятельностью в России.

Отметим, что правила игры, определяющие систему управления энвиронментальными рисками со стороны сектора власти, являются мощным стимулирующим или угнетающим фактором развития экономики на данной территории. Гельмут Коль, еще будучи федеральным канцлером ФРГ, заявил, что если и дальше в Германии будут действовать такие строгие природоохранные законы в отношении строительства дорог, то зайцы в Германии будут, а новых дорог — нет.

В России до недавнего времени также существовали очень строгие природоохранные законы. Некоторые их считали самыми строгими в мире. Они не были ориентированы на спекулятивные

риски и основывались на доктрине абсолютной безопасности. Времена изменились. В эпоху переходной экономики существует и переходное природоохранное законодательство. Для него характерно быстрое изменение в направлении внедрения методов управления экономической деятельностью территорий, основанных на учете шансов и рисков. Эти методы основаны на доктрине приемлемого риска. Уровень приемлемого энвиронментального риска для стран с переходной экономикой может быть выше, чем для развитых стран. В этом случае они становятся привлекательными с точки зрения инвесторов, а также получают дополнительные шансы за счет более рискованных экономических проектов. Можно сказать, что в таких условиях в страну приходят более рискованные инвесторы. Обратной стороной является повышение уровня энвиронментальных рисков, в том числе и связанных с крупными катастрофами.

В последнее время мнения ученых по поводу приемлемого уровня энвиронментальных рисков для России резко разделились. Ученые старой школы считают, что в настоящее время энвиронментальные риски достигли неприемлемых уровней и ссылаются на аналогичные уровни в промышленно развитых странах. Другие ученые с пониманием относятся к временной необходимости повышенного уровня энвиронментальных рисков в эпоху переходной экономики. Правительство и законодатели, по-видимому, склонны более доверять и прислушиваться к рекомендациям более толерантных к риску специалистов.

В этих условиях, по-видимому, уклонение от рисков не будет приветствоваться в качестве метода управления энвиронментальными рисками всех родов. Методы уменьшения энвиронментальных рисков за счет введения защитных систем и мероприятий уже на стадиях замыслов и проектирования будут смещаться в сторону упрощения и удешевления. Наибольшее распространение на стадии замысла получает диверсификация, которая помогает отвергнуть очевидно неправильные и абсурдные проекты. Диверсификация экономической деятельности вообще становится приоритетным методом уменьшения рисков. Такое направление развития экономической деятельности, в том числе и в области энвиронментальных рисков, оказывается неожиданным и неприемлемым для ЛПР старой школы. Шанс получают ЛПР со склонностью к риску.

Результатом такого развития российской экономики станет и уже становится увеличение в стране числа экономических проектов с повышенными энвиронментальными рисками всех родов. Очевидно, что из-за повышенных рисков эти проекты должны иметь быструю окупаемость и элементы сверхприбыли. Репрессивные методы управления энвиронментальными рисками в отношении таких проектов будут максимально ослаблены как в законодательном плане, так и в плане надзора и контроля. В связи с существующим уровнем цен на нефть и газ именно эти сырьевые секторы экономики дают максимальное число таких проектов. Сверхприбыли от продажи нефти таковы, что количество игроков в этих секторах, склонных к риску, просто огромно. Предлагаемые проекты связаны в основном с построением новых путей транспортировки российской нефти на западные рынки (Европа и США). Эти проекты конкурируют между собой не по уменьшению энвиронментальных рисков, а по путям транспортировки и экономическим выгодам для конкретных финансово-промышленных групп в этом секторе.

На национальном рынке в последнее время сверхприбыльные проекты связаны со строительством новых объектов в мегаполисах (Москва, Санкт-Петербург, Екатеринбург, Новосибирск и др.). Для упрощения запуска этих проектов предприниматели и власти идут на повышенный уровень энвиронментальных рисков, снижая требования к предварительным изыскательским работам. В результате строительство новых объектов зачастую ведется на слабых грунтах с использованием не апробированных строительных технологий. Катастрофа в комплексе «Трансвааль» (Москва, 2004), сопровождавшаяся гибелью десятков людей и огромным экономическим ущербом, явилась следствием такой политики в области энвиронментальных рисков. Важно отметить, что такая политика в значительной степени определяется уровнем местной власти.

В промышленно развитых странах под давлением общественности на практике репрессивные методы используются для снижения энвиронментальных рисков. Примером эффективного применения репрессивного законодательства для управления энвиронментальными рисками третьего рода, связанными с аварийными разливами нефти с морских танкеров, является практика последних десятилетий в США. В 1989 г. у берегов Аляски потерпел аварию танкер «Эксон Валдез». В море вылилось около 40 тыс. т. нефти.

Произошла крупнейшая в истории США экологическая катастрофа. В качестве меры наказания Верховный суд оштрафовал компанию Эксон на 5 млрд. долл. США. Величина штрафа явилась серьезным предупреждением нефтяным компаниям, осуществляющим перевозку нефти морскими путями в водах США. Более того, в 1990 г. с целью исключения предпосылок подобных катастроф в США под давлением общественности был принят закон о загрязнении нефтью (Oil Polluting Act, 1990). В соответствии с этим законом каждый перевозчик, осуществляющий перевозку в водах США, должен, среди прочих превентивных мер, внести 1 млрд. долл. США в специальный страховой фонд. Закон возымел потрясающее воздействие на аварийные разливы нефти с танкеров в водах США. Если в 1990 г. таких разливов было зарегистрировано в объеме 23 тыс. тонн, то в 1999 г. – только 1 тыс. т. Российские специалисты по охране природной среды и экологии из различных общественных организаций неоднократно предлагали властям в России пойти по этому пути, однако это предложение было молчаливо отвергнуто.

В условиях повышенных экологических рисков упор делается на методы борьбы с последствиями негативных событий как основного способа управления такими рисками. Создаются новые аварийно-спасательные службы с современным специальным оборудованием. Усиливаются и структуры МЧС, ориентированные на участие в таких операциях. Эти же меры предпринимаются в качестве способа управления техногенными рисками на этих объектах, так что убиваются два зайца одним выстрелом. Правда история предыдущих экологических катастроф показывает, что эффективность таких мер сильно зависит от погодных условий и синергетики других факторов риска.

В проектах с повышенными экологическими рисками происходит значительная поляризация субъектов риска. Для некоторых из них экологические риски становятся чистыми и весьма значительными. Они будут делать все, чтобы уйти от них. Примером является ситуация между Россией и Финляндией в отношении проекта Балтийской трубопроводной системы (БТС), включая нефтеналивной порт Приморск. Первоначально существовал план, чтобы БТС оканчивалась в Финляндии, а в качестве нефтеналивного порта использовался Порвоо. При обсуждении такого варианта проекта (увеличение объемов транспортировки россий-

ской нефти на западные рынки по акватории Балтийского моря и Финского залива) Финляндия относилась к экологическим рискам как к спекулятивным, оценивала их положительно и не поднимала вопросы об экологическом обеспечении проекта. На какой-то стадии российское правительство приняло решение о строительстве нового нефтеналивного порта в г. Приморске и отказе от порта Порвоо вообще. Это мотивировалось нежеланием сменить зависимость от прибалтийских портов на зависимость от финских портов. Теперь экологические риски увеличения объемов транспортировки российской нефти по Финскому заливу стали для финской стороны чистыми рисками. Естественно, что финская сторона прилагает огромные усилия по уменьшению этих рисков, т.е. по обременению этого проекта для российской стороны различными защитными мероприятиями. Расходы по осуществлению этих защитных мероприятий должны лечь на российскую сторону и существенно снизить рентабельность проекта. Финской стороне удалось целенаправленно добиться в июле 2004 г. признания Балтийского моря и Финского залива так называемой особо чувствительной морской зоной (ОЧМЗ), в английском варианте Particularly Sensitive Sea Area (PSSA). Этот статус присваивается международной морской организацией (ИМО) и существенно ограничивает для таких акваторий правила морского судоходства, принятые для свободного моря. В частности, все детали судоходства в этой зоне должны согласовываться с государствами вокруг этой зоны. Теперь хочешь – не хочешь, России придется обсуждать экологические риски, связанные с увеличением объемов перевозки российской нефти по Балтийскому морю и Финскому заливу. Причем уже не только с Финляндией, а со всеми заинтересованными прибалтийскими государствами. А они все захотят перевести свои чистые экологические риски, связанные с этим проектом, в спекулятивные. Рентабельность проекта может существенно снизиться, а с падением цен на нефть в будущем и вовсе стать отрицательной. Все время, пока шло обсуждение экологических рисков, связанных с этим проектом в различных странах Прибалтики, российская сторона игнорировала эти обсуждения или ограничивалась обвинениями оппонентов в предвзятости. Рисками, связанными с объявлением Балтийского моря особо чувствительной морской зоной, никто не занимался.

Компенсационные методы управления энвиронментальными рисками первого рода в России строятся на основе индивидуально-го страхования от убытков, связанных с некоторыми опасными явлениями природы. В отношении энвиронментальных рисков третьего рода для опасных промышленных объектов в России предусмотрено обязательное экологическое страхование. Существует и добровольное экологическое страхование, но оно пока не нашло широкого применения. Предприятия просто не собираются платить за нанесенный ущерб, нанесенный третьим лицам, в результате аварий при участии энвиронментальных факторов. Этому способствует то обстоятельство, что большинство опасных в энвиронментальном отношении предприятий являются убыточными и с них практически нечего взять. Энвиронментальные риски второго рода в России вообще не страхуются, хотя предприятия несут реальные убытки от инцидентов в штатном режиме. По данным некоторых исследователей, стоимость ликвидации энвиронментальных инцидентов на 3–4% покрывается владельцами-виновниками, на 10–15 % государством, а остальное остается непокрытым.

В международной практике проводятся обширные исследования по компенсационным механизмам управления энвиронментальными рисками. В качестве примера можно привести исследования по компенсации загрязнения морских объектов разливами нефти с танкеров. На основании базы данных Международного фонда компенсации загрязнения нефтью оценка осредненного ущерба от разлива нефти в море составила 50 тыс. долл. США за 1 м². Указанная сумма была получена с учетом четырех составляющих:

- ущерб природной среде;
- затраты на ликвидацию последствий разлива;
- потери третьих лиц;
- стоимость потерянного нефтепродукта.

Анализ затрат на очистку 26 нефтяных разливов, происшедших в течение 80-х годов в различных странах, выполненный в присутствии представителей Международной федерации владельцев танкеров по борьбе с нефтяными разливами (ИТОРФ), показал, что эти затраты варьируются от 71 до 21000 долл. США на 1 т. При этом среднемировая величина составила 3830 долл. США на 1 т. Естественно, что с течением времени эти статистические величины изменяются, поэтому исследования по компенсации энвиронментальных

рисков ведутся постоянно усилиями специализированных организаций и компаний.

Для осуществления управления энвиронментальными рисками необходимо знать время реализации соответствующих опасностей и время влияния последствий негативных событий. Особенно важно это знать для организации методов борьбы с последствиями негативных событий. С этой точки зрения большинство энвиронментальных опасностей первого рода, связанных с опасными явлениями природы, относятся к быстрым процессам. Иногда их считают одномоментными событиями и пренебрегают временем их течения. В таком случае событием не пытаются управлять во время его реализации, а только борются с его последствиями. К таким процессам относятся:

- землетрясения;
- лавины;
- оползни;
- сели;
- быстрые наводнения;
- цунами;
- иные опасные явления природы.

Для быстропротекающих опасных явлений природы в качестве метода управления используется прогноз этого явления с последующим принятием превентивных мер уменьшения ущерба. Подобные же методы управления используются для погодных и климатических энвиронментальных рисков первого рода. Для большинства опасных явлений природы существующие методы прогноза дают недостаточно точные результаты, и пользователь информации оказывается перед дилеммой: применять или не применять защитные мероприятия при положительном прогнозе о появлении опасного явления природы. У него существуют три возможные стратегии в этом отношении:

- никогда не применять защитные мероприятия;
- всегда применять защитные мероприятия;
- применять защитные мероприятия выборочно, ориентируясь на интуицию или дополнительную информацию.

Существующие методы прогнозов опасных явлений природы разрабатываются в различных разделах гидрометеорологии, геофизики, геологии и ряда смежных наук, включая астрономию и космологию.

Естественно, что никто из ЛПР не обладает достаточными знаниями, чтобы квалифицированно судить о качестве этих прогнозов.

Для медленно протекающих опасных явлений природы уже на стадии развития этих явлений возможно принятие мер быстрого реагирования: эвакуация населения и имущества, остановка и консервация предприятий, установка дополнительных защитных сооружений. К таким явлениям относятся:

- медленные наводнения на обширных территориях;
- пучения;
- переработка берегов морей и водохранилищ;
- подтопление территорий;
- эрозия плоскостная и овражная;
- эрозия речная;
- засухи;
- иные медленные опасные явления природы.

Управление методами борьбы с такими опасными явлениями обычно осуществляется создаваемым специально оперативным штабом, состоящим из представителей органов власти пораженной территории, заинтересованных экономических субъектов, органов гражданской обороны. Для оперативного управления желательно использование заранее разработанных планов, основанных на районировании территории по энвиронментальным рискам.

При рассмотрении практических аспектов управления энвиронментальными рисками важное внимание уделяется стратегии поведения ЛПР в этой области. Основная масса ЛПР в области энвиронментальных рисков находится в рамках процессо-ориентированного подхода принятия решения и скована различными внутренними регламентами. Это обстоятельство необходимо учитывать при разработке мероприятий по управлению энвиронментальными рисками. В частности, внутренний регламент может вообще не предусматривать управление энвиронментальными рисками и как бы игнорировать их существование. В таких условиях большинство ЛПР вообще лишены возможности управления энвиронментальными рисками на своем уровне. Необходимо делегирование таких возможностей на самый низкий уровень ЛПР. Такое делегирование должно предполагать передачу как функций управления, так и необходимых ресурсов.

Высшему менеджменту территориальных властей и технических предприятий доступен уровень оперативных и стратегических решений в области экологических рисков. При этом оперативный уровень управления в гораздо меньшей степени регламентирован, чем для ЛПР более низкого уровня. Это накладывает на ЛПР высшего уровня значительную ответственность в данной области управления рисками. Особенно большая нагрузка появляется в случае реализации экологических рисков третьего рода.

Взаимодействие ЛПР различного уровня при управлении экологическими рисками является самостоятельным фактором риска. Отсутствие такого взаимодействия может привести к увеличению экологических рисков на рассматриваемой территории. Особенно важно межведомственное взаимодействие ЛПР, например из коммерческого сектора и сектора власти.

При выработке стратегических управляющих решений в области экологических рисков ЛПР широко используют все методы: формальный анализ, метод аналогий, включая бутстреппинг, экспертные оценки. Преимущественное использование того или иного метода определяется либо предпочтениями ЛПР, либо особенностями технического объекта, например его инновационным характером и отсутствием аналогов. Однако отличительной чертой даже стратегических решений в области управления экологическими рисками является настроенность ЛПР на законодательно закреплённые нормы оценки рисков и опасностей. Так как в законодательном плане оценка экологических рисков не являлась обязательной, то для большинства технических объектов и систем в России она сейчас отсутствует. Основной особенностью даже стратегического управления экологическими рисками в России на современном этапе является практически полное отсутствие оценок экологических рисков для большинства технических предприятий. Необходим переходный период, когда оценки безопасности предприятий будут заменены оценками связанных с ними экологических рисков.

Формальные методы анализа экологических рисков должны быть выполнены в ближайшее время для большинства экономических объектов в России. Затруднения в данном направлении связаны не с отсутствием необходимых методов, а с отсутствием финансирования работ в данном направлении.

Методы аналогий предполагают изучение чужого и собственного более раннего опыта и использование результатов в принятии решения. Поскольку отечественный опыт управления экологическими рисками отсутствует, то бутстреппинг мало применим и остается освоение зарубежного опыта в этой области.

Экспертные оценки в области управления экологическими рисками являются мощным методом выработки стратегических решений. Эксперт пользуется своим опытом и профессиональной интуицией. Чтобы свести к минимуму ошибки или просто исключить неверные решения, применяются методы квалификации экспертов, сравнение экспертных оценок. С помощью данного метода могут приниматься решения в области экологических рисков, не укладывающиеся в схему баланса «затраты - выгоды», например, при обсуждении экологических рисков с различными слоями населения.

