

Высшее профессиональное образование

Учебник

В. М. Питулько, В. В. Кулибаба,
В. В. Растоскуев

ТЕХНОГЕННЫЕ СИСТЕМЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ РИСК



БАКАЛАВРИАТ

ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

ACADEMIA

В. М. ПИТУЛЬКО, В. В. КУЛИБАБА,
В. В. РАСТОСКУЕВ

ТЕХНОГЕННЫЕ СИСТЕМЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ РИСК

Учебник

Под редакцией проф. В. М. ПИТУЛЬКО

Допущено

Учебно-методическим объединением

по классическому университетскому образованию РФ

в качестве учебника для студентов высших учебных заведений,

обучающихся по направлению «Экология и природопользование»



Москва

Издательский центр «Академия»

2013

УДК 502.1(075.8)
ББК 28.080я73
П354

Рецензенты:

засл. деят. науки РФ, д-р экон. наук, проф. *В. К. Донченко*
(зав. кафедрой экологической безопасности и устойчивого развития регионов
факультета географии и геоэкологии Санкт-Петербургского
государственного университета);

д-р техн. наук, проф. *М. А. Пашкевич* (зав. кафедрой геоэкологии
Санкт-Петербургского государственного горного института (технического универ-
ситета) им. Г. В. Плеханова)

Питулько В. М.

П354 **Техногенные системы и экологический риск : учеб-
ник для студ. учреждений высш. проф. образования /
В. М. Питулько, В. В. Кулибаба, В. В. Растоскуев ; под ред.
В. М. Питулько. — М. : Издательский центр «Академия»,
2013. — 352 с. — (Сер. Бакалавриат).**

ISBN 978-5-7695-9580-6

Учебник создан в соответствии с Федеральным государственным об-
разовательным стандартом по направлению подготовки «Экология и при-
родопользование» (квалификация «бакалавр»).

Исследованы вопросы оценки состояния технических систем и опреде-
ления основных составляющих риска. Особое внимание уделено концепции
безопасности объектов высокого риска. Дано представление о приемлемом
экологическом риске при функционировании природно-техногенных си-
стем в современном обществе. Систематизированы причины появления
экологического риска. Представлен анализ нормативно-правового обеспе-
чения охраны окружающей среды, природопользования и экологической
безопасности в России и за рубежом.

Для студентов учреждений высшего профессионального образования.

УДК 502.1(075.8)
ББК 28.080я73

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

© Питулько В. М., Кулибаба В. В., Растоскуев В. В., 2013
© Образовательно-издательский центр «Академия», 2013
© Оформление. Издательский центр «Академия», 2013

ISBN 978-5-7695-9580-6

СПИСОК АББРЕВИАТУР

- АС — аварийные сбросы
АСКРО — автоматизированная система контроля радиационной обстановки
АХОВ — аварийно химически опасные вещества
АЭС — атомная электрическая станция
БПК — биохимическое потребление кислорода (БПК₅ — за 5 суток)
ВОЗ — Всемирная организация здравоохранения
ГИС — геоинформационная система
ГСМ — горюче-смазочные материалы
ГТС — гидротехнические сооружения
ГЭ — глобальная экодинамика
ЕГСЭМ — Единая государственная система экологического мониторинга
ЕМЕП — глобальный мониторинг загрязнения воздуха
ЗВ — загрязняющее вещество
ИЗА — индекс загрязнения атмосферы
ИЗВ — индекс загрязнения воздуха
ИК — инфракрасный
ЛАРН — ликвидация аварийных разливов нефти
ЛЭМ — локальный экологический мониторинг
МЭС — Межгосударственный мониторинг стран СНГ
НП — нефтепродукты
НПЗ — нефтеперегонный завод
ООС — охрана окружающей среды
ОС — окружающая среда
ОХВ — опасное химическое вещество
ОЭСР — Организация экономического сотрудничества и развития
ПАУ — полициклические ароматические углеводороды
ПБ — промышленная безопасность
ПДВ — предельно допустимый выброс
ПДД — предельно допустимая доза
ПДК — предельно допустимая концентрация
ПДС — предельно допустимый сброс
ПДУ — предельно допустимый уровень
ПДЭН — предельно допустимая экологическая нагрузка

- ПХБ — полихлорированные бифенилы
- ПЭК — производственный экологический контроль
- РАО — радиоактивные отходы
- РЖД — Российские железные дороги
- СНГ — Содружество Независимых Государств
- СПОРО — Санитарные правила обращения с радиоактивными отходами
- ТБО — твердые бытовые отходы
- ТМ — тяжелые металлы
- ТЭК — теплоэнергетический комплекс
- ТЭС — тепловая электрическая станция
- ФАО — продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (Food and Agriculture Organization)
- ХОВ — химические опасные вещества
- ХПК — химическое потребление кислорода
- ЧС — чрезвычайная ситуация
- ЭБ — экологическая безопасность
- ЭМ — экологический мониторинг
- ЮНЕП — Программа ООН по окружающей среде
- ЯТЦ — объекты ядерно-топливного цикла
- ICP-Forests — лесной мониторинг
- ICP-IM — интегральный мониторинг
- INES (ИНЕС) — Международная шкала ядерных событий (International Nuclear Event Scale)
- NOEC — нетоксичный уровень концентрации (No Observed Effect Concentration)

Определения понятия «техногенная система» не найти ни в одном словаре. Однако его значение можно раскрыть, совмещая определения терминов «техногенный» и «система». «Техногенный» — возникший в результате технической и технологической деятельности людей, которая по смыслу не может быть бесцельной и бессистемной. В то же время техногенные системы представляют опасность для человека. Мера опасности выражается в степени риска. Слово «риск» обозначает возможную опасность либо действие наугад в надежде на удачный исход. В настоящее время в большинстве случаев под риском понимается возможная опасность потерь, связанных со спецификой тех или иных явлений природы и видов деятельности человеческого общества.

Бесчисленному множеству техногенных систем соответствует бесчисленное множество разновидностей риска.

На урбанизированных территориях противоречия между потребностями человеческого общества и природной средой особенно обостряются, что приводит к возникновению и увеличению экологического риска, обусловленного как хроническим ухудшением состояния и качества окружающей среды, так и острыми разрушительными для нее последствиями.

Экологический риск может быть связан с любой технической системой и служит количественной мерой экологической безопасности жизненно важных интересов людей, поэтому задача оценки и управления таким риском во всем мире рассматривается как одна из наиболее важных составляющих проблемы устойчивого развития.

Потенциальную опасность для человека представляют все природно-антропогенные системы, где циркулируют потоки энергии и перераспределяются активные химические и биологические компоненты, а также возникают такие изменения в составе и строении окружающей среды, которые способны угрожать жизни и здоровью людей.

Поэтому любые виды хозяйственной деятельности должны иметь установленные федеральными и региональными законами экологические обоснования, цель которых — доказать допустимость воздействий в рамках действующих нормативных экологических ограничений для качества основных компонентов окружающей среды, обеспечить предупреждение ЧС и минимизацию их последствий, создать условия для безопасного функционирования технических систем и сохранения здоровья людей.

Обеспечение экологической безопасности опирается на принципы теории надежности: наличие блочной структуры, резервных мощностей, дублирование элементов и их функций, параллельное осуществление функций, саморегуляция по принципу обратной связи, периодическое тестирование в режиме реального времени.

Теоретические основы курса «Техногенные системы и экологический риск» опираются на положения теории экологической безопасности, фундаментальными составляющими которой являются, наряду с теорией риска, устойчивость (резистентность) экосистем различного уровня иерархической организации, их индикаторный отклик на природно-климатические и антропогенные воздействия и закономерности восстановления биоты при компенсации угнетающих факторов или при снятии нагрузок. Немалое место занимают идентификация вредных воздействий, вопросы мониторинга и экологического нормирования.

Цель курса — формирование у студентов представлений о принципах создания, функционирования и безопасного развития главных разновидностей техногенных систем, их взаимодействия с природными геосистемами, величине и последствиях антропогенного воздействия на окружающую среду, усвоение приемов и методов количественного риск-анализа возможных негативных последствий как от систематических воздействий техногенных систем, так и воздействий, связанных с аварийными ситуациями.

В курсе дается представление об окружающей среде, изменяющейся под влиянием природных и антропогенных факторов как систематического характера, так и при аварийных и катастрофических экстремальных их проявлениях. Оценка экологического риска раскрывается как методология количественного определения разнородных опасностей и основа прогнозирования опасного развития и принятия решений. Рассматриваются нормативно-организационные, технологические и экономические методы обеспечения безопасности человека и окружающей среды.

Восприятие и освоение дисциплины возможно при условии фундаментальных знаний по естественно-географическим и социально-экономическим дисциплинам, правовым основам природопользования и охраны природы. Предполагается знание студентами основ технологии базовых производств.

В качестве теоретической основы курса выступают фундаментальные естественно-научные, общепрофессиональные и социально-экономические дисциплины: «Экология», «Геоэкология», «Учение об атмосфере», «Учение о гидросфере», «Ландшафтоведение», «Методы инженерной защиты окружающей среды», «Основы природопользования», «Экономика природопользования», «Безопасность жизнедеятельности».

Дисциплина относится к профессиональному циклу Б-3 — базовая (общепрофессиональная) часть. Модуль: «Прикладная экология».

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующей компетенции — знать теоретические основы техногенных систем и экологического риска и обладать способностью к использованию теоретических знаний в практической деятельности (ПК-7).

Курс носит интегрально-прикладной характер, завершая социогуманитарный блок высшего образования по специальностям «Экология» и «Природопользование». Структура курса представлена в табл. В.1.

Таблица В.1. Распределение часов курса по темам и видам работ

№ п/п	Наименование тем и разделов	Всего, ч	Аудиторные занятия		Самостоятельная работа	Виды контроля
			Лекции	Семинары		
1	Введение	1	1	—		
2	Окружающая среда как система	5	1	2	2	
3	Оценка техногенных факторов дестабилизации природной среды	12	2	4	6	
4	Техногенные системы и их воздействие на человека и окружающую среду	16	4	4	8	КР 1
5	Основные принципы рационального природопользования	16	4	6	6	
6	Риск и экологический риск	16	4	4	8	
7	Риски негативного воздействия хозяйственной деятельности	4	2	2	—	КР 2
8	Экологический риск военного и террористического воздействия	12	4	2	6	
9	Оценка риска хронического воздействия на окружающую среду в России	8	2	2	4	
10	Современные методы управления экологическим риском	18	4	4	10	КР 3
ИТОГО		108	28	30	50	Экзамен

В результате освоения дисциплины студент должен:

знать:

- основные цели, принципы экологической безопасности;
- понятия о системном подходе к исследованию окружающей

среды;

- роль техногенных систем как источников кратковременных аварийных и долговременных систематических воздействий на человека и окружающую среду;

- закономерности восприятия экологического риска отдельными индивидуумами и социальными группами;

- методы идентификации опасности технических систем;

- порядок мероприятий по ликвидации их последствий;

- подходы по выявлению приоритетов в реализации мероприятий, направленных на снижение экологического риска;

уметь:

- проводить контроль параметров и уровня негативных воздействий на их соответствие нормативным требованиям;

- прогнозировать развитие и оценку аварийных ситуаций;

владеть:

- методами качественного и количественного оценивания экологического риска.

Изучение данного курса позволит будущим специалистам корректно оценивать допустимость антропогенных воздействий техногенных систем на человека и окружающую среду, а также планировать комплекс мер по предотвращению экологического ущерба, включая последствия ранних стадий загрязнения акватории или почвенного покрова и прогнозируемых аварийных и чрезвычайных ситуаций. Именно с этих позиций в учебнике проведены сравнение методов исследования, сбор фактического материала и расчеты оцениваемых показателей.

В повседневной жизни широко распространено понятие «окружающая среда», именно в этой среде живет и трудится человек. В науке ей соответствует понятие «биосфера». Человеческое сообщество в процессе хозяйственной деятельности воздействует на элементы окружающей среды и изменяет ее в ту или иную сторону.

1.1. Общая характеристика планетарной природной системы

Характерные для географической оболочки Земли общие закономерности функционирования являются следствием взаимопроникновения и взаимодействия ее компонентов (литосферы, атмосферы, гидросферы, биосферы). Знание этих закономерностей позволяет объяснить территориальные особенности отдельных регионов, а также организацию природы, населения, экономики. К общим географическим закономерностям относятся зональность и азональность, целостность географической оболочки, круговороты вещества, ритмичность природных явлений. Кроме того, только адаптируя технические системы к природным условиям, можно правильно оценить уровень возможного экологического риска при их функционировании.

1.1.1. Строение и состав биосферы

Биосфера охватывает нижнюю часть атмосферы, всю гидросферу и верхнюю часть литосферы, населенные живыми организмами; она является областью существования живого вещества и представляет собой самую крупную экосистему Земли. В соответствии с представлениями В. И. Вернадского, вещество биосферы по источнику появления и отношению к деятельности живых организмов может быть *косным* (формируется без участия живых организмов), *живым* (образованным совокупностью организмов), *биогенным* (создан-

ным в процессе жизнедеятельности организмов — газы атмосферы, каменный уголь, нефть, торф и др.) и *биокосным* (представляющим собой совместный результат жизнедеятельности организмов и небиологических процессов).

Верхняя граница биосферы проходит примерно на высоте 20 км от поверхности Земли в пределах озонового слоя. В гидросфере организмы проникают на всю глубину Мирового океана — до 10—11 км. В литосфере (верхняя часть земной коры) бактерии могут встречаться на глубине 3,5—7,5 км, что зависит от температуры земных недр и условий проникновения воды в жидком состоянии.

Состояние *атмосферы* оказывает большое влияние на физические, химические и биологические процессы на поверхности Земли и в водной среде. Для биологических процессов наибольшее значение имеют: *кислород*, используемый для дыхания и минерализации мертвого органического вещества, *диоксид углерода*, участвующий в фотосинтезе, и *озон*, предохраняющий земную поверхность от жесткого ультрафиолетового излучения. Масса атмосферы нашей планеты ничтожна — всего лишь одна миллионная массы Земли. Однако роль ее в природных процессах биосферы огромна: она определяет общий тепловой режим поверхности, защищает ее от вредных воздействий космического и ультрафиолетового излучений. Циркуляция атмосферы оказывает влияние на местные климатические условия, а через них — на режим рек, почвенно-растительный покров, процессы рельефообразования.

Современный состав атмосферы — результат длительного исторического развития земного шара — представлен кислородом, азотом, углекислым газом, аргоном и другими инертными газами.

Гидросфера также прошла длительный эволюционный путь. Она — важнейший компонент биосферы и «колыбель» жизни. Основная часть воды (95 %) находится в Мировом океане, который занимает около 70 % поверхности земного шара и объем 1 300 млн км³. Поверхностные воды (озера, реки) включают всего 0,182 млн км³, а количество воды в живых организмах составляет около 0,001 млн км³. Значительные запасы воды (24 млн км³) содержат ледники. Большое значение имеют газы, растворенные в воде: кислород и диоксид углерода. Их количество варьирует в зависимости от температуры и присутствия живых организмов. Диоксида углерода, содержащегося в воде, в 60 раз больше, чем в атмосфере. Гидросфера формировалась в связи с развитием литосферы, которая в течение геологической истории Земли выделяла большое количество водяного пара. Подземные воды принимают важнейшее участие в поддержании водного баланса планеты. Они формируют пояс гидротермальных растворов, обеспечивая связь его с поверхностными водами. Явлению естественного дренажа подземных вод принадлежит важная роль в самоочищении загрязненных водоемов. Водный режим рек в значительной степени зависит от режима подземных вод.

Вода — самое распространенное неорганическое соединение на нашей планете и основа всех жизненных процессов, единственный источник кислорода в фотосинтезе — главном движущем процессе на Земле.

Масштабы использования водных ресурсов быстро увеличиваются. Это связано с увеличением численности населения и улучшением санитарно-гигиенических условий жизни человека, развитием промышленности и орошаемого земледелия. Суточное потребление воды на хозяйственно-бытовые нужды в сельской местности составляет 50 л на человека, в городах — 200—300 л. Огромное количество воды используется в промышленности. Еще больше воды необходимо для орошения. В нашей стране ежегодно расходуется на орошение более 150 км³, в то время как на все другие нужды — около 50 км³.

При сохранении таких темпов потребления и с учетом прироста населения и объемов производства через 100 лет человечество может исчерпать все запасы чистой пресной воды.

Кроме высокого уровня расхода дефицит воды вызывается ее растущим загрязнением вследствие сброса в реки *отходов промышленности и коммунальных сточных вод*. Бактериальное загрязнение и ядовитые химические вещества (фенол), вредные вещества (нефть, нефтепродукты, токсичные синтетические вещества) и металлы (ртуть, свинец, цинк, медь, хром и др.), поступающие в воды, приводят к омертвлению водоемов. В реки и озера проникают и вымываемые из почвы дождями минеральные удобрения — нитраты и фосфаты, различные ядохимикаты, используемые для борьбы с насекомыми-вредителями.

Одним из видов загрязнения является *тепловое загрязнение*, когда электростанции и промышленные предприятия сбрасывают подогретую воду в водоем, что уменьшает количество кислорода, увеличивает токсичность примесей, нарушает биологическое равновесие. В теплой воде кислород плохо растворяется, и его дефицит приводит многие организмы к гибели.

Значительному загрязнению подвергаются воды морей и океанов. С речным стоком, а также от морского транспорта в моря поступают токсичные отходы, нефтепродукты, соли тяжелых металлов, ядовитые органические соединения (пестициды). Загрязнение морей и океанов достигает таких масштабов, что в ряде случаев выловленная рыба и морепродукты оказываются непригодными для употребления в пищу.

Литосферой называется верхняя твердая оболочка Земли, включающая земную кору и верхнюю мантию Земли. Основная масса организмов, обитающих в пределах литосферы, находится в почвенном слое, глубина которого не превышает нескольких метров. Почва включает минеральные вещества, образующиеся при разрушении горных пород, и органические вещества — продукты жизнедеятельности организмов.

1.1.2. Живое вещество биосферы

Несмотря на то что границы биосферы довольно узки, живые организмы в ее пределах распределены очень неравномерно. На большой высоте и в глубинах гидросферы и литосферы организмы встречаются относительно редко. Жизнь сосредоточена главным образом на поверхности Земли, в почве и в приповерхностном слое океана. Общую массу живых организмов оценивают в $2,43 \cdot 10^{12}$ т. Биомасса организмов, обитающих на суше, на 99,2 % представлена зелеными растениями и 0,8 % — животными и микроорганизмами. В океане же на долю растений приходится 6,3 %, а на долю животных и микроорганизмов — 93,7 % всей биомассы. Жизнь сосредоточена главным образом на суше. Суммарная биомасса океана составляет всего 0,13 % биомассы всех существ, обитающих на Земле.

Масса живого вещества составляет всего 0,01 — 0,02 % от косного вещества биосферы, однако она играет ведущую роль в геохимических процессах. Вещества и энергию, необходимую для обмена веществ, организмы черпают из окружающей среды. Ограниченные количества живой материи воссоздаются, преобразуются и разлагаются. Ежегодно, благодаря жизнедеятельности растений и животных, воспроизводится около 10 % биомассы.

Все компоненты биосферы тесно взаимодействуют между собой, составляя целостную, сложно организованную систему, развивающуюся по своим внутренним законам и под действием внешних сил, в том числе космических (солнечного излучения, гравитационных сил, магнитных полей Солнца, Луны и других небесных тел).

По современным представлениям, развитие безжизненной геосферы (оболочки, образованной веществом Земли) началось миллиарды лет назад на ранних стадиях существования нашей планеты. Изменения облика Земли были связаны с геологическими процессами, происходившими в земной коре, на поверхности и в глубинных слоях планеты, и находили проявление в извержениях вулканов, землетрясениях, подвижках земной коры, горообразовании. Такие процессы происходят и сейчас на Марсе, Венере, Луне и других планетах Солнечной системы и их спутниках.

С возникновением жизни сначала медленно и слабо, затем все быстрее и значительнее стало проявляться влияние живой материи на геологические процессы Земли. Живое вещество распространилось по безжизненным пространствам планеты, занимая все потенциально доступные для жизни участки, изменяя их и превращая в места обитания. И уже в древние времена различные жизненные формы и виды растений, животных, микроорганизмов, грибов заняли всю планету.

Деятельность живого вещества, проникшего во все уголки планеты, привела к возникновению нового образования — биосферы (тесно взаимосвязанной единой системы геологических и биологиче-

ских тел и процессов преобразования энергии и вещества). Размеры преобразований, осуществляемых живой материей, достигли планетарных масштабов, существенно видоизменив облик и эволюцию Земли. Так, например, в результате процесса фотосинтеза — деятельности зеленых растений, образовался современный газовый состав атмосферы, в ней появился кислород. В свою очередь на активность фотосинтеза существенно влияют концентрация углекислого газа в атмосфере, наличие влаги и тепла.

Почва является целиком результатом деятельности живого вещества в косной (неживой) среде.

Самой значительной характеристикой биосферы, по В. И. Вернадскому, являются непрерывная биогенная миграция химических элементов, обеспечивающая неизменность в течение всего геологического времени среднего химического состава живого вещества, в сочетании с непрерывными эволюционными изменениями форм жизни.

Эволюция биосферы шла по пути усложнения структуры биологических сообществ, умножения числа видов и совершенствования их приспособляемости. Эволюционный процесс сопровождался увеличением эффективности преобразования энергии и вещества биологическими системами: организмами, популяциями, сообществами. Вершиной эволюции живого на Земле стал человек, который как биологический вид на основе многочисленных изменений приобрел не только сознание (совершенную форму отображения окружающего мира), но и способность изготавливать и использовать в своей жизни орудия труда.

1.1.3. круговороты вещества и энергии в биосфере

Глобальные процессы образования и движения живого вещества в биосфере связаны и сопровождаются круговоротом вещества и энергии. В отличие от чисто геологических процессов биогеохимические циклы с участием живого вещества имеют значительно более высокие интенсивность, скорость и количество вовлеченного в оборот вещества.

В биосфере, как в любой экосистеме, происходит круговорот воды, планетарные перемещения воздушных масс, а также биологический круговорот, характеризующийся *емкостью* — количеством химических элементов, находящихся одновременно в составе живого вещества в данной экосистеме, и *скоростью* — количеством живого вещества, образующегося и разлагающегося в единицу времени. В результате на Земле поддерживается большой геологический круговорот веществ, где для каждого элемента характерна своя скорость миграции в больших и малых циклах. Скорости всех циклов отдельных элементов в биосфере теснейшим образом сопряжены между

собой. Движущими силами круговорота воды на планете являются солнечная и тепловая энергия, испарение и сила тяжести.

Установившиеся за многие миллионы лет круговороты энергии и вещества в биосфере самоподдерживаются в глобальных масштабах, хотя локальные изменения структуры и особенностей отдельных экосистем, составляющих биосферу, могут быть значительными.

Как показывают исследования, по крайней мере, последние 600 млн лет характер основных круговоротов на Земле существенно не менялся. Осуществлялись фундаментальные геохимические процессы, характерные и для современной эпохи: накопление кислорода, связывание инертного натрия, осаждение кальция, образование кремнистых сланцев, отложение железных и марганцевых руд, сульфидных минералов, накопление фосфора и т. д. Менялись лишь скорости этих процессов. По-видимому, не менялся существенно и общий поток атомов, вовлекаемых в живые организмы. Есть основание считать, что масса живого вещества оставалась приблизительно постоянной (Горшков В. Г., 1995).

Основные виды природных ресурсов¹: биологические, литосферные, водные, энергетические.

Биологические, в том числе пищевые, ресурсы планеты обуславливают возможность жизни человека на Земле, а минеральные и энергетические служат основой материального производства человеческого общества. Среди природных богатств планеты различают исчерпаемые и неисчерпаемые ресурсы.

Неисчерпаемые ресурсы подразделяют на *космические, климатические* и *водные*. Это энергия солнечной радиации, морских волн, ветра. С учетом огромной массы воздушной и водной среды планеты неисчерпаемыми считают атмосферный воздух и воду, что относительно. Например, пресная вода во многих регионах остро дефицитна. Можно говорить и о неравномерности ее распределения, и невозможности ее использования из-за загрязнения. В промышленных городах и кислород атмосферы становится исчерпаемым ресурсом.

Исчерпаемые ресурсы подразделяют на *возобновляемые* и *невозобновляемые*². К первым относят растительный и животный мир, плодородие почв. Из числа восполняемых природных ресурсов большую роль в жизни человека играет лес. В нашей стране леса занимают около 44 % всей ее суши и являются одним из природных

¹ *Природные ресурсы* — совокупность естественных тел и явлений, используемых или потенциально пригодных для использования человеком в настоящее время или в будущем.

² Само понятие «*полезные ископаемые*» имеет сугубо экономический смысл, что делает их «*неисчерпаемыми*». Стоит повысить рентабельность технологии извлечения и в геометрической прогрессии возрастут запасы. Закончится «твердая» руда, можно обратиться к «жидкой» — металлоносным рассолам на глубине 4—5 км.

богатств. Невозобновляемые ресурсы представлены полезными ископаемыми. Их использование человеком началось в эпоху неолита. Первыми металлами, которые нашли применение, были самородные золото и медь. Добывать руды, содержащие медь, олово, серебро, свинец, умели уже за 4000 лет до н. э. В настоящее время человек вовлек в сферу своей промышленной деятельности большую часть известных минеральных ресурсов.

Ежегодно добывается около 100 млрд т руды, топлива, минеральных удобрений, что приводит к истощению этих ресурсов. Из земных недр извлекается все больше различных руд, каменного угля, нефти и газа. В современных условиях значительная часть поверхности Земли распахана или представляет собой полностью или частично окультуренные сельскохозяйственные угодья. Развитие промышленности и сельского хозяйства потребовало больших площадей для строительства городов, промышленных предприятий, разработки полезных ископаемых, сооружения коммуникаций. К настоящему времени человеком преобразовано около 20 % суши.

Значительные площади поверхности суши исключены из хозяйственной деятельности вследствие техногенного изменения верхнего слоя литосферы, накопления промышленных отходов и невозможности использования территорий, где ведется разработка и добыча полезных ископаемых.

Человек всегда использовал окружающую среду в основном как источник ресурсов, однако в течение очень длительного времени его деятельность не оказывала необратимого влияния на биосферу. Лишь в XX в. изменения биосферы под влиянием хозяйственной деятельности приобрели характер экологических катастроф.

При таком подходе большая часть взятых от природы ресурсов возвращается ей в виде отходов, часто ядовитых или не пригодных для утилизации механизмами самоочищения биосферы. Это является угрозой существованию биосферы и самого человека.

Являясь открытой термодинамической системой, биосфера может устойчиво развиваться только при условии выполнения второго закона термодинамики в редакции И. Р. Пригожина: $dS_i + dS_e = 0$, где производство энтропии в системе (dS_i) уравнивается отрицательным ее потоком извне (dS_e). В противном случае самоорганизации мешает закон самопроизвольного возрастания энтропии.

Существует противоречие между природными процессами рассеяния вещества и энергии (*энтропийными*) и антропогенными процессами концентрации вещества и энергии (*антиэнтропийными*). Совместному выживанию цивилизации и биосферы препятствует хроническое тепловое и химическое загрязнение природной среды, дефицит кислорода в городах и промзонах, распространение отходов. Традиционный экстенсивный подход к получению минерально-сырьевых и топливных ресурсов является первоосновой развивающегося экологического конфликта. Отсюда — обязанность цивилизации соз-

давать утилизационные технологии, искать новые источники сырья и энергии (геотермальные циркуляционные системы, термоядерная энергетика и т. д.).

Слагаемыми современной экологической политики являются: безотходные технологии, энерго- и ресурсосбережение, замкнутые водообороты, очистка и снижение выбросов транспорта и промышленности, переработка и утилизация отходов, рекультивация ландшафтов, эффективная правовая база, развитие охраняемых природных территорий. Во многих странах реализуется единственно верный принцип охраны природы: добиваться ликвидации причин загрязнения окружающей среды — негодных в экологическом смысле технологий, а не устранять бесчисленные следствия их несовершенства — выбросы и сбросы. Вариант решения природоохранных проблем путем борьбы с последствиями экономически неэффективен (он стимулирует строительство все более дорогостоящих очистных сооружений, требующих вовлечения в оборот новых природных ресурсов и создающих новую экологическую нагрузку на природные системы, очередной виток финансовых затрат) и не вписывается в Концепцию Рио¹ по устойчивому развитию.

1.2. Опасные природные явления и процессы

Под природными опасностями понимают явление, процесс, свойство или состояние определенных компонентов окружающей среды, представляющих угрозу для людей или увеличивающих уязвимость биосферы.

Опасное природное явление — событие природного происхождения или результат деятельности природных процессов, которые способны оказывать поражающее воздействие на людей, объекты экономики и окружающую среду. В зависимости от интенсивности, масштаба распространения и продолжительности они могут приобретать характер стихийного бедствия и иметь, как правило, чрезвычайные последствия.

Природные бедствия представляют собой сложную совокупность разнообразных неблагоприятных и опасных природных явлений и процессов. В зависимости от масштабов и интенсивности они подразделяются на неблагоприятные природные явления, стихийные бедствия и природные катастрофы.

Под **неблагоприятным природным явлением** понимается стихийное событие природного происхождения, которое по своей интенсивности, масштабу распространения и продолжительности может вызвать негативные последствия для жизнедеятельности людей

¹ Декларация по окружающей среде и развитию. Принята Конференцией ООН по окружающей среде и развитию, Рио-де-Жанейро, 1992.

и экономики. Для этих явлений характерны сравнительно небольшие отклонения состояния природной среды от нормального диапазона природных условий, оптимальных для жизни человека и его хозяйственной деятельности. Такие явления чаще всего не инициируют чрезвычайных ситуаций.

Чрезвычайная ситуация — обстановка, сложившаяся на определенной территории в результате промышленной аварии или иной опасной ситуации техногенного характера, катастрофы, опасного природного явления, стихийного или иного бедствия, которые повлекли или могут повлечь за собой человеческие жертвы, причинения вреда здоровью людей или окружающей среде, значительный материальный ущерб и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Стихийным бедствием называется разрушительное природное или природно-антропогенное явление или процесс значительного масштаба, в результате которого может возникнуть или возникла угроза жизни и здоровью людей, произойти разрушения или уничтожение материальных ценностей и компонентов окружающей природной среды (ГОСТ Р 22.0.03—95). Стихийные бедствия являются основным источником чрезвычайных ситуаций природного характера, поскольку возникают достаточно часто и имеют значительный масштаб.

Под **природной катастрофой** понимается стихийное бедствие особо крупных масштабов и с наиболее тяжелыми последствиями, сопровождающееся необратимыми изменениями ландшафта и других компонентов окружающей природной среды. Такие события являются редкими, но наиболее разрушительными.

1.2.1. Стихийные природные бедствия и катастрофы

Стихийные бедствия могут возникать как независимо друг от друга, так и связанно: одно из них может повлечь за собой другое. Независимо от источника возникновения стихийные бедствия характеризуются значительными масштабами и различной продолжительностью — от нескольких секунд и минут (землетрясения, снежные лавины, лимнологические катастрофы¹) до нескольких часов (сели), дней (оползни) и недель (наводнения). Большинство опасных природных явлений или процессов инициируют возникновение чрезвычайных ситуаций природного характера различных масштабов, являются их источниками. Под **источником природной ЧС** понимается произо-

¹ *Лимнологическая катастрофа* — физическое явление, при котором газ (как правило, CO₂) прорывается на поверхность из глубины водоема и создает угрозу удушения животных и людей. Лимнологическая катастрофа характеризуется химическим составом, массой и происхождением газов, продолжительностью выброса и «спусковым механизмом» катастрофы.

шедшее или потенциально опасное природное явление (процесс), находящееся с ней в причинно-следственной связи.

Причины стихийных бедствий:

- быстрое перемещение вещества литосферы (землетрясения, оползни и т. д.);
- высвобождение внутренней энергии (вулканы, землетрясения и т. д.);
- повышение уровней рек, озер, моря (наводнения, цунами);
- ударно-взрывное действие (метеориты, астероиды, кометы);
- резкие перепады давления, температуры или их устойчивое экстремальное значение (засухи, сильный мороз и др.);
- биовоздействия (выбросы опасных газов с озер, болот; вулканические выбросы; популяционные «вспышки» и миграция вредных насекомых и др.);
- термохимические воздействия (природные пожары, самовозгорание торфа).

По происхождению природные явления разделяются на несколько групп.

1. К геолого-геоморфологическим опасным природным явлениям относятся: землетрясения, цунами, вулканические извержения, обвалы, камнепады, оползни, сели, водоснежные потоки, лавины, обрушения и подвижки ледников, эрозия почв и оврагообразование, переформирование русел рек, оползание грунта (снега) на склонах, просадки на карсте. Стихийные бедствия в литосфере, вызываемые явлениями, обусловленными внутренними тектоническими процессами развития Земли, называют *эндогенными*. В отличие от них явления, зарождающиеся и развивающиеся на поверхности Земли, называют *экзогенными*.

2. Климатические и гидрологические опасные явления — это ураганы, тайфуны, смерчи, шквалы, наводнения, грозы, градобития, морские штормы, экстремальные температуры воздуха, ливни, снегопады, метели, гололед, изморозь, обледенение, наледи на склонах, мерзлотные деформации грунта, термокарст, термоэрозия, подтопление, изменение уровня грунтовых вод, абразия берегов морей и водохранилищ, ледовые явления на реках, засухи, суховеи, пыльные бури, засоление почв, резкие скачки атмосферного давления, температуры и влажности.

3. К биогеохимическим опасностям относятся выбросы опасных газов из водоемов (озер, болот) и др.

4. Опасные природные явления, имеющие биологическую природу, — это массовое размножение сельскохозяйственных вредителей, болезни растений и домашних животных, эпидемии среди животных и людей, неконтролируемое размножение на территории и акватории привнесенных видов, нападения кровососущих, хищных и ядовитых животных, биопомехи транспортным средствам, управляющим и распределяющим техническим системам.

5. Опасности из космоса. Угрозу для человечества представляют опасности космогенного характера и возможность столкновения небесных тел с Землей. К космогенным опасностям относятся солнечная активность и космическая погода. Изменения в солнечной атмосфере, включая вспышки и выбросы заряженных частиц из солнечной короны и их взаимодействие с магнитосферой и верхними слоями атмосферы Земли, создают опасности и приводят к ЧС на Земле. Так, например, в 1989 г. имела место самая сильная за последние столетия магнитная буря. Она оказалась в 10—12 раз мощнее обычной средней. В провинции Квебек (Канада) и штате Нью-Джерси (США) магнитная буря привела к отключению систем энергоснабжения и нанесла убыток более 1 млрд долларов. Падение на Землю небесных тел вполне реально, оно сопровождает всю историю Земли.

1.2.2. Чрезвычайные ситуации природного характера

Чрезвычайные ситуации природного характера складываются под воздействием природных явлений, достигших уровня стихийных бедствий. На начальном этапе развития человеческого общества такие ЧС природного происхождения наводили ужас на человека.

Сегодня на Земле не найдется места, где не случались бы природные бедствия. По данным МЧС России, только за 1990—1999 гг. в нашей стране было зарегистрировано 2 877 событий чрезвычайного характера, связанных с опасными природными процессами.

За последние 50 лет количество природных катастроф на Земле увеличилось почти в три раза. Они привели к гибели свыше 4 млн человек, а число пострадавших превысило 4,4 млрд чел., т. е. почти 3/4 человечества. Наиболее распространенными опасными природными явлениями в мире являются тропические штормы и наводнения (по 32 %), землетрясения (12 %), другие природные процессы (14 %). Среди континентов мира наиболее подверженными действию опасных природных процессов являются Азия (38 %), Северная и Южная Америка (26 %), далее идут Африка (14 %), Европа (14 %) и Океания (8 %).

В России за тот же период, по неполным данным, погибло 4,5 тыс. человек, а пострадало 540 тыс. чел. По данным МЧС, среднегодовое количество чрезвычайных ситуаций природного характера в стране составляет в настоящее время около 300, а еще 10 лет назад оно не превышало 220 событий.

Согласно данным Государственных докладов «О состоянии окружающей природной среды Российской Федерации» за 1996—2009 гг., приведенных в первых двух столбцах табл. 1.1, и данным по численности населения (Всемирный банк, 2011), можно рассчитать вероятность гибели в природных ЧС.

Таблица 1.1. Природные чрезвычайные ситуации в России

Год	Число погибших в природных ЧС, чел.	Вероятность гибели в природных ЧС	Год	Число погибших в природных ЧС, чел.	Вероятность гибели в природных ЧС
1996	45	$3 \cdot 10^{-7}$	2003	18	$1,2 \cdot 10^{-7}$
1997	74	$5 \cdot 10^{-7}$	2004	27	$1,9 \cdot 10^{-7}$
1998	97	$6,5 \cdot 10^{-7}$	2005	38	$2,6 \cdot 10^{-7}$
1999	39	$2,6 \cdot 10^{-7}$	2006	21	$1,5 \cdot 10^{-7}$
2000	48	$3,3 \cdot 10^{-7}$	2007	27	$1,9 \cdot 10^{-7}$
2001	37	$2,5 \cdot 10^{-7}$	2008	21	$1,5 \cdot 10^{-7}$
2002	340	$2,3 \cdot 10^{-6}$	2009	17	$1,2 \cdot 10^{-7}$

Вероятность погибнуть в природных ЧС в России в 1996—2009 гг. колебалась в диапазоне $1,2 \cdot 10^{-7}$ — $6,5 \cdot 10^{-7}$. Исключением явился 2002 г., в котором эта вероятность возросла почти на порядок — до $2,3 \cdot 10^{-6}$. Два природных бедствия, в дополнение к обычным природным чрезвычайным ситуациям, случились в том году — обвал ледника Колка и дождевые паводки на Черноморском побережье в Южном федеральном округе.

Таким образом, вероятность погибнуть в природных ЧС (индивидуальный риск) в России сохраняется на уровне 10^{-7} — 10^{-6} . На рис. 1.1

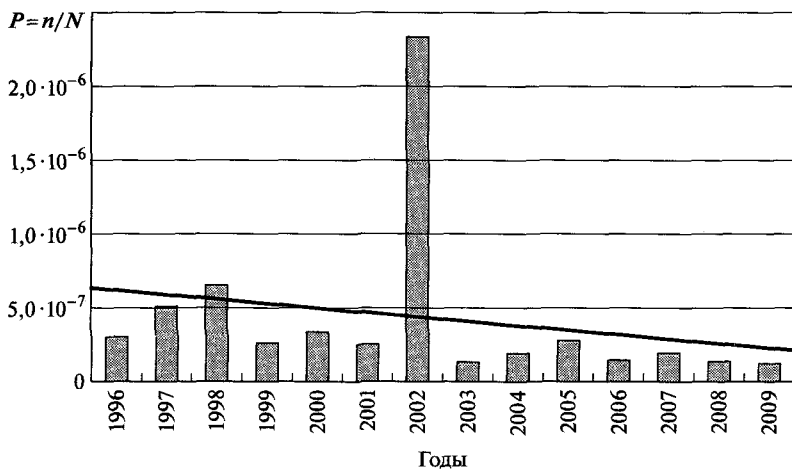


Рис. 1.1. Вероятность гибели в природных ЧС в Российской Федерации (N — математическое ожидание людских потерь; n — принимаемые значения)

показаны эти вероятности, аппроксимированные линией сглаживания, которая свидетельствует о тенденции к уменьшению вероятности гибели в природных ЧС в РФ. При этом количество крупных природных катастроф в России за 1990 — 1999 гг., как и во всем мире, увеличивалось (Осипов В. И., 2001).

Уже сейчас многие развитые страны, например Япония, вынуждены тратить на борьбу с природными катастрофами 5 — 8 % своего годового бюджета (0,8 % валового национального продукта), что составляет 23 — 25 млрд долл. в год.

В Китае ежегодные ущербы от природных катастроф составляют в среднем 3 — 6 % от валового национального продукта и достигают в десятилетие 19 млрд долл. в год.

Природная чрезвычайная ситуация — обстановка на определенной территории или акватории, сложившаяся в результате появления источника стихийного бедствия, который может повлечь или повлек за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей и (или) окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Природные ЧС можно разделить на проявления катастрофического и длительного характера. Первые не нуждаются в примерах (землетрясения, пожары и т. п.), ко вторым относятся последствия медленных изменений климата (опустынивание, оледенение, термокарст и т. п.) и литосферы (неотектонические движения, затопление, абразия и т. п.). Катастрофические процессы непосредственно угрожают жизни человека из-за внезапности и силы проявления и характеризуются неопределенностью момента возникновения.

Процессы длительного действия часто имеют отдаленные экологические последствия. Наносимый ими ущерб определяется размерами затронутой территории. Они имеют планетарный, региональный и локальный уровень развития.

Геологическая летопись планеты наиболее отчетливо сохранила следы многочисленных экологических ЧС планетарного характера в виде эпох «великих вымираний». Земля пережила за свою историю более десятка массовых вымираний. Глобальные потепления и похолодания, столкновения с небольшими астероидами, распространение ледников до широты современной Африки и затопление прибрежных районов — все эти события произошли задолго до появления человека. Богатый палеонтологический материал позволяет делать обоснованные выводы о соотношении воздействий внешних и внутренних причин на эволюцию, например, на рубежах палеозоя — мезозоя и мезозоя — кайнозоя, показывая нормы эволюционной пластичности и форму реакции филогенетических групп в экстремальных условиях:

1) в конце пермского периода, т. е. около 250 млн лет назад, Земля пережила самую стремительную и самую крупную экологическую катастрофу за всю свою историю. В течение всего нескольких сотен

тысяч лет на планете вымерло более 90 % всех видов животных и растений. Группе американских и китайских ученых на основе геохимического анализа соответствующих отложений на юге Китая удалось установить, что в это время на планете происходили мощнейшие извержения вулканов. Они сопровождались выбросом гигантского количества ядовитых газов и, кроме того, привели к тому, что территория площадью в несколько миллионов квадратных километров — прежде всего, в Сибири — оказалась покрыта лавой. Не исключено, что экологическую катастрофу усугубило падение на Землю огромного метеорита;

2) около 70 млн лет назад, в конце мелового периода, в результате исчерпания пищевой базы старых форм (голосеменные, цветковые, саговниковые) вновь гибнут крупные травоядные, а затем и хищники. Кризис усилен аридизацией климата.

Признаются в качестве основных три группы причин экологических катастроф: 1) «ударные» (чаще всего космические); 2) связанные с геологическим развитием Земли; 3) обусловленные внутренними особенностями биоты. Зачастую для объяснения причин одного и того же биосферного кризиса в качестве единственных привлекаются самые различные явления — от космических до внутренних.

К **«ударным»** относят: повышение температуры от падения огромных метеоритов или затемнение атмосферы от поднятой ими пыли; вспышки сверхновых звезд, вызывающих гибель от светового или жесткого излучений, при прохождении Галактики через области с большой плотностью космических лучей.

Среди **«геологических»** гипотез называют: колебание уровня Мирового океана в зависимости от изменения длины и ширины срединно-океанических хребтов и изменения средней мощности континентальной коры, парниковые состояния и оледенения, периоды планетарной неустойчивости (тектономагматические фазы). Активность континентальных плит сопровождается усилением вулканизма (интенсивное выделение углекислого газа, парниковый эффект). Ослабление тектонической деятельности, наоборот, обуславливает ледниковые состояния, которые сопровождаются вымиранием групп организмов.

В число **«биотических»** гипотез входят все биологические события, включая закономерности эволюционного процесса, его темпы и внутреннюю периодичность в пределах конкретных экосистем.

Наиболее глубокая и последовательная общая классификация неблагоприятных и опасных природных явлений и процессов, осуществленная на основе их комплексной систематизации, предложена Институтом геоэкологии РАН (Природные опасности России, 2000—2003). В ней более 130 видов природных опасностей объединены в классы, группы, типы и подтипы. Ведущим признаком выделения классов является среда (атмосфера, гидросфера и литосфера). В классе атмосферных природных процессов выделены три типа:

температурные, связанные с выпадением осадков и обусловленные циркуляцией воздушных масс. Типы, в свою очередь, по физическим параметрам, характеризующим их состояние или механизм развития, могут подразделяться на подтипы.

Аналогично класс гидросферных процессов и явлений подразделяется на два типа: морские и континентальные. Те, в свою очередь, делятся на подтипы: процессы и явления шельфов и склонов морей и океанов, морских вод и течений и поверхностных вод (рек, озер, болот).

Наиболее объемной и сложной является систематизация класса литосферных процессов и явлений, включающая два типа процессов — эндогенные и экзогенные. Эндогенные процессы подразделяются на глубинные и поверхностные подтипы. Экзогенные процессы имеют подтипы, обусловленные различными факторами: изменениями термодинамических условий среды, деятельностью поверхностных и подземных вод, действием силы тяжести, ветра и др.

В целом данная общая классификация природных опасностей является наиболее систематизированной и детализированной. Однако в практике управления природными рисками, противодействия чрезвычайным ситуациям используется более лаконичная и простая классификационная структура, построенная с опорой на сущность и характер базовых явлений и процессов, лежащих в основе развивающихся из-за них чрезвычайных ситуаций (см. табл. 1.1).

Россия, будучи страной с обширной территорией, вмещающей несколько географических поясов и природных зон, обладает чрезвычайно большим разнообразием геологических, климатических и ландшафтных условий и поэтому подвержена почти полному набору всевозможных неблагоприятных и опасных природных явлений и процессов — более 30 видов. За год в России происходит 350—400 опасных природных явлений.

Основные разновидности стихийных бедствий перечислены в табл. 1.2.

Очевидным является трансграничный характер многих крупных природных ЧС, что предполагает придание международного статуса анализу и управлению риском их возникновения. Практически всем стихийным опасным процессам могут быть противопоставлены объединенные усилия заинтересованных стран.

В качестве примера упомянем извечную борьбу человека с паводками — природным явлением, необходимым для выживания и сохранения здоровья многих экосистем. Во все времена социально-экономическое развитие концентрировалось в поймах рек, где до сих пор наблюдаются высокие показатели плотности населения и не хватает земельных ресурсов, пригодных для жизнедеятельности. Проблема паводков стоит наиболее остро там, где хозяйственная деятельность в руслах рек и на примыкающей пойменной территории осуществлялась без учета соответствующих рисков.