Необходимо рассмотреть такое направление управления экологическими рисками, как система управления окружающей средой на предприятии. Это направление в современном виде зародилось в промышленно развитых странах как ответ на обеспокоенность населения и общественных организаций состоянием окружающей среды в этих странах. К началу 90-х годов общественность Европы потребовала от промышленности занять активную позицию в области охраны окружающей среды и обеспечения безопасности этой среды. Ответом явились разработки ряда стандартов в европейских странах, устанавливающих правила управления качеством окружающей среды в составе общего управления промышленным предприятием. Завершение этих усилий нашло отражение в виде международных стандартов управления окружающей средой на предприятии ИСО 14000. Стандарты ИСО серии 14000 по своему содержанию соответствуют современному состоянию мировой системы хозяйствования и разделяют общие принципы системы управления со стандартами ИСО серии 9000. Цель введения стандартов ИСО 14000 состоит в том, чтобы поддержать меры по охране окружающей среды, по предотвращению ее загрязнения при сохранении баланса с социально-экономическими потребностями. При этом предприятие может в качестве базисной модели выбрать систему управления предприятием, разработанную в соответствии со стандартами ИСО серии 9000.

В конце 90-х годов в России были введены Государственные стандарты РФ ГОСТ Р ИСО 14001-98 и ГОСТ Р ИСО 14004-98, основанные на международных стандартах ИСО 14001 и ИСО 14004. Эти стандарты устанавливают основные требования к системе управления окружающей средой любой организации. В дальнейшем в рамках этого направления был введен еще целый ряд государственных стандартов серии 14000. Часть из них посвящена оценкам жизненного цикла продукции предприятий в связи с управлением окружающей средой, а часть — проблемам оценки воздействия предприятия на окружающую среду в рамках управления окружающей средой.

В соответствии с принятой практикой все вопросы управления окружающей средой в России, да и в ряде европейских стран, относятся к области экологии. Поэтому в принятых российских стандартах серии 14000 используются соответствующие термины: экологическая политика предприятия, экологическая декларация, экологический аудит, экологическая маркировка. Таким образом, название и цели стандартов находятся в противоречии с используемой в них формулировкой. Происходит подмена понятия окружающая среда (*environment*) понятием экология (*ecology*). Это явление получило настолько распространенный характер, что бороться с ним стало трудно. Для предприятий это весьма удобно, поскольку методами управления окружающей средой достигаются задачи экологического управления предприятием, хотя это и не декларируется в названии стандартов. Общественность должна быть успокоена. На самом деле никакими экосистемами никто не управляет.

Стандарт ИСО 14001 устанавливает требования к системе управления окружающей средой в целях оказания помощи организации в определении ее политики с учетом требований существующих природоохранных законов, а также данных о значительных воздействиях на окружающую среду. Он применим к тем экологическим показателям, которые организация может контролировать самостоятельно и оказывать на них влияние. Таким образом, стандарт неявно декларирует введение системы самостоятельного контроля энвиронментальных или экологических параметров окружающей среды, на которые организация может оказывать влияние. Естественно, что это ведет к удорожанию продукции этого предприятия.

Стандарт ИСО 14001 может применяться в любой организации, которая желает:

- внедрить, поддерживать и улучшать систему управления окружающей средой;
- убедиться в соответствии своей политики заявленным целям;
- продемонстрировать это соответствие внешним участникам экономической деятельности;
- добиться сертификации (регистрации) внешней уполномоченной организацией своей системы управления окружающей средой.

В современных условиях западные банки при выдаче кредита промышленному предприятию обычно требуют сертификат о внедрении на нем системы управления окружающей средой в соответствии со стандартом ИСО 14001. Такие сертификаты выдают различные авторитетные организации. Пример, такого сертификата, полученный ОАО «АК «Транснефть» от немецкой компании DQS GmbH, приведен в приложении.

На рис. 5.1 изображена модель системы управления окружающей средой согласно стандарту ИСО 14001.

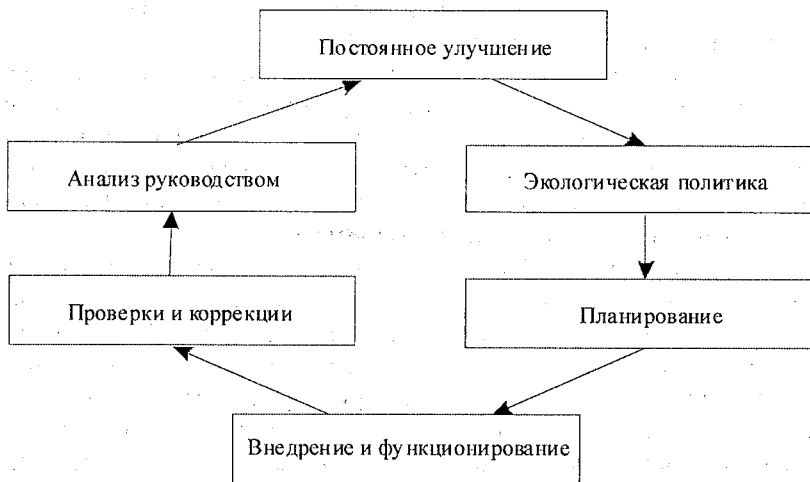


Рис. 5.1. Модель управления системы управления окружающей средой согласно стандарту ИСО 14001

Для риск-менеджеров стандарты серии ИСО 14000, на первый взгляд, мало что дают, поскольку в них прямо нигде не закладыва-

ется использование теории рисков в системе управления окружающей средой на предприятиях. Однако в них допускается неявно такая возможность, поскольку экологическая политика (читай политика в области управления энвиронментальными рисками) выбирается самим предприятием с учетом особенностей своего функционирования. Если предприятие в общей системе управления использует риск-менеджмент, то и в составе системы управления окружающей средой оно также может использовать принципы управления риском. Это открывает широкие возможности использования перечисленных выше принципов управления риском в управлении энвиронментальными рисками конкретного предприятия.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается различие между энвиронментальными и экологическими рисками?
2. Как классифицируются энвиронментальные опасности и риски?
3. В чем опасности потепления климата для России?
4. Кто является субъектами энвиронментальных рисков?
5. Каковы методы оценки энвиронментальных рисков?
6. В чем состоит управление энвиронментальными рисками?
7. В чем состоит своеобразие управления энвиронментальными рисками в России на современном этапе развития экономики?
8. Каковы международные аспекты управления энвиронментальными рисками?

Глава 6.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ

Как отмечалось в 5.1, к экологическим рискам в рамках настоящего пособия, относятся риски, связанные с взаимодействием экономической деятельности и экосистем или их отдельных частей. В рамках экологических рисков отдельно рассматриваются риски, связанные жизнью и здоровьем человека.

Важно понимать, что экономическая деятельность может быть связана с экологическими опасностями через короткие и длинные цепочки опасностей различного типа, вида и рода. Эти взаимосвязанные цепочки опасностей образуют взаимосвязанные цепочки рисков. Однако в целях управления конечным риском, например, экологическим, весьма полезно знать все предыдущие звенья цепочки рисков и уметь управлять этими рисками. Экологические опасности обычно оказываются в числе последних в цепочках опасностей. Им предшествуют техногенные и энвиронментальные опасности, которые были рассмотрены в главах 3 и 4 соответственно. Такое строение цепочек опасностей обусловило и порядок их рассмотрения в данном пособии.

6.1. Источники экологических рисков

В процессе экономической деятельности человек неизбежно взаимодействует не только с неживой природой, но и с живыми организмами. Это взаимодействие можно рассматривать в различных аспектах. Например, в экологии такое взаимодействие рассматривают на видовом уровне. Основной единицей в экологии является не отдельная особь, а их популяция. Популяция животных – с одной стороны, а кто же с другой: человек, экономический объект или популяция людей, проживающих на этой территории? С экологической точки зрения люди также должны рассматриваться на уровне популяции, занимающей общую территорию с проживающими на ней биологическими видами живых организмов. Однако в экономике таксономической единицей является хозяйствующий субъект. Это может быть любое физическое или юридическое лицо. Все риски, являясь экономической категорией, рассматриваются относительно экономического субъекта. Следовательно, в рамках экологических рисков рассматриваются опасности, возникающие при взаи-

модействии экономических субъектов и сосуществующих с ним экосистем. В такой постановке осуществляется взаимодействие следующего вида: «экономический субъект — окружающая среда — экосистемы». Взаимодействие осуществляется на территории влияния экономического субъекта. Под ней понимается такая территория, на которой прослеживаются изменения в окружающей среде и экосистемах, существовавших до него. Если на территории влияния экономического субъекта имеются другие экономические субъекты со своими территориями влияния, то возникает взаимодействие между ними, в том числе через окружающую среду и экосистемы, существующие на общей для всех территории.

Несколько слов о территории влияния экономического субъекта. Большинство экономических субъектов функционируют на весьма ограниченных территориях, размеры которых много меньше окружающих экосистем, обусловленных особенностями рельефа местности. Для таких экономических объектов, говорят, важно правильно вписаться в существующий природный ландшафт с минимальными противоречиями с существующими экосистемами. Однако существуют крупные экономические объекты, пересекающие значительные территории, требующие изменения ландшафтов при строительстве и влияющие на него в процессе эксплуатации. Они существенно нарушают сложившиеся на этих ландшафтах экосистемы, увеличивают связанность процессов, происходящих на огромных территориях. Примером могут служить автомобильные и железные дороги, нефтепроводы, морские пути транспортировки, линии электропередачи, крупные металлургические и горнодобывающие комплексы, поля добычи нефти, сельскохозяйственные угодья, лесное хозяйство и т.п. Такие объекты оказывают свое изменяющее влияние на окружающую среду (ландшафт) и существующие экосистемы на огромных пространствах. Обычным следствием появления таких объектов оказываются явления, которые некоторые экологи называют ранами Земли. Вот некоторые проявления таких ран:

- скальпированный верхний слой почв со всей жизнью, расположенной в ней;
- залитые нефтью безжизненные земли вдоль нефтепроводов;
- залитые нефтью побережья вдоль морских путей транспортировки нефти

- отравленные поверхностные воды в местах горной добычи, добычи нефти;
- хвостохранилища и шламохранилища;
- затопление территорий в процессе строительства гидросооружений;
- кислотные дожди;
- загрязнение воздуха на огромных территориях.

Явления негативных изменений природной среды имеют глобальный характер, обусловленный наличием многих регионов экологического неблагополучия. Практически все эти негативные изменения имеют энвиронментальную обусловленность с экологическими последствиями. Человек изменяет ландшафт и физико-химические свойства окружающей среды, а экосистемы вынуждены адаптироваться к этим изменениям.

Взаимодействие экономического субъекта с существующими на их общей территории экосистемами осуществляется в различных направлениях. Часть этих взаимодействий имеет негативные последствия различного вида, приводящие к особым ущербам. Источники таких ущербов можно назвать экологическими опасностями.

Часть экологических опасностей связана с воздействием экосистем или их отдельных частей на экономический субъект. Примером являются нашествия саранчи, колорадского жука, орнитологические инциденты в аэропортах и т.п. Назовем их экологическими опасностями первого рода. На уровне жизни и здоровья человека к таким экологическим опасностям и рискам относятся заболевания, связанные с влиянием живых организмов (вирусы, бактерии, внешние и внутренние паразиты), укусы змей и ядовитых насекомых, травмы и гибель от крупных животных. Большой ущерб экономическим субъектам наносят грызуны. Часть собственности экономических субъектов составляют живые организмы (сельскохозяйственные растения, домашний скот, домашние животные). Они также взаимодействуют с экосистемами и их отдельными частями и могут испытывать негативные последствия в виде заболеваний, гибели, как на уровне особей, так и на уровне биологического вида.

Заметим, что в современной практике экологических и природоохранных мероприятий экологические опасности первого рода обычно выпадают из поля зрения управляющих структур. Многие ЛПР забывают, что человека и экономическую деятельность прихо-

дится защищать от природы, а не только наоборот. Дело доходит до парадоксов. В странах третьего мира человек часто ведет войну с природой, защищая свою экономическую деятельность от диких крупных животных (львов, тигров, слонов). Широкую известность получила война крестьян на Суматре (Индонезия) с нападавшими на них тиграми. Причиной войны послужило расширение сельскохозяйственных угодий, в результате чего произошло вторжение на территорию тигров. Взаимные потери определялись десятками. В процессе такой войны человеку приходится защищаться и убивать крупных животных. Однако в западных странах распространено мнение, что именно люди совершают экологическое преступление и необходимо вмешательство с целью запрета таких убийств. Правда, западные исследователи, прожившие в этих странах более долгое время и сумевшие понять население тех мест, уже не так категорично говорят о необходимости защиты именно животных. Конечно, необходимо отличать войну крестьян с тиграми, от браконьерской охоты на тигров с целью наживы.

В процессе взаимодействия экономического субъекта с живой природой, т.е. с окружающими экосистемами, не являющимися его собственностью, он может сам негативно влиять на них. Это влияние может быть прямым, направленным прямо на живую природу (охота, собирательство, рыбная ловля, промысел животных) или косвенным, через негативное изменение окружающей среды.

Прямые негативные влияния на живые организмы приводят к прямым экологическим опасностям второго рода. Они связаны с чрезмерной нагрузкой на живые ресурсы, потребляемые человеком. Известно, что первый экологический кризис на планете был связан именно с истреблением первобытным человеком крупных животных в процессе охоты. Этот кризис известен под названием кризиса охотников и собирателей. Он привел к появлению животноводства и сельского хозяйства. И в современную эпоху прямые экологические опасности второго рода являются актуальными. Это особенно связано с совершенствованием орудий охоты, лова и собирательства. В результате прямых экологических опасностей второго рода исчезли многочисленные промысловые виды животных, рыб, морских организмов, растений. Особенно эти опасности сильны в промышленно неразвитых районах, а также в зонах промысла рыбы и морских организмов.

Для России эти опасности кажутся незначительными, но это не так. Примером могут служить рыбные и морские биологические ресурсы в наших экономических водах, которые в настоящее время усиленно добываются и поставляются на мировой рынок. Следствием прямых экологических опасностей второго рода является истощение биологических ресурсов, изменение их видового состава. В экономическом плане эти следствия являются источником потенциальных ущербов, т.е. рисков. Для образования этих ущербов нет необходимости в применении законодательства.

Технические объекты могут негативно влиять на экосистемы, функционируя в штатном режиме, а также в результате различных инцидентов, аварий и катастроф. По аналогии с энвиронментальными опасностями второго и третьего рода можно говорить о косвенных экологических опасностях второго и третьего рода, связанных с энвиронментальными опасностями второго и третьего рода. Для различных субъектов риска эти опасности могут носить прямой или косвенный характер. Косвенные потенциальные ущербы связаны с применением законодательных норм, а прямые – с фактическими убытками без применения законодательства.

В результате этих опасностей могут погибать и болеть отдельные особи живых организмов, принадлежащих различным видам, сокращаться популяции живых организмов и перестраиваться видовой состав этих экосистем. Можно говорить о потенциальном ущербе, который экономический субъект наносит живой природе на территории своего влияния. Однако, как отмечалось в 4.2, природа и экосистемы не являются субъектами риска, поскольку не являются субъектами экономической деятельности. Более того, наносимый природе ущерб любого вида не порождает риска у виновника этого ущерба до тех пор, пока отсутствует соответствующее репрессивное законодательство. Чтобы у виновника ущерба живой природе появился соответствующий экологический риск, необходима принадлежность этих экосистем другим владельцам и наличие репрессивного законодательства. Таким собственником может быть и государство, и частное лицо. В этом случае возникает ответственность перед третьими лицами в рамках национального законодательства. В случае нанесения экологического ущерба другому государству соответствующий риск определяется межгосударственными отношениями. Важно отметить, что на планете огромная часть

экосистем не является чьей-то собственностью, поскольку существует вне государственного деления мира. Наносимый этим экосистемам экологический ущерб со стороны экономических субъектов не является риском, ни для каких экономических субъектов, если не существует межгосударственных репрессивных соглашений.

Источником экологических опасностей второго рода являются в основном химические вещества, выделяемые в процессе штатного функционирования техническими объектами в окружающую среду, т.е. энвиронментальные опасности второго рода. Эти вещества поступают в неживую природу, переносятся в ней посредством гидрометеорологических и геологических процессов, растворяются, разбавляются, накапливаются, участвуют в химических реакциях, образуют новые химические вещества. В процессе своего перемещения исходные и вновь образованные химические вещества встречают различные живые организмы и воздействуют на них. По своему воздействию на живые организмы химические вещества подразделяются на следующие большие группы:

- биогенные вещества;
- микроэлементы;
- ксенобиотики;
- токсины.