Таблица 1.2. Классификация ЧС природного характера по группам, типам и видам

Группа	Тип	Подтип
1. Явления в литосфере	1.1. Геофизические опасные явления	Землетрясения. Извержение вулканов
	1.2 Геологические опасности	Оползни, сели, обвалы, осыпи, лавины. Склоновый смыв. Просадка лёссовых пород. Просадка (провал) земной поверхности в результате карста Абразия, эрозия. Курумы; пыльные бури
	1.3. Природные пожары	Лесные пожары. Пожары лесных и хлебных массивов. Торфяные пожары. Подземные пожары горючих ископаемых
2. Явления в атмосфере	2.1. Метеорологические и агрометеорологические опасные явления	Бури (9—11 баллов), ураганы (12—15 баллов), смерчи, торнадо, шквалы, вертикальные вихри. Крупный град, сильные дожди, ливни, снегопады, гололеды, морозы, заморозки, туманы. Сильная жара, засуха, суховей
3. Явления в гидросфере	3.1. Морские гидрологические опасные явления	Тропические циклоны (тайфуны). Цунами. Сильное волнение (5 баллов и более). Сильное колебание уровня моря. Ранний ледяной покров и припай. Напор льдов, интенсивный дрейф льдов. Обледенение судов и портовых сооружений. Отрыв прибрежных льдов
	3.2. Гидрологические опасные явления	Высокие уровни воды (наводнения), половодье, дождевые паводки, ветровые нагоны и сгоны. Заторы и зажоры. Ранний ледостав и появление льда на судоходных водоемах и реках

Группа	Тип	Подтип
	3.3. Гидрогеологические опасные явления	Низкие уровни грунтовых вод. Высокие уровни грунтовых вод
4. Биологические явления	4.1. Биологические повреждения в литосфере, гидросфере, атмосфере	Появления микро- и макроорганизмов, обусловленных биоповреждениями объектов техногенного характера
	4.2. Инфекционная заболеваемость людей	Единичные случаи экзотических и особо опасных инфекционных заболеваний. Групповые случаи опасных инфекционных заболеваний. Эпидемия. Пандемия. Инфекционные заболевания людей невыявленной этиологии
	4.3. Инфекционная заболеваемость сельскохозяйственных животных	Единичные случаи экзотических и особо опасных инфекционных заболеваний. Эпизоотии. Панзоотии. Инфекционные заболевания сельскохозяйственных животных невыявленной этиологии
	4.4. Поражение сельскохозяйственных растений болезнями и вредителями	Прогрессирующая эпифитотия ¹ . Панфитотия ² . Болезни сельскохозяйственных растений невыявленной этиологии. Массовое распространение вредителей растений

¹ *Эпифитотия* — распространение инфекционной болезни растений на значительной территории в течение определенного времени.

² *Панфитотия* — массовое заболевание растений, охватывающее несколько стран или континентов.

Риск паводков определяется главным образом жизнедеятельностью человека — местами размещения зданий и объектов инфраструктуры, отсутствием систем раннего оповещения и планирования действий на случай чрезвычайных ситуаций.

В то же время паводковые воды являются жизненно необходимым ресурсом в пустынных и полупустынных зонах, сезонное затопление пойм рек — неотъемлемая часть годового цикла самоочищения рек, обеспечивающая здоровье рек, формирование новых гидробиоценозов в местах, богатых илисто-органическими отложениями.

С начала XXI в. паводки повлияли на жизнь более чем 3 млн человек в регионе Европейской экономической комиссии ООН (ЕЭК ООН), включая 1,9 млн человек только в Восточной Европе. В последние годы участились катастрофические паводки, усугубились их экономические, социальные и экологические последствия, выросло число вызванных ими человеческих жертв. В Бангладеш в 1998 г. во время разлива рек Ганга, Брахмапутры и Мегхны две трети страны оказались под водой, погибло около 1 000 человек, около 30 млн остались без жилья. В России свежи воспоминания о событиях в Ленске и Крымске.

В регионе ЕЭК ООН (как и в ряде других частей света, особенно с аридным климатом — страны Центральной Азии) ситуация осложняется трансграничным характером водных ресурсов. В европейской части региона имеется более 150 трансграничных рек, а их бассейны покрывают более 40 % площади региона. В силу этого катастрофические паводки часто охватывают сразу несколько соседних стран.

Трансграничное сотрудничество в сфере управления рисками паводков является не только необходимым, но и полезным. Раннее оповещение со стороны стран, находящихся в верховьях рек, может спасти жизни и снизить экономические потери стран, расположенных в низовьях. Кроме того, сотрудничество помогает накапливать знания и формировать информационную базу, расширяя набор доступных стратегий.

Основной задачей должно являться сведение к минимуму человеческих жертв, а также экономического и экологического ущерба, приносимого паводками с одновременным максимальным повышением эффективности использования пойменных территорий (табл. 1.3).

В большинстве случаев данный подход предусматривает отказ от нынешней весьма ограниченной парадигмы простой «защиты от паводков» в пользу управления паводками в рамках стратегии интегрированного управления водными ресурсами (ИУВР). При планировании развития водных ресурсов рассматривается полный гидрологический цикл, а не только сосредоточение внимания на отдельных явлениях, таких как засуха или наводнение. Этот подход обеспечивает выполнение более широкого круга общественных задач и требует современных информационных и технологических решений, связанных с управлением паводками и осуществлением трансграничных мероприятий.

Паводки не знают границ между странами, регионами, организациями или землевладельцами, поэтому управление этими рисками

Таблица 1.3. Стратегии и варианты управления паводками (ВМО/ГВП, 2004)

Стратегия	Вариант
Уменьшение затопления	Очистка русла. Плотины и водохранилища. Дамбы, насыпи, паводкозащитные сооружения. Перенаправление сильного потока. Управление водосбором. Благоустройство русла
Снижение уязвимости к ущербу	Регулирование пойм. Политика застройки и перестройки. Строительство и размещение объектов. Нормы жилищного и гражданского строительства. Противопаводковая защита. Прогнозирование наводнений и предупреждение о них
Смягчение последствий наводнения	Информирование и обучение. Обеспечение готовности к ЧС. Ликвидация разрушений. Страхование от наводнений
Охрана природных ресурсов пойменных территорий	Зонирование и регулирование пойменных территорий. Последовательное восстановление пойменных территорий

Примечание. ВМО — Всемирная метеорологическая организация; ГВП — Глобальное водное партнерство.

имеет трансграничный характер. Кроме того, расширение территории, рассматриваемой в ходе бассейнового планирования, позволяет принимать меры именно там, где их эффект будет оптимален. И наконец, борьба со стихийными бедствиями в значительной степени зависит от своевременного получения информации и требует использования данных и прогнозов со всей территории бассейна реки.

Водная Конвенция¹ ЕЭК ООН является основным элементом структуры трансграничного сотрудничества. Она обязывает стороны предотвращать, контролировать и снижать трансграничное воздействие. Водная Конвенция направлена на усиление мероприятий по защите и обеспечению количества, качества и рационального ис-

¹ Конвенция Европейской экономической комиссии ООН по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер 1992 г. (Конвенция ЕЭК ООН по водам 1992 г.).

пользования трансграничных водных ресурсов, а также укрепление сотрудничества между странами.

Конвенция опирается на целостный подход, основанный на понимании того, что водные ресурсы играют интегрирующую роль как в экосистемах, так и в человеческом обществе и экономике.

Стратегии управления рисками паводков должны обеспечивать выполнение всех этапов цикла управления риском. Сотрудничество является необходимым на всех этапах. Цикл управления рисками паводков описан, например, в Директиве об оценке и управлении рисками паводков (Директива ЕС о паводках)¹, а также в Руководстве ЕЭК ООН по адаптации к изменениям водных ресурсов и изменению климата. Этот циклический процесс состоит из следующих шагов:

- 1) предотвращение паводков;
- 2) защита от паводков;
- 3) готовность к паводкам;
- 4) реагирование на чрезвычайную ситуацию;
- 5) устранение ущерба от паводков.

Управление рисками трансграничных паводков позволяет делить и перераспределять риски и ресурсы. В ряде случаев мероприятия могут быть гораздо эффективнее при их осуществлении в стране, находящейся ниже или выше по течению. Распределение пользы и затрат по бассейну может предусматривать и денежные компенсации. Такая ситуация сложилась, например, в бассейне реки Вуоксы, где в случае паводка Финляндия может сбрасывать дополнительный объем воды, выплачивая при этом компенсацию находящейся ниже по течению Российской Федерации за потерю гидроэнергии, вызванную дополнительным сбросом.

В то же время такие механизмы зависят от конкретных условий на местах и должны быть предметом переговоров и соглашений между прибрежными странами.

1.3. Прогнозирование и предупреждение природных чрезвычайных ситуаций

До недавнего времени усилия многих стран, в том числе и России, были направлены на ликвидацию последствий опасных природных явлений, оказание помощи пострадавшим, организацию спасательных работ, предоставление материальных, технических и медицинских услуг и т. д. В то же время на территории России велико не только число реализовавшихся природных ЧС, но и число потенциально опасных природных явлений, стихийных бедствий и даже природных катастроф.

¹ Директива 2007/60/ЕС от 23 октября 2007 г. по оценке и управлению рисками наводнений.

Управление риском природных опасностей является важной задачей для государства, местного самоуправления и общественных структур.

Под **природным риском** понимается возможность нежелательных последствий от неблагоприятных и опасных природных явлений и процессов. Природный риск измеряется вероятной величиной потерь за определенный промежуток времени. Заблаговременное предвидение риска, выявление влияющих факторов, принятие мер по его снижению путем целенаправленного изменения этих факторов с учетом эффективности принимаемых мер составляет управление природным риском.

Обеспечение безопасности предполагает оптимальное соотношение затрат на превентивные меры по снижению рисков и смягчению последствий чрезвычайных ситуаций и на ликвидацию их последствий. Известно, что повышение уровня защищенности объектов в два раза требует больших усилий в научно-технической сфере и существенных затрат, сопоставимых с 10—20 % стоимости проекта.

В современной стратегии борьбы с природными угрозами центральное место занимает разработка научных технологий оценки природных рисков, прогнозирование и предупреждение ЧС. Оценка рисков позволяет решать комплекс жизненно важных проблем устойчивого развития общества, а именно:

- моделирование механизма развития природных ЧС;
- оценка безопасности людей и устойчивости инфраструктуры действию разрушительных процессов;
- разработка методов управления рисками;
- целенаправленное инвестирование мероприятий по снижению угрозы от опасных природных явлений;
- создание системы предупреждения и реагирования на природные опасности (мониторинг, силы мобильного реагирования).

Опасность — явления, процессы, объекты, свойства предметов, способные в определенных условиях наносить ущерб окружающей среде и здоровью человека, его жизненно важным интересам. Опасности носят потенциальный характер, т.е. любая деятельность потенциально опасна.

Различают опасности естественного и антропогенного происхождения. Естественные опасности связаны со стихийными явлениями, климатическими условиями, рельефом местности и т.п. Антропогенные опасности возникают вследствие воздействия человека на окружающую среду своей деятельностью и продуктами деятельности (техническими средствами, выбросами различных производств и т.п.). Чем выше преобразующая деятельность человека, тем выше уровень и число антропогенных опасностей.

Признаками, определяющими опасность, являются такие изменения в окружающей среде, которые представляют угрозы для жизни и здоровья, нарушают условия нормального функционирования органов и систем человека.

Процедура по оценке рисков включает выполнение ряда последовательных операций по схеме: идентификация опасностей — анализ (оценка и прогноз) угрозы — анализ риска ЧС на территории — анализ индивидуального риска для населения — сравнение с приемлемым риском — выбор, обоснование и реализация рациональных мер защиты (рис. 1.2).

Риск-анализ начинается с идентификации природных опасностей и их оценки. Необходимо определить вероятность проявления (или повторяемость) той или иной опасности определенного энергетического класса для конкретной территории за заданный интервал времени.

Общие закономерности протекания опасных природных явлений состоят в определенной пространственной приуроченности наносимых ущербов. Хотя затрагивается только часть экосистемы конкретного ранга (регион, область, район), но ущерб ей наносится как единому целому.

При этом каждому виду опасностей предшествуют некоторые специфические признаки, что делает возможным предсказать опасное событие при всей неожиданности его появления. Поскольку деятельность человека повсеместно приводит к усилению природных опасностей, ее иницирующие влияния поддаются учету и контролю, что позволяет предусмотреть активные и пассивные компенсаторные мероприятия.

Анализ проводится как для хронически действующих природных факторов (подавляющее число экологических особенностей), так и для внезапных проявлений природных ЧС. В результате предусматривается комплекс инфраструктурных и социальных компенсационных мероприятий по первой группе процессов и превентивно-защитных технико-организационных регламентов — по второй.

Для оценки угрозы как меры возможности для конкретных объектов подвергнуться воздействию поражающих факторов от источ-



Рис. 1.2. Схема процедуры оценки природных рисков

ников опасностей необходима информация не только о частоте (повторяемости) неблагоприятных и опасных природных явлений и их распределении по силе, но и о пространственном распространении по отношению к объектам воздействия (населению, объектам техносферы) опасных факторов.

Информационное обеспечение риск-анализа формируется мониторинговыми наблюдениями и производственным экологическим контролем.

Ряд наблюдений используется для разработки долгосрочных (на 50 — 100 лет) прогнозов угроз на заданный момент (интервал) времени в будущем. Решение этой задачи осуществляется с помощью динамических или имитационных моделей изменения показателей (характеристик) опасности.

Особенность природных катастроф заключается и в том, что каждая из них вызывает цепочку быстро или медленно развивающихся других процессов, некоторые из них могут быть мгновенными и катастрофическими, а другие — с отдаленным экологическим эффектом.

1.4. Экологические проблемы современности

Глобальные, региональные, локальные экологические проблемы весьма многообразны: изменение климата, загрязнение Мирового океана, опустынивание, истощение озонового слоя, сведение лесов, трансграничные переносы, сокращение биоразнообразия, воздух и вода мегаполисов, размещение отходов. Например, «ужасная восьмерка» в составе атмосферного воздуха: пыль, оксид углерода, яды (бензол, толуол, ксилол), оксиды серы, оксиды азота, озон, летучая галогеноорганика, диоксид углерода.

Главная проблема — утрата биоразнообразия и фрагментация экосистем. Далее — засорение биосферы ксенобиотиками, отходами и теплом, а также расточительное потребление кислорода на технологические цели. Охрана почв от человека является одной из важнейших задач человечества, так как любые вредные соединения, находящиеся в почве, рано или поздно попадают в организм людей.

В биосферу ежегодно поступает около 20 — 30 млрд т твердых отходов, из них 50 — 60 % органических соединений, а в виде кислотных агентов газового или аэрозольного характера — около 1 млрд т. Загрязнение Мирового океана нефтепродуктами достигает ежегодно 1,5 млн т. И все это — в результате деятельности 7 млрд человек, живущих на Земле.

Человек всегда использовал окружающую среду в основном как источник ресурсов, однако в течение очень длительного времени его деятельность не оказывала заметного влияния на биосферу. Лишь в конце XX в. изменения биосферы под влиянием хозяйственной

деятельности обратили на себя внимание ученых. Эти изменения нарастали и в настоящее время просто обрушились на человеческую цивилизацию.

Прогнозы развития земной цивилизации всегда были неутешительными. Человечеству последовательно угрожали: в ближайшем будущем — перенаселением и недостатком пищи, затем — энергетическими проблемами, «топливным» голодом, дефицитом пресной воды, потерей планеты атмосферы, превращением в ледяную пустыню и, наконец, угасанием Солнца. Последняя четверть XX в. ознаменовалась осознанием новой острой опасности — проявлений симптомов экологического кризиса в отдельных странах и регионах, с перспективой перерастания его в глобальную катастрофу.

Политические реалии 70-х гг. XX в. и научно обоснованные сценарии «ядерной зимы», независимо смоделированные в СССР и США, показали, что гибель человечества не является понятием абстрактным, далеким теоретическим событием, а может произойти в пределах конкретного исторического времени, даже на глазах нынешнего поколения (см. гл. 7).

Экологические конфликты возникали на Земле неоднократно на протяжении ее геологической истории и разрешались всегда катастрофически: изменение качества основных компонентов биосферы приводило к массовой гибели доминантных видов, а в дальнейшем эволюция становилась возможной лишь после выведения главной массы накопившихся токсикантов из миграционного цикла. Примерами могут служить эпохи угленакопления и отложения мощных пластов глин, фосфоритов, каменной соли. Несомненно, что и с нынешним экологическим конфликтом, когда он достигает кризисного уровня, биосфера Земли может справиться аналогичным образом, но после катастрофы в ней едва ли сохранится современная цивилизация. Геологическая история планеты свидетельствует, что самопроизвольное разрешение экологических кризисов осуществляется только путем катастрофического уничтожения источников возмущения сложившихся равновесных условий. Миграционные циклы размыкаются, избыток вещества фиксируется в малорастворимых соединениях, которые выводятся из ландшафта, происходит формирование новых миграционных циклов, устанавливается новый баланс вещества и энергии в биосфере. В основе реакции экосистем лежит *принцип Ле Шателье*, который гласит: внешнее воздействие, выводящее систему из равновесия, стимулирует в ней процессы, стремящиеся ослабить результаты этого воздействия. В разных дисциплинах существуют различные трактовки этого принципа. В статистической физике принцип рассматривается для термодинамически замкнутой системы, находящейся в равновесии, в которой соблюдается *правило максимума энтропии*. Выполнение принципа Ле Шателье в данном случае является следствием указанных условий. Наибольший интерес представляет круговорот углерода в биосфере.

Проблемы подлинные и мнимые. К подлинным относятся утилизация отходов, истощение и возобновление минеральных ресурсов, сверхнормативное загрязнение всех компонентов окружающей среды, включая тепловое. Мнимыми оказываются недостаточно изученные проблемы (например, озоновая дыра и парниковый эффект, природная цикличность которых исследована на ничтожном измерительном материале), а также проблемы, к счастью, не достигшие ранга *глобальных* или связанные с несовершенством (неточностями) нормативной базы.

Из этого перечня отчетливо видны *причины подлинных экологических проблем*: энерговооруженность общества и норма прибыльности производства. Переход к эффективным природозащитным мерам сразу делает производство нерентабельным, поэтому взаимоотношения техносферы и биосферы представляют собой клубок компромиссов. Впрочем, оставим на усмотрение будущих социологов, экономистов и экологов поиск выхода из сложившейся ситуации и будем рассуждать в границах современного нормативно-правового поля.

Отходы являются издревле приметой урбанизации и должны стать сырьевой базой XXI в. (отвалы, хвостохранилища, попутные воды и газы, пригодные для переработки методами геотехнологии). Ежегодно на одного жителя планеты добывается до 15—30 т минерального вещества. В то же время рационально используется после переработки и доставки не более 1 % от общей массы. Сама добыча полезных ископаемых сопровождается огромными сопутствующими массами не востребованного вещества. Так, при современном мировом объеме добычи угля и сланцев более 30 млрд т в год, выход твердых, жидких и газообразных отходов составляет не менее 10 млрд т, т. е. более 3 т отходов на 1 т добытого товарного твердого топлива.

Мощность воздействия на природную среду удваивается каждые 12—15 лет, причем скорость деградации среды существенно выше, чем скорость природных процессов восстановления нарушенных экосистем. По степени и необратимости нарушений природного равновесия в экосистемах горнодобывающие и горно-перерабатывающие предприятия занимают одно из первых мест среди всех производственных комплексов. Из добываемого минерального сырья 90—95 % практически безвозвратно теряется в виде твердых, жидких и газообразных отходов, а общее количество перемещенной на планете горной массы в настоящее время превышает 100 млрд т.

Отчетливо просматривается аналогия между поддержанием здоровья состарившегося человека и поддержанием здоровья стареющей цивилизации. В первом случае весь арсенал медицинских и социальных воздействий способен лишь продлить жизнь человека, обеспечивая помощь в работе изношенных систем организма, во втором весь арсенал ресурсосбережения и политики также лишь отдалит кризис изношенных систем биосферы. При этом из-за уже нанесенного природе вреда дальнейшее функционирование любых технологий,

основанных на реакциях окисления с использованием атмосферного кислорода, и дальнейшее накопление отходов являются совершенно неприемлемыми, т. е. мировое сообщество вынуждено уже в настоящее время приступить к разработке принципиально иных подходов по обеспечению оптимального цикла энерго-массообмена в современной биосфере, цикла, в который воздействие цивилизации интегрируется естественным образом, и не приблизит глобальных экологических кризисов и планетарных катастроф.

В ближайшее время человечество обязано сделать выбор: либо продолжать экстенсивное использование природных ресурсов, совершенствуя замыкание циклов производства и потребления, либо переключить экономику на экологически чистые источники минерального сырья и энергии.

Поскольку биосфера уже не справляется с диссипацией не утилизируемой части продукции цивилизации, ее надо обеспечить диссипативными механизмами, созданными самим человеком, т. е. по аналогии с человеческим организмом — «искусственными почками и легкими». Такими механизмами может стать переход на иные источники сырья и энергии, создание искусственных минералов и месторождений (например, закладка выработок известняком, на карбонатном барьере из подземных вод будут извлекаться металлы), удаление не утилизируемых высокотоксичных отходов на Солнце с помощью специальных газодинамических установок, вынос производства за пределы планеты и т. п. В этом же ряду лежит использование тепла недр и создание циркуляционных геотермальных и ресурсоизвлекающих систем, которые заменят добычу «твердой руды». Геотермальная энергия занимает особое место в проблемах экономии углеводородного топлива, экологического «облагораживания» теплоэнергетического комплекса и освоения экологически безопасных нетрадиционных источников энергии, не потребляющих кислород и не усугубляющих парниковый эффект.

Возвращаясь к использованной выше аналогии, в качестве «искусственных почек и легких» для биосферы, угнетаемой техногенезом, можно было бы предложить решение о разрыве порочной цепочки: развитие экономики — рост нагрузок на природу — рост объема отходов, осуществив прогноз многих фантастов о переносе добывающих производств на колонизируемые планеты. В частности, в ближайшем будущем усилиями мирового сообщества возможно создание на Луне энергосырьевого комплекса на основе местных базальтов и анортозитов.

Сегодня четко обозначились три направления беспокойства человека о состоянии среды своего обитания: 1) обеднение видового биоразнообразия и содержавшегося в нем генетического фонда биосферы; 2) истощение запаса природных ресурсов, накопленных

в течение длительной истории Земли; 3) ухудшение качества среды обитания человека как биологического вида, которая сформировалась задолго до его появления всем предшествующим периодом эволюции биосферы.

В соответствии с этим сформировались три *направления действий по обеспечению экологической безопасности человечества*:

1) для сохранения видового разнообразия и генетического фонда биосферы создана и продолжает совершенствоваться мировая сеть особо охраняемых природных территорий. Среди них можно выделить биосферные заповедники — типичные экосистемы Земли, исключенные из сферы хозяйственного пользования и охраняемые в рамках национальной юрисдикции каждой страны как общее мировое достояние человечества, как эталоны типичных участков биосферы. Число биосферных заповедников уже превысило 300 и постоянно растет. Эту же функцию выполняют многочисленные государственные заповедники, заказники, национальные парки, ботанические сады, дендропарки, зоопарки, криобанки генетического материала видов животных и растений;

2) для поддержания и экономного расходования природных ресурсов разрабатываются и внедряются ресурсо- и энергосберегающие технологии, малоотходные и безотходные технологии, ведется активный поиск альтернативных источников энергии и технологического сырья, расширяются возможности вторичного использования ресурсов. Оказалось, что разведанных запасов полезных ископаемых России может хватить на несколько десятков лет: нефти — на 35 лет, газа — на 80, угля — на 60—180, железа, меди, никеля, молибдена, ванадия — на 40, цинка, свинца, сурьмы и россыпного золота — на 15—20, фосфатов — на 50, калийных солей — на 100 лет. В некогда бездонных кладовых природы дно почти обнажилось;

3) чтобы сдерживать прогрессирующее ухудшение качества среды обитания, человечество должно заботиться о неуклонном снижении антропогенной нагрузки на природные экосистемы и их компоненты. Конечно, это сопряжено с большими трудностями. Дело в том, что все источники негативных антропогенных воздействий на природу являются материальной основой благополучия человеческого общества, поскольку производят жизненно необходимую продукцию, обеспечивающую комфорт современного человека. Поэтому масштабы действующих антропогенных факторов находятся под защитой всей сложившейся системы общественных отношений, правовых и политических постулатов, экономических и юридических норм. Природа, к сожалению, пока лишена такой защиты. Ведь бывает трудно закрыть даже явно экологически вредное предприятие, поскольку большому количеству людей это грозит потерей работы и социальных благ.