Химические вещества из этих групп по-разному воздействуют на живые организмы. Биогенные вещества используются живыми организмами для построения своих тел. Они создают благоприятные условия для жизни, ведут к росту особей, популяций. Микроэлементы необходимы для правильного функционирования живых организмов, в нужных дозах они способствуют росту особей и популяций, а во вредных дозах вызывают их заболевания и повышение смертности. Ксенобиотики вызывают заболевания и повышение смертности. Токсины вызывают острые отравления, заболевания и гибель. Характер воздействия ксенобиотиков и токсинов на каждый вид живого организма зависит от концентрации и времени воздействия, которое называют временем экспозиции. Важным фактором также является способ воздействия: через защитные покровы, при дыхании, при приеме пищи и т.п. При воздействии химических веществ на живые организмы наблюдается эффект биоаккумуляции. Он проявляется в том, что в процессе жизнедеятельности организм накапливает в себе различные загрязняющие химические вещества,

в том числе ксенобиотического и токсического характера. По пищевым цепям эти вещества поступают на верхние уровни потребления, причем их концентрация с каждым уровнем возрастает. По пищевым цепям практически все химические вещества из окружающей среды попадают во все живые организмы, том числе и в человека.

Изучением воздействия различных химических веществ на живые организмы и человека занимается экотоксикология. Основным предметом ее исследований является установление зависимостей «доза – эффект», под которым понимается установление доли погибших и заболевших организмов конкретного вида при воздействии на экспериментальную группу исследуемого химического вещества в зависимости от концентрации, времени экспозиции и способа воздействия. Результаты таких исследований в виде так называемых экотоксикологических кривых публикуются в экотоксикологических справочниках и хранятся в специальных базах данных. Например, в базе данных Агентства по охране окружающей среды США EPA (Environment Protection Agency) хранятся экотоксикологические кривые примерно по 2600 химическим веществам при их воздействии на человека. Опасности, связанные с воздействием химических веществ на здоровье человека, часто так и называют: опасности здоровью. Мерой опасностей здоровью является риск здоровью. Методы оценки риска здоровью описаны в 6.3.

Определением экотоксикологических кривых для различных видов живых организмов, характерных для некоторых территорий, занимаются региональные экотоксикологические лаборатории. Использование экотоксикологических кривых позволяет более-менее обоснованно перейти от энвиронментальных опасностей второго рода к экологическим опасностям второго рода. Их можно также называть экотоксикологическими опасностями второго рода.

Таким же образом можно определить экологические опасности второго рода, связанные с воздействием различных физических полей, сопровождающих штатное функционирование технических систем, т.е. физических энвиронментальных опасностей второго рода: радиация, шум, электромагнитные излучения, световые поля и т.п. Можно сказать, что каждый из этих физических факторов может вызвать угнетение живых организмов, изменение их поведения. Для определения экологических опасностей второго рода, связанных с энвиронментальными опасностями второго рода физического

происхождения, необходимо выполнение специальных исследований. Например, в США выполнялись исследования влияния шума двигателей военных вертолетов на поведение лосей, в том числе в период их размножения. Особое место занимают экологически опасности второго рода, связанные с местоположением технических объектов при их штатном функционировании. Примером являются гидротехнические сооружения, перекрывающие пути миграции рыб; сельскохозяйственные поля, лишаящие естественных убежищ многие виды полевых животных; шоссейные дороги, перекрывающие пути перемещения животных. Наибольший ущерб биологическому виду возникает при разрушении убежищ и мест размножения.

Экологические опасности третьего рода связаны с энвиронментальными опасностями третьего рода, которые вызываются авариями и катастрофами технических систем, а также залповыми сбросами и выбросами токсических веществ. Эти сбросы и выбросы могут быть вызваны причинами непреодолимой силы, а могут инициироваться сиюминутными экономическими выгодами. Важно понимать, что экологические опасности обусловлены теми же экотоксикологическими кривыми, или кривыми зависимости от физических полей. Однако в этих условиях концентрации поражающих веществ и значения параметров физических полей могут многократно превосходить значения, характерные для энвиронментальных опасностей второго рода.

Существуют особые экологические опасности четвертого рода, когда потенциальный ущерб возникает в результате ухудшения параметров живой природы, косвенно влияющих на стоимость имущества и доходность бизнеса. Примером являются охотничьи хозяйства, объекты туризма, ориентированные на любителей животных. Другим примером являются парки и сады, наличие которых влияет на рыночную стоимость жилых строений вблизи них.

Выше указывалось, что экологические риски второго и третьего рода зависят от природоохранного законодательства. В различных странах такое законодательство имеет свои отличия. В России это законодательство объединено в различные кодексы и законы, касающиеся охраны природной среды и природопользования. В этом законодательстве нет слова экосистемы, а существуют термины общего характера: леса, воды, почвы, земли, недра, среда обитания и пути миграции животных, рыбные запасы, редкие животные и

растения, деревья, растения и лианы. Можно сказать, что экологические риски второго и третьего родов у экономических субъектов связаны с ущербами, наносимыми отдельным видам живой природы без учета их принадлежности экосистемам. Никакие отдельные экосистемы не являются объектом российского природоохранного законодательства. Вместе с тем, существует термин «особо охраняемые природные территории», на которых под охраной неявно находятся все существующие на этой территории экосистемы.

Отметим, что в отечественной практике энвиронментальные и экологические опасности и соответствующие риски обычно рассматриваются вместе под общим термином «экологические опасности» или риски. При этом не учитывается их различный механизм формирования, несовпадение законов развития и существования живой и неживой природы. Все это отрицательно сказывается на методах управления этими опасностями, а также приводит к методическим и понятийным разногласиям в такой междисциплинарной науке, как теория рисков.

6.2. Факторы экологических рисков

Для перевода источников экологических опасностей в факторы экологического риска необходимо провести дополнительные исследования, связанные с выделением субъектов риска и предметов риска, т.е. вектора потенциальных ущербов. В соответствии с предложенными в 6.1 группами экологических опасностей будем говорить об экологических рисках первого, второго, третьего и четвертого родов.

Экологические риски первого рода, обусловленные негативным влиянием экосистем и их отдельных частей на экономическую деятельность, могут воздействовать на субъекты риска во всех трех секторах общества:

- население;
- сектор власти;
- коммерческий сектор.

Вектор потенциальных ущербов от экологических рисков первого рода обычно включает:

- материальный ущерб в натуральных единицах;
- материальный ущерб в денежных единицах.

Особенно крупные экономические потери из-за таких экологических рисков связаны с нашествиями саранчи. В России существуют целые сельскохозяйственные провинции подверженные этому виду экологического риска.

Большой ущерб экономическим субъектам наносят грызуны. В древнем Египте грызуны съедали более половины хранящегося зерна. В современной России потери зерна при хранении из-за грызунов достигают одной трети. Грызуны перегрызают кабели электропитания, портят оборудование, являются переносчиками опасных заболеваний, в том числе и чумы. Городские и коммунальные хозяйства крупных городов несут колоссальные ущербы из-за грызунов. Вместе с тем, эти ущербы носят привычный характер и обычно не воспринимаются как угрозы.

Попадание птиц во взлетающие или садящиеся самолеты могут привести к крупным экономическим потерям и человеческим жертвам. Этому виду экологического риска первого рода подвержены даже самые крупные летательные аппараты. Так, в 1992 г. под Киевом разбился крупнейший в мире военно-транспортный самолет Ан-124 «Руслан», натовское наименование «Кондор». Этот самолет имеет полетную массу 392 т, грузоподъемность 120 т, среднюю стоимость 70 млн. долл. США. Причиной катастрофы стало попадание всего одной птицы в носовую обтекатель самолета при его взлете.

Часть собственности экономических субъектов составляют живые организмы (сельскохозяйственные растения, домашний скот, домашние животные). Они также взаимодействуют с экосистемами и их отдельными частями и могут испытывать негативные последствия в виде заболеваний и гибели как на уровне особей, так и на уровне биологического вида. Если эти последствия приводят к ущербам в экономической деятельности, то можно говорить о соответствующих экологических рисках первого рода. В сельском хозяйстве ущербы из-за нашествий вредных насекомых (колорадский жук, тля) и бактериальных заболеваний (фитофтора) измеряются колоссальными суммами. Крупные ущербы связаны с эпизоотиями (коровье бешенство, птичий грипп и т.п.).

В исключительных случаях, связанных с нашествиями крупных или ядовитых животных и насекомых, могут появляться летальные исходы, травмы и заболевания. Поэтому к экологическим рискам первого рода на уровне жизни и здоровья человека относятся забо-

левания, связанные с влиянием живых организмов (вирусы, бактерии, внешние и внутренние паразиты), укусы змей и ядовитых насекомых, травмы и гибель от крупных животных.

Особую группу экологических рисков первого рода в последнее время составляют генетически модифицированные сельскохозяйственные продукты (трансгенные продукты). Их появление связано с достижениями генной инженерии, направленной на придание сельскохозяйственным растениям новых свойств за счет пересадки им посторонних генов, в том числе животного происхождения. Трансгенные растения обладают повышенной устойчивостью к вредителям, засухе и иным негативным факторам. Однако некоторые специалисты считают, что употребление трансгенных продуктов в пищу человека может вызвать расстройства его иммунной системы и возникновение новых, неизвестных ранее заболеваний. Ряд специалистов требуют запретить использование трансгенных продуктов в пищу человека до получения результатов целенаправленных исследований по их риску для здоровья человека. При этом они ссылаются на практику внедрения новых медицинских препаратов, требующих таких исследований.

В последнее время появились новые источники экологических опасностей первого рода, связанные с многолетними полетами орбитальных космических станций. Ряд специалистов считает, что в условиях постоянного космического облучения на этих станциях могут появиться мутационные формы бактерий и микроорганизмов, для которых не существует естественных врагов на Земле. В качестве примера рассматривалась космическая орбитальная станция «Мир» существовавшая на орбите более десяти лет. При возвращении этих станций на землю часть таких бактерий может выжить и размножиться взрывным образом. Последствия такого размножения могут привести к экологической катастрофе планетарного или регионального масштаба в виде эпизоотий, эпидемий и пандемий. Можно сказать, что такие опасения имеют под собой реальную основу, поскольку выживаемость бактерий при экстремальных внешних условиях (температура, газовый состав атмосферы, давление и т.п.) поражает.

Бактериальные и грибковые экологические риски первого рода характерны не только для здоровья и жизни человека. Они могут

являться источником экономического ущерба для промышленных предприятий и зданий.

К крупным экономическим ущербам приводит поражение деревянных и бетонных зданий различными грибами и бактериями. На борьбу с этими видами экологических рисков первого рода в строительстве тратятся огромные средства.

К числу экологических рисков первого рода относится и коррозия металлических изделий, которая вызывается особым видом бактерий. Масштабы этого экологического риска первого рода являются глобальными для современного индустриального общества. Вместе с тем, только небольшое количество специалистов по коррозии склонны рассматривать данное явление с позиций биологических опасностей и относить ее к экологическим проявлениям последствий экономической деятельности. Если вдуматься, то человечество, изготавливая различные металлоизделия, тратит огромные ресурсы на кормление бактерий, вызывающих их коррозию.

Существуют и менее известные примеры бактериальных экологических рисков первого рода. Например, вентиляционные и климатизационные системы современных крупных отелей подвержены риску заражения особой бактерией - легионеллой, которая вызывает смертельное заболевание у жильцов в этих отелях (болезнь легионеров). Поражение таких систем этой бактерией вызывает экономические ущербы в гостиничном бизнесе, связанные с мероприятиями по переделке и обеззараживанию вентиляционных и климатизационных систем. Впервые это явление было обнаружено в 60-х годах XX в., когда в одном из отелей неизвестной болезнью, напоминающей воспаление легких, заболело большинство участников съезда Американского легиона. Для многих из них заболевание привело к летальному исходу. Вызвавшее это заболевание неизвестная до тех пор бактерия и была названа легионеллой, а само заболевание - болезнью легионеров. В конце двадцатого века, появилось сообщение, что большинство вентиляционных и климатизационных установок новых отелей во Франции оказалось зараженным легионеллой, что вызвало значительные экономические потери.

Образно говоря, человек в процессе экономической деятельности постоянно производит и возобновляет экологические ниши для огромного числа вредных организмов, а затем тратит колоссальные средства на борьбу с ними. Эти организмы составляют значительную

группу экологических рисков первого рода. Кстати говоря, вредными эти организмы являются только с точки зрения человека и его экономической деятельности. В природе они занимают соответствующие экологические ниши и выполняют свою роль, взаимодействуя с другими видами организмов в составе тех или иных экосистем.

В современных условиях по-новому выглядят экологические риски первого рода, связанные с вирусными заболеваниями, например гриппом. Полеты авиации сделали возможным перемещение колоссальных масс людей в короткие сроки на значительные расстояния. Это привело к тому, что эпидемии гриппа и связанные с ними ущербы стали практически регулярным явлением. Широко распространены и глобальные эпизоотии среди домашнего скота и птицы, обусловленные глобальным кругооборотом их мяса и кормов на основе мяса домашних животных.

Значительные экологические риски первого рода связаны с появлением новых вирусных организмов, против которых у людей, животных и растений нет иммунитета. Поражая организм хозяина на клеточном уровне, эти вирусы практически недоступны для воздействия лекарственных препаратов, а иммунная система хозяина с ними не справляется. Примером является вирус иммунодефицита человека. Можно ли ожидать ближайшее время появления иных новых вирусов? По-видимому, можно, поскольку неизвестно, откуда берутся и как мутируют вирусы вообще. Не исключено, что такие вирусы могут появиться и в результате целенаправленной деятельности по созданию биологического вирусного оружия.

Каждый источник экологической опасности первого рода можно рассматривать в качестве фактора соответствующего экологического риска первого рода. Для каждого фактора необходимо указать территорию его проявления, субъектов риска и их вектора потенциальных ущербов или предметы риска. Обычно проводят районирование территорий по частоте (вероятности) проявления каждого фактора экологического риска первого рода. Районирование учитывается при планировании экономической деятельности и мерах управления риском по каждому такому фактору. Эти же факторы должны учитываться органами власти при построении системы общего управления территориями. Коммерческий сектор и население также может учитывать наличие таких факторов риска и использовать доступные им методы управления своими экологическими

рисками первого рода. Для каждой территории существует свой ограниченный набор существенных экологических рисков первого рода. Чем больше площадь рассматриваемой территории, тем длиннее список таких рисков. Для экономических субъектов, занимающих обширные площади, целесообразно использовать субрайонирование своих территорий. Примерами могут являться государства, области, мегаполисы, крупные сельскохозяйственные предприятия, предприятия пищевой промышленности, транспортные системы, включая морские и речные порты, аэропорты.

Экологические риски второго рода связаны с экологическими опасностями, возникающими в процессе негативного воздействия на экосистемы в процессе нормальной экономической деятельности в штатном режиме. Как отмечалось выше, эти опасности разделяются на прямые и косвенные.

Прямые экологические риски второго рода связаны с потенциальными ущербами у различных субъектов риска из-за прямого негативного воздействия на живые организмы (избыточная охота, перелов рыб и морепродуктов, браконьерство и т.п.). Субъектом риска в таком случае является собственник живых ресурсов, который несет ущерб. Предметом риска обычно является экономический ущерб. Отметим, что с точки зрения экологии субъектом воздействия являются сами живые организмы, однако к ним понятие риска не применяется. Субъектом риска оказывается и экономический субъект, осуществляющий природопользование на уровне биологических ресурсов. Такие эксплуатирующие живые ресурсы предприятия часто оказываются вовлеченными в различные инциденты, где им инкриминируются различные нарушения установленных норм или механизмов эксплуатации живых ресурсов. В результате подобных инцидентов помимо штрафов и выплат может осуществляться конфискация орудий производства и добычи. Зачастую прямые экологические риски второго рода возникают у эксплуатирующих живые ресурсы предприятий из-за нечеткого законодательства и нормативной базы, а также различной трактовки предпринимаемых ими действий. Примером таких рисков являются ряд инцидентов на Дальнем Востоке России, когда ряд местных и центральных руководителей рыбохозяйственной отрасли был обвинен в нарушении существующего порядка выдачи и использования квот на вылов краба в научных целях. В результате существовавших разно-

чений нормативных актов было возбуждено несколько уголовных дел, арестован и осужден ряд руководителей. Затем дела были пересмотрены и все обвиняемые были оправданы, поскольку их действия были признаны не противоречащими существующим законам. Естественно, что у предприятий, участвующих в подобных инцидентах, наблюдаются незапланированные экономические потери на юридические процедуры, выплаты штрафов, взыскания доходов в пользу владельца ресурсов и т.п.