Надо иметь в виду, что почти все средства, выделяемые правительствами разных стран и международными организациями на охрану окружающей среды, расходуются на «ремонт» уже нарушенных эко-

систем. Эффективность таких чрезвычайных вложений капитала мизерная, поскольку масштабы экологических нарушений огромны, а успехи немногочисленных «ремонтников» более чем скромны.

Еще один важный момент, от которого зависит успех в решении рассматриваемых проблем, — пространственная единица контролируемой и управляемой территории: целостность, комплектность, критический объем природных экосистем как объектов управления. Только цельная, полномасштабная экосистема в естественных границах подчиняется законам природы и функционирует в собственном стационарном режиме с максимальным для данных условий КПД использования ресурсов, с минимальными потерями вещества и энергии.

Естественно, что экосистемы локального, регионального и глобального масштаба требуют принципиально различного научно-методического подхода, нуждаются в разной методологии и технологии управления. Поэтому очень важен выбор пространственной величины объекта управления. Именно в определенных границах пространства можно с достаточной точностью рассчитать динамику и ритмику природных процессов метаболизма и оценить приемлемость риска их нарушения.

Особую трудность представляет встраивание в давно отрегулированный цикл метаболизма экосистем огромного объема синтезированного человеком вещества нового, незнакомого природе состава и свойств. Рост потребностей популяции человека уменьшил запас биомассы, кислорода и пресной воды. Избыток отходов жизнедеятельности человека еще более усилил дефицит фитомассы вследствие сокращения площади естественных экосистем и снижения продуктивности их растительного компонента в результате загрязнения среды обитания. В этой критической ситуации человек оказался перед выбором: или ждать экологической катастрофы в измененной им же самим среде обитания, или взять на себя ответственность за управление экологической ситуацией в биосфере.

Очень хорошо об этом сказал в середине XX в. американский эколог Л. Баттан: «Одно из двух: или люди сделают так, чтобы на Земле стало меньше дыма, или дым сделает так, что на Земле станет меньше людей». Это значит, что для выживания человек должен взять на себя, кроме естественной для него **функции потребителя (консумента), функции производителя (продуцента) и деструктора (редуцента)**. Пока биосфера позволяет человеку успешно выполнять его единственную функцию консумента, но ее резервов при таком стремительном росте антропогенного воздействия может хватить еще на несколько десятков или сотен лет. И если за это время человек не найдет разумного и эффективного способа поддержания миграционного цикла биосферы, он исчезнет как биологический вид, после чего биосфера быстро захоронит все ксенобиотики, восстановит нарушенное динамическое равновесие и начнет новый виток эволюции. Когда-нибудь в результате эволюции появится новое, более

разумное существо, которое сможет отрегулировать свои отношения с биосферой и обеспечить бесконфликтный переход в *ноосферу* — сферу разума, управляющего процессом метаболизма глобальной экосистемы с пользой для себя и без ущерба природе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Определите содержание понятий: «атмосфера», «гидросфера» и «литосфера».
2. Назовите законы функционирования, защитные механизмы природной среды и факторы, обеспечивающие устойчивость биосферы.
3. Перечислите виды возобновляемых и невозобновляемых природных ресурсов.
4. В чем заключается вулканическая деятельность?
5. В чем суть гидрогеологического цикла?
6. Дайте расшифровку понятий: глобальные, региональные, локальные природные опасности.
7. Дайте определение и раскройте сущность категории «опасность в экологической сфере деятельности».
8. Дайте характеристику терминов: «окружающая среда», «биосфера» и «экологическая проблема».
9. Опишите круговорот энергии и веществ в биосфере, фотосинтез.
10. В чем состоят особенности стихийных опасных процессов?
11. Каковы параметры опасных природных явлений, приводящих к чрезвычайным ситуациям?
12. Назовите проблемы использования и воспроизводства природных ресурсов.
13. В чем суть систематизации опасных природных процессов?
14. Каковы условия и факторы, обеспечивающие безопасную жизнедеятельность в окружающей среде, механизмы саморегуляции и самоочищения?
15. Экология и экономика — единство или несовместимость?

УПРАЖНЕНИЯ

- I. Основные принципы обеспечения экологической безопасности. Выберите и обоснуйте правильный вариант ответа:
 - 1) предотвращение накопления и захоронения отходов, деградации природных ресурсов;
 - 2) предотвращение глобального изменения климата, появления озоновых дыр;
 - 3) предотвращение экологической опасности до ее зарождения, уменьшение последствий и компенсация ущерба;
 - 4) снижение роста заболеваний с тяжелыми последствиями, уменьшение зон экологического бедствия;
 - 5) сокращение озоновых дыр, уменьшение зон экологического бедствия.

II. Сформулируйте предложения по предупреждению торфяных пожаров на Северо-Западе России (восстановление водно-болотных угодий, восстановление болотных экосистем, восстановление гидрологического режима малых рек), опишите комплекс мероприятий, включая схему и методы мониторинга.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Вернадский В. И. Живое вещество и биосфера. — М.: Наука, 1994. — 495 с.

Войткевич Г. В. Основы учения о биосфере / Г. В. Войткевич, В. А. Вронский. — Ростов н/Д: Феникс, 1996. — 477 с.

Горшков В. Г. Физические и биологические основы устойчивости жизни. — М.: ВИНТИ, 1995. — 470 с.

Криксунов Е. А. Экология / Е. А. Криксунов, В. В. Пасечник, А. П. Сидорин. — М.: Дрофа, 1995. — 240 с.

Мазур И. И. Опасные природные процессы. Вводный курс / И. И. Мазур, О. П. Иванов. — М.: Изд-во «Экономика», 2004. — 702 с.

Природные опасности России: в 6 т. / Под ред. В. И. Осипова, С. К. Шойгу. — М.: Издат. фирма «КРУК», 2000—2003: Т. 1. Природные опасности и общество / Под ред. В. А. Владимирова, Ю. Л. Воробьева, В. И. Осипова, 2002. — 248 с.; Т. 2. Сейсмические опасности / Под ред. Г. А. Соболева, 2001. — 295 с.; Т. 3. Экзогенные геологические опасности / Под ред. В. М. Кутепова, А. И. Шеко, 2002. — 348 с.; Т. 4. Геокриологические опасности / Под ред. Л. С. Гарагуля, Э. Д. Ершова, 2000. — 316 с.; Т. 5. Гидрометеорологические опасности / Под ред. Г. С. Голицына, А. А. Васильева. 2001. — 295 с.; Т. 6. Оценка и управление природными рисками / Под ред. А. Л. Рагозина, 2003. — 320 с.

Протасов В. Ф. Словарь экологических терминов и понятий / В. Ф. Протасов, А. В. Молчанов. — М.: Финансы и статистика, 1997. — 159 с.

ТЕХНОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ ДЕСТАБИЛИЗАЦИИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Безопасная работа техногенных систем обеспечивается не только технологическими возможностями, но и законодательно-нормативными требованиями к их использованию. Работоспособная система управления ОС в России была создана к началу 2000 г. За последующие годы Госдума и Правительство РФ приняли еще свыше 1 000 нормативных актов, касающихся охраны ОС и рационального природопользования. В том числе многие акты содержали изменения требований уже существующего законодательства. Ряд введенных прежде ограничений был отменен: запрещение на ввоз радиоактивных отходов, применение пестицидов, строительство в границах национальных парков и т. д. Были приняты новые редакции природоресурсных кодексов. Каждая последующая редакция предусматривала ограничение общего природопользования и передачу природоохранных мероприятий под ответственность собственника.

И как будто в параллельном мире продолжала стремительно нарастать дестабилизация всех компонентов окружающей среды. Многие ученые указывают на усиление связи между природными и техногенными катастрофами и на приобретение многими из них глобально-экологического характера.

К числу основных факторов дестабилизации окружающей среды Российской Федерации относятся:

- неравномерное распределение техногенных нагрузок по регионам страны;
- техногенные аварии и природные катастрофы;
- чрезмерная зависимость экономики от природных ресурсов, что уже приводит к сокращению природного капитала страны;
- высокая норма присвоения природной ренты и неэффективные механизмы природопользования и охраны окружающей среды;
- резкое ослабление управленческих и, прежде всего, контрольных функций государства в области природопользования и охраны окружающей среды;

- низкий организационный и технологический уровень производства и жилищно-коммунального хозяйства;
- недостаточный уровень экологического сознания и культуры.

2.1. Нарушение устойчивости биосферы

Составным и важнейшим элементом социосферы стала техносфера. *Техносфера* представляет собой совокупность искусственных объектов в пределах географической оболочки Земли и околоземного космического пространства, созданных человеком из вещества окружающей его неживой и частично живой природы. Она является производственной, экономической, социальной базой современного индустриального общества.

Вместе с тем развитие техносферы, имевшее в XX в. исключительно высокие темпы, привело к ряду негативных результатов. Во многих регионах планеты резко ухудшилась экологическая обстановка, обусловленная обострением противоречий между обществом и природой, антагонизмом между процессом развития производительных сил и необходимостью сохранения благоприятной среды обитания, усилением антропогенной нагрузки на Землю, разрушением экологического равновесия. Серьезным негативным результатом существования, функционирования и развития техносферы оказалась возможность возникновения на ее объектах различного рода аварий и техногенных катастроф, имеющих тяжелые последствия, в первую очередь экологические.

На поверхности земной суши образовалось три центра дестабилизации, в каждом из которых сформировалось единое пространство с практически полностью преобразованными экосистемами:

1) Североамериканский (США, частично Канада и Мексика) на площади более 6 млн км²;

2) Европейский (Западная, Центральная и Восточная Европа, включая основную часть европейской территории Российской Федерации) площадью около 7 млн км²;

3) Азиатский (Индостан, Цейлон, Малайзия, Бирма, Индонезия — без о. Суматра, Китай с Тайванем, — за исключением Тибета и пустынь Монголии, Япония, Корейский полуостров, Филиппины) на площади более 7 млн км².

Вместе с тем на Земле сохранились достаточно крупные единые территории с естественными экосистемами, которые можно назвать центрами стабилизации окружающей среды на суше: традиционно это восточная евразийская и восточносибирская тайга, канадская и юконская тайга, Амазония и прилегающие к ней территории, а также горные биогеографические провинции с тропическими лесами и неосвоенные северо-западные регионы Австралии (в основном Центральная пустыня).

Состояние земель в РФ оценивается специалистами как угроза национальной безопасности, вызванная техногенным загрязнением, истощительным сельскохозяйственным землепользованием, деградацией значительных площадей земельных угодий. На 1 января 2000 г. деградированные оленьи пастбища занимали более 60 % общей их площади, а запасы кормов на них по сравнению с 1950 г. уменьшились в 2—3 раза. На территории РФ накоплено около 2 млрд т отходов производства и потребления, из них почти 90 млн т промышленных токсичных отходов различных классов опасности.

Деятельность человека в силу неразрешимости противоречия между антиэнтропийным ее характером и стремлением биосферы к возрастанию биогенной миграции вещества и энергии нарушает устойчивость всех компонентов окружающей среды. Рассмотрим их в ряду: литосфера — гидросфера — биосфера.

2.1.1. Дестабилизация прочностных и флюидных режимов литосферы

Поверхностные нарушения. Связаны с объектами транспортного и гидротехнического строительства и сопровождают процесс развития урбанистической инфраструктуры. Общая площадь нарушений городской застройкой на территории России составляет около 3,5 млн км². Во всех странах отмечается быстрый рост мегаполисов (крупные городские агломерации с населением более 5 млн чел.) — многофункциональных техногенных систем с высоким уровнем экологического риска.

Помимо водохранилищ, занимающих в России 5,5 млн га, построены каналы большой протяженности, сети мелких каналов, а также дренажные системы. В сетях каналов, как оросительных, так и дренажных, которые в большинстве своем не облицованы, идут активные эрозионные процессы. Подобные нарушения поверхности занимают на территории России более 12,3 млн га, из которых примерно половину составляют осушенные земли. На многих осушенных землях в настоящее время наблюдаются понижения и осадка грунта в результате «выгорания» торфа и разрушения подземных дренажных систем.

На сельскохозяйственных угодьях в результате замены естественных сообществ агроценозами и применения неадекватных приемов обработки почвы при крутизне склонов более 1 град с каждого гектара ежегодно выносятся не менее 6 т мелкозема. Это способствует росту эрозионных борозд, оврагов и балок.

Площадь сельскохозяйственных угодий, подверженных водной и ветровой эрозии, растет и составляет сейчас свыше 60 млн га, из которых 40 млн га подвержены водной эрозии. На эродируемой площади России несколько миллионов гектаров занято оврагами, протяженность которых уже несколько сотен тысяч километров.

Широко ведущиеся горные разработки на значительных площадях нарушают поверхность литосферы при создании карьеров, разрезов, подъездных путей к ним.

Площадь, охваченная антропогенными нарушениями поверхности литосферы, составляет более 5 % территории России. Основные нарушения характерны для зон наиболее плотного заселения, где уровень нарушения поверхности литосферы составляет в среднем 10—25 % на 1 км², а на урбанизированных территориях — 75—100 %, при этом на одного жителя в среднем приходится 6 тыс. м² нарушенной поверхности.

Нарушения поверхности литосферы приводят, как правило, к активизации опасных стихийных явлений: оползней, обвалов, просадок грунтов, создают условия для формирования селей и снежных лавин, способствуют увеличению поверхностного стока, меняют условия инфильтрации и движения флюидов в грунтах, нарушают сообщество почвенно-грунтовых организмов и микробный «фильтр», регулирующий потоки газов из недр земли.

Результаты обширных исследований Х. Гупта и Б. Расточи (1979) показали, что локальные нарушения изостатического равновесия, связанные с заполнением крупных водохранилищ, строительством плотин, выемкой и перемещением больших объемов грунта и другими работами, являются одним из спусковых механизмов неглубокофокусных тектонических землетрясений, разряжающих уже сформировавшиеся геомеханические напряжения.

Искусственные водохранилища, разгрузка напряжений при проходке горных выработок (горные удары), изменение пластового давления (закачка воды в пласт, в том числе токсичных жидких отходов — например, кимберлитовая трубка «Мир», Виллой), взрывы (карьеры, ядерные взрывы и испытания), запуски тяжелых ракет (активизация циклонической деятельности), освоение подземного пространства в инженерных, транспортных и военных целях — вот далеко неполный перечень источников антропогенного вмешательства в строение и состав литосферы.

Нарушения литосферных флюидов¹. Нарушения происходят за счет крупномасштабного вмешательства в системы водо-, нефте- и газоносных горизонтов литосферы как в неглубоко залегающие, так и в глубокие.

Современные представления о глобальном флюидном режиме Земли исходят из того, что не только активный вулканизм центрального типа и сопровождающая его поствулканическая деятельность определяют баланс флюидов, поступающих из высокотемпературных областей Земли в ее внешние геосферы. В тектонически активных

¹ Литосферными флюидами называют газы и жидкости, выделяющиеся из литосферного вещества в зонах высоких термодинамических параметров (давления и температуры) и содержащие миграционно-способные его формы.

областях — зонах альпийского орогенеза и их обрамлениях, рифтовых зонах, областях грязевого вулканизма и других геоструктурных обстановках — имеет место разгрузка субвертикальных потоков смесей литосферных флюидов, которые поступают на дневную поверхность, в атмосферу и Мировой океан в виде спонтанных газовых, нефтяных и гидроминеральных ассоциаций из множества естественных и искусственных нефте-, газо-, водопроявлений.

Воздействие нефтегазодобывающего комплекса достигло гигантских размеров. Объемы добычи огромны (например, в России в 2011 г. добыто 510 млн т нефти и 667 млрд м³ газа). Эксплуатация нефтегазоносных бассейнов в перспективе будет возрастать, затрагивая все более глубокие горизонты недр.

В настоящее время мировое сообщество озабочено решением многих глобальных экологических проблем, прилагая усилия для обеспечения сбалансированного эколого-экономического и социального развития. Однако «экологическая составляющая» в производственных затратах нефтегазодобывающего комплекса во всем мире учитывается достаточно формально и лишь по самым очевидным направлениям (разливы при добыче, транспортировке и переработке, пожары, сжигание «попутного газа»). При этом практически не рассматриваются воздействия на литосферу, связанные с основным технологическим процессом по извлечению полезных ископаемых. Поверхностное суждение о несоизмеримости инерционной стабильности колоссальных объемов недр с точечным характером нарушений литосферы при проходке горных выработок и бурении скважин априорно обосновывает учет лишь вышеупомянутых видов экологических рисков. В то же время любое разведанное месторождение несет следы уже многих десятков (сотен) таких точечных нарушений, изменяющих проницаемость породного массива для газов и горных растворов.

На самом деле, необходимо регулировать не соотношение «цена — объемы добычи», а соотношение «тектоническая устойчивость — объемы добычи». Только в Западной Сибири сейчас эксплуатируется около 8 500 скважин глубиной 2 км. За время разведки нефтегазовых месторождений Западной Сибири пробурены многие десятки тысяч таких скважин. В результате возникли крупные депрессионные воронки, произошла разгерметизация все более глубоко залегающих водо-, нефте- и газоносных горизонтов.

Катастрофы геодинамической природы влекут за собой значительные социально-экономические и экологические последствия. По данным ООН, за последние 30 лет ущерб, нанесенный природно-техногенными катастрофами, увеличился в три раза. Это глобальная тенденция, и в качестве одной из мер ООН в 1989 г. провозгласила 90-е годы XX в. Международной декадой по уменьшению опасности стихийных бедствий. Становится очевидным, что промышленная «агрессия» на недра не только нарушает их природное состояние, но и оказывает заметное влияние на среду обитания человека, создан-

ные им объекты и, в значительной мере, на состояние окружающей среды. Поэтому резко возросшие в последние десятилетия масштабы воздействия человека на недра поставили в ряд жизненно важных вопросов проблему поддержания геодинамического равновесия.

Сохранение существующих природных деформационных режимов в литосфере особенно актуально для районов интенсивного освоения минерально-сырьевого потенциала, где все большее беспокойство стали вызывать сильные и катастрофические геодинамические явления (землетрясения, сильные деформации, активизация разломов и др.), возникновение которых непосредственно связано с разработкой месторождений нефти и газа.

Кроме разведочных и промышленных скважин достаточно глубокие горизонты недр затрагивают шахты по добыче полезных ископаемых: угля, полиметаллических руд, солей. Непрерывающаяся череда аварий и катастроф на глубоких шахтах связана не столько с несовершенством геомеханического и метанового мониторинга, сколько с отсутствием научного обоснования безопасных приемов отработки месторождений и прогноза допустимых объемов и темпов извлечения горной массы с больших глубин. Основным лимитирующим фактором при таких прогнозных оценках является необходимость сохранения или плавного изменения современного флюидного режима литосферы.

Объемы подземных пустот, образующихся в результате добычи полезных ископаемых, непрерывно увеличиваются. Так, на рудниках закладка горных выработок ведется спустя 5—10 лет после добычи с объемом закладки около 3,5 млн м³ и при ежегодном объеме пустот, равном 17 млн м³. Все это приводит к просадкам грунтов, а также к нарушению флюидных систем, так как из действующих шахт и карьеров воду откачивают, а закрытые шахты обычно затопляют. Есть веские основания полагать, что районы добычи нефти, газа и угля служат источниками поступления метана в атмосферу.

В целом в России ежегодно образуется до 3 млрд м³ пустот как в виде разрезов и карьеров, так и в виде подземных пустот. Примерно треть этих поверхностных и подземных пустот засыпается и закладывается, а объем оставшихся пустот превышает 10 млрд м³.

Подземные ядерные взрывы. Явились интенсивным фактором воздействия на земные недра. О проведении в СССР ядерных экспериментов — взрывов в «мирных целях» — известно давно (табл. 2.1), но завеса секретности приподнялась только после издания в США книги «Советское ядерное оружие» с соответствующей картой (рис. 2.1).

Американский проект подземных взрывов в мирных целях получил название «Лемех» (Project Plowskare). За 20 лет реализации проекта США провели 27 взрывов, из них вне полигона Невада — четыре (лишь один на газовом месторождении в штате Нью-Мексико в 1967 г. оказался успешным). Проведенные с той же целью (увеличение давления в газовых пластах) два ядерных взрыва в штате

Таблица 2.1. Классификация ядерных взрывов в мирных целях

Задачи эксперимента	Примеры для рассматриваемой территории
Устройство кратеров и перемещение грунта	Трасса перебросочного канала Печора — Кама. Пермская область: 1971 г. (1) — группа взрывов на глубине 127 м. Архангельская область: (2)
Устройство полости в соляных шахтах для закачки газового конденсата	Астраханская область: 1980 — 1984 гг. (15). Оренбургская область: 1970 — 1971 гг. (3). Уральск: 1983 — 1984 гг. (6)
Стимуляция выхода газа, управление выходом нефти	<p>Пермская область:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1969 и 1981 гг. (2) — Осинское нефтяное месторождение на глубине 1 200 м — увеличение добычи нефти (0,5 млн т, прибыль 4 млн руб.), но через несколько лет из отработанных скважин пошла радиоактивная вода; • 60-е годы XX в. (5) — Чежское месторождение — сверх плана добыто 5 млн т нефти, экономический эффект 20 млн руб. <p>Башкирия: 1969 — 1987 гг. (5) — Грачевское нефтяное месторождение. Оренбургская область: 1970 — 1974 и 1983 — 1984 гг. (10) — в области и у ее границ. Северный Кавказ: 70-е годы XX в. (4). Гурьевская область (Азгар): 1966 — 1987 гг. (41). Западный Казахстан: 1966 — 1987 гг. (38)</p>
Ликвидация аварий и пожаров на фонтанирующих скважинах	1981 г. (1): неудачная попытка погасить пожар на скважине месторождения Кумжа (Ненецкий национальный округ)
Сейсмическое зондирование земной коры и мантии	1972 — 1987 гг. — взрывы вдоль профилей Элиста — Бузулук, Камышин — Гурьев, Элиста — Жаркамыс — Эмба — Кушмурун
Создание атомных крематориев для химического оружия — уничтожение ядовитых веществ при подземных ядерных взрывах	Проект «Четел» (не реализован)

Примечание. В скобках указано число взрывов.

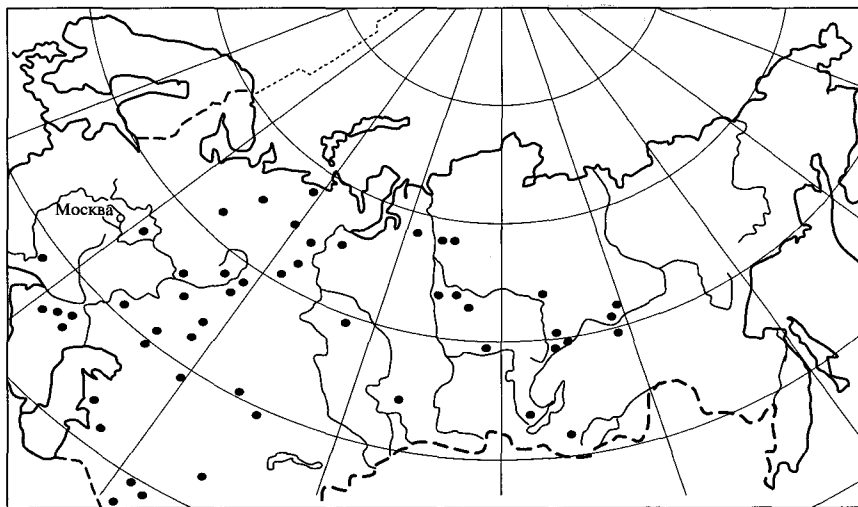


Рис. 2.1. Карта ядерных взрывов в мирных целях (по В. И. Булатову¹, 1993)

Колорадо были неудачными, в их числе взрыв в 1973 г. трех зарядов по 33 кт в одной скважине на разной глубине.