Прямые экологические риски второго рода существуют у любого физического или юридического лица в рамках действующего законодательства по охране живого мира. Нанесение намеренного или ненамеренного вреда попадающим под действие такого законодательства живым организмам (растения, птицы, животные и т.п.) влекут за собой предусмотренную законом ответственность, вплоть до уголовной.

Косвенные экологические риски второго рода обусловлены техническими объектами, изменяющими свойства окружающей среды в процессе своего штатного функционирования. Субъектом риска также является, в первую очередь, собственник живых ресурсов, а также непосредственно человек (население, технический персонал) на уровне жизни и здоровья. Сектор власти может оказаться субъектом риска, если ему приходится за счет своего бюджета предпринимать мероприятия по уменьшению косвенных экологических рисков второго рода. Субъектом риска также может являться загрязняющее среду предприятие. Однако для этого требуются, по крайней мере, два необходимых условия. Во-первых, должно существовать экологическое право, устанавливающее размер платежей и штрафов за косвенный ущерб чьим-то живым ресурсам или здоровью человека при функционировании предприятия в штатном режиме. Во-вторых, должна существовать правовая процедура, позволяющая установить, что в результате деятельности именно этого технического объекта, функционирующего в штатном режиме, был нанесен ущерб именно этим живым ресурсам или здоровью именно этих людей. В этом случае предметом риска будут величины платежей и штрафов за нанесение ущерба живым ресурсам или здоровью человека при функционировании предприятия в штатном режиме. Обычно на опасных для здоровья предприятиях компенсация за вредные условия работы техническому персоналу включается в

заработную плату в виде специальных надбавок и выводится за пределы понятия риска. Население может предъявлять иски к опасным предприятиям, доказывая, что они потеряли здоровье именно от этого предприятия, функционирующего в штатном режиме. Вообще говоря, эту же возможность имеют и работники предприятия даже в случае специальных надбавок за вредность, но их возможности обычно существенно ограничены действующим законодательством. В качестве примера можно указать ряд исков к энергетическим компаниям, эксплуатирующим мощные трансформаторы вблизи от жилых зданий. Истцы добиваются через суд многомиллионных компенсаций за смерть родственников от рака, возникшего, по их мнению, из-за этих трансформаторов и их близости к жилым зданиям. При этом сами трансформаторы установлены с соблюдением градостроительных норм и функционируют в штатном режиме. Суды идут несколько лет, решений еще нет, но энергетически компании уже несут ущерб из-за расходов на юридические процедуры. Кроме того, существует нематериальный ущерб в виде утраты или ухудшения имиджа этих компаний. Увеличиваются затраты на восстановление и поддержание приемлемого имиджа компании. Зачастую для определения ущерба живым ресурсам или здоровью людей в рамках косвенных экологических рисков второго рода выполняются специальные дополнительные исследования, в результате которых меняется взгляд на вредность производств, нормативы допустимых воздействий на экосистемы и человека. Для исправления выявленных несоответствий зачастую приходится выполнять экономически затратные мероприятия, которые также могут рассматриваться как предмет риска экономических субъектов. Например, в результате дополнительных исследований шумового поля вдоль некоторых улиц в Москве, выполненных по настоянию жильцов этих улиц, было определено нарушение санитарных норм по шуму, хотя проектирование расширения потока транспорта по этим дорогам было выполнено надлежащим образом. Было обнаружено, что предусмотренные проектами шумовые барьеры оказались недостаточно эффективными и не обеспечили фактически соблюдение санитарных норм по шуму. В качестве меры исправления создавшегося положения правительству Москвы пришлось установить дополнительные шумовые барьеры на некоторых участках улиц. Эти

работы потребовали непредусмотренных затрат в размере нескольких миллионов долларов.

Для определения ущербов здоровью людей или живым ресурсам при косвенных экологических рисках второго рода, связанных с выделяемыми техническими объектами химическими веществами, широко используются экотоксикологические кривые. При этом главным объектом внимания оказываются концентрации таких веществ, а не источники их образования. Используется гипотеза, что все технические объекты функционируют в штатном режиме, платят соответствующие платежи и никаких дополнительных штрафов им не положено. В результате действия всех таких технических объектов на некоторой территории образуются поля различных химических веществ, характеризующихся стационарным распределением концентраций по пространству. Эти химические вещества воздействуют на население и вызывают у него повышенный уровень заболеваний и смертности. Этот повышенный уровень характеризуется риском здоровью и риском заболевания.

Все химические вещества делятся на канцерогенные и не канцерогенные. Все заболевания делятся на две группы: онкологические и не онкологические. Не онкологические заболевания подразделяются на различные подгруппы. Между каждым химическим веществом не канцерогенной группы и конкретным заболеванием устанавливается свой риск заболевания. По каждому химическому веществу устанавливается свой риск жизни. Обычно его понимают как сокращение ожидаемой продолжительности жизни и повышение количества смертей в пределах ожидаемой продолжительности жизни. Существует и обобщенный риск заболевания и повышения смертности для выделенной территории, учитывающий все химические вещества на данной территории и все механизмы их взаимодействия с населением. В настоящее время риск здоровью и жизни принято относить к санитарно-гигиеническим показателям территории. В общем случае количество рисков здоровью и жизни по различным химическим веществам насчитывает тысячи позиций. Для конкретного региона их количество уменьшается до сотен и десятков. Для конкретного предприятия количество таких рисков уменьшается до десятков и единиц.

Косвенные экологические риски второго рода, связанные с химическими веществами, рассчитываются и для различных видов

животных, составляющих живые ресурсы в практике природопользования. Здесь также используются экотоксикологические кривые, но для каждого биологического вида или класса отдельно. Известно, например, что рыбы в несколько раз чувствительнее к некоторым химическим веществам, чем человек.

Косвенные экологические риски второго рода связаны с определенными физическими полями (радиация, электромагнитные поля, шум и т.п.). Физические поля влияют на жизнь и здоровье человека, а также на все биологические виды живых организмов. Для определения степени такого влияния для каждого из полей определяются кривые связи физических параметров окружающей среды с состоянием здоровья человека и отдельных биологических видов. Очевидно, что общее количество таких кривых может быть достаточно большим. Кроме того, эти поля могут влиять на поведение живых организмов, вызывая их миграцию, агрессию, панику, нарушение поведенческих стереотипов при размножении и т. п. Известно, что при миграции на большие расстояния часть живых организмов ориентируется по физическим полям Земли. Наличие искусственных физических полей может служить помехой в таком ориентировании и приводить к их гибели в ходе миграции.

Среди косвенных экологических рисков второго рода особое место занимают риски, связанные с неправильным вписыванием технических объектов в окружающие экосистемы, нарушение ими путей миграции, мест размножения животных, нерестилищ, разрушения убежищ. Обычно эти обстоятельства вскрываются только по прошествии некоторого времени. Исправление негативной ситуации осуществляется под нажимом общественности, принятия специальных репрессивных постановлений властей и требует больших затрат. Этой ситуации зачастую сопутствует повышенный уровень социальной напряженности общества, поляризации мнений, повышенный уровень конфликтности. На стадии проектирования экономических объектов часто возникает проблема их близости к уникальным природным биотопам и связанным с ними уникальными фитобиоценозам. Очевидно, что экологические опасности для этих биотопов и фитобиоценозов могут значительно возрастать при реализации таких экономических проектов.

Заметим, что понятие экологического риска неприменимо к самим природным объектам, а только к их собственникам. Зачастую

собственником природных объектов и одновременно самым заинтересованным лицом в проведении опасного экономического проекта оказывается государство. Такое совпадение функций защитника природы и потенциального ее врага приводит к необходимости выбора и установки приоритетов в высшем руководстве государства. Чем беднее государство в экономическом отношении, тем чаще приоритет отдается экономической выгоде. Дело в том, что экономическая выгода от проектов легко рассчитывается и воспринимается, а косвенные экологические риски второго рода от неблагоприятного расположения экономического объекта кажутся надуманными и призрачными. Расположение бумажно-целлюлозного комбината на уникальном озере Байкал является примером такого поведения в недалеком прошлом нашей страны. В настоящее время подобное положение складывается на Сахалине в связи с проектами добычи нефти на его шельфе.

Экологические опасности третьего рода связаны с экологическими опасностями, которые вызываются авариями и катастрофами технических систем, а также с залповыми сбросами и выбросами токсических веществ. Эти сбросы и выбросы могут быть вызваны причинами непреодолимой силы, а могут инициироваться сиюминутными экономическими выгодами. Часть экологических рисков третьего рода обусловлены теми же экотоксикологическими кривыми, или кривыми зависимости от физических полей. Однако в этих условиях концентрации поражающих веществ и значения параметров физических полей могут многократно превосходить значения, характерные для экологических опасностей второго рода, в результате чего возникает повышенный ущерб живой природе. Вместе с тем, при авариях и катастрофах технических объектов появляются и дополнительные факторы поражения живых организмов. Эти факторы рассмотрены в гл. 3.

Однако для целого ряда живых организмов опасными являются нетипичные воздействия различных веществ. Например, в результате разлива нефти на поверхности моря поражается оперение морских птиц, они теряют способность летать и быстро погибают от интоксикации. Нефть также поражает мех морских животных, и они погибают от переохлаждения. В ходе экологических опасностей третьего рода может быть превышена экологическая толерантность живых организмов, которая позволяет переносить неблагоприятные

условия в некоторых пределах. Попадая в область летальных концентраций и условий, живые организмы могут погибать в массовых масштабах. При этом может расстроиться и пораженная экосистема в целом, переходя в иное устойчивое состояние. Выживают резистентные биологические виды, и они замещают место вымирающих видов.

Примером является реакция экосистемы прол. Принца Вильямса, пораженной аварийным разливом нефти в результате посадки на скалу танкера «Эксон Валдез» в 1989 г. Из 26 видов крупных живых организмов этой экосистемы (рыбы, морские животные), пострадавших в результате разлива около 35 тыс. т сырой нефти, за 15 лет полностью восстановилось только два. Популяция морских выдр осталась на низком уровне. Более того, в системе рыбных экосистем произошла перестройка, в результате которой оказалась угнетенной популяция сельди и усилилась популяция лосося. Из-за этих изменений огромные убытки понесла местная рыболовная промышленность, которая в рамках мирового разделения труда была ориентирована на ловлю именно сельди. В настоящее время 32 тыс. человек ведут судебный процесс против компании «Эксон», требуя выплаты 5 млрд. долларов компенсаций. Уже имеется несколько решений судов различных инстанций. Сумма иска в них меняется в пределах 4–5 млрд. долл. Компания же продолжает затягивать процесс, несмотря на то, что сумма только гонораров адвокатам уже превысила 1 млрд. долларов. Представители «Эксон» настаивают на том, что с учетом затрат компании на проведение очистных работ и выплаченных ранее компенсаций, она должна не более чем 25 млн. долл. Эти разъяснения не удовлетворяют пострадавших. В начале 90-х годов предполагалось, что рыбный сектор сможет опять начать работу в полном объеме. Но этого не произошло. Запасы сельди с тех пор так и не восстановились. За прошедшие 15 лет лов сельди был запрещен на протяжении 10 сезонов. Представители компании утверждают, что запасы сельди имеют высокую природную изменчивость, и их падение не связано с последствия разлива. В качестве доказательства они указывают, что за последние годы было 5 очень хороших сезонов для ловли лосося. Однако это не радует местных рыбаков. С начала 90-х годов начало быстро развиваться искусственное выращивание лосося в Норвегии и Чили. Теперь даже при восстановившихся запасах лосося Аляска, потерявшая в результате разлива «Эксон Валдез» свои позиции на этом рынке, не выдержи-

вает конкуренции с новыми поставщиками. Примером печальной судьбы местных рыбаков может служить Кори Блейк (Kory Blake) - коренной в третьем поколении житель Аляски из небольшого поселка Кордова. На момент разлива он был преуспевающим бизнесменом. У него было новое рыболовное судно стоимостью 500 тыс. долл. США и три лицензии на ловлю лосося и сельди. В год катастрофы ему удалось заработать на участии в очистных работах. А далее ловить стало нечего. Блейку пришлось продать свой дом, чтобы заплатить очередные 50 тыс. долл. кредита, взятого для закупки судна. Его семье пришлось переехать в Анкоридж, а жене срочно устраиваться на работу. Кори Блейк пока жив и надеется на выплату компенсаций. Около тысячи местных жителей из 32 тыс. участников группового иска против «Эксон» не дождались завершения процесса. Они уже умерли, так и не получив компенсаций.

Именно экологические риски третьего рода оказываются наибольшими среди разовых выплат и затрат, а также по социальному напряжению. Массовая гибель животных, разрушение природо-пользовательских отраслей местной экономики вызывают резкую реакцию общества, способствуют принятию ужесточенного репрессивного природоохранного законодательства. Например, после катастрофы танкера «Эксон Валдез» погибло более 250 тыс. морских птиц. Эта катастрофа названа самой крупной, связанной с гибелью морских птиц в североамериканских водах. В результате целенаправленных действий природоохранных организаций, цитирующих потери морских экосистем, уже через год в США был принят закон о нефтяных загрязнениях (Oil Pollution Act, 1990), существенно ужесточивший правила перевозки нефти в территориальных водах США. После катастрофы танкера «Эрика» у побережья Франции в декабре 1999 г. в воду вылилось около 6000 т нефти, и при этом наблюдалась самая массовая гибель морских птиц в Европе. Погибло около 100 тыс. морских птиц различных видов. В операциях по их спасению принимало участие около 6 тыс. добровольцев из Франции, Великобритании, Германии, Нидерландов, Норвегии и других европейских стран. Были задействованы три специализированных центра по спасению морских птиц. В результате острейшей реакции общества в европейских странах в Евросоюзе были изменены правила перевозки нефти по морю в том же направлении, что и в США.

Таким образом, экологические риски третьего рода способны вызывать социальные и политические риски даже в крупнейших странах.

Существуют особые экологические опасности четвертого рода, когда потенциальный ущерб возникает в результате ухудшения параметров живой природы, косвенно влияющих на стоимость имущества и доходность бизнеса. Примером являются охотничьи хозяйства, объекты туризма, ориентированные на любителей животных. Другим примером являются парки и сады, наличие которых влияет на рыночную стоимость жилых строений вблизи них. Нанесение урона живым организмам на некоторой территории может вызвать множество исков от третьих лиц по возмещению ущерба, связанного с ухудшением условий бизнеса, падением доходности, потери привычных условий жизни и т.п. Важно отметить, что эти риски тесно связаны с действующим законодательством, следовательно, они содержат и политическую составляющую.

Следует отметить, что в большинстве случаев для отечественных властей, промышленного сектора и ряда исследователей существует отчетливое стремление подменить обсуждение истинно экологических аспектов опасностей и рисков их энвиронментальными аналогами. Следствием является большое количество работ по экологическим рискам того или иного экономического объекта, где все сводится к определению экономического ущерба от платежей и штрафов за нормативное и сверхнормативное загрязнение среды. При этом неправильно указываются субъекты риска. Например, в качестве экологического риска определяется средний размер платежей за аварийные разливы нефти в год. Более того, этот потенциальный экономический ущерб, приходящийся на нефтедобытчика и выражаемый в рублях, называют экологическим ущербом морской среде. В таких работах все иные субъекты риска (третьи лица, население, сектор власти) игнорируются. В результате появляются неправильные выводы о приемлемости экологического риска. При этом не уточняется, для какого субъекта риска он приемлем.

6.3. Методы оценки экологических рисков

Методы оценки экологических рисков основаны на общих методах оценки рисков. Рассмотрим применение различных методов оценки рисков для экологических рисков первого рода. Наибольшее распространение получили методы статистического направления. В

нем оцениваются некие средние по времени и пространству характеристики ущербов от различных экологических опасностей первого рода, являющихся источниками экологических рисков первого рода. Оценивается процент территории, подверженной воздействию той или иной экологической опасности первого рода (саранча, различные сельскохозяйственные вредители и т.п.). Оценивается частота или вероятность таких опасностей. Оценивается и средний ущерб за год для каждого источника экологической опасности первого рода. Количество статистических характеристик по рискам первого рода может быть достаточно большим. Из них наиболее часто используются:

- частота появления каждого источника экологической опасности первого рода на определенной территории, 1/год;
- процент территории, подверженной воздействию таких источников;
- среднее количество летальных исходов или травм, заболеваний людей от экологических опасностей первого рода за год;
- среднее количество павших и заболевших голов домашнего скота из-за экологических опасностей первого рода;
- средний материальный ущерб от конкретной экологической опасности первого рода за год для определенной территории, например в млн. долл./год;
- средний материальный ущерб за один инцидент для определенной территории.

Наиболее полной характеристикой потенциального ущерба, связанного с конкретным источником экологической опасности первого рода, является его функция распределения вероятностей потенциального ущерба или его функция плотности распределения вероятностей. Получение оценок таких характеристик является весьма трудоемким и затратным процессом, и в литературе они практически не встречаются. Оценкой ущербов от экологических опасностей первого рода в России занимаются различные министерства и ведомства: Министерство здравоохранения, Министерство сельского хозяйства, Госкомстат, Министерство обороны и т.д.

Использование статистического подхода предполагает получение достаточного количества данных об ущербах от экологических опасностей первого рода за определенный период времени для определенных территорий. В дальнейшем эти данные подвергаются

статистической обработке осреднения по пространству и по времени. Использование таких данных для прогноза будущих значений экологических рисков первого рода основывается на инерционном принципе и гипотезе о стационарности случайного процесса экологических ущербов во времени.

Очевидно, что с ростом сельскохозяйственной инфраструктуры и плотности населения на рассматриваемых территориях, средние характеристики ущербов для данной территории будут изменяться во времени в сторону увеличения. Следовательно, процесс формирования экологических рисков первого рода является нестационарным по математическому ожиданию и, по-видимому, по дисперсии. Можно сказать, что с увеличением плотности населения и ростом сельскохозяйственной инфраструктуры территории такие риски будут расти со временем.

Существует и противоположный процесс снижения экологических рисков первого рода на рассматриваемой территории со временем. Он связан с внедрением новых методов и средств технической защиты, с уменьшением рисков за счет совершенствования законодательства и систематического выполнения организационных мероприятий. В этом случае статистические характеристики ущербов будут снижаться во времени. Примером является вакцинация населения и домашнего скота, применение методов контроля над численностью опасных диких животных, внедрение методов орнитологической защиты в авиации и т.п. Отметим, что внедрение защитных систем само основывается на статистической информации об экологических рисках первого рода. Внедрение защитных мероприятий связано с определенными затратами, и их стоимость должна быть меньше, чем снижение риска. В некоторых случаях применение защитных мероприятий может обойтись существенно дороже, чем положительный эффект от снижения этих рисков.

Преимуществом статистического направления оценки экологических рисков первого рода является простота вводимых оценок таких рисков, возможность их использования в прямом сравнении с другими видами риска, понятность для широкого круга пользователей и субъектов риска. Недостатком такого направления является достаточно высокая стоимость процесса сбора необходимой первичной информации, ее статистической обработки, а затем и распространения информации о рисках заинтересованным лицам, в том

числе и субъектам риска, органам контроля и надзора. Отсутствие необходимой первичной информации или ее недостаточный для статистической обработки объем делает применимость данного направления оценки экологических рисков первого рода невозможным.

При оценках экологических рисков первого рода могут использоваться методы интуитивного прогнозирования рисков с использованием субъективных вероятностей и экспертного метода. Находят свое применение и методы математического моделирования, включая методы статистического моделирования.

Перейдем к рассмотрению методов оценки прямых и косвенных экологических рисков второго рода, связанных с негативными воздействиями на экосистемы в процессе нормальной экономической деятельности в штатном режиме.

Прямые экологические риски второго рода, обусловленные нанесением потенциальных ущербов собственнику живых ресурсов из-за неадекватного воздействия, оценить весьма сложно. Для применения статистических методов требуются специальные наблюдения в значительных объемах. Эти наблюдения должны осуществляться в определенное время и охватывать период значительно больший, чем период самого промысла живых ресурсов. В ходе этих наблюдений должны оцениваться текущие запасы живых ресурсов, составляться планы промыслов и прогнозироваться их последствия. По итогам этих оценок должны оцениваться квоты на добычу различным экономическим субъектам с учетом их экономического и технического потенциала. В ходе промысла должны проводиться инспекционные наблюдения за ходом промысла и состоянием живых ресурсов. После промысла также должна проводиться оценка состояния живых ресурсов. Состав таких специальных наблюдений полностью определяется видом самих живых ресурсов, а также возможностями органов власти, контролирующими эти ресурсы. Основными отраслями, осуществляющими эксплуатацию живых ресурсов, являются лесное хозяйство, охотничье хозяйство и рыбодобывающая промышленность. В настоящее время в России специальные наблюдения во всех отраслях использования живых ресурсов значительно сократились в объеме, и достоверная информация по прямым экологическим рискам второго рода для различного вида живых ресурсов практически отсутствует. Значительное применение в таких условиях получили различные интуитивные

методы оценок таких рисков, включая метод экспертных оценок. При этом количество экспертов в данной области весьма ограничено, а их рекомендации могут игнорироваться органами власти.

Большой ущерб живым ресурсам наносит браконьерство, т.е. их незаконная добыча. В России браконьерство обусловлено различными причинами, в том числе и экономической неразвитостью целых регионов, где добыча живых ресурсов составляет основу жизни населения. В таких условиях браконьерство оказывается неистребимым явлением. При оценке экологических рисков второго рода, связанных с браконьерством, используются статистические и интуитивные методы оценок риска, в основном метод экспертных оценок. В зависимости от вида живых ресурсов и возможностей контролирующих органов власти преимущество отдается статистическому или интуитивному методам оценок. Например, для лесного хозяйства, где следы браконьерских вырубок видны достаточно отчетливо и сохраняются продолжительное время, указанные риски оцениваются статистическими методами. В рыбном хозяйстве, последствия незаконных выловов плохо видны и для оценки указанных рисков используются экспертные оценки на основании данных рыбоохранных инспекций, органов милиции, налоговых органов.

Важно отметить, что в отсутствии достоверной информации о текущем состоянии живых ресурсов существует практика перестраховки и необоснованного ограничения промысла живых ресурсов. В таких условиях экономические субъекты несут неопределенные и неучтенные ущербы из-за недобора возможной добычи. Очень сильно страдает местное население. Усиливается социальная напряженность в целых регионах. Складываются условия для коррупции. Отсутствует и обобщенная статистическая информация об ущербах экономических субъектов из-за нечеткости экологического природоохранного законодательства в части эксплуатации живых природных ресурсов. Складывается впечатление, что подобные потери стали регулярным явлением, но широко они не освещаются и не оцениваются.

Для оценки косвенных экологических рисков второго рода, связанных с химическими веществами, широко используются экотоксикологические кривые. Химические вещества воздействуют на людей и вызывают у него повышенный уровень заболеваний и смертности. Этот повышенный уровень характеризуется риском

здоровью и риском для жизни. Для определения риска здоровью берут две группы людей: группу риска и контрольную группу. Люди из группы риска подвергаются воздействию химического вещества заданной концентрации. Под риском здоровью понимается отношение разности между количеством заболевших людей в группе риска, подвергшихся воздействию определенного химического вещества в течение определенного времени экспозиции, и количеством заболевших людей в контрольной группе, не подвергавшихся такому воздействию, поделенная на количество людей в группе. Экоотоксикологическая кривая представляет собой график роста риска заболевания в зависимости от концентрации химического вещества, времени экспозиции и способа воздействия (вдыхание, через кожу). В качестве параметра, характеризующего экоотоксикологическую кривую, иногда используют так называемый наклон (slope), отражающий линейную составляющую этой кривой. Риск для жизни рассчитывается аналогичным образом, однако возможности определения соответствующей экоотоксикологической кривой существенно ограничены из-за невозможности постановки активных экспериментов над людьми.

Косвенные экологические риски второго рода, связанные с химическими веществами, рассчитываются и для различных видов животных, составляющих живые ресурсы в практике природопользования. Здесь также используются экоотоксикологические кривые риска здоровью и риска для жизни, но для каждого биологического вида или класса отдельно. Для биологических видов возможна постановка активных экспериментов для выяснения экоотоксикологических кривых риска для жизни. В этом случае принято выделять реперные точки на таких кривых соответствующие гибели 5, 20, 80 и 95 % популяции. В различных видах литературы эти реперные точки получили специальные названия или категории, например, отсутствие риска или практическое отсутствие потерь, порог риска, малый риск или незначительные потери, значительный риск или значительные потери, неприемлемый риск или катастрофические потери.

В последнее время появилось понимание, что необходимо оценивать последствия штатного воздействия предприятий на окружающие экосистемы не только для полезных живых ресурсов, но и для всех живых организмов на данной территории. Это воздействие

также формулируется в терминах риска жизни и здоровью отдельным живым организмам, но количество таких организмов резко возрастает. Можно сказать, что на территории охраняемыми становятся не отдельные полезные виды живых ресурсов, а сами экосистемы. При этом резко увеличивается количество живых организмов, для которых используются экотоксикологические кривые, а также расширяется спектр принимаемых во внимание химических веществ. Такой подход постепенно формируется в США и Европейском Союзе. В результате расширение природоохранных и экологических нормативов может существенно преобразоваться природоохранное законодательство этих стран, а в последствии и в России. Живые организмы в пределах такого подхода подразделяются по средам их обитания (вода, почвы, осадочные породы) и биологическим видам (микроорганизмы, беспозвоночные, растения, животные). Установлением экотоксикологических кривых для выбранных живых организмов на некоторой территории занимаются региональные экотоксикологические лаборатории. Например, для территории США такой работой занимается Национальная лаборатория в Оак Ридж (ORNL), которая разработала экотоксикологические шкалы рисков для жизни различных организмов местной флоры и фауны.

Для сокращения объема наблюдений за состоянием экосистем и влиянию на них химических веществ, выделяемых в процессе штатного функционирования предприятий, предложен так называемый метод скрининга. Его суть сводится к тому, что на основании предварительных исследований концентраций различных химических веществ и сопоставлений их с набором экотоксикологических шкал риска для жизни местной биоты для последующего мониторинга отбираются только те химические вещества, концентрации которых уже сейчас представляют реальную угрозу для биоты. Применение метода скрининга позволяет резко сократить объем наблюдений при мониторинге состояния загрязнения окружающей среды за счет отбрасывания тех химических веществ, которые не оказывают заметного экотоксического воздействия для данной территории.

Задачам уменьшения объема наблюдений служат и экотоксикологические шкалы, которые, в отличие от экотоксикологических кривых, отражают экологический риск второго рода не для отдельного биологического вида, а для сообществ в некоторой среде. Такие экотоксикологические шкалы разрабатываются для территорий,

акваторий и служат для них обобщающими кривыми экологических рисков второго рода. В этих шкалах также выделяют реперные точки, которые могут иметь специальные названия. Такие реперные точки могут быть привязаны к определенным географическим объектам и территориям и носить соответствующие названия. Например, реперная точка для осадочных пород в озере Онтарио MOE LEL (Ontario Ministry of the Environmental Lowest Effect Level) обозначает такую концентрацию химического вещества в этих породах, которую переносят примерно 95 % бентических беспозвоночных в озере Онтарио. Эта реперная точка принята для озера Онтарио в качестве порогового токсикологического значения для всех химических веществ, накапливающихся в осадочных породах этого озера. Другая реперная точка для осадочных пород озера Онтарио MOE SEL (Ontario Ministry of the Environmental Severe Effect Level) обозначает для всех химических веществ их концентрацию в осадочных породах озера, которую переносят примерно 5 % бентических беспозвоночных в этом озере.

Использование экотоксикологических кривых и экотоксикологических шкал позволяет перейти от энвиронментальных факторов второго рода к косвенным экологическим рискам второго рода при наличии соответствующего природоохранного законодательства. В этом законодательстве в качестве нормативной базы для расчетов платежей и штрафов должны использоваться не концентрации химических веществ, а реперные значения экотоксикологических кривых и шкал, определяющих потенциальный ущерб экосистемам охраняемой территории. В настоящее время в США осуществляется внедрение такого подхода в сознание менеджеров промышленных предприятий в качестве подготовительной процедуры перед изменением природоохранного законодательства в сторону экологической защищенности территорий. В России пока не наблюдается подобного развития природоохранного законодательства, и в обозримом будущем у предприятий будут существовать энвиронментальные, а не косвенные экологические риски второго рода. В определенной степени это обусловлено достаточно высокой степенью чистоты большинства российских территорий и недостаточно явным негативным эффектом энвиронментальных факторов второго рода в наших экосистемах. Вместе с тем, по мере накопления загрязнений в окружающей среде и проявления их влияния на экосистемы в Рос-

сии, возможно внедрение экотоксикологических шкал в отечественное природоохранное законодательство.

Для оценки косвенных экологических рисков второго рода, связанных с определенными физическими полями (радиация, электромагнитные поля, шум и т.п.), для каждого из полей определяются кривые рисков здоровью и жизни в зависимости от физических параметров этих полей. Риски здоровью и жизни определяются также, как и для экотоксикологических кривых, используя контрольную и рисковую группы людей или различных живых организмов. Очевидно, что общее количество таких кривых может быть достаточно большим. Для охраны человека от воздействия вредных физических полей существует специальное законодательство и контроль со стороны санитарных органов власти. Для различных живых организмов подобные экологические риски не включены в практику хозяйствующих субъектов посредством природоохранного законодательства.

Кроме прямого влияния на жизнь и здоровье людей и живых организмов, физические поля могут влиять на их поведение, вызывая их миграции, агрессию, панику, нарушение поведенческих стереотипов при размножении и т. п. Эти факторы косвенных экологических рисков второго рода в настоящее время практически не исследованы, не оцениваются и не учитываются при ведении экономической деятельности. В России они никак не отражены в природоохранном законодательстве и могут регулироваться только специальными актами. Экономическая составляющая таких экологических рисков второго рода для различных субъектов в настоящее время практически не исследована и в природоохранном законодательстве не отражается.

Методы оценки косвенных экологических рисков, связанных с неправильным размещением технических объектов в окружающих экосистемах основаны в основном на применении экспертных оценок. Такая оценка проводится, в первую очередь, на стадии проектирования технических объектов в рамках процедуры ОВОС (оценка воздействия на окружающую среду) и проведения Государственной экологической экспертизы. Проведение ОВОС на территории России регламентируется в законодательном порядке. В частности, существует Перечень видов и объектов хозяйственной и иной деятельности, при подготовке обосновывающей документации, на

строительство которых ОВОС проводится в полном объеме на территории РФ (см. Приложение 2). Целесообразность проведения ОВОС для объектов и видов деятельности, не вошедших в Перечень, определяется органами исполнительной власти субъектов РФ по представлению территориальных органов Минприроды РФ. Понятие «окружающая среда» в рамках этой процедуры состоит из следующих компонентов:

- флора;
- фауна;
- ландшафт;
- почва;
- воздух;
- вода;
- климат;
- исторические памятники;
- другие материальные объекты.

Основными принципами ОВОС являются:

- рассмотрение во взаимосвязи технических, технологических, социальных, природоохранных, экономических и других показателей проектных предложений;
- альтернативность проектных решений;
- доступность информации по проектным решениям для общественности на самых ранних стадиях;
- ответственность инвестора за последствия реализации проектных решений.

Результатом проведения ОВОС является вывод о допустимости воздействия намечаемой заказчиком деятельности на окружающую среду. Поскольку в процедуру ОВОС включены и объекты живой природы, то именно здесь на стадии проектирования устанавливаются потенциальные ущербы живой природе и приемлемость этих ущербов. Процедура ОВОС в России осуществляется уполномоченными лицензированными организациями. Контроля их деятельности практически не существует. Отсутствует и регламент самого обоснования. Практика осуществления таких обоснований в России полна спорных и противоречивых выводов. Зачастую одна и та же организация последовательно выдает несколько разных обоснований под давлением заказчика. Кроме того, заказчик может путем смены уполномоченной организации добиться нужного ей заклю-

чения о приемлемости воздействия на окружающую среду, в том числе и на объекты живой природы, с указанием символических экономических потенциальных ущербов. Заметим, что в настоящее время процедура ОВОС не использует понятие экологических рисков вообще, и размеры ущербов определяются по действующим ведомственным методикам. В качестве примера можно привести недавнюю ситуацию с ОВОС и Государственной экологической экспертизой в отношении различных проектов, связанных с добычей нефти и газа на шельфе Сахалина.