Техногенная сейсмичность. Появляется при воздействии человека на земную кору. Проявления техногенной сейсмичности многообразны: она возникает при горных работах, при заполнении водохранилищ, при добыче нефти и газа, при закачке в недра жидких отходов, при проведении подземных ядерных взрывов. Также разнообразны по масштабу эффекты техногенной сейсмичности — от слабых сейсмических толчков до катастрофических землетрясений, сопряженных с большими рисками и соответствующим ущербом.

Техногенной сейсмичностью называют сейсмические колебания, возникающие в земной коре при любых антропогенных, динамических или статических воздействиях на окружающую среду. Сейсмические колебания, возникающие непосредственно в момент техногенного воздействия, следует определить как *первичную сейсмичность*. Сейсмические колебания, возникающие в горном массиве по различным причинам после или в процессе техногенного воздействия, принято называть *наведенной сейсмичностью*. В свою очередь, наведенная сейсмичность подразделяется на две категории: индуцированную (возбужденную) и инициированную (триггерную) сейсмичность. *Индуцированная сейсмичность* возникает только как реакция горного массива на техногенное воздействие. Эта реакция массива может состоять в изменении условий взаимодействия

¹ Булатов В. И. 200 ядерных полигонов СССР: География радиационных катастроф и загрязнений. — Новосибирск: Цэрис, 1993. — 88 с.

структур внутри массива либо явиться причиной перераспределения естественного напряженного состояния между структурами с высвобождением некоторой его части в виде релаксационных процессов. *Инициированная сейсмичность* — результат высвобождения под действием техногенного вмешательства собственных избыточных запасов энергии горного массива, содержащихся в нем в виде некоторой области высокого напряженного состояния или готового очага землетрясения. Техногенное воздействие в этом случае только запускает или ускоряет процесс освобождения массива от избыточных напряжений и срабатывание существовавшего очага землетрясения.

При любых горных работах, выполняемых с применением взрывных технологий в подземных условиях или на открытой поверхности, присутствует техногенная сейсмичность в форме первичной сейсмичности. Затем после взрывных работ, но уже главным образом при подземных работах возможно появление наведенной сейсмичности в виде разнообразных динамических явлений, которые обычно объединены общим названием *горные удары*. Эти явления могут появиться также без какой-либо временной связи со взрывами в процессе выполнения буровых работ или работы подземных комбайнов. Выделяют очень слабые динамические явления с энергией менее 10^4 Дж — стрельание, толчки, микроудары, шелушение и собственно горные удары от слабых (10^4 — 10^5 Дж) до очень сильных (10^6 — 10^7 Дж). Слабые горные удары обычно коррелируют со временем проведения буровзрывных работ и тяготеют к краевой зоне горных выработок. Сильные горные удары практически не имеют пространственно-временной связи с буровзрывными работами, и места их проявления перемешаются в сплошные целики и в глубину массивов.

Горно-тектонические удары с энергией свыше 10^9 Дж называют *техногенными землетрясениями*. Это определение охватывает все многообразие сейсмических событий техногенного происхождения и оправдывает себя тем, что интенсивность сейсмических колебаний при таких горных ударах уже достигает величины магнитуды в диапазоне 2 — 5, характерном для природных землетрясений. Из анализа около 200 месторождений было установлено, что плотность возникновения индуцированной сейсмичности возрастает с увеличением глубины и мощности разрабатываемых пластов, при низкой пористости и проницаемости коллекторов. Разработка месторождений обычно сопровождается значительными деформациями и постепенным развитием инициированной сейсмичности во времени по мере извлечения нефти и газа. Как показала практика, появление сейсмичности начинается через 2 — 4 года, максимум через 5 — 7 лет после начала разработки, причем очаги индуцированной сейсмичности могут возникать на большой глубине в зависимости от геологического строения массива.

Наряду с индуцированной сейсмичностью следует особо выделить случаи возникновения в районах добычи углеводородов сильных,

а иногда и катастрофических землетрясений, которые можно отнести к категории инициированной сейсмичности. Такие землетрясения появляются, как правило, в сейсмически активных районах, когда разработка месторождений производится без учета высокого уровня тектонических напряжений и служит для возникновения инициированной сейсмичности.

Катастрофические землетрясения произошли в районе Газлийского газового месторождения: два землетрясения через 14 лет после начала эксплуатации — 16.04.1976 г. магнитудой 6,8 и 17.07.1976 г. магнитудой 7,3 и одно — через 20 лет магнитудой 7,2. Эпицентры всех трех землетрясений находились в 15—20 км от газового комплекса Газли. Глубина гипоцентров 25—30 км, в то время как разрабатываемые газоносные меловые пласты мощностью 80—120 м располагались всего лишь на глубине от 800 до 1350 м. Такой же характер инициируемой сейсмичности имело Нефтегорское землетрясение 28.05.1995 г. магнитудой 7,2—7,6 и глубиной очага 15—20 км; оно явилось, по всей видимости, результатом активной нефтедобычи в этом районе.

Техногенная сейсмичность возникает также при проведении подземных горных и крупномасштабных химических взрывов. В этом случае наиболее реальное воздействие на окружающий горный массив и земную кору оказывает первичная сейсмичность (непосредственно от взрыва). Наведенная сейсмичность при подземных взрывах проявляется в виде толчков разной интенсивности — афтершоков. Закономерности развития афтершоковой эмиссии в породах различного типа при подземных взрывах были подробно исследованы в диапазоне энергий взрыва $10^{-1} \sim 10^3$ кт.

В городах специфические геомеханические воздействия оказывают следующие явления: новое строительство, реконструкция существующих зданий и скандально известная «уплотнительная застройка». Эти воздействия затрагивают в основном обжитые районы крупных городов, расположенных, как правило, на слабых грунтах. В состоянии покоя грунты со временем упрочняются (их можно сравнить с застывшим гелем, на поверхность которого можно даже поставить стакан воды, но стоит его потрясти или размешать, как он тут же превращается в вязкую жидкость). Вибрационное воздействие городского транспорта и работа строительной техники способны вызвать серьезные нарушения как в толще грунта, так и в соседних зданиях.

Основными причинами опасности могут являться недостаточное изученные геодинамические последствия нового строительства, инженерного освоения и эксплуатации недр мегаполиса, связанные с медленными изменениями несущей способности грунтов и пород или провоцирующие экзогенные геодинамические процессы. О масштабах и степени такой опасности можно судить по аварийному состоянию старых зданий вблизи участков застройки, например, гостиницы «Невский Палас» в Санкт-Петербурге.

К серьезным последствиям могут привести явления подвижки блочной структуры земной коры и наличие разломов.

Снижению прочности и устойчивости конструкций старых построек способствует воздействие химически активных загрязнителей, выбрасываемых предприятиями промышленности и транспортом. Изначально слабые фундаменты, слабые грунты и необоснованное увеличение нагрузки на несущие конструкции увеличивает риск аварий зданий.

2.1.2. Вмешательство техносферы в природные циклы водных ресурсов

Перегороженные плотинами реки оказываются нарушенными практически на всем протяжении, так как выше водохранилища меняется баланс стока наносов, значительная часть которых задерживается в верхнем бьефе плотины. В результате ниже водохранилища идет эрозия русла, а в устье начинают происходить изменения, обусловленные нарушением баланса наносов. Особенно это заметно на Краснодарском побережье Черного моря, где в результате нарушения естественного стока наносов идет быстрый размыв пляжей, поэтому вся полоса побережья застроена бетонными шпорами. Здесь зону поверхности литосферы от предгорий, занятых дорогами и городами, до прибрежной части моря следует признать полностью нарушенной.

Часть поверхностного стока переводится в подземный, особенно при орошении. В результате в магистральных каналах и непосредственно на полях на фильтрацию теряется до 30 % воды, в сумме — свыше 10 км³, и на значительной части орошаемой территории происходит подъем уровня грунтовых вод и даже возникают заболоченные площади. Уже сейчас по этой причине не используется 200 тыс. га орошаемых земель, а подтопление развито на площади 1 млн га. Подтапливаются и районы создания водохранилищ, где уровни воды поднялись на десятки сантиметров и даже метры. Такой подъем грунтовых вод и заполнение водой ранее ненасыщенной зоны меняет механические свойства грунтов, способствует разрушению берегов водохранилищ, появлению зыбучих песков, развитию карста и т. п. Можно предполагать, что под крупными водохранилищами в местах разломов земной коры не исключено проникновение поверхностных вод в глубокие пласты и глубоко залегающие водоносные горизонты. Это может породить повышенную сейсмичность, что хорошо известно из практики строительства крупных водохранилищ.

Перевод части поверхностного стока в подземный происходит во всех городах при утечках в водопроводной и канализационных сетях. Потери воды в системах ее распределения достигают 20 % и даже предусматриваются проектными решениями. Таким образом, в городах в ненасыщенную зону литосферы и к свободным горизонтам

грунтовых вод поступает до 3 км³ воды, в том числе горячей из теплосетей. Поэтому во многих городах оказываются затопленными подвалы домов, подземные коммуникации, а уровень грунтовых вод повышается. В результате происходит разрушение фундаментов, просадки грунтов, развивается суффозия.

Еще один путь вторжения в литосферу — закачка загрязненных вод в глубокие скважины и закачка горячей воды и пара в нефтяные скважины в целях увеличения нефтеотдачи пласта. Объемы этих закачек не определены.

Мощным средством воздействия на литосферные флюиды служит откачка воды из разных горизонтов подземных вод, обычно некомпенсируемая. В итоге происходит понижение уровня подземных вод и образование обширных воронок депрессии. Наибольшее понижение уровня подземных вод наблюдается в районе крупных городов, использующих для водоснабжения подземные воды. Всего в России выявлено свыше 100 участков истощения грунтовых вод. Для получения воды пробурено 170 тыс. скважин, из которых 30 % не действуют.

2.1.3. Антропогенные изменения биосферы

Водно-болотные угодья¹. Многочисленные проекты по восстановлению водно-болотных угодий (ВБУ) были запущены по всему миру как результат осознания необходимости остановить их деградацию и пользы, которую можно получить при восстановлении ВБУ. К особенностям нарушения болот в индустриальный и постиндустриальный периоды следует отнести их многоотраслевое использование и концентрацию вблизи крупных населенных пунктов.

Осушительные работы, проведенные несколько десятилетий назад, серьезно изменили гидрорежим многих болот России. В результате лесомелиорации далеко не во всех случаях произошло повышение продуктивности леса. Однако результатом осушения болот явилось полное или почти полное исчезновение биотопов, необходимых для существования многих видов животных и растений, снижение урожайности ягодников; осушенные территории оказались более подвержены возникновению и распространению лесных и торфяных пожаров.

В результате мелиорации серьезно изменился режим рек лесной зоны России, прежде всего малых. Из мелиорированного леса внешние

¹ Под *водно-болотными угодьями* (англ. *wetlands*) понимают районы мелководий, болот, торфяников, водоемов, природных или искусственных, постоянных или временных, стоячих или проточных, пресных, солоноватых или соленых, а также морские акватории, глубина которых не превышает 6 м во время отливов. Это сложные экосистемы, в которых ведущим фактором функционирования является вода.

паводковые воды стекают по глубоким канавам, как правило, за неделю. Более короткий и бурный паводок и пониженная температура воды сильно ухудшают условия для нереста рыб. После интенсивного весеннего половодья в малождливые годы из пересушенного в результате мелиорации леса реки получают меньше воды, начинают мелеть и сильнее прогреваться. В результате мелиорации на мелких речушках обычно исчезают прибрежные топи, являющиеся местом нагула молоди рыб и развития планктона. Из лесов в реки по мелиоративным канавам смывается большое количество листвы, а с торфяных участков — торфа. Вода становится более кислой, смывая органика разлагается в реках, поглощая кислород и выделяя углекислый газ, что отрицательно влияет на обитателей водоемов.

В западноевропейских странах, столкнувшихся с этими проблемами, накоплен богатый опыт восстановления мелиорированных болотных угодий (Шотландия, Нидерланды, Швеция).

Регенерации требует не столько гидрологический режим, сколько сами утраченные экосистемы ВБУ. Если коррекция гидрологических последствий мелиоративных работ сравнительно просто достигается инженерными и техническими средствами и обеспечивает снижение пожароопасности осушенных болот, то этого совершенно недостаточно для включения механизма поддержания нужного водообмена.

Кислые атмосферные выпадения на сушу. Одна из острейших глобальных проблем современности и обозримого будущего — проблема возрастающей кислотности атмосферных осадков и почвенного покрова. Районы кислых почв не знают засух, но их естественное плодородие понижено и неустойчиво, они быстро истощаются и урожаи на них низкие. Кислотные дожди вызывают не только подкисление поверхностных вод и верхних горизонтов почв, с нисходящими потоками воды кислотность распространяется на весь почвенный профиль и вызывает значительное подкисление грунтовых вод.

Пестициды как загрязняющий фактор. В результате длительного применения пестицидов в сельском хозяйстве и медицине (борьба с переносчиками болезней) почти повсеместно отмечается снижение их эффективности вследствие развития резистентных рас вредителей и распространения «новых» вредных организмов, естественные враги и конкуренты которых были уничтожены пестицидами. В то же время действие пестицидов стало проявляться в глобальных масштабах. Неумеренное применение пестицидов (гербицидов, инсектицидов, дефолиантов) негативно влияет на качество почвы.

Современные препараты имеют биоразлагаемость не более 9 сут, однако проблема в целом еще не решена.

Сведение лесов. Каждые десять лет биосфера Земли теряет почти 100 млн га лесных массивов, что равно площади США восточнее Миссисипи. Особенно большую экологическую угрозу представляет истощение тропических лесов — «легких планеты» и основного источника биологического разнообразия планеты. Там ежегодно выру-

баются примерно 200 тыс. км², а значит, исчезает 100 тыс. (!) видов растений и животных. Особо быстро этот процесс идет в самых богатых тропическими лесами регионах — Амазонии и Индонезии.

Британский эколог Н. Мейерс пришел к выводу, что десять небольших областей в тропиках содержат по крайней мере 27 % всего видового состава этого класса растительных формаций, позднее этот список был расширен до 15 «горячих точек» тропических лесов, которые должны быть сохранены во что бы то ни стало.

В России, обладающей огромными лесопокрытыми площадями, значительная часть территории Европейско-Уральской зоны, Западной и Восточной Сибири и Российского Дальнего Востока (рис. 2.2) подвергается различным природным и антропогенным воздействиям: пожарам, промышленному загрязнению, нерациональному использованию земель лесного фонда, изменению категорий земель (кабели, дороги различных классов, непрофессиональное сельскохозяйственное использование, стихийная рекреация и т. п.).

Наряду с лесными пожарами, которые являются главной причиной гибели и повреждения лесов, существенную роль играют лесопатологические факторы — вредители и болезни леса. Очаги вредителей и болезней ежегодно регистрируются на площади более 1,5 млн га.

Основной экологический ущерб наносят сплошные рубки и хозяйствование среди водоохранных лесов. Качество лесных экосистем ухудшается. Наилучшие хвойные древостои подвергаются эксплуатации в первую очередь.

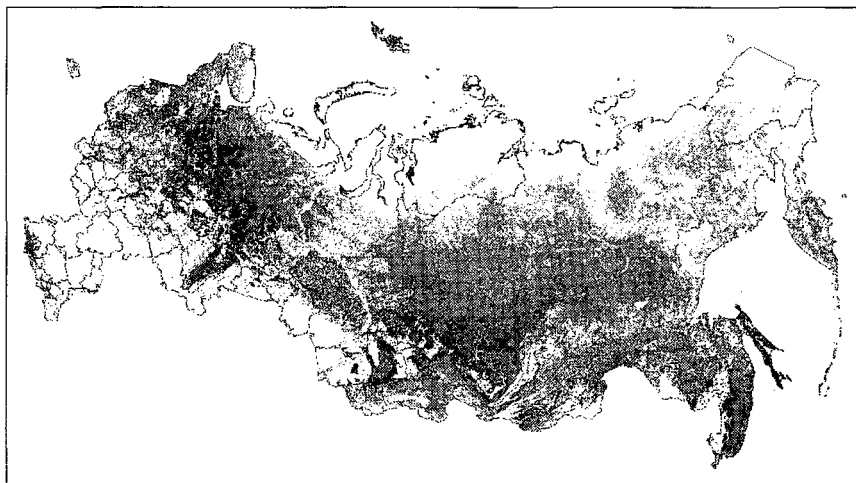


Рис. 2.2. Изменение лесного покрова, вызванное человеком, в течение последних 30—40 лет (черное — деградация лесов; серое — естественное состояние древостоев с учетом различий в лесопокрытости территорий), Гринпис России, 2007, по материалам органов государственной власти

Результаты этой практики очевидны — низкокачественные мелколиственные древостои замещают вырубаемые сосновые и еловые леса. Кроме того, почвы на водозащитных территориях серьезно нарушаются и не в состоянии поддерживать ту же производительность: потребуются многие годы, чтобы реабилитировать эти места.

Существенно возрастает доля весеннего стока (на 15—20 %), четко наметилась тенденция к изменению структуры стока — глубокий подземный сток заметно снижается после массовых рубок леса. В связи с этим увеличивается заиление устьевых участков рек, возрастает мутность весенних и летних поверхностно-стоковых вод, усиливается ветровой режим в припочвенных слоях атмосферы, в результате чего провоцируются эоловые и эрозионные явления, особенно на землях сельскохозяйственного назначения.

Практика сплошных рубок леса на больших площадях показала, что восстановление основных средообразующих функций таких территорий растягивается на многие десятилетия даже при благоприятных условиях заноса семян материнских пород. Период в 40—60 лет — наиболее вероятный срок начала стабилизации лесного покрова после прохода заготовительной техники при фронтальной добыче древесины. В Причудымском лесоэкономическом районе вырубка 15 % лесопокрытой площади отразилась существенным изменением связи расходов наносов с расходами в реках Чулым и Белый Июс: отклонение составило 300—900 %. Мутность воды в эти периоды (после рубки) достигала 900—1 500 г/м³, против 100—200 г/м³ в годы без рубок. Аналогичные отклонения в годы проведения массовых рубок на водосборах получены на реках Приангарья. Эрозионный коэффициент в бассейнах рек со сплошными рубками увеличивается в 10 и более раз. Исследования показали, что причиной этому является высокая степень разрушения растительно-подстилочной поверхности почв: не менее 25—40 % площади рубок оказывались минерализованными и подвергались захвату поверхностным стоком.

В результате рубки лесов существенно возрастает неравномерность стока: доля весеннего и раннелетнего достигает в условиях пересеченной местности 78—90 %. Ясно, что при такой ситуации велик риск иссушения территории, что и наблюдается в южных и центральных лесодефицитных районах. Условия воспроизводства чистых вод и подержания на экологически достаточном уровне равномерности внутригодичного стока ограничивают площадь невозобновившихся рубок в пределах 0,2—1,5 % от лесопокрытой территории.

Опустынивание. Под воздействием живых организмов, воды и воздуха на поверхностных слоях литосферы постепенно образуется важнейшая экосистема, тонкая и хрупкая, — почва, которую называют «кожей Земли». Это хранилище плодородия и жизни. Горсть хорошей почвы содержит миллионы микроорганизмов, поддерживающих плодородие. Чтобы образовался слой почвы мощностью (толщиной) 1 см, требуется 100 лет. Он может быть потерян за один

полевой сезон. По оценкам геологов, до того как люди начали заниматься сельскохозяйственной деятельностью, пасти скот и распахать земли, реки ежегодно сносили в Мировой океан около 9 млрд т почвы. Ныне это количество оценивают примерно в 25 млрд т.

Почвенная эрозия — сугубо местное явление — в настоящее время приобрела всеобщий характер. В США, например, около 44 % обрабатываемых земель подвержено эрозии. В России исчезли уникальные богатые черноземы с содержанием гумуса (органического вещества, определяющего плодородие почвы) 14—16 %, которые называли «цитаделью русского земледелия». В России площади самых плодородных земель с содержанием гумуса 10—13 % сократились почти в 5 раз.

Особенно тяжелая ситуация возникает, когда сносится не только почвенный слой, но и материнская порода, на которой он развивается. Тогда наступает порог необратимого разрушения, возникает антропогенная (созданная человеком) пустыня. Примеры такого опустынивания многочисленны в лесостепных и степных зонах любого климата — в саванне, пампе и даже тундре, где активизируется отгонное скотоводство (перевыпас).

В 90-х гг. XX в. опустынивание стало угрожать 3,6 млн га засушливых земель. Это составляет 70 % потенциально продуктивных засушливых земель, или 1/4 общей площади поверхности суши, причем эти данные не включают площадь естественных пустынь. Около 1/6 населения мира страдает от этого процесса.

Утрата биоразнообразия. В прибрежных акваториях угрозы биоразнообразию проявляются наиболее остро как со стороны химических, так и биологических факторов загрязнения. Снижается численность популяций, развиваются болезни и морфологические изменения, оказываются давление на биоту за счет неконтролируемой инвазии (вселение чуждых видов, подавляющих аборигенные аналоги). Виды массово перемещаются с балластовыми водами судов и на их корпусах. В целом в морях России насчитывается порядка 150 видов-вселенцев.

Например, в акватории Российской Прибалтики занесение вредных (инвазивных) чужеродных видов с балластными водами судов стало одной из наиболее серьезных проблем. В восточной части Финского залива, в связи с вводом в эксплуатацию новых портовых терминалов, угроза усиления биологического загрязнения особенно высока и требует реализации системы мер защиты. Для гидробиоценозов Финского залива актуальным стала опасность интродукции байкальского рачка *Gmelinoides*, амурской рыбы *Rotan*, моллюска *Dreissena* и хищного зоопланктонного рачка *Cercopagis pengoi*. Большинство чужеродных видов являются выходцами из тепловодного Понто-Каспийского бассейна, частично — из центральной Атлантики. Преуспевает бычок-кругляк, вытесняющий бычка-керчака, европейскую бельдогу и ерша. Все это может привести к изменению коренного состава ихтиофауны региона, так как оказывает значительное влияние на структуру прибрежных экосистем.

2.2. Техногенные опасности и чрезвычайные ситуации

Техногенная опасность — состояние, внутренне присущее технической системе, промышленному или транспортному объекту, реализуемое в виде поражающих воздействий источника техногенной ЧС на человека и окружающую среду при его возникновении либо в виде прямого или косвенного ущерба для человека и окружающей среды в процессе нормальной эксплуатации этих объектов.

2.2.1. Техногенные факторы опасности

Техногенные факторы опасности связаны с использованием электрической энергии, химических веществ, различных видов излучения (ионизирующего, электромагнитного, акустического), транспортных средств, горючих, легковоспламеняющихся и взрывоопасных веществ и материалов, процессов, происходящих при повышенных температурах и давлениях, с эксплуатацией подъемно-транспортного оборудования.

Возглавляют перечень техногенных¹ факторов особенности производства: токсичность производства, продукции, сырья, отходов, сбросов и выбросов; уровень физических полей; численность работников, уровень автоматизации.

Далее следуют воздействия производства на компоненты окружающей среды (обычно в виде накопленного ущерба): виды и объемы отходов, обращение отходов по природным средам, состояние защитных зон, ареалы и шлейфы загрязнения, состояние системы контроля и мониторинга. Наконец, одни и те же техногенные факторы с разной интенсивностью дестабилизируют экосистемы, находящиеся в различной степени деградации или имеющие различную устойчивость.

Фактор — это любое воздействие, а опасность — это фактор, приносящий ущерб здоровью человека, функционированию экосистем, материальным объектам природы и общества.

Существуют три механизма превращения фактора в опасность: 1) рост величины (например, электрическое напряжение); 2) малые воздействия в течение длительного времени, т.е. кумулятивный эффект (например, ионизирующее излучение); 3) совместное действие факторов.

Именно комплекс факторов антропогенного воздействия обуславливает нарушение природных циклов обмена энергии и вещества, за-

¹ Правильнее — антропогенных, связанных с технической (хозяйственной) деятельностью людей.

Таблица 2.2. Некоторые токсичные и потенциально токсичные элементы природно-промышленных систем (горнодобывающие и перерабатывающие предприятия)

Вещество (X)	Источник поступления	Содержание в среде	Поступление в организм человека	Заболевания
Свинец (ОВ)	Выплавка металлов, пестициды, двигатели внутреннего сгорания, придорожная пыль, почва вокруг предприятий	Обычно в воде — до 10 мкг/л, в морской — 7, в осадках дна — до 3 000 мкг/л; в воздухе городов — 2—4 мкг/м ³ , вдали от них — до 0,2; в целинных почвах — 8—20, в культурных — до 300 мкг/кг.	С воздухом (ПДК 0,01 мг/м ³), водой (ПДК 0,1 мг/л), пищей	Интоксикация, поражение центральной нервной системы, печени, почек, мозга, половых органов
Медь (Н)	Медные промышленные производства, продукты, почва	В лагунных электрохимических изделиях, посуде, химкатах, красителях	С водой, пищей	Интоксикация, анемия, гепатиты
Цинк (Н)	Выплавка цветных металлов	В оцинкованной посуде, в воздухе предприятий	С воздухом (ПДК 5 мкг/м ³)	Интоксикация
Никель (Н)	Промышленное производство никеля и никелированных изделий	В морских организациях, никелированной посуде, в воздухе — 1—70 мкг/м ³	С воздухом, пищей	Рак бронхов, дерматиты, интоксикация, аллергия

Кадмий (ОВ)	Выплавка цветных металлов, удобрения, пестициды, рудники	В воздухе близ предприятий — до 0,5 мкг/м ³ , обычно — 0,02 — 0,05 мкг/м ³ ; в городах — от 0,02 до 370 мкг/м ³	С водой (ПДК 0,01 мг/л), пищей, воздухом	Протеинурия, почечные болезни, остеомаляция, рак предстательной железы
Ртуть (ОВ)	Добыча и производство, пестициды, сжигание органического топлива	Обычно в воздухе — до 0,05 мкг/м ³ , в пресных водах — до 0,02, в морских — до 0,3, при загрязненной воде — до 5, в пунктах сброса — до 50 мкг/л	С водой (ПДК 0,001 мг/л), воздухом (пары ртути), пищей (ПДК 0,3 мг в неделю)	Интоксикация, болезнь Минамата, паралич, психическая неполноценность новорожденных
Хром (С)	Химическая промышленность	В сплавах, красителях, дубителях, огнеупорном кирпиче	С воздухом	Рак бронхов
Марганец (Н)	Выплавка металлов, удобрения, жидкое топливо	В воздухе близ производств и в некоторых предметах: линолеуме, спичках, пиротехнических изделиях; в воздухе городов — до 10 мкг/м ³	То же	Прогрессирующие поражения центральной нервной системы, летаргия, синдром Паркинсона, пневмония

Вещество (X)	Источник поступления	Содержание в среде	Поступление в организм человека	Заболевания
Мышьяк (В)	Промышленное производство, пестициды	Протравленное зерно, обработанная гербицидами почва, в воздухе городов — до 0,02 мкг/м ³ , но выше близ источников выбросов, в пиве — 15 мкг/л	С водой (ПДК 0,05 мг/л), пищей, пивом	Интоксикация, рак легких и кожи, нарушение функций желудка, меланоз кожи, периферические нефриты и др.
Фтор (Н)	Природные воды, алюминиевая и силикатная промышленность, удобрения	В воздухе городов — от 0,05 до 2 мкг/м ³ , а вдали от них — 0,1 мкг/м ³ , в воде — обычно более 0,5 мг/л	С воздухом, водой	Флюороз, зубные и костные болезни
Железо (Н)	Промышленное производство	Железная посуда, природная вода	С пищей, водой	Цирроз печени, заболевания кровеносной системы
Молибден (С)	Почва, природные воды, выплавка металлов	В сплавах, красителях, стеклах, смазках, почвах	С воздухом (ПДК 4—5 мг/м ³), пищей, водой	Нарушения центральной нервной системы, эндемическая атаксия, подагра

Примечание. X — токсичность; ОВ — очень высокая; В — высокая; С — средняя; Н — низкая.

грязнение компонентов ОС техногенными потоками твердых, жидких и газообразных отходов производства и потребления и в конечном счете общую дестабилизацию экосистем. В результате *нарушений и загрязнений* изменяются структура и динамика функционирования экологических систем.

Основные типы нарушений — геомеханические, гидродинамические, аэродинамические, биоморфологические. К *геомеханическим нарушениям* относят деформации, провалы, выемки, насыпи; *гидродинамическим* — зарегулирование, затопление, истощение, заводнение, подпор и др.; *аэродинамическим* — разрежение, возмущение, инверсия; *биоморфологическим* — повреждения и уничтожение.

Главные разновидности загрязнений — литосферные, гидросферные, атмосферные, биоценологические. *Литосферные загрязнения* включают засорение, запыление, замазучивание, закисление, заиливание и др.; *гидросферные* — основные формы сапробных¹ загрязнений (эвтрофия, гипертрофия и галобные²), засоление химическими веществами (твердыми, жидкими и газообразными); закисление, минерализация, замутнение и загазованность; *атмосферные* — загазованность, заражение, запыление, задымленность и др.; *биоценологические* — зарастание, некроз и др.

Загрязнения наносят разнообразный вред всем компонентам экосистем и здоровью человека (табл. 2.2).

Природно-техногенные катастрофы в моменты их возникновения и развития характеризуются усилением факторов, поражающих население и окружающую среду. Градиенты усиления факторов природно-техногенных катастроф исключительно высоки. Время прямого воздействия поражающих факторов может измеряться долями секунд и часами, а их негативные последствия могут проявляться сотни и тысячи лет.

2.2.2. Чрезвычайные ситуации техногенного характера

Всю совокупность возможных чрезвычайных ситуаций целесообразно первоначально разделить на конфликтные и бесконфликтные.

К *конфликтным*, прежде всего, могут быть отнесены военные столкновения, экономические кризисы, экстремистская политическая борьба, социальные взрывы, национальные и религиозные конфликты, терроризм, разгул уголовной преступности, крупномасштабная коррупция и др.

¹ *Сапробность водоема* — характеристика степени загрязненности водоема органическими веществами.

² *Галобность* — распределение водорослей по категориям *солености*.

Бесконфликтные чрезвычайные ситуации, в свою очередь, могут быть классифицированы по значительному числу признаков, описывающих явления с различных сторон их природы и свойств.

Все чрезвычайные ситуации можно классифицировать по трем основным принципам: масштабу распространения, темпу развития и природе происхождения.

При классификации чрезвычайных ситуаций по масштабу распространения следует учитывать не только размеры территории, подвергнувшейся воздействию ЧС, но и возможные ее косвенные последствия.

Источник техногенной чрезвычайной ситуации — опасное техногенное происшествие, в результате которого на объекте, определенной территории или акватории произошла техногенная ЧС. Поражающим фактором источника техногенной ЧС является составляющая опасного происшествия, характеризующаяся физическими, химическими и биологическими действиями или проявлениями, которые определяются или выражаются соответствующими параметрами.

Поражающее воздействие источника техногенной ЧС — негативное влияние одного или совокупности поражающих факторов источника техногенной ЧС на жизнь и здоровье людей, на сельскохозяйственных животных и растения, объекты народного хозяйства и окружающую среду.

Основным и наиболее распространенным понятием, обозначающим чрезвычайное техногенное событие, является ***авария***. В соответствии с Федеральным законом «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» № 116-ФЗ под аварией понимается разрушение сооружений и (или) технических устройств, неконтролируемый взрыв и (или) выброс опасных веществ. Данное определение, относящееся только к опасным производственным объектам, не исчерпывает всего диапазона аварий, поскольку они могут происходить не только на опасных, но и на любых объектах техносферы. Более общая формулировка понятия «авария» характеризует ее как опасное техногенное происшествие, создающее на объекте, примыкающей территории или акватории угрозу жизни и здоровью людей и приводящее к разрушению зданий, сооружений, оборудования и транспортных средств, нарушению производственного или транспортного процесса, а также к нанесению ущерба окружающей природной среде (ГОСТ Р 22.0.05—94)¹.

Промышленная авария — авария на промышленном объекте, в технической системе или на промышленной установке. ***Промышленная катастрофа*** — крупная промышленная авария, повлекшая за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей либо разрушение или уничтожение объектов, материальных ценностей в зна-

¹ ГОСТ Р 22.0.05—94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные чрезвычайные ситуации. Термины и определения.

чительных размерах, а также приведшая к серьезному ущербу окружающей природной среде (ГОСТ Р 22.0.10—96)¹.

В зависимости от работоспособности техногенный объект может находиться в различных состояниях:

- *нормальные условия* эксплуатации соответствуют проектным режимам производства или иного вида функционирования на данном объекте, предусмотренным целевым (плановым) регламентом его работы.

Нарушение нормальных условий эксплуатации вызывается любым отклонением от планового регламента работы, которое требует остановки объекта или его части для ликвидации этого отклонения, но не связано с использованием систем технологической безопасности. В частности, нарушением нормальных условий работы является инцидент, не приведший к возникновению ЧС;

- *проектная аварийная ситуация* — возникает при появлении исходных событий, ведущих к авариям, возможность которых предусмотрена при проектировании соответствующего производства. При этом для таких случаев устраивают специализированные системы технологической безопасности, рассчитанные на последствия этих проектных аварий, исходя из возможного одного отказа технологического оборудования или одной ошибки оператора;

- *запроектные аварии* — вызываются не учтенными для проектных аварий исходными событиями, вероятность которых меньше, чем исходных событий для проектных аварий, а также наложением дополнительных отказов сверх одного отказа, в том числе в системах безопасности. Для запроектных аварий не предусматриваются технологические меры обеспечения безопасности объекта;

- *гипотетические аварии* — относятся к числу запроектных аварийных ситуаций и характеризуются весьма малой вероятностью такого события, но значительными последствиями.

По результатам прогнозирования чрезвычайных ситуаций техногенного характера *потенциально опасные объекты* подразделяются по степени опасности в зависимости от масштабов возникающих чрезвычайных ситуаций на пять классов:

1 класс — приводят к возникновению федеральных и/или трансграничных чрезвычайных ситуаций;

2 класс — являются источниками возникновения региональных чрезвычайных ситуаций;

3 класс — могут вызвать территориальные чрезвычайные ситуации;

4 класс — являются источниками возникновения местных чрезвычайных ситуаций;

5 класс — являются источниками возникновения локальных чрезвычайных ситуаций.

¹ ГОСТ Р 22.0.10—96. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Правила нанесения на карты обстановки о чрезвычайных ситуациях. Условные обозначения.

Федеральным законом «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» введено также понятие **«инцидент»**, под которым имеется в виду отказ или повреждение технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, отклонение от режима технологического процесса, нарушение нормативных правовых положений и нормативных технических документов, устанавливающих правила ведения работ на опасном производственном объекте. Инцидент — менее масштабное чрезвычайное событие, чем авария и техногенная катастрофа, и чаще всего не ведет к возникновению чрезвычайной ситуации даже локального масштаба.

Используя термины «инцидент», «авария» и «техногенная катастрофа», следует иметь в виду, что во многих отраслях эти понятия употребляются с определенными особенностями. Так, например, некоторые отраслевые чрезвычайные техногенные события именуются дорожно-транспортными происшествиями, крушениями поездов, пожарами различной интенсивности (отдельный, сплошной, огневой шторм), авариями различной степени химической опасности, радиационными авариями и происшествиями и т. д.

Вероятность возникновения гипотетических и запроектных аварий, как правило, менее 10^{-8} , и их рассмотрение имеет обычно смысл, когда возникшие в их результате ЧС имеют национальный, межгосударственный (транснациональный) или глобальный масштабы.

2.3. Классификация аварий и техногенных катастроф

Важной характеристикой сферы техногенной безопасности является понятие опасного (или потенциально опасного) производственного объекта. К ним в соответствии с Федеральным законом «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» относятся предприятия или их цехи, участки, площадки, а также иные производственные объекты, на которых:

- получают, используются, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются следующие опасные вещества: воспламеняющиеся, окисляющие, горючие, взрывчатые, токсичные, высокотоксичные, а также вещества, представляющие опасность для окружающей среды;
- используется оборудование, работающее под давлением;
- применяются стационарно установленные грузоподъемные механизмы, эскалаторы, канатные дороги, фуникулеры;
- получают расплавы черных и цветных металлов и сплавы на их основе;
- ведутся горные работы, работы по обогащению полезных ископаемых, а также работы в подземных условиях.

Вместе с тем приведенный перечень опасных производственных объектов не исчерпывает их полный состав. В него не вошли, например, транспортные системы, радиационно опасные и биологически опасные объекты, гидродинамически опасные объекты, системы жизнеобеспечения производственных объектов и населения и др.

Более полной и приемлемой классификацией потенциально опасных объектов является их классификация с делением на десять групп по признаку характера чрезвычайных ситуаций, которые могут на них возникнуть (табл. 2.3).

Рассматриваемые в данной упрощенной классификации аварии и техногенные катастрофы являются источником основных видов ЧС техногенного характера.

К первой группе относятся транспортные системы — железнодорожные, автотранспортные, авиационные, морские, речные, транспортные космические и трубопроводные, аварии на которых чреваты, прежде всего, разрушением транспортных средств, сопровождаемым человеческими жертвами и материальным ущербом. Вторая группа включает пожаровзрывоопасные объекты, на которых производятся и хранятся, а также транспортируются взрывоопасные вещества и вещества, способные при определенных условиях к возгоранию или взрыву. Третья группа состоит из химически опасных объектов, аварии на которых могут сопровождаться выбросом аварийно химически опасных веществ. Четвертая группа включает радиационно опасные объекты, аварии на которых могут вызвать утечку (выброс) радиоактивных веществ. К пятой группе относятся биологически опасные

Таблица 2.3. Классификация потенциально опасных объектов по типам и видам возникающих на них чрезвычайных ситуаций

№ п/п	Типы	Виды
1	Транспортные аварии (катастрофы)	<p>Аварии: грузовых железнодорожных поездов, пассажирских поездов, поездов метрополитена, транспорта на мостах, в тоннелях и на железнодорожных переездах, на магистральных трубопроводах, грузовых судов (на море и реках).</p> <p>Аварии (катастрофы): на автомобильных дорогах, пассажирских судов (на море и реках), подводных судов.</p> <p>Авиационные катастрофы: в аэропортах и населенных пунктах, вне аэропортов и населенных пунктов.</p> <p>Наземные аварии (катастрофы) ракетных космических комплексов.</p> <p>Орбитальные аварии космических аппаратов</p>

№ п/п	Типы	Виды
2	Пожары, взрывы, угроза взрывов	<p>Пожары (взрывы): в зданиях, на коммуникациях и технологическом оборудовании промышленных объектов, на объектах добычи, переработки и хранения легковоспламеняющихся, горючих и взрывчатых веществ, на транспорте, в шахтах, подземных и горных выработках, метрополитенах, в зданиях, сооружениях жилого, социально-бытового и культурного назначения, пожары (взрывы) в зданиях, на коммуникациях и технологическом оборудовании промышленных объектов.</p> <p>Пожары (взрывы) на химически опасных объектах.</p> <p>Пожары (взрывы) на радиационно опасных объектах.</p> <p>Обнаружение неразорвавшихся боеприпасов.</p> <p>Утрата взрывчатых веществ (боеприпасов)</p>
3	Аварии с выбросом (угрозой выброса) аварийно химически опасных веществ (АХОВ)	<p>Аварии с выбросом (угрозой выброса) АХОВ при их производстве, переработке, хранении (захоронении).</p> <p>Аварии на транспорте с выбросом (угрозой выброса) АХОВ.</p> <p>Образование и распространение АХОВ в процессе химических реакций, начавшихся в результате аварии.</p> <p>Аварии с химическими боеприпасами.</p> <p>Утрата источников АХОВ</p>
4	Аварии с выбросом (угрозой выброса) радиоактивных веществ	<p>Аварии на АЭС, атомных энергетических установках производственного и исследовательского назначения с выбросом (угрозой выброса) радиоактивных веществ.</p> <p>Аварии с выбросом (угрозой выброса) радиоактивных веществ на предприятиях ЯТЦ.</p> <p>Аварии транспортных средств и космических аппаратов с ядерными установками или грузом радиоактивных веществ на борту.</p> <p>Аварии при промышленных и исследовательских ядерных взрывах с выбросом (угрозой выброса) радиоактивных веществ.</p> <p>Аварии с ядерными боеприпасами в местах их хранения, эксплуатации или установки.</p> <p>Утрата радиоактивных источников</p>

№ п/п	Типы	Виды
5	Аварии с выбросом (угрозой выброса) биологически опасных веществ	Аварии с выбросом (угрозой выброса) биологически опасных веществ на предприятиях промышленности и в научно-исследовательских учреждениях (лабораториях). Аварии на транспорте с выбросом (угрозой выброса) биологически опасных веществ. Утрата биологически опасных веществ
6	Гидродинамические аварии	Прорывы плотин (дамб, шлюзов, перемычек): – с образованием волн прорыва и катастрофических затоплений; – с образованием прорывного паводка; – повлекшие смыв плодородных или отложение наносов на обширных территориях
7	Внезапное обрушение зданий, сооружений	Обрушение производственных зданий и сооружений, зданий и сооружений жилого, социально-бытового и культурного назначения, элементов транспортных коммуникаций
8	Аварии на электроэнергетических системах	Аварии на АЭС с долговременным перерывом электроснабжения всех потребителей. Выход из строя транспортных электроконтактных сетей
9	Аварии на коммунальных системах жизнеобеспечения	Аварии на канализационных системах с массовым выбросом загрязняющих веществ, на тепловых сетях (система горячего водоснабжения) в холодное время, в системах снабжения населения питьевой водой, на коммунальных газопроводах
10	Аварии на промышленных очистных сооружениях	Аварии на очистных сооружениях сточных вод промышленных предприятий с массовым выбросом загрязняющих веществ, на очистных сооружениях промышленных газов с массовым выбросом загрязняющих веществ

объекты, несущие потенциальную угрозу утечки биологически опасных веществ. Шестая группа включает гидродинамически опасные объекты, на которых при разрушении гидротехнических сооружений возможно образование волн прорыва и затопление обширных территорий. В последние четыре группы входят объекты городской инфраструктуры по обеспечению жизнедеятельности хозяйственных объектов и жизнеобеспечению населения, аварии на которых могут

парализовать хозяйственную деятельность, осложнить условия жизни населения и вызвать различного рода экологические загрязнения.

Аварии и техногенные катастрофы, происходящие на техногенных объектах перечисленных групп, могут иметь последствия различных масштабов (табл. 2.4). Данные, приведенные в таблице, свидетельствуют о достаточно высокой частоте аварий и даже техногенных катастроф, значительности наносимых ими экономических ущербов и больших потерях среди населения — санитарных и безвозвратных. Они могут служить приближенными ориентирами при планировании необходимых ресурсов для противодействия чрезвычайным ситуациям.

Глобальные и транснациональные ЧС выходят за пределы страны и распространяются на другие государства. Их последствия устраняются силами и средствами как пострадавших государств, так и международного сообщества.

Национальные ЧС охватывают обширные территории страны, но не выходят за ее границы. Здесь задействуются силы, средства и ресурсы всего государства. Часто прибегают и к иностранной помощи. К национальным относятся ЧС, в результате которых пострадало свыше 500 человек либо нарушены условия жизнедеятельности более 1 000 человек.

Региональные ЧС распространяются на территорию нескольких областей (краев, республик) или экономический район. Для ликвидации последствий таких ЧС необходимы объединенные усилия этих территорий, а также участие федеральных сил. Число пострадавших в региональных ЧС составляет от 50 до 500 чел. (либо нарушены условия жизнедеятельности от 500 до 1 000 чел.).

Чрезвычайные ситуации, распространение последствий которых ограничено пределами населенного пункта, города (района), области, края, республики и устраняемые собственными силами и средствами, называются *местными*. К ним относятся чрезвычайные ситуации, в результате которых пострадало свыше 50 чел.

Если последствия чрезвычайной ситуации ограничены территорией производственного или иного объекта (т. е. не выходят за пределы санитарно-защитной зоны) и могут быть ликвидированы его силами и ресурсами, то эти ЧС называют *объектовыми*.

Локальные ЧС не выходят территориально и организационно за пределы рабочего места или участка, малого отрезка дороги, усадьбы или квартиры.

Для каждого вида ЧС характерна определенная скорость распространения опасности, являющаяся важной составляющей интенсивности протекания чрезвычайного события и характеризующая степень внезапности воздействия поражающих факторов. С этой точки зрения такие события можно подразделить: на *взрывные, внезапные* (взрывы, транспортные аварии, землетрясения и т. д.); *скоротечные, стремительные* (пожары, выброс газообразных сильнодействующих

Таблица 2.4. Характеристики масштабов чрезвычайных ситуаций техногенной природы

Масштаб чрезвычайной ситуации	Периодичность возникновения	Предположительные последствия		Зона чрезвычайной ситуации
		Экономический ущерб, долл. США	Число жертв, чел.	
Глобальный	Мировая война, космическая или геологическая катастрофа			Земля в целом, континент
Транснациональный	30—40 лет	1—10 млрд	10—2 млн	Сопредельные страны
Национальный	10—15 лет	100 млн—1 млрд	1 000—100 тыс.	Государство
Межрегиональный	5—10 лет	До 100 млн	До 50 тыс.	Сопредельные регионы
Местный	1—6 мес	1—10 млн	10—10 тыс.	Для РФ — территория субъекта Федерации
Объектовый	1—30 дней	0,1—1 млн	1—100	Объект хозяйственного или социального назначения
Локальный	Ежеминутно	До 100 тыс.	До 10	Часть площади хозяйственного объекта

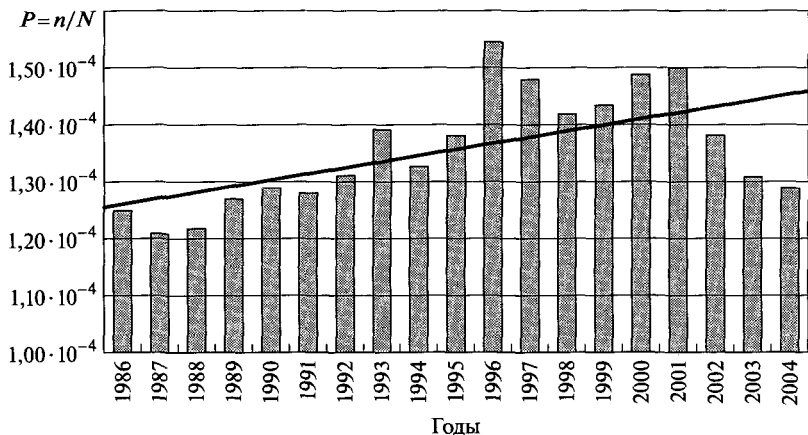


Рис. 2.3. Вероятность гибели в техногенных ЧС в России

ядовитых веществ (СДЯВ)), *гидродинамические* (аварии с образованием волн прорыва, селей, выбросы радиоактивных веществ, аварии на коммунальных системах, извержения вулканов, половодья и пр.); *плавные* (аварии на очистных сооружениях, засухи, эпидемии, экологические отклонения и т. п.). Плавные (медленные) чрезвычайные ситуации могут длиться многие месяцы и годы, например последствия антропогенной деятельности в зоне Аральского моря.