При разработке проекта "ТЭО обустройства Пильтун-Астохского лицензионного участка. Этап 1. Астохская площадь" были сделаны два варианта оценки ущерба морским биоресурсам. Согласно расчетам, выполненным в начале 1997 г. на основе "Временной методики оценки ущерба рыбным запасам" (Госкомприрода, Минрыбхоз), суммарный натуральный ущерб составил 586 т промысловых рыб и беспозвоночных. Исходя из этой величины была рассчитана стоимость компенсационных затрат – 7,3 млрд. руб. в текущих ценах на 01.06.97 (около 1,22 млн. долл. США). Соответствующую работу по определению и расчету ущерба выполнил ТИНРО-центр (Владивосток). Второй вариант был рассчитан также ТИНРО-центром на основе "Временной методики определения экономической эффективности природоохранных мероприятий" (1989 г.). В соответствии с ним общие потери биомассы составили 5426 т, из которых 845 т – потери рыбопродукции. Исходя из этих величин в качестве компенсационных мероприятий была определена сумма, соответствующая стоимости строительства рыбоперерабатывающего завода, которая составила 2,974 млн. долл. США. Оба варианта были представлены на государственную экологическую экспертизу в январе 1998 г. и в составе всего ТЭО были утверждены положительным заключением экспертизы. В ноябре 1998 г. этот документ был опять изменен. При этом он содержал новую сумму компенсационных выплат. В этом новом варианте она составила около 1,68 млн. долл. США и включала ущерб только от установки нефтедобывающей платформы "Моликпак". В отличие от более ранних редакций она не содержала компенсации ущерба морским биоресурсам от сброса отходов бурения и нефтедобычи. После завершения строительных работ по установке "Моликпака" компания дала задание ТИНРО-центру рассчитать новый вариант

ущерба. В результате этих действий к весне 1999 г. сумма потенциального ущерба уменьшилась до 250 тыс. долл. США. Однако даже эта сумма не устроила компанию, и контракт с ТИНРО был разорван. Вместо этого расчет ущерба был заказан СахНИРО. Размер компенсации ущерба, рассчитанный СахНИРО в течение первой половины лета 1999 г., составил уже 120 тыс. долл.

Еще более интересная история связана с изменением категоричности шельфа северо-восточной части Сахалина под нажимом нефтяных компаний. Одним из препятствий на пути экспансии экологически неприемлемых методов добычи нефти на шельфе Сахалина был тот факт, что перспективные для добычи нефти участки относятся к высшей категории рыбохозяйственных водных объектов. Ихтиофауна северо-восточного шельфа Сахалина насчитывает около 70 видов, относящихся к 12 семействам: осетровые, лососевые, тресковые, сельдевые, корюшковые, карповые, бельдюговые, сиговые, терпуговые, камбаловые, рогатковые, скатовые. Всего, по данным разных авторов, в этом районе зарегистрировано не менее 108 видов рыб. Этот район является также местом обитания промысловых беспозвоночных - пяти видов крабов, семи видов креветок, брюхоногих моллюсков и морских ежей. Помимо промысловых рыб и беспозвоночных, морские акватории северо-востока Сахалина - место обитания 25 видов дельфинов и китов, из которых 11 видов охраняемых и находящихся под угрозой исчезновения. Охотско-корейская популяция серых китов, находящаяся на грани исчезновения, обитает только вдоль мелководного участка шельфа, расположенного у залива Пильтун.

Согласно «Показателям состояния и правилам таксации рыбохозяйственных водных объектов» (ГОСТ 17.1.2.04-77), все водные объекты делятся на три категории:

1. Водные объекты высшей (особой) категории - места нерестилищ; места массового нагула и зимовальные ямы особо ценных видов и других промысловых водных организмов.

2. Водные объекты первой категории - используются для сохранения и воспроизводства ценных видов рыб, обладающих высокой чувствительностью к содержанию кислорода.

3. Водные объекты второй категории - используются для других рыбохозяйственных целей.

По «Правилам охраны от загрязнения прибрежных вод морей» (1984 г.), «в водные объекты высшей (особой) категории, а также в морские районы или их отдельные участки, перспективные для рыбного промысла или для сохранения и воспроизводства ценных видов рыб и других объектов водного промысла, в местах массового нереста, нагула рыб и расположения зимовальных ям, на путях миграции рыб сброс любых сточных вод, в том числе и очищенных, запрещается». В этом же документе определяются полномочия по установлению категоричности водных объектов. "Категория районов рыбохозяйственного водопользования прибрежных вод определяется органами рыбоохраны с учетом развития рыбного хозяйства и промысла в перспективе". В отношении шельфа полномочиями по установлению категории обладает Роскомрыболовство РФ.

Еще в начале 2000 г. Роскомрыболовство РФ было готово отстаивать сахалинский шельф от любых посягательств.

Из письма Роскомрыболовства (исх. № 02-46/525 от 01.03.2000) на имя начальника Управления государственной экологической экспертизы:

"...Роскомрыболовство России подтверждает, что исследования в этом районе проводились в достаточном объеме и данные многолетних (с 60-х годов) экспедиционных исследований (ВНИРО, СахНИРО, ТИНРО-центра, ЗИН и ИБМ РАН) показывают, что весь район северо-восточного Сахалина относится к водным объектам высшей рыбохозяйственной категории.

Конкретно в районе намечаемого бурения скважины Чайво-6 проходит анадромная (нерестовая) миграция лососей: кижуча, чавычи, кеты, горбуши, а также нагульная миграция неполовозрелой части стад кеты, чавычи и нерки (отчет ВНИРО, 1999г.). В заливах Набиль, Найво, Чайво и Пильтун нагуливается и нерестится местная озерная сельдь, являющаяся важным объектом местного промысла. В заливы Чайво и Ныйский впадают 6 нерестовых лососевых рек. В силу особенностей приливно-отливных течений скапливающаяся молодь лососей до ухода в море несколько месяцев нагуливается не в заливе Ныйский, а в прибрежной шельфовой зоне. Весь район Северо-восточного Сахалина, особенно участок между 50 град. 30 мин и 53 град. 00 мин с. ш., является нерестилищем (март-апрель) и нагульным ареалом (октябрь-декабрь) молоди северо-охотоморского минтая. Сюда же мигрирует для нагула мин-

тай из северной части Охотского моря и с юга – от побережья Курильских островов («сезонный запас»). В настоящее время в связи с низкой численностью восточно-сахалинского минтая действует запрет на промысел в этом районе, что более остро ставит вопрос об охране участков нереста минтая.

Все вышеизложенное подтверждает, что весь район Северо-восточного и Восточного Сахалина может быть отнесен к объектам высшей рыбохозяйственной категории".

То же самое утверждалось и в материалах отчета о научно-исследовательской работе СахНИРО "Биологические ресурсы Охотского моря у побережья северо-восточного Сахалина", СахНИРО, 1993 г.), и в письмах СахНИРО (исх. № 12-07/01 от 20.01.2000).

Однако с весны 2000 г. позиция всех рыбохозяйственных структур резко меняется. В письме Роскомрыболовства № 02-46/1684 от 04.07.2000 уже утверждается, что в целом Охотское море имеет высшую категорию, так как является местом обитания лососевых видов рыб. Однако не все его участки относятся к этой категории и для определения категоричности этих участков необходимо проведение дополнительных научно-исследовательских работ, в том числе для участков проектов «Сахалин-1» и «Сахалин-2». На период исследований «Роскомрыболовство России сочло возможным временно, в виде исключения на 2000 г., установить для лицензионного участка под проведение оценочного бурения скважины «Чайво-6» проекта «Сахалин-1» и для участков расположения скважин ПА-17 и ПА-18 проекта «Сахалин-2» первую рыбохозяйственную категорию», о чем сообщено в этом же письме.

Дополнительные исследования СахНИРО, как ожидалось, полностью подтвердили ожидание руководства: "На основании результатов исследований и в соответствии с "Показателями состояния и правилами таксации рыбохозяйственных водных объектов" (ГОСТ 17.1.2.04-77) рекомендовать временно, до изменения нормативно-законодательной базы или получения новых биологических данных, определить участки Пильгун-Астохского, Луньского, Аркутун-совета СахНИРО от 07.02.2001). Точно такое же решение принял и расширенный Ученый совет ВНИРО (протокол № 7 от 29 марта 2001 г.).

В результате этого Роскомрыболовство издал приказ № 190 от 25 июня 2001 г. об установлении в Охотском море в районе лицен-

зионных участков нефтегазоносных месторождений «Сахалин-1» и «Сахалин-2» временно до 31 декабря 2003 г. первую рыбохозяйственную категорию.

Установление первой категории для участков моря, совпадающих с нефтяными месторождениями, снимает правовые ограничения на сбросы буровых и нефтяных отходов в море при разведке и добычи нефти на шельфе. В этом крайне заинтересованы иностранные нефтяные компании, ведущие работы по проектам.

Для оценки косвенных экологических рисков из-за неправильного вписывания технических объектов в окружающую среду необходимо проведение инспектирующих исследований после ввода этих объектов в эксплуатацию. Организация и проведение таких исследований требуют затрат и воли. Такое исследование влияния нефтедобычи на прибрежное рыболовство и состояние рыбных ресурсов северо-восточного Сахалина было проведено весной 1999 г. некоммерческой экологической организацией «Экологическая вахта Сахалина» путем опроса рыбаков северо-восточного побережья Сахалина, где расположено множество заливов-лагун, соединяющихся с морем узкими протоками. В них практически круглый год идет активное рыболовство. Результаты исследований показали резкое уменьшение объемов вылова традиционных промысловых рыб, ухудшение их физического вида, наличие привкуса нефти и лекарств в их мясе и т.п. Особенно сильно от этого страдают местное население, в том числе и аборигены, для которых рыбная ловля является частью культуры. Население связывает ухудшение состояния рыбных ресурсов с сейсморазведкой, сбросом буровых шламов, прорывами подводных нефтепроводов.

Методы оценки экологических рисков третьего рода, связанных с аварийными инцидентами на технических объектах, основываются на проведении специальных исследований и интуитивных методах, включая экспертные оценки и статистическое моделирование. Заранее невозможно сказать, какие живые организмы и их популяции окажутся пораженными в результате той или иной аварии, а также предсказать масштабы поражений. Обычно только после аварии или катастрофы можно оценить ущерб живым организмам и экосистемам. Причем на эту оценку может понадобиться значительное время, усилия большого количества исследователей и специалистов с использованием специального оборудования, весо-

мые финансовые и материальные затраты. Например, после аварии танкера «Эксон Валдез» оценка ущерба экосистемам пролива Принс Уильямс и их отдельным составляющим (морские птицы, морские животные, рыбы, моллюски и т.п.) выполняется до сих пор, т.е. уже на протяжении более 15 лет. Установлено, что до сих пор не восстановились популяции морской выдры и сельди, произошли замещения погибших биологических видов резистентными видами. Установлено, что из 91 обследованных в 2001 г. пляжей нефть была обнаружена на 38. Работы по ее удалению прекращены, потому что очистительные работы наносили экосистемам больший ущерб, чем сама нефть. Выплаты компании властям штата Аляска за ущерб природе составили 900 млн. долл. США с возможностью выплаты еще 100 млн. долл. США до 2006 г., если вскрыются дополнительные ущербы экосистемам и окружающей среде. Ведутся постоянные наблюдения за состоянием экосистем пролива Принс Уильямс силами множества научно-исследовательских и учебных организаций, в частности Университета Аляски.

Полученные закономерности по гибели живых организмов в ходе аварий и катастроф могут быть использованы для оценки аналогичных ущербов при подобных авариях. Например, во время оценки последствий аварии танкера «Amoco Cadiz» в 1978 г. у побережья Уэльса определялось, какая доля тушек погибших птиц достигает берега. Тогда по результатам экспериментов было показано, что из общего числа погибших в море птиц на берег было выкинуто около 23 %. В дальнейшем этот коэффициент был использован в 1999 г. для оценки общего числа погибших птиц при аварии танкера «Эрика» в этом же районе. Общество изучения и защиты природы в Бретани заявило, что по их оценкам, выполненным с помощью указанного выше коэффициента, погибло более 100 тыс. птиц, и виновные должны будут понести наказание за их гибель. Кроме того, в результате оценки последствий аварии танкера «Эрика» французские ветеринарные власти (AFSSA) рекомендовали запретить к продаже прибрежные морепродукты с акваторий, пораженных нефтью с танкера. Они заявили, что эти продукты могут аккумулировать и сохранять потенциально канцерогенные вещества из нефти. Они также рекомендовали не допускать на рынок устриц и мидий, выращиваемых на аквафермах, если они не были убраны на период действия загрязнения.

Для оценки и прогноза экологических рисков третьего рода широко применяются интуитивные методы, включая субъективные вероятности и экспертные оценки. Наиболее распространенным методом оценки и прогноза экологических рисков третьего рода, связанных с запроектными и гипотетическими авариями на опасных технических объектах, является статистическое моделирование. Переносы опасных химических веществ в различных природных средах (атмосфера, гидросфера, литосфера) рассчитываются с помощью сложных математических моделей, реализованных на ЭВМ в специальных программных средах. Затем вычисленные траектории накладываются на карты расположения мест обитания тех или иных живых организмов, определяются времена экспозиции. По экотоксикологическим кривым определяются потенциальные ущербы в виде погибших и заболевших организмов, сокращение числа популяций и т.п. Обычно подобные методы моделирования построены на базе геоинформационных систем (ГИС). Результаты моделирования представляются в виде карт с зонами риска. При построениях модельных сценариев учитывают опыт реальных катастроф, с реальными техническими объектами в реальных природных условиях. Метод статистического моделирования позволяет воспроизвести и синергетические эффекты, характерные для данного вида рисков. Заметим, что в рамках статистического моделирования должны учитываться и специфические формы поражения живых организмов, не связанные с отравлениями. Например, значительное количество морских организмов при разливе нефти погибает от загрязнения их поверхностных покровов (перья, мех, панцири). Этот фактор поражения не учитывается экотоксикологическими кривыми и должен быть учтен отдельно.

Оценка экологических рисков четвертого рода обычно выполняется в рамках статистического направления, а также методом экспертных оценок в рамках интуитивного направления.

6.4. Управление экологическими рисками

Задача управления экологическими рисками является, наверное, самой сложной задачей в теории рисков. Это обусловлено сложным механизмом формирования экологических рисков всех родов, включающим взаимодействие экономической деятельности человека, биотопов и биоценозов на некоторой территории. До на-

стоящего времени формальные методы анализа, оценки и прогноза риска оказались зачастую неприменимыми из-за малого объема исходной информации о потенциальных ущербах и их связях с экологическими и энвиронментальными факторами. В таких условиях должны использоваться, и используются, универсальные эвристические методы управления рисками, перечисленные в 2.4.

В первую очередь должен использоваться метод уклонения от риска. Это означает, что нельзя проводить рискованные в экологическом отношении эксперименты по внедрению чужеродных организмов для их экономической эксплуатации. Это может привести и часто приводит к непредсказуемым экологическим рискам первого рода. Яркими примерами являются завоз кроликов в Австралию и переселение африканских пчел в Южную Америку. Оба эксперимента диктовались экономическими соображениями, и их стоит описать подробнее.

Кролики были завезены в Австралию и выпущены в дикую природу вскоре после ее колонизации. Основным движущим мотивом было стремление развести их на новых территориях в условиях дикой природы с целью развития меховой индустрии в новой английской колонии, которая тогда рассматривалась как возможный локомотив экономики колонии. На первых порах дело развивалось великолепно. Кролики очень быстро размножились в Австралии, поскольку у них не оказалось доминирующих хищников. Популяция кроликов росла взрывообразно. Добыча пушнины кроликов приносила колоссальные доходы. Однако так продолжалось недолго. Спрос на мех кроликов в Англии резко упал, и кролики потеряли свое экономическое значение. Локомотивом экономики колонии стало сельское хозяйство, которому популяция кроликов стала наносить огромный ущерб. Попытки уничтожить теперь уже вредного зверька успехом не увенчались. До настоящего времени сельское хозяйство Австралии несет колоссальные ущербы от популяции кроликов, которые стали фактором экологического риска первого рода. Первоначальная экономическая выгода оказалась намного меньше, чем последующие ущербы.