Индивидуальный риск гибели жителей России в техногенных ЧС показан на рис. 2.3. Данные скомпонованы на основе информации из двух публикаций (Акимов В. А. и др., 2002; Самсонов А. Ю., 2006).

Линия сглаживания на рис. 2.3 показывает, что риск гибели в техногенных ЧС (индивидуальный риск) в РФ увеличивается. Эта тенденция обратна по отношению к природным ЧС, что означает отставание МЧС в прогнозировании техногенных ЧС и преимущественном развитии подразделений по ликвидации последствий, в ущерб аналитическим службам. Случаев травматизма со смертельным исходом в России заметно больше, чем в экономически развитых странах (рис. 2.4).

Независимо от классификационной принадлежности в развитии чрезвычайных ситуаций выделяют четыре стадии.

1. *Зарождение* — возникновение условий или предпосылок для чрезвычайной ситуации (усиление природной активности, накопление деформаций, дефектов и т. п.). Установить момент начала стадии зарождения трудно. При этом можно использовать статистику конструкторских отказов и сбоев, анализировать данные сейсмических наблюдений, метеорологические оценки и т. п.

2. *Инициирование* — начало чрезвычайной ситуации. На этой стадии важен человеческий фактор, поскольку статистика свидетельствует, что до 70 % техногенных аварий и катастроф происходит вследствие ошибок персонала. Более 80 % авиакатастроф и катастроф на море

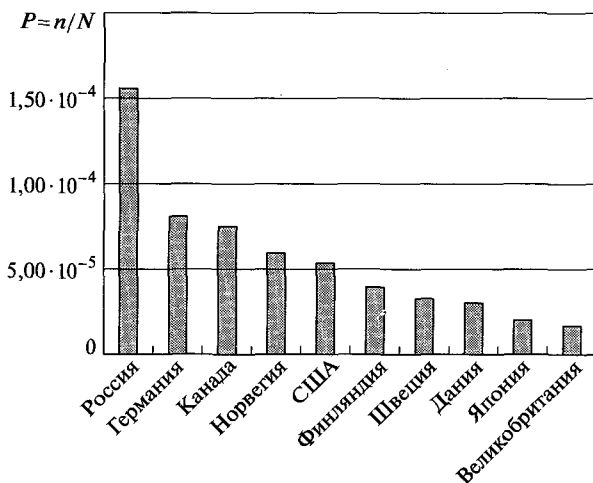


Рис. 2.4. Вероятность гибели в техногенных ЧС в разных странах (по В. А. Акимову, 2002)

связаны с человеческим фактором. Для снижения этих показателей необходима более качественная подготовка персонала. Так, в США для подготовки оператора АЭС затрачивается до 100 тыс. долл. Необходимо поднимать престиж работы диспетчера и оператора.

3. *Кульминация* — стадия высвобождения энергии или вещества. На этой стадии отмечается наибольшее негативное воздействие на человека и окружающую среду вредных и опасных факторов чрезвычайной ситуации. Одной из особенностей этой стадии является взрывной характер разрушительного воздействия, вовлечение в процесс токсичных, энергонасыщенных и других компонентов.

4. *Затухание* — локализация чрезвычайной ситуации и ликвидация ее прямых и косвенных последствий. Продолжительность данной стадии различна — дни, месяцы, годы, десятилетия.

В настоящее время разработаны классификации аварий и инцидентов на опасных производственных объектах угольной промышленности, горнорудной промышленности и подземного строительства, химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности, металлургических и коксохимических производств, газового надзора, при транспортировании опасных веществ, на взрывоопасных объектах хранения и переработки зерна, на подъемных сооружениях, паровых и водогрейных котлах, сосудах, работающих под давлением, трубопроводах пара и горячей воды. Эти классификации носят примерный (рекомендательный) характер.

Классификации устанавливают критерии аварий и инцидентов и в основном сводятся к идентификации вида происшествия (отвечают на вопросы: «Что произошло?») (разрушение, взрыв, воспламе-

нение, неконтролируемый выброс, отказ или повреждение) и «Какое оборудование является источником аварийной ситуации?»).

В соответствии с Методическими указаниями о порядке разработки плана локализации и ликвидации аварийных ситуаций (ПЛАС) аварийные ситуации ранжируют на три уровня (А, Б и В), в зависимости от чего определяются необходимые для ликвидации аварии силы и средства. С точки зрения риска такая классификация категоризирует аварии по масштабу возможных последствий аварии на химико-технологических объектах.

В Государственном стандарте ГОСТ Р 12.3.047—98 ССБТ «Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля» предлагается выделять *проектную* (аварию, для которой обеспечение заданного уровня безопасности гарантируется предусмотренными в проекте промышленного предприятия системами обеспечения безопасности) и *максимальную проектную аварию* (проектную аварию с наиболее тяжелыми последствиями). Отдельно приводится определение крупной аварии как аварии, при которой гибнет не менее десяти человек.

Выделяется также *запроектная промышленная авария*, вызываемая не учитываемыми для проектных аварий исходными состояниями и сопровождающаяся дополнительными по сравнению с проектными авариями отказами систем безопасности и реализациями ошибочных решений персонала, приведших к тяжелым последствиям.

Существуют документы по оценке последствий аварий для целей категорирования объектов. Так, в химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности правилами ПБ 09-540-03 предусмотрено разделение технологических блоков на три категории по относительному энергетическому потенциалу взрывоопасности, который в относительных единицах характеризует возможные последствия взрыва парогазовой смеси при аварии на блоке. Нормы НПБ 105-03 устанавливают методику определения категорий помещений, зданий (или частей зданий между противопожарными стенами — пожарных отсеков) производственного и складского назначения, наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности в зависимости от количества и пожаровзрывоопасных свойств находящихся (обращающихся) в них веществ и материалов с учетом особенностей технологических процессов размещенных в них производств.

В целях оперативного информирования общественности о значимости событий, происходящих на ядерных установках в 1990 г., введена Международная шкала ядерных событий (ИНЕС), созданная совместно Международным агентством по атомной энергии и Агентством по ядерной энергии (ОЭСР). В рамках шкалы события классифицируются по семи уровням (от *нулевого* — несущественные события, до *седьмого* — крупная авария). В нижних уровнях (1—3) события называются *инцидентами*, а в верхних уровнях (4—7) — *авариями*. События, не существенные с точки зрения безопасности, классифици-

руются как случаи «ниже шкалы» (уровень 0) и называются *отклонениями*. События, не имеющие отношения к безопасности, не вводятся в шкалу и считаются «вне шкалы». Для классификации событий используются три критерия: воздействие за пределами площадки, воздействие на площадке и ухудшение глубоководной защиты.

Последние десятилетия были отмечены критическим ростом уязвимости человеческого общества к природным и техногенным катастрофам: число пострадавших от них людей во всем мире возрастает ежегодно на 6 %, а в России ежегодно аварии и катастрофы уносят более 50 тыс. человеческих жизней, приводят к увечьям более 250 тыс. чел. Это обусловлено четырьмя основными причинами: ростом численности населения и урбанизацией, возведением объектов повышенного риска (транспортных магистралей, химических предприятий и т. п.), изменением окружающей среды, способствующей активизации катастрофических процессов, отсутствием надежных методов прогнозирования опасных процессов и способов борьбы с ними.

Техногенный характер в России имеют 75 % всех ЧС, 20 % — природный и менее 1 % бедствий связано с терактами, а ежегодный ущерб от всех ЧС оценивается примерно в 100 млрд руб., а с учетом косвенных потерь эта цифра достигает 450 — 500 млрд руб.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите основные факторы дестабилизации окружающей среды Российской Федерации.
2. Что является основой экологического дискомфорта в промышленных регионах России?
3. Каковы симптомы глобального экологического кризиса?
4. В чем заключается механизм превращения техногенного фактора в опасность?
5. Назовите типы нарушений компонентов биосферы под действием техногенных факторов.
6. Охарактеризуйте главные разновидности загрязнений техногенной природы.
7. Перечислите главные центры дестабилизации биосферы Земли.
8. Назовите техногенные нарушения литосферы, гидросферы, биосферы.
9. Сформулируйте техногенные угрозы для устойчивости атмосферы.
10. Назовите основные причины природно-техногенных катастроф геодинамической природы.
11. Приведите примеры техногенной индуцированной и инициированной сейсмичности.
12. Сформулируйте принципы классификации чрезвычайных ситуаций техногенного характера.
13. В чем состоит категоризация масштабов чрезвычайных ситуаций техногенной природы?
14. Что такое шкала ИНЕС?

- I. Составьте перечень техногенных факторов дестабилизации окружающей среды при превращении р. Луги в судоходный канал для танкеров «река — море» (дедвейт 5000 т). *Исходные данные:* существующие глубины — 3 м (максимум), осадка танкеров — 5,5 м, модуль стока — 7 л/с с 1 км², длина канала — 500 км, ширина — 80 м, запланировано 7 шлюзов, по берегам — лесные и сельскохозяйственные земли.
- II. Оцените масштабы (в терминах табл. 2.4) экологических потенциальных ЧС при эксплуатации такого канала, учитывая:
- аварии на гидротехнических сооружениях;
 - аварии на мостовых переходах;
 - потери сельскохозяйственной продукции;
 - судоходные происшествия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алымов В. Т.* Техногенный риск. Анализ и оценка / В. Т. Алымов, Н. П. Тарасова. — М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. — 118 с.
- Ваганов П. А.* Экологические риски / П. А. Ваганов, М.-С. Им. — СПб.: СПбГУ, 2001. — 152 с.
- Воробьев Ю. Л.* Предупреждение и ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов / Ю. Л. Воробьев, В. А. Акимов, Ю. И. Соколов. — М., 2005. — 368 с.
- Григорьев Ал. А.* Экодинамика и геополитика / Ал. А. Григорьев, К. Я. Кондрачев. — Т. 2. Экологические катастрофы. — СПб., 2001. — 687 с.
- Гупта Х.* Плотины и землетрясения / Х. Гупта, Б. Расточи. — М.: Мир, 1979. — 264 с.
- Донченко В. К.* Эколого-химические особенности прибрежных акваторий / В. К. Донченко, В. В. Иванова, В. М. Питулько. — СПб.: Изд-во НИЦЭБ РАН, 2008. — 540 с.
- Киселев А. В.* Оценка риска здоровью / А. В. Киселев, К. Б. Фридман. — СПб.: Международ. ин-т оценки риска здоровью, 1997. — 103 с.
- Лыков И. Н.* Техногенные системы и экологический риск / И. Н. Лыков, Г. А. Шестакова. — М.: Глобус, 2005. — 262 с.
- Надежность технических систем и техногенный риск* / [В. А. Акимов и др.]. — М.: ЗАО ФИД «Деловой экспресс», 2002. — 368 с.
- Николаев А. В.* Проблемы наведенной сейсмичности. В кн.: Наведенная сейсмичность. — М.: Наука, 1994. — С. 5—15.
- Осипов В. И.* Природные катастрофы на рубеже XXI века // Вестник РАН. — 2001. — Т. 71. — № 4. — С. 291—302.
- Самсонов А. Ю.* Оценка современного состояния производственного травматизма и профессиональной заболеваемости в России // Нефтегазовое дело, 2006. [www.ogbus.ru]
- Сейсмичность при горных работах* / Под ред. Н. Н. Мельникова. — Апатиты: Издат. КНЦ РАН, 2002. — 325 с.

Тихомиров Н. П. Методы анализа и управления эколого-экономическими рисками / Н. П. Тихомиров, И. М. Потравный, Т. М. Тихомирова. — М.: Российская экономическая академия им. Г. В. Плеханова, ЮНИТИ-ДАНА, 2003. — 350 с.

Экологическая экспертиза / Под ред. проф. В. М. Питулько. — М.: Издат. центр «Академия», 2010. — 528 с.

НОРМАТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

ГОСТ 12.1.004—91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

ГОСТ Р 12.3.047—98 ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля. — М., 1998. — 54 с.

ИНЕС: Международная шкала ядерных событий. Руководство для пользователей. — Вена: МАГАТЭ, 1993. — 95 с.

РД 03-418-01. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов. — М., 2001. — 60 с.

ПБ 09-540-03 Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств: утв. Пост. Госгортехнадзора России от 05.05.2003 № 29. — 124 с.

РД 09-536-03. Методические указания о порядке разработки плана локализации и ликвидации аварийных ситуаций (ПЛАС) на химико-технологических объектах (утв. Пост. Госгортехнадзора от 18.04.03 № 14). — 28 с.

Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. — М.: Роспотребнадзор, 2004. — 143 с.

Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ (с изм. от 25.06.2012 г. № 93-ФЗ).

ТЕХНОГЕННЫЕ СИСТЕМЫ И ИХ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЧЕЛОВЕКА И ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Сравнение природных и техногенных факторов, проведенное в предыдущих главах, показывает, что первые, действительно, связаны между собой системными отношениями, тогда как вторые являются системами, объединяющими множество разнородных и разнокачественных объектов, например *котельная, здание, карьер, микроскоп, автозавод, литография, мост, компьютер, газон, календарь...*

Часто под системой подразумевают совокупность каких-либо элементов, обеспечивающую ее целевое назначение и обладающую пространственно-временной структурой. Еще чаще техногенной системой называют искусственно созданное устройство, представляющее средство для осуществления технологических процессов и обслуживания потребностей человека и общества (устройство может быть простым и сложным, состоять из нескольких систем).

В задачи курса не входит рассмотрение состава и строения технических устройств и техногенных систем, а только экологические последствия их функционирования. С этих позиций нас будут интересовать основные свойства систем и их проявления в техногенных системах как источниках экологических чрезвычайных ситуаций.

3.1. Свойства систем

Существует большое количество классификаций систем. Раскрывать их все не имеет смысла в связи с постоянно растущим множеством. Воспользуемся результатами анализа особенностей систем, выполненного в работе И. В. Крайнюченко и В. П. Попова (2005), где убедительно охарактеризованы наиболее показательные их свойства, присущие и техногенным системам.

3.1.1. Свойства, связанные со строением систем

Системные свойства целесообразно разделить на свойства строения и свойства функционирования. В свойства строения входят:

целостность, множество, окружающая среда, структура, иерархия, подсистема, элемент, связь, отношение, каналы связи, организация. Каждое из этих понятий определяется на основе других и, в свою очередь, способствует уточнению их смысла.

В качестве дополнительных свойств в учебной литературе называют **закон пространственно-временной локализации структуры**, суть которого заключается в том, что все части системы расположены в соответствующем порядке в пространстве и во времени, и **закон субординации**, свидетельствующий о существовании взаимозависимости между более и менее главными компонентами системы, определенном порядке их взаимодействия, а также целенаправленной передачи информации и энергии. Закон подразумевает наличие «вертикальных» связей в системе. В социальных системах он проявляется в отношениях между начальниками и подчиненными, властной элитой и основной массой населения. Понятия иерархичности и субординации связаны между собой.

Перечисленных основных характеристик структуры достаточно для описания систем, но можно дополнительно привести некоторые свойства, описанные Л. Б. Миротиним и Ы. Э. Ташбаевым (2005):

1) разделение систем на сложные (состоят, по крайней мере, из двух или более элементов) и простые (состоят из одного элемента);

2) элементарно-автономные системы устроены таким образом, что каждому элементу присущи основные характеристики системы в целом. Например, матрешка состоит из вложенных одна в одну идентичных по форме (но различных по размерам) фигурок. Монокристалл можно расчленить на фрагменты, которые функционально также являются кристаллами, способными самостоятельно существовать и расти. Однако каждый фрагмент чем-то отличается от других (размером, массой, цветом и пр.). Таким образом, все реальные объекты должны представляться как неэлементарно-автономные системы.

К признакам строения, связанным с отношениями к внешней среде, можно отнести классификацию систем на **открытые** и **закрытые (изолированные)**, основанную на представлениях классической термодинамики. Изолированные системы, по определению, не имеют связи с окружением, закрытые системы не могут обмениваться со средой веществом, но могут обмениваться энергией. Такие свойства являются очень сильной идеализацией, так как в природе не существует ни полной изоляции, ни «закрытости». Если имеется поток энергии, следовательно, должен присутствовать и материальный поток.

Все объекты в природе являются открытыми, т.е. обмениваются со средой веществом, энергией и информацией.

Однако в литературе продолжают использоваться представления о закрытых объектах.

Изолированная, или закрытая, система может существовать только временно, пока не израсходуется запас вещества и энергии, затем начинается разрушение и ассимиляция соседними системами (самый лучший термос не способен вечно сохранять горячую воду). Об изолированных системах можно говорить только условно, если пренебрегать потоками через границу или рассматривать их в течение достаточно короткого времени, пока изменения не достигнут существенных значений. Изолированных объектов в природе не существует, могут быть только изолированные системы, так как техногенные системы это всего лишь мысленные модели объективной реальности. Различие понятий «объект» и «система» является принципиальным для техногенных систем.

Иногда закрытые системы называют *автономными*. Автономность указывает на то, что система существует независимо от других объектов, выполняет присущие ей функции, реализует себя за счет внутренних сил, пока их запас не израсходуется.

Открытость всех систем логически определяет необходимость существования *входов и выходов*, «внешней (окружающей) среды», «границы системы». Для биосферы и ее подсистем определяющим является свойство *коммуникативности*, которое означает связь системы с внешней средой. Очевидно, что все открытые системы коммуникативны и находятся под влиянием прямых и обратных связей с окружающей средой.

В 70-х гг. XX в. Г. Н. Пивоваров классифицировал системы по числу входящих в них элементов. По его мнению, малые (простые) системы содержат 10^3 элементов, большие, саморегулирующиеся — 10^6 , саморазвивающиеся — 10^{10} — 10^{14} . При этом предполагается, что только сложные системы обладают эмерджентностью¹.

Часто в качестве примера простой механической системы (не имеющей эмерджентности) ошибочно приводятся часы. В часах элементов действительно мало. Имеет место детерминированная причинность (каждая шестерня без альтернатив связана с другими шестернями). Но неверно, что часы не обладают эмерджентным свойством. Часы имеют свойство показывать время, но ни одна деталь часов, взятая в отдельности, время показывать не может.

Итак, эмерджентность имеет место как в простых, так и в сложных системах.

Эмерджентность является результатом рождения новой информации, которая всегда появляется при комбинировании элементов

¹ *Эмерджентность* (от англ. *emergence* — возникающий, неожиданно появляющийся) в теории систем — наличие у какой-либо системы особых свойств, не присущих ее подсистемам и блокам, а также сумме элементов, не связанных особыми системообразующими связями и возникающих благодаря объединению этих элементов в единую, целостную систему.

и связей. Объединение элементов в систему всегда ограничивает степени свободы, уменьшает количество возможных связей, что неизбежно проявляется в изменении свойств. Изменение свойств, в свою очередь, может приводить к улучшению или ухудшению функций системы, но это уже субъективные оценки. Важно, что свойства системы изменяются. Отсутствие видимых изменений свойств указывает лишь на то, что исследователь просто их не обнаружил (прагматически смотрит только на те свойства, которые его интересуют).

Наука постоянно размывает границы между сложными и простыми системами, так как единый критерий сложности отсутствует. Сложность можно характеризовать по разнообразию связей и элементов, непознаваемости процессов и состояний, по количеству перерабатываемой информации, по входным и выходным функциям, характеру реакций на внешнюю среду. Вся эта совокупность именуется интегральной сложностью.

3.1.2. Свойства, связанные с функционированием систем

Совокупность элементов образует систему только тогда, когда отношения между ними порождают *целостность, интегративность, эмерджентность, системность*. Эти понятия являются синонимами, хотя часто употребляются раздельно.

К функциональным свойствам, кроме перечисленных, относятся: *суммативность, адаптивность, равновесие* (стабильное, нестабильное, подвижное), *обратная связь* (отрицательная, положительная, целенаправленная), *саморегуляция, управление*.

Целостность (несводимость целого к его частям) подробно анализировалась ранее. Поддержание объекта в целостном состоянии осуществляется *факторами целостности системы*. Они «скрепляют» все элементы и придают системе *интегративные свойства*. Именно интегративные признаки позволяют мысленно выделить систему из среды в виде *целостного образования*.

В работе Л. фон Берталанфи (1969) в классификацию системных объектов вводится функция *суммативность*, противоположная по смыслу *интегративности*. Свойства суммативных (аддитивных) систем равны сумме свойств ее компонентов. Это означает, что при увеличении или сокращении количества компонентов система *не претерпевает заметных функциональных изменений*, но может изменять свои размеры и границы. По мнению А. Холла и Р. Фейджина (1969), если изменение каждой части системы не вызывает изменения других частей, то система может считаться суммативной.

Противоречивость свойства «суммативность» заключается в том, что отсутствие целостности, интегративности означает и отсутствие системности. Однако парадигма целостности мира подразумевает, что весь

мир может рассматриваться как система, так как все связано со всем. Если бы было иначе, то не существовали бы инвариантные законы сохранения вещества и энергии. Атомы нашего тела не были бы идентичны атомам, находящимся на краю Галактики и всей Вселенной.

Синергетика (наука о самоорганизации природных систем) накопила много примеров о становлении «порядка из хаоса» (Пригожин И. Р., 1986). Хаос является состоянием, где господствует случайность, а порядок является аналогом системности. Случайные, вероятностные связи и взаимодействия являются естественными для природы и не препятствуют ее саморазвитию.

Примеры суммативных систем (гряда камней, толпа людей и др.), часто приводимые для обоснования их реального существования, не корректны. Известен древний вопрос: сколько надо положить песчинок, чтобы оказалась куча песка? Ответа на него нет, так как нет четкого понятия «куча». Отсутствие четкого, количественного определения объекта не позволяет судить об изменениях, происходящих в нем. Независимо от размеров и формы куча камней обладает эмерджентностью (где есть эмерджентность, там нет суммативности). Масса кучи равна сумме масс камней, входящих в ее состав. Это очевидный признак суммативности. Но объем кучи превышает сумму объемов отдельных камней, так как в куче между камнями имеются пустоты. Целое превышает сумму своих частей, следовательно, имеет место эмерджентность, интегративность. По массе куча камней является суммативной системой, а по объему — интегративной.

Нельзя рассматривать свойства леса как суммативное свойство отдельных деревьев. Между деревьями и всеми живыми и неживыми объектами в биоценозе (лес) существует ярко выраженная целостность (интегративность). Симбиозы¹ грибов и деревьев, птиц и растений являются тому частными примерами. Классической формой интегративной экосистемы является дождевой тропический лес, где большинство видов растений не может существовать вне целостного сообщества.

Изменение количества элементов системы всегда приводит к возникновению новых свойств (эмерджентность), и только в том случае, когда эти свойства не интересуют наблюдателя, систему считают суммативной.

Суммативность возникает при упрощенном моделировании реальных объектов, как искажение реальности. В каждом объекте можно найти интегративность и суммативность, которые относятся как две стороны медали.

Представления о суммативности возникли в связи с тем, что в системах не все связи и элементы равноценны. Можно обнаружить доминирующие элементы и связи, незначительные изменения которых приводят к существенным изменениям свойств системы. Таковыми,

¹ *Симбиоз* (от греч. *сим* — совместно и *биос* — жизнь) — тесное и продолжительное сосуществование представителей разных биологических видов.

например, являются подсистемы управления. Когда доминирующая подсистема усиливает свое влияние, то этот процесс называется **централизацией**. Централизация сопровождается ростом интегративности. Но в системе всегда присутствуют элементы и связи, влияние которых на функции системы выражено слабо. Потеря части таких элементов не приводит к заметному изменению функций.