История с завозом семьи африканских пчел в Бразилию также начиналась с благих экономических пожеланий: желания спасти медовую индустрию Бразилии от экономической катастрофы. В этой индустрии затраты были слишком велики, а отдача меда от

пчел казалась слишком малой. Надо было увеличить процент отдачи меда от пчел любым путем, например путем использования более медоносных пчел. Существует два основных подвида медоносных пчел: европейская медоносная пчела и африканская медоносная пчела. Африканская пчела приносит много меда, но крайне агрессивна и в пчеловодстве не использовалась. Европейская пчела дает намного меньше меда, но менее агрессивна, не нападает на человека и животных. В пчеловодстве используется именно европейская пчела. Попытки селекционеров получить гибрид африканской и европейской пчелы с полезными качествами в виде повышенной отдачи меда и приемлемой агрессивности к успеху не привели.

В этих условиях в 1956 г. один-единственный бразильский биолог и пчеловод завозит семью африканских пчел в Бразилию, уверенный, что в природных условиях такой гибрид образуется сам собой. То, что не получилось у биологов в лаборатории, по его мысли, получится автоматически в условиях дикой природы в Бразилии. Он выпускает эту семью на волю и начинает наблюдения за ней. Его надежды не оправдались. Гибрид не получался. Более того, африканские пчелы начали активное вытеснение европейских пчел по всей Бразилии. Причины крылись в биологических различиях размножения африканских и европейских пчел, которые не были известны на момент переселения африканских пчел в Бразилию. Эти различия были выяснены путем тонких исследований значительно позднее, когда угрозу африканской пчелы осознали в США.

Через десяток лет в Бразилии уже не было европейских пчел, и бразильским пчеловодам вынужденно пришлось учиться управлять дикими африканскими пчелами. За последующие сорок лет они этому научились ценой сотен человеческих жизней и огромного количества погибшего домашнего скота. Медовая промышленность Бразилии вышла с 27 места в мировой табели о рангах на шестое. Вроде бы эксперимент удался, хоть и дорогой ценой. Однако все оказалось не так просто. Африканские пчелы начали свою экспансию на север, распространяясь на территории соседних государств, где вовсе не было нужды в замене европейских пчел на африканских. Более того, в некоторых из них медовая индустрия отсутствовала вообще, и африканские пчелы представляли фактор чистого экологического риска первого рода для жизни и здоровья людей.

Началась ожесточенная борьба с африканскими пчелами с целью ограничить их продвижение на север. Использовались хитрые методы и ловушки, затрачены были десятки миллионов долларов и задействованы тысячи людей. Финансировались эти работы многими государствами, но в основном США, которые понимали опасность выхода африканских пчел на их территорию. Ничего не помогло. К началу 90-х годов африканские пчелы достигли территории США и стали значимым фактором чистого экологического риска первого рода в южных штатах. Появились первые человеческие жертвы. К настоящему времени их число исчисляется сотнями. Африканские пчелы внушают панический ужас населению США и серьезно мешают бизнесу. В частности, некоторые аэропорты оказались заселенными африканскими пчелами и потребовались серьезные затраты по их вытеснению. Целые города и городки оказались подверженными этой экологической угрозе первого рода. Возникла индустрия борьбы с африканскими пчелами в южных штатах США. В своем интервью через 50 лет, биолог, осуществивший завоз африканских пчел в Бразилию, признал результаты своего эксперимента крайне неудачными и просил прощения у семей погибших людей. Он неоднократно повторял, что хотел только хорошего для своей страны и никогда не повторил бы своей ошибки, если бы догадывался о ее последствиях.

Безусловно, существуют примеры и удачных экспериментов по завозу чужеродных организмов для их последующей экономической эксплуатации. Практически все сельское хозяйство активно использует селекцию и разведение прежде чуждых растений и животных на новых территориях. Однако в подавляющем числе случаев такая работа идет под наблюдением компетентных органов власти, и экологические риски первого рода находятся под контролем специалистов. Серьезный риск появляется в случае волюнтаристских решений в погоне за сиюминутной экономической выгодой. К сожалению, переходный экономический период в России способствует проведению именно таких экспериментов. Появляется также значительное количество самостоятельных предпринимателей, готовых рискнуть внедрением новых, чужеродных организмов, не представляя последствий таких действий.

В 6.3 указывалось, что экологические риски делятся по своему происхождению на риски первого, второго, третьего и четвертого

рода. Управление ими осуществляется различными способами. Вместе с тем, для них имеется одно общее обстоятельство. Управление экологическими рисками должно вписываться в общую систему управления экономической деятельностью некоторой территории, т.е. этот вопрос является прерогативой сектора власти, который устанавливает правила игры для коммерческого сектора и населения. В таких условиях основным методом управления экологическими рисками является репрессивное направление. Однако в России в настоящее время именно экологическое законодательство практически отсутствует и подменено законодательством по охране окружающей среды. Более того, концепция экологических рисков не включена в концепцию общего управления территориями, что имеет негативные последствия для всех секторов субъектов риска. В процедуры принятия управленческих решений для территорий в пределах РФ вообще не предусмотрена оценка экологических рисков, т.е. в этом отношении управление отсутствует.

Коммерческий сектор несет фактическую ответственность за само наличие экологических рисков второго, третьего рода и должен был бы нести их в полной мере. Однако на практике такая готовность отсутствует. Более того, зачастую в коммерческом секторе отсутствует само понимание именно экологических ущербов, и признаются только энвиронментальные риски. Предприятия выражают готовность платить за загрязнения и только. За последствия воздействий этих загрязнений на экосистемы, жизнь и здоровье человека они платить не готовы. Очевидно, что в таком случае им пришлось бы возмещать гораздо большие ущербы, обоснованность которых могла бы быть намного выше. Принятие концепции возмещения именно экологических, а не энвиронментальных ущербов для многих предприятий означало бы крах.

Важным методом управления экологическими рисками второго и третьего рода для коммерческого сектора является экологическое страхование. Оно может быть обязательным и добровольным. В России для опасных производств существует перечень деятельности и объектов, на которые распространяется обязательное экологическое страхование. Однако практика такого страхования наталкивается на трудности адекватной оценки экологических рисков, а также на надежность самих страховых компаний.

Население, для которого экологические риски второго и третьего родов могут быть достаточно высокими, обладают различными способами управления этими рисками. В странах с развитым гражданским обществом, где правительство вынуждено считаться с общественным мнением, огромную роль играют целенаправленные кампании и акции. Сила этих управляющих воздействий может достигать и международной арены. В условиях авторитарных или коррумпированных правительств палитра законных действий населения, отстаивающих свои права, гораздо уже, если не отсутствует вообще. Для населения основным методом управления экологическими рисками является уменьшение негативных последствий экономической деятельности предприятий за счет выбора места жительства, воздействия на коммерческий сектор и сектор власти путем акций, в том числе и с помощью некоммерческих экологических организаций. Можно сказать, что в России за последние 10 лет экологическое самосознание населения значительно выросло и продолжает расти.

Управление экологическими рисками четвертого рода осуществляется на основе компенсационных методов, среди которых основное место занимают судебные иски виновникам негативных событий, приведших к экономическим ущербам через ухудшение экологических характеристик в окрестностях экономических объектов. Такие иски являются основным оружием в туристической индустрии, охотничьих угодьях, рыбопромышленной индустрии. Возможно также страхование экологических рисков четвертого рода при наличии развитой системы страхования в пределах страны.

Контрольные вопросы

1. Что такое территория влияния экономического субъекта?
2. Как классифицируются экологические опасности и риски?
3. В чем состоит взаимодействие техногенных, энвиронментальных и экологических опасностей и рисков?
4. Кто является субъектами экологических рисков?
5. Каковы методы оценки экологических рисков?
6. В чем заключается управление экологическими рисками?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Риск-менеджмент в современных условиях требует учета рисков, которые могут инициироваться опасными явлениями природы (ОЯП). До настоящего времени в нашей стране было принято описывать такие риски в рамках двух терминологических концепций. В одной из них используются термины: природные риски, природно-техногенные риски, техногенные риски. Во второй все многообразие рисков, связанных с окружающей средой описывается в рамках единого термина – экологические риски. Показано, в первую очередь, что существующая в нашей стране практика использования термина экологические риски для описания всех видов рисков, связанных с окружающей средой, является в определенной мере неадекватной. Авторы предлагают различать энвиронментальные и экологические риски, как это делается ведущими специалистами по риск-менеджменту в США и Европейском Союзе. В определенной степени принят практически прямой перевод терминов *environmental risks* и *ecological risks*, используемых иностранными специалистами при описании различных аспектов риск-менеджмента в условиях влияния окружающей среды на бизнес-процессы. При этом энвиронментальные риски связаны с ОЯП в различных геосферах (литосфера, гидросфера, атмосфера, космическое пространство), а экологические риски связаны с влиянием живых организмов в биосфере и конкретных экосистемах на бизнес-процессы. Это деление основано на различии внутренних законов, управляющих опасными для человека процессами в геосферах и биосфере. В настоящем пособии авторами дана развернутая характеристика энвиронментальных и экологических рисков, показана их связь с ОЯП. Совокупность терминов экологические и энвиронментальные риски является фактически детализацией термина природные риски.

Авторами проведено четкое деление субъектов рассматриваемых рисков по социальным секторам в зависимости от их места в процессе управления энвиронментальными и экологическими рисками. Показано, что при рассмотрении проблем управления рисками в современной трактовке только люди и бизнес-структуры являются субъектами риска. В таком понимании природа и экосистемы субъектами риска не являются, так как не обладают собственными интересами в бизнес-процессах и не имеют возможности самостоятельного предъявления исков в правовом поле.

Различные субъекты риска (бизнес, власть, население) по-разному подвержены энвиронментальным и экологическим рискам и испытывают различные потребности в обеспечении информацией о таких рисках. Наибольший объем информации о таких рисках необходим лицам, принимающим решения (ЛПР) в области управления бизнесом и территориями. Показано, что при управлении территориями, на которых развиваются бизнес-процессы, необходима целенаправленная деятельность законодателя в области установления правил по оценке и управлению энвиронментальными и экологическими рисками.

Для студентов гидрометеорологических и геоэкологических специальностей знакомство с влиянием ОЯП на бизнес-процессы является достаточно новой ситуацией, поэтому основное внимание в данном пособии уделено описаниям основ теории риска, включая оценку риска и управление риском. Также приведена классификация и дано описание ОЯП в различных геосферах, с точки зрения наносимых ущербов, частоты появления и т.п. Значительное внимание уделено эвристическим методам управления рисками, показаны направления их применения при управлении энвиронментальными и экологическими рисками различными субъектами риска.

В рамках пособия приведено и краткое описание техногенных рисков, учитывая то обстоятельство, что ОЯП могут инициировать техногенные аварии и связанные с ними ущербы. Естественно, что специалист по риск-менеджменту в условиях техноэкосистем, являющихся объектом изучения в рамках геоэкологии, должен владеть основами оценки и управления техногенными рисками с учетом их связей с энвиронментальными и экологическими рисками.

В результате изучения настоящей дисциплины студенты будут знать:

- основные источники экологических и энвиронментальных опасностей и угроз;
- определение риска как меры ущерба от негативных событий;
- основные положения теории риска;
- основные методы оценки риска;
- основные способы управления риском
- опасные явления природы и их последствия;
- основные техногенные, экологические и энвиронментальные риски и способы управления ими.

Студент будет уметь выполнять анализ экологических и энвайронментальных опасностей при осуществлении конкретных видов экономической деятельности, оценить различными методами соответствующие риски, выбрать наилучшую стратегию поведения в условиях неопределенности и наличия указанных рисков.

В результате изучения данной дисциплины специалист может дать необходимые рекомендации ЛРП:

- какие экологические и энвайронментальные опасности существуют при осуществлении данной экономической деятельности;
- каковы соответствующие риски;
- как можно организовать наблюдение за выделенными опасностями и соответствующими рисками;
- какие методы управления этими рисками могут использоваться в различных ситуациях;
- какова наилучшая стратегия поведения при наличии выделенных рисков.

Для снижения социальной напряженности и предоставления населению адекватной информации об энвайронментальных и экологических рисках необходимо развивать методы риск-коммуникации. Из-за ограниченного объема данного пособия освещение этих вопросов не является возможным.

К сожалению, ОЯП в биосфере (нашествия вредных насекомых, опасное массовое поведение хищников, изменение путей миграции и т.п.), за исключением природных пожаров, не отражены в данном пособии. Это обусловлено тем, что данные явления пока не включены официально в определение ОЯП и по ним практически отсутствует статистика ущербов. Следовательно, их описание в рамках настоящего пособия преждевременно, но необходимо указать на важность проведения исследований в данном направлении. В рамках настоящего пособия ущербы, связанные с такими ОЯП, отнесены к экологическим рискам первого рода, которые отражают прямое негативное воздействие живых организмов окружающих экосистем на бизнес-процессы. Неучет экологических рисков первого рода, их неправильная оценка или неадекватные методы управления такими рисками уже в настоящее время приводят к колоссальным экономическим ущербам, вызывают гибель людей, домашних животных.



С Е Р Т И Ф И К А Т

DQS GmbH

Deutsche Gesellschaft zur Zertifizierung von Managementsystemen

настоящим удостоверяет, что предприятие



ОАО "АК "Транснефть"

Большая поляна 57

119180 Москва

Российская Федерация

применительно к области его деятельности

Эксплуатация магистрального трубопроводного транспорта,
транспортировка по магистральным трубопроводам,
хранение и реализация нефти, газа и продуктов их переработки

внедрило и использует

систему менеджмента окружающей среды.

Посредством аудиторской проверки, задокументированной в отчете, было
получено подтверждение о том, что эта система менеджмента окружающей среды
отвечает требованиям следующего стандарта:

DIN EN ISO 14001

Издание: октябрь 1996 г.

Настоящий сертификат действителен до 2007-05-25

Регистрационный номер сертификата: 268277 UM

Франкфурт-на-Майне, Берлин 2004-05-26

Ass. Jur. M. Drechsel

ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ДИРЕКТОРА

Dipl.-Ing. S. Heesloth



D-60433 Frankfurt am Main, August-Schanz-Straße 21
D-10787 Berlin, Burggrafenstraße 6



**Перечень видов и объектов хозяйственной и иной деятельности при
подготовке обосновывающей документации, на строительство которых ОВОС
проводится в обязательном порядке на территории РФ
(Положение об оценке воздействия на окружающую среду в РФ)**

№	Вид хозяйственной деятельности
1	2
1	Предприятия по добыче нефти мощностью 500 тыс. т и более
2	Предприятия по добыче природного газа мощностью 500 млн. м ³ и более в год
3	Нефтеперерабатывающие заводы и установки для газификации и сжижения угля или (и) битуминозных сланцев производительностью 500 т/сут. и более
4	Тепловые электростанции и другие установки для сжигания тепловой мощностью 300 МВт или более, а также атомные электростанции и другие сооружения с ядерными реакторами (за исключением исследовательских установок для производства и конверсии расщепляющихся и воспроизводящих материалов, максимальная мощность которых не превышает 1 кВт постоянной тепловой нагрузки)
5	Золотоотвалы ТЭЦ и котельных с объемом золы 100 тыс. м ³ и более в год
6	Установки для извлечения, переработки и преобразования асбеста и асбестоудержающих материалов с годовой мощностью: (1) асбестоцементных продуктов – 20 тыс. т и более; (2) фрикционных материалов – 50 т и более; (3) других видов применения асбеста – 200 т и более
7	Предприятия химической промышленности всех видов
8	Производство целлюлозы и бумаги мощностью 200 т/сут. и более
9	Крупные склады для хранения 50 тыс. м ³ и более нефтяных, нефтехимических и химических продуктов
10	Микробиологические производства
11	Крупные производства строительных материалов (цемент, стекло, известь, керамика)
12	Крупные установки для доменного и мартеновского производств и предприятия цветной металлургии: 1) спекание, обжиг и прокаливание железной руды в установках мощностью 1 млн. т и более в год; 2) все коксовые печи; 3) установки для производства чушкового чугуна и нерафинированной стали мощностью 1 млн. т и более в год; 4) установки для производства стали из металлолома мощностью 200 тыс. т. и более в год; 5) установки для обработки цветных тяжелых металлических руд мощностью 100 тыс. т и более в год; 6) установки для производства и извлечения или обработки цветных металлов, их соединений или других сплавов термическими, химическими или электролитическими методами мощностью 100 тыс. т и более в год

1	2
13	Крупные установки и предприятия черной и цветной металлургии: 1) окомкование и спекание железной руды в установках мощностью 1 млн. т и более в год; 2) все коксовые печи и коксохимические производства; 3) все установки для производства чугуна и стали мощностью 1 млн. т и более в год; 4) установки для обработки руд тяжелых и цветных металлов, производств, извлечения или обработки цветных металлов, их соединений или других сплавов термическими, химическими или электрохимическими методами мощностью 100 тыс. т и более в год
14	Установки по производству, обогащению, регенерации ядерного топлива, объекты и (или) полигоны по удалению и переработке радиоактивных отходов, боеприпасов и реакторных отсеков; установки по производству радиоизотопов
15	Объекты ядерно-взрывной технологии
16	Крупные ускорительные комплексы для получения интенсивных пучков элементарных частиц и высокоэнергетичных ядер
17	Медицинские центры, осуществляющие в широких масштабах радиоизотопные диагностические или терапевтические процедуры
18	Космодромы, аэропорты, аэродромы, объекты и (или) полигоны для испытаний, утилизации, уничтожения и захоронения (затопления) химического оружия, ракетных топлив
19	Объекты и (или) полигоны термической, химической переработки, утилизации и захоронения нерадиоактивных отходов
20	Строительство автомобильных дорог, автострад, трасс для магистральных железных дорог дальнего сообщения и аэропортов с длиной основной взлетно-посадочной полосы 1500 м и более
21	Метрополитены
22	Нефте- и газопроводы с трубами диаметром 600 мм и более
23	Порты, терминалы, судоверфи, международные паромные переправы, а также внутренние водные пути и порты внутреннего судоходства, допускающие проход судов водоизмещением 1350 т и более
24	Крупные плотины высотой 15 м и более, водохранилища с площадью поверхности 2 км ² и более, магистральные каналы, гидромелиоративные системы и системы водоснабжения крупных городов
25	Сооружения по очистке промышленных и коммунальных сточных вод с годовым стоком более 5 % от объема стока бассейна реки
26	Водозаборы подземных вод с объемом забираемой воды 10 млн. м ³ и более в год

1	2
27	Крупномасштабная добыча, извлечение и обогащение металлических руд и угля: 1) предприятия по добыче, извлечению и обогащению железной руды на месте мощностью 1 млн. т и более в год; 2) предприятия по добыче, извлечению, обогащению нежелезной руды на месте мощностью 100 тыс. т и более в год; 3) предприятия по добыче, извлечению, обогащению угля на месте мощностью 100 тыс. т и более в год; 4) крупномасштабная добыча нерудных полезных ископаемых, особенно в акваториях
28	Разведка, добыча, нефти и газа, лицензируемые виды геологических изысканий
29	Сплошная заготовка древесины в лесосеках на площади вырубki более 200 га или вырубki древесины на площади 20 га при переводе лесных земель в нелесные в целях, не связанных с ведением лесного хозяйства и использованием фондом
30	Крупные животноводческие комплексы мощностью 1) свиноводческие – 30 тыс. голов и более; 2) по откорму молодняка крупного рогатого скота – 2 тыс. голов и более; 3) молочные – 1200 коров и более
31	Звероводческие комплексы
32	Птицефабрики на 400 тыс. кур-несушек, 3 млн. бройлеров и более
33	Объекты хозяйственной и (или) иной деятельности, которые расположены на особо охраняемых территориях и эксплуатация которых не связана с режимом этих территорий

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Функционирование и развитие сложных народнохозяйственных, технических, энергетических, транспортных систем, систем связи и коммуникаций. Разд. 1 и 2 – М.: МГФ «Знание», 1998. – 448 с., 416 с.
2. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Региональные проблемы безопасности с учетом риска возникновения природных и техногенных катастроф. – М.: МГФ «Знание», 1999. – 672 с.
3. Григорьев А.А., Кондратьев К.Я. Экономика и геополитика. Т. 2. Экологические катастрофы. – СПб., 2001. – 687 с.
4. Управление риском: Риск. Устойчивое развитие. Синергетика. Отв. ред. И.М. Макаров. – М.: Наука, 2000. – 431 с. – (Сер. «Кибернетика: неограниченные возможности и возможные ограничения»).
5. Русин И.Н. Стихийные бедствия и возможности их прогноза. Учеб. пособие. – СПб.: изд. РГГМУ, 2003. – 140 с.
6. Кодекс РФ об административных правонарушениях. – СПб.: Lex Star, 2002. – 303 с.
7. Пахомова Н.В., Эндрес А., Рихтер К. Экологический менеджмент. – СПб.: Питер, 2003. – 544 с.
8. Risk Management, Volumes I & II (The International Library of Management) by Gerald Mars and David Weir, Editors, 2000.
9. Handbook of Environmental Risk Assessment and Management edited by Peter Calow; 1998.
10. Ecological Risk Management: A Framework for and Approaches to Ecological Risk-Based Decision Making by Ralph G. Stahl; Society of Environmental Toxicology and Chemistry, 2000.
11. Risk Communication : A Handbook for Communicating Environmental, Safety, and Health Risks by Regina E. Lundgren, Andrea H. McMakin; 1998.

Дополнительная

1. Быков А.А. Моделирование природоохранной деятельности: Учеб. пособие. – М.: Изд-во НУМЦ Госкомэкологии России, 1998. – 182 с.
2. Быков А.А., Соленова Л.Г., Земляная Г.М., Фурман В.Д. Методические рекомендации по анализу и управлению риском воздействия на здоровье населения вредных факторов окружающей среды. – М.: АНКИЛ, 1999. – 72 с.
3. Мяжков С.М. География природного риска. – М.: МГУ, 1995. – 224 с.
4. Акимов В.А., Порфирьев Б.Н., Радаев Н.Н. Методический аппарат оценки и прогноза стратегических рисков. // Управление риском, спецвыпуск, 2002. – с. 10-18.
5. Мозговая А.Л., Порфирьев Б.Н. Оценка стратегических рисков населением: опыт и результаты экспресс-опроса. // Управление риском, спецвыпуск, 2002. – с. 19-28.
6. Махутов Н.А. Оценки и прогнозы стратегических рисков в техногенной сфере. // Управление риском, спецвыпуск, 2002. – с. 59-65.

7. *Осипов В.И., Рагозин А.Л.* Идентификация и прогнозная оценка стратегических природных рисков России. // Управление риском, спецвыпуск, 2002. – с. 66-77.
8. *Фалеев М.И., Акимов В.А., Лесных В.В.* Проблема глобального изменения климата и управление стратегическими рисками. // Управление риском, спецвыпуск, 2002. – с. 78-82.
9. *Анkieв В.В., Захарова П.В., Николаев и др.* Оценка стратегического риска в экологической сфере. // Управление риском, спецвыпуск, 2002. – с.83-88.
10. *Туркин В.* Оценка экологического риска добычи нефти на морском шельфе. // Modeling and analysis of safety and risk in complex systems, pp. 430-433.
11. *Музалевский А.А., Воробьев О.Г., Потапов А.И.* Экологический риск. – СПб.: СЗТУ, 2001. – 110 с.
12. *Сорокин Н.Д.* Вопросы экологического аудита. – СПб.: Экополис и культура, 2000. – 352 с.
13. *Воронцовский А.В.* Управление рисками. Учеб. пособие. – СПб.: СПбГУ, 2000. – 206 с.
14. *Абрамов В.М., Родин А.В.* Особенности управление морскими природными ресурсами // Материалы Итоговой сессии Ученого совета, 27-28 января 2004 г. Ч.2. – СПб.: РГГМУ, 2004. – с. 9-10.
15. *Pelto E.* Environmental risk of the increasing oil transportation in the Gulf of Finland. // Growing Russian oil shipments in the Baltic sea: strategic decision or environmental risk? – Lappeenranta: Lappeenranta University of Technology, Northern Dimension Research Center, Publication 2, 2003. – p. 183 – 209.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
Глава 1. Опасность, угрозы, риски	8
1.1 Экономическая деятельность и ее негативные последствия	8
1.2 Опасности, угрозы	11
1.3 Ущерб от негативных последствий	14
1.4 Риск как мера возможного ущерба негативных последствий	18
Глава 2. Теория рисков	27
2.1. Выгода и возможный ущерб	27
2.2. Математические модели риска	31
2.3. Оценка рисков	41
2.4. Управление рисками	55
Глава 3. Опасные природные явления	67
3.1 Опасные природные явления в литосфере	69
3.1.1. Землетрясения	69
3.1.2. Обвалы	80
3.1.3. Оползни	84
3.1.4. Лавины	87
3.1.5. Сели	90
3.1.6. Просадки лёссов	92
3.1.7. Карст	93
3.1.8. Суффозия	96
3.1.9. Эрозия плоскостная и овражная	96
3.1.10. Извержения вулканов	99
3.1.11. Пучение	100
3.1.12. Наледь, обледенение, гололед	101
3.1.13. Термокарст, термоэрозия	102
3.1.14. Солифлюкция	105
3.1.15. Движение песков	106
3.1.16. Плывуны	106
3.1.17. Засуха почвенная	107
3.2. Опасные природные явления в гидросфере	109
3.2.1. Наводнения	109
3.2.2. Цунами	114
3.2.3. Сгонно-нагонные явления	115
3.2.4. Переработка берегов морей и водохранилищ	118
3.2.5. Эрозия речная	119
3.2.6. Подтопление территорий, переувлажнение почвы, заболачивание	120
3.2.7. Зажор	121
3.2.8. Затоп	122
3.2.9. Низкая межень	123
3.2.10. Паводок	123
3.2.11. Половодье	125
3.2.12. Сильное волнение	126
3.2.13. Тягун	127
3.2.14. Интенсивный дрейф льда	128
3.2.15. Навалы льда	130
3.2.16. Опасное появление льда	130
3.2.17. Опасность отрыва льда	130
3.2.18. Раннее появление льда	131

3.2.19. Сжатие льда	132
3.2.20. Выбросы вредных газов	132
3.2.21. Эль-Ниньо	135
3.3. Опасные природные явления в атмосфере	138
3.3.1. Тропические циклоны, ураганы, тайфуны	138
3.3.2. Штормы	143
3.3.3. Смерчи	145
3.3.4. Шквалы	148
3.3.5. Сильный ветер	150
3.3.6. Сильные морозы	151
3.3.7. Сильная метель	152
3.3.8. Очень сильный снег	153
3.3.9. Заморозки	154
3.3.10. Сильная жара	155
3.3.11. Чрезвычайная пожароопасность	156
3.3.12. Природные пожары	157
3.3.13. Засуха атмосферная	160
3.3.14. Суховей	160
3.3.15. Очень сильный дождь, продолжительный сильный дождь	161
3.3.16. Сильный ливень	163
3.3.17. Крупный град	163
3.3.18. Гроза	165
3.3.19. Сильный туман	167
3.3.20. Сильная пыльная буря	168
3.3.21. Кислотные осадки	169
3.3.22. Смог	173
3.3.23. Озоновая дыра	175
3.4. Опасные астрономические природные явления	177
3.4.1. Метеоритный удар	177
3.4.2. Резкие изменения ионосферы (магнитная буря)	180
Глава 4. Техногенные риски в техносистемах	185
4.1. Источники техногенных рисков	185
4.2. Факторы техногенных рисков	195
4.3. Методы оценки техногенных рисков	199
4.4. Управление техногенными рисками	214
Глава 5. Энвайронментальные риски	231
5.1. О терминах	231
5.2. Источники энвиронментальных рисков	233
5.3. Факторы энвиронментальных рисков	241
5.4. Методы оценки энвиронментальных рисков	248
5.5. Управление энвиронментальными рисками	257
Глава 6. Экологические риски	276
6.1. Источники экологических рисков	276
6.2. Факторы экологических рисков	284
6.3. Методы оценки экологических рисков	297
6.4. Управление экологическими рисками	313
Заключение	319
Приложение 1	322
Приложение 2	323
Список литературы	326

CONTENTS

Introduction	5
Chapter 1. Hazards, threats, risks	8
1.1. Economic activities and its negative consequences	8
1.2. Dangers, threats	11
1.3. Damage from negative consequences	14
1.4. Risk as a measure of possible damage	18
Chapter 2. The theory of risks	27
2.1. Benefit and possible damage	27
2.2. Mathematical models of risk	31
2.3. Risks estimation	41
2.4. Risks management	55
Chapter 3. The dangerous natural phenomena	67
3.1. The dangerous natural phenomena in lithosphere	69
3.1.1. Earthquakes	69
3.1.2. Landslides	80
3.1.3. Landslips	84
3.1.4. Avalanches	87
3.1.5. Lahars	90
3.1.6. Loess sat down	92
3.1.7. Karsts	93
3.1.8. Suffusion	96
3.1.9. Plane and ravine erosion	96
3.1.10. Eruptions of volcanoes	99
3.1.11. Goggling	100
3.1.12. Icing	101
3.1.13. Thermokarsts, thermoerosion	102
3.1.14. Sol fluxion	105
3.1.15. Movement of sand	106
3.1.16. Quick sands	106
3.1.17. A drought soil	107
3.2. The dangerous natural phenomena in hydrosphere	109
3.2.1. Flooding	109
3.2.2. Tsunami	114
3.2.3. Surge	115
3.2.4. Processing coast of the seas and water basins	118
3.2.5. River erosion	119
3.2.6. Territories under flooding, soil over humidifying, bogging	120
3.2.7. Ice gorging	121
3.2.8. Ice jam	122
3.2.9. Low winter water	123
3.2.10. Speed high water	123
3.2.11. Large area high water	125
3.2.12. Strong waves	126
3.2.13. Hauling	127
3.2.14. Intensive drift of ice	128
3.2.15. Piles of ice	130
3.2.16. Dangerous occurrence of ice	130
3.2.17. Ice tear-off danger	130
3.2.18. Early occurrence of ice	131

3.2.19. Compression of ice	132
3.2.20. Emissions of harmful gases	132
3.2.21. El-Nino	135
3.3. The dangerous natural phenomena in an atmosphere	138
3.3.1. Tropical cyclones, hurricanes, typhoons	138
3.3.2. Storm	143
3.3.3. Tornados	145
3.3.4. Squalls	148
3.3.5. A strong wind	150
3.3.6. Strong frosts	151
3.3.7. A strong blizzard	152
3.3.8. Very strong snow	153
3.3.9. Frosts	154
3.3.10. Strong heat	155
3.3.11. Extreme fire danger	156
3.3.12. Natural fires	157
3.3.13. A drought atmospheric	160
3.3.14. A dry wind	160
3.3.15. Very strong rain, a long strong rain	161
3.3.16. A strong downpour	163
3.3.17. A large hailstones	163
3.3.18. A thunder-storm	165
3.3.19. A strong fog	167
3.3.20. A strong dusty storm	168
3.3.21. Acid precipitation	169
3.3.22. Smog	173
3.3.23. Ozone hole	175
3.4. Dangerous astronomic natural phenomena	177
3.4.1. Meteor impact	177
3.4.2. Ionosphere storms	180
Chapter 4. Technogenic risks in technoecosystems	185
4.1. Technogenic risks sources	185
4.2. Technogenic risks factors	195
4.3. Technogenic risks estimation methods	199
4.4. Technogenic risks management	214
Chapter 5. Environmental risks	231
5.1. About terms	231
5.2. Environmental risks sources	233
5.3. Environmental risks factors	241
5.4. Environmental risks estimation methods	248
5.5. Environmental risks management	257
Chapter 6. Ecological risks	276
6.1. Ecological risks sources	276
6.2. Ecological risks factors	284
6.3. Ecological risks estimation methods	297
6.3. Ecological risks management	313
Conclusion	319
Appendix 1	322
Appendix 2	323
References	326

Учебное издание

Лев Николаевич Карлин
Валерий Михайлович Абрамов

УПРАВЛЕНИЕ ЭНВИРОНМЕНТАЛЬНЫМИ
И ЭКОЛОГИЧЕСКИМИ РИСКАМИ

Учебное пособие

Редакторы: И.Г. Максимова, Л.В. Ковель

ЛР № 020309 от 30.12.96.

Подписано в печать 10.04.06. Формат 60х90 1/16. Гарнитура Times New Roman.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл.печ.л. 21,0. Уч.-изд.л.22,3. Тираж 250 экз. Заказ № 25
РГТМУ, 195196, Санкт-Петербург, Малоохтинский пр., 98.
ЗАО «НПП «Система», 195196, Санкт-Петербург, Малоохтинский пр., 80/2