3.1.3. Динамические системы

В зависимости от целей исследования природные объекты разделяют на динамические и статические. Динамические системы существуют благодаря преобразованиям в структуре и функциях в ответ на влияние внешних факторов. Напротив, статические системы способны длительное время сохранять почти без изменения свои собственные связи, отношения и свойства.

Понятие «*устойчивое равновесие*» определяется, как способность системы в отсутствие внешних возмущений некоторое время сохранять качественную определенность, неизменность. Однако вечной статичности быть не может. Все процессы подвержены флуктуациям. *Флуктуациями* называют малые случайные возмущения, колебания, изменения, образующие фон любого процесса. Флуктуации, воздействующие на систему, в зависимости от своей силы могут иметь совершенно разные для нее последствия. Если флуктуации открытой системы недостаточно сильны, то система самостоятельно вернется к предыдущему состоянию, структуре или поведению. При сильных флуктуациях система может разрушиться. И наконец, третья возможность заключается в появлении нового состояния или поведения системы.

Для техногенных систем предпочтительнее устойчивое равновесие (и статический режим). Но избежать внешних возмущающих воздействий невозможно, так как закрытых объектов не существует, поэтому вместо кратковременного, устойчивого равновесия лучше говорить о подвижном равновесии.

Устойчивость (равновесная или неравновесная) реализуется через изменение функций системы. Функции определяются структурой элементов и связей. Многочисленные исследования выявили инвариантные законы функционирования структур (законы организации). Их действию подчиняются многие системы. Они отражают свойства, присущие всем целостным объектам, имеют устойчивый и повторяющийся характер.

В целостном объекте действует **закон координации** связей и отношений всех компонентов. Его основное предназначение состоит в *согласовании действий всех связей и отношений, имеющих место в системе*. В природных системах согласование происходит самопроизвольно, в технических и социальных системах — осуществляется людьми посредством подсистем управления.

К закону координации близко примыкает **закон совместимости компонентов** системы, смысл которого состоит в *согласованности и взаимодополняемости* разнородных структур.

Благодаря этим законам обеспечивается полнота функционирования всей системы. На любом предприятии имеются работники разных специальностей, которые дополняют действия друг друга.

Совместимость элементов целостного образования проявляется двойным образом. С одной стороны, она означает совместимость частей между собой, с другой — совместимость частей с целым. Любое ее нарушение приводит к сбоям функционирования. Примером может служить переливание крови. Если человеку влить кровь несовместимой группы, то это может привести к смерти. Несовместимость характеров мужа и жены может разрушить семью. Запасные части, предназначенные для одной модели автомобиля, не могут использоваться для другой в связи с несовместимостью их размеров, форм и посадочных мест.

Важным функциональным законом является **закон специализации** компонентов системы. Каждая подсистема, часть или элемент выполняют определенные функции и операции. Действие любого из компонентов важно для всех остальных. Изъятие из системы любого из них приводит к нарушению функционирования всей цепочки и вызывает глубокие изменения в качественных характеристиках объекта. Можно добавить, что для повышения надежности функционирования некоторые элементы дублируются. В организме человека много дублированных функций (осязание и зрение, слух и зрение и пр.) и органов (два глаза, два уха, две ноги, две кровеносные системы и пр.).

Еще одна группа системных свойств имеет связь с представлениями о **развитии**. К этой группе в первую очередь следует отнести понятия *изменчивости, эволюции, роста, генезиса и отбора*.

Под развитием понимаются необратимые изменения в объекте, в результате которых возникает новое качество или состояние.

Когда изменения носят циклический характер, например колебания маятника, то такие изменения не считаются развитием. Эволюция и развитие часто используются как синонимы. Изменения могут быть монотонными, скачкообразными, с повторением уже пройденных состояний (циклическое развитие).

Многообразие взглядов на причины развития технических систем сводится к следующим группам:

- 1) достижение поставленных целей;
- 2) адаптация к среде;
- 3) разрешение противоречий;
- 4) стремление к совершенству.

Выбор той или иной ветви развития осуществляется в соответствии с **принципом минимума диссипации**. Из совокупности допустимых состояний системы реализуются те, для которых характерно

минимальное рассеяние энергии (Моисеев Н. Н., 1987). Возможны и другие принципы отбора путей развития.

Все перечисленные точки зрения можно считать правильными, но каждая отражает только одну сторону многогранного явления «эволюция».

К изменчивости можно отнести также свойство *адаптивности*. Под адаптивностью понимается способность системы (в первую очередь, природной) изменять свою структуру и выбирать варианты поведения под воздействием факторов внешней среды соответственно с новыми условиями существования системы. Главная задача адаптивности — обеспечение выживания. Важным свойством адаптивной системы является *системная инерция*, определяющая время, необходимое для перехода из одного состояния в другое.

Адаптивные возможности самоорганизации любой системы не беспредельны. Под *самоорганизацией* понимается процесс установления в системе порядка, происходящий исключительно за счет кооперативного действия ее компонентов.

Как правило, распад целостных объектов происходит под влиянием внешних системоразрушающих факторов.

Горы могут быть разрушены землетрясением, скалы могут быть взорваны человеком. Системоразрушающие факторы могут быть также и внутренними (отказ элемента технической системы).

Распад многих систем связан с энергетическими характеристиками связей, которые оказываются неспособными поддерживать адаптивность системы. Например, экосистема без нарушения ее полноценного функционирования может принять строго определенное количество загрязняющих веществ, генерируемых техническими системами. Она перестает существовать, если «агрессия» среды будет выше возможностей регенерации самой системы.

Системоразрушающим факторам противодействуют *системообразующие*, которые также могут быть *внутренними* и *внешними*.

Чем сильнее системообразующие факторы, тем более защищена система. И наоборот, превышение силы разрушающих факторов направляет движение в сторону распада системы. Системообразующим факторам способствуют *отрицательные обратные связи*. Деградация системы может произойти в следующих случаях:

- системоразрушающие факторы накапливаются, а системообразующие недостаточны либо сильно запаздывают (высокая инерционность адаптивных процессов);
- отсутствуют источники внешних ресурсов и истощились внутренние ресурсы;
- нарушена координация (синхронизация) взаимодействий элементов системы;

- цели частей (подсистем, элементов) не согласованы и противоречат целям целого (системы);
- отсутствие *авторегенеративных* или *внешнерегенеративных* функций.

Регенерацию элементов способны осуществлять все живые объекты и кристаллы. Техногенные системы относятся к внешнерегенеративным, так как ремонт и замена элементов осуществляется человеком.

Когда под давлением обстоятельств объект теряет устойчивость, назревает необходимость перехода в новое качество. Переход, как правило, связан с катастрофической реорганизацией структуры.

3.1.4. Особенности систем биосферы и техносферы

Сравнение свойств биологических и технических систем позволяет выделить как общие их признаки, так и различия (табл. 3.1).

Таблица показывает большое сходство в организации систем обоих классов, но и различия имеют место (особенно в границах, субординационных отношениях, саморазвитии и функционировании).

Биологические системы все без исключения обладают целостностью, интегративностью (суммативностью), открытостью, диссипативностью, нелинейностью, неравновесностью, самоорганизованностью. Универсальное свойство всех живых систем — способность реагировать на внешнее воздействие (раздражитель).

Ответная реакция сложных объектов всегда направлена на «нейтрализацию» «вредного» внешнего воздействия. Сложные живые существа реагируют ситуационно, могут менять свое поведение при появлении опасности (убежать, напасть, замереть). Если внешнее воздействие идет на пользу организму, то может возникнуть реакция содействия (не противодействия). Однако чем проще форма жизни, тем менее разнообразны реакции.

Адаптация (стремление к независимости от внешней среды, саморегуляция) также происходит через реакции организма. Живое адаптируется разными способами. Создается искусственная среда обитания посредством мембран (клетка), кожи, шкур, стен и т. п. В границах искусственной среды поддерживаются необходимые параметры, температура (теплокровные), химический состав. Осуществляется постоянное обновление структуры (регенерация).

Техногенные системы без участия человека пока не способны к саморазвитию. Оставленные без присмотра, они распадутся и будут поглощены биосферой. Человек уже не может жить без техносферы, и она не может существовать без человека, т. е. впервые за миллиарды лет в ходе эволюции возник уникальный *биотехноценоз*.

Поскольку технические системы создаются для пользования человеком, их поведение должно быть предсказуемо. Они управляемы или человеком (автомобиль), или автоматом (автопилот). Адаптив-

Таблица 3.1. Сходство и различия свойств систем биосферы и техносферы

Свойства систем	Биосфера	Техносфера
Тип массоэнергообмена	Открытый	Открытый
Целостность	+	+
Иерархия (субординация)	+	-
Окружающая среда	Экосистемы	Системы биосферы
Совместимые подсистемы (элементы)	Экосистемы предыдущего ранга	Конструктивные элементы
Границы	Статистические, континуальные	Физические, детерминированные
Эмерджентность	Интегративность	Суммативность
Структура	+	+
Связи (отношения)	Гибкие	Жесткие
Самоорганизация (размножение, регенерация)	+	-
Обратная связь	Отрицательная	Положительная
Развитие	Бифуркационное	Эволюционное в пределах жизненного цикла
Перерывы в функционировании	Не возможны	Возможны

ность технических систем начинает возрастать. Элементы технических систем четко специализированы и совместимы. Иногда допускается дублирование для повышения надежности. Каждый элемент конструктивно сопрягается с другими жестко и однозначно. Связи практически не изменяются. Изменчивость связей закладывается в компьютерах, Интернете, но она не стохастическая, а детерминированная определенными алгоритмами.

Технические системы не способны самостоятельно размножаться и регенерировать изношенные элементы.

Производство, ремонт и экспансию пока осуществляет человек. Все технические системы подчиняются *закону жизненного цикла*, последовательно сменяя друг друга. Об этом свидетельствуют эволю-

ционные ряды технических достижений человечества за последние десятки тысяч лет.

Технические системы могут временно прекращать функционирование в отличие от биологических и социальных систем.

Автомобиль можно поставить в гараж, отключив все его функции или энергоснабжение.

Достаточно ли отмеченных различий, чтобы обнаружить в рассмотренных свойствах техногенных систем потенциальные источники угроз экологической безопасности? Прежде всего, выясняется, что описанные в табл. 3.1 абстрактные техногенные системы неинвариантны как источники экологических ЧС всего масштабного ряда. Трудно представить катастрофу транспортного, энергетического, промышленного устройства, способную оказать воздействие на экосистему региона, континента и Земли в целом. Объект, не обладающий иерархической структурной организацией, может воздействовать только на контактирующие с ним части экосистем.

Но среди техногенных систем есть обширный класс объектов, которые имеют иерархическую структуру и могут поэтому рассматриваться как источники экологических угроз любого масштаба. Это природно-хозяйственные системы, одновременно обладающие свойствами биологических и технических объектов.

3.2. Природно-хозяйственные системы

Все более усложняющееся взаимодействие техно- и экосистем сформировало их особую разновидность — природно-хозяйственные системы (ПХС). И в настоящее время биосфера представляет единую природную систему, в которой живое вещество взаимодействует с элементами литосферы, гидросферы, атмосферы и техносферы.

В пределах ПХС проявляется наибольшая активность по трансформации вещества и энергии. ПХС (NTS — natural-technical system) есть ассоциация природных и техногенных элементов, взаимодействующих между собой и функционирующих как единая система, пространственно ограниченная ареалом воздействия какого-либо предприятия или технологического процесса.

Взаимодействие проявляется в разнообразных геологических, гидрологических, атмосферных и биологических процессах. Набор их зависит от класса ПХС. В одних ПХС с искусственными объектами активно взаимодействуют граничащие с ними области литосферы, атмосферы, биосферы (например, мелиоративные системы), в других — области гидросферы (например, портовые сооружения) или литосферы (например, подземные сооружения, котлованы и карьеры, эксплуатационные скважины).

3.2.1. Специфические признаки природно-хозяйственных систем

Важнейшими специфическими признаками ПХС являются *целостность, структурность, динамичность и синергизм свойств* элементарных объектов.

Хозяйственный комплекс любого государства и региона образован широким набором разноранговых ПХС, находящихся в различных стадиях своего жизненного цикла, что дает возможность выполнить полноформатное исследование таких объектов и формализовать их структуру, границы и управляющие элементы. Объединяясь, элементарные ПХС (например, отдельное производство) укрупняются до ранга локальных объектов (например, завод, комбинат и т. п.), совокупность которых образует региональные ПХС.

Каждая ПХС занимает определенную площадь и объем и отделена от соседних систем границами. Границы между территориальными системами обладают барьерными свойствами, они разделяют потоки вещества и препятствуют распространению организмов. Вместе с тем латеральные потоки связывают соседние ПХС в парагенетические системы. В конкретном случае границы между территориальными системами могут быть линейными или расплывчатыми, четко выраженными или затушеванными, стабильными или подвижными, однако они объективно существуют независимо от того, обнаружены они или нет.

В повседневной жизни эквивалентами границ ПХС являются: по воздуху — санитарно-защитные зоны (СЗЗ)¹ предприятий или объединенные санитарно-защитные зоны группы предприятий (комплексов); по водоемам и водотокам — расчетные створы² разбавления; по почвам, грунтам и растительности³ — превышения местного фона.

Природно-хозяйственные системы организованы в виде множества территориальных систем различной размерности. В самых общих чертах можно говорить о территориальных единицах местного, регионального, континентального и глобального уровней. Территориальные единицы низшего уровня последовательно вкладываются в единицы более высокого ранга, образуя иерархический ряд.

Влияние среды на ПХС проявляется в сохранении, например, узора растительного покрова, характер которого контролируется гидротермическими факторами внешней среды, рельефом и ареалами загрязнения.

¹ СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов (ред. от 2008 г.).

² СанПиН 2.15.980-00. Гигиенические требования к охране поверхности вод (взамен СанПиН 4630-88. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения»).

³ МУ 2.1.7.730-99. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест; СанПиН 2.1.7.1287-03. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы.

Формирование структуры ПХС под воздействием факторов окружающей среды происходит с сохранением таких системообразующих элементов и связей между ними, которые совпадают с определенными элементами среды. Например, состав и структура растительного сообщества, как правило, адекватны экологическим условиям.

Обязательным атрибутом ПХС являются связи или отношения, заданные на множестве их элементов. Сочетание техногенных и природных элементов в ПХС определяется взаимодействием участков концентрации и рассеяния вещества и энергии.

Основу, структуру и пространственные масштабы ПХС определяют природные условия территории, на которой она формируется. Производственный блок — наиболее активная часть системы — включает все виды воздействий объекта в целом. Целостность ПХС поддерживается единством выполняемых социальных и экономических функций, а время их существования — продолжительностью природопользования. Для ПХС характерно появление новых устойчивых элементов в природной составляющей, а также формирование разных типов природно-антропогенного круговорота веществ и потоков энергии на основе использования человеком природно-ресурсного потенциала ландшафта.

В рамках ПХС происходит разрушение как геологических структур, так и исходного их литологического состава, формируются собственные отложения (техногенные илы, глины, суглинки и др.) и геоморфологические тела (подсклоновые шлейфы, конусы выноса, оползни, просадки и др.), характерные только для ПХС и за их пределами преобразующиеся в структуры, свойственные иным средам.

Аналогичные процессы происходят и с атмосферой, и гидросферой: из их трансформированных частей идет синтез соответственно «ландшафтного воздуха» и «ландшафтных вод». Состав последних интразонален и определяется не только исходным ландшафтом (лесным, степным, пустынным и т. д.), но и функционированием технических систем, связями с другими геосистемами, а также сильно отличается от состава воздуха или вод свободной атмосферы и литосферы.

Из природных компонентов любая ПХС формирует специальную рабочую среду (в пределе — рабочее тело) для реализации основного технологического процесса.

Природно-хозяйственные системы принципиально отличаются от природных геосистем тем, что возникающими в них изменениями можно управлять, улучшая функционирование систем по сравнению с другими возможными вариантами. Направленные воздействия составляют систему **геоэкологического управления** процессами. При всей сложности таких подходов они во многих случаях более целесообразны и экономичны, чем системы инженерной защиты. Наиболее показательным примером может служить управляемая система защиты Финского залива от загрязнения, использующая барьерный

эффект самоочищения при маневрировании затворами Комплекса защитных сооружений Петербурга от наводнений (Эколого-химические особенности прибрежных акваторий, 2008).

В настоящее время понятие ПХС в системе дифференциации реальных объектов определяется их физическими границами и пространственной функцией их влияния. Каждый ранг ПХС описывается своим набором индикаторов — от максимально специфичных применительно к элементарным системам до макрохарактеристик состава и свойств локальных объектов с выходом на общие интегральные показатели состояния региональных объектов.

В основе большинства оценочных показателей, применяемых за рубежом, лежит сопоставление начальных условий и изменений концентрации загрязняющих веществ во времени (т.е. динамика загрязнений). Расчет параметров (или критериев) носит целевой характер — качество поверхностных вод для водопотребления и качество донных осадков по степени концентрации загрязняющих веществ.

Согласно Федеральной целевой программе «Экологическая безопасность России» (Т. 6, 2006) «для относительно стабильного функционирования природно-технических систем предлагается определять их пространственные и временные границы и проводить последние по зоне изменений в состоянии природной составляющей, вызванных прямым (непосредственным) воздействием техники. Зона влияния ПХС определяется как зона косвенного воздействия технических сооружений, как территория, на которой воздействие техники опосредовано природной составляющей».

В настоящее время для отображения и характеристики ПХС широко применяются разнообразные средства пространственного анализа методами геоинформационных технологий. Для определения устойчивости ландшафтов к различным видам антропогенного воздействия до сих пор используют интегральные *балльные* (!?) оценки (во многом произвольные) по следующим факторам устойчивости:

- мощность геосистемы (общая биомасса);
- увлажненность (соответствие накопленной в системе влаги величине испаряемости);
- возможность развития эрозионных процессов;
- защищенность водоносных горизонтов;
- степень нарушенности берегов и склонов;
- динамическое состояние.

Существует противоречие между современной ландшафтной основой карты и схематичным отображением техногенных компонентов ПХС. Предприятия и инженерные сооружения отображаются либо в границах физических объектов (детальные карты элементарных и локальных ПХС), либо знаками (обзорные карты региональных ПХС), хотя известно, что ареалы воздействий значительно превосходят площади предприятий (выбросы Норильского ГОК ощущаются и в 1 500 км к востоку, а радиоактивный стронций после воздушных

испытаний ядерного оружия на Новой Земле в 1963 г. еще до сих пор обнаруживается в почвогрунтах на Чукотке).

Безусловными границами ПХС являются антропогенные геохимические поля, формирующиеся в связи с деятельностью этих объектов, а признаками таких полей должны быть непараметрические показатели¹.

Тесная корреляция ПХС с местной ландшафтной структурой наблюдается на локальном уровне и связана с исторически выработанной адаптивностью хозяйственной деятельности. Территориальная организация, типы производства в сельском и лесном хозяйстве, размещение и характер поселения во многом обусловлены исходной ландшафтной дифференциацией. Наиболее трудной задачей в изучении и конструировании ПХС, тем более существовавших в давнем историческом прошлом, является установление их границ. Принимая за основу границы территории, в которых велась та или иная хозяйственная деятельность, необходимо учитывать и степень антропогенной изменчивости.

3.2.2. Систематизация природно-хозяйственных систем

Природно-хозяйственные системы разделяют на две большие группы: 1) системы, приводящие к деградации и дестабилизации окружающей среды; 2) системы, защищающие, восстанавливающие или очищающие компоненты биосферы. Часто ПХС второй группы или их функциональные аналоги представлены природными компонентами (СЗЗ, водоемы-охладители, накопители, хранилища, дренажные загрузки, фильтры и т.п.). Одновременно подчеркнем, что в структуре всех ПХС имеется техническое (технологическое) «ядро», подверженное отказам и катастрофам, и поэтому все они являются источниками хронической или острой экологической опасности.

По степени опасности объекты и технические системы можно разделить на следующие группы:

1 — объекты дислокации и хранения оружия массового поражения (ядерного, химического, бактериологического), объекты оборонного и ракетно-космического комплекса;

2 — объекты ядерной энергетики и ядерного цикла, объекты обращения с РАО;

3 — нефтегазовые, химические и биотехнологические комплексы с большими запасами опасных веществ;

¹ Непараметрические статистические показатели не зависят от размеров оцениваемых объектов и территорий, например медиана в отличие от среднеарифметического. Кроме того, медиана — устойчивая, робастная оценка (даже в присутствии до 75 % проб с аномальными значениями).

4 — объекты энергетики, машиностроения, крупные объекты гражданского строительства и промышленности;

5 — производственные установки и транспортирующие комплексы (наземные, надводные, подводные, воздушные, трубопроводные);

6 — металлургические комплексы;

7 — уникальные инженерные сооружения (мосты, плотины, галереи, стадионы);

8 — горнодобывающие комплексы;

9 — инженерная инфраструктура жизнеобеспечения городов и поселений.

Статистика техногенных аварий свидетельствует, что наиболее опасными по экологическим последствиям являются аварии в угольной, нефтегазодобывающей отраслях, металлургии, химической, нефтехимической и микробиологической промышленности и на транспорте. Основными причинами аварий являются технологические нарушения, изношенность конструкций и отсутствие надлежащего технико-эксплуатационного контроля.

В России более трех тысяч объектов, которые при авариях или разрушениях могут привести к массовым поражениям людей. Даже обычные компоненты инфраструктуры крупного города потенциально опасны: на овощехранилищах имеются запасы аммиака до 150 т, на водопроводных станциях — до 100 — 400 т хлора. Кондитерские фабрики, пивные заводы и хладокомбинаты могут быть опаснее атомных реакторов.

Насколько велико разнообразие ПХС, показывает табл. 3.2. Наибольшим вниманием человека с давних пор пользуются сельскохозяйственные или агро-ПХС. Это совершенно особая генетически самостоятельная категория ПХС — внутренне неоднородная, открытая, организованная определенным образом, динамическая система. Ее отличительным свойством является способность природного элемента к самовосстановлению.

Агроэкосистемы отличаются от естественных экосистем прежде всего тем, что получают дополнительную энергию в виде мышечных усилий человека и животных, удобрений, пестицидов, воды, горючего, механизмов, машин и т. д. Для максимизации выхода какого-либо одного продукта человек резко снижает разнообразие видов в пределах системы. В частности, здесь преобладает антропогенная флора и фауна (вплоть до моновидовой): сообщество растений, возникающее в результате деятельности человека (посевы, посадка деревьев), выпас и содержание скота, птицы и т. д.

Вопросы уязвимости ПХС всегда находятся в центре внимания при оценке влияния их на экологическую безопасность. Уязвимость урбанизированных территорий от расположенных здесь ПХС чрезвычайно высока, а те, в свою очередь, зависят от организации городского пространства. Органическая продукция биотической составляющей урбо-ПХС не играет заметной роли в снабжении энергией

Таблица 3.2. Классификация региональных, локальных и элементарных ПХС

Природно-хозяйственные системы		
Региональные	Локальные	Элементарные
Проекты или функционирующие ПХС	Промышленно-коммунальные	Промышленные, хозяйственно-складские, очистные сооружения, мусороперерабатывающие заводы, энергетические производства, объекты ЯЦ
	Горнопромышленные	Карьеры, отвалы, шламохранилища, шахты, обогатительные фабрики, предприятия по переработке сырья, торфоразработки, газохранилища
	Оборонные	Объекты ПВО и ГО, городки, полигоны
	Дорожно-транспортные	Дороги, автостанции, автовокзалы, АЗС, гаражи и станции техобслуживания, аэропорты, морские и речные порты, транспортные ГТС, линии коммуникаций, трубопроводы
	Сельскохозяйственные	Лесной комплекс, садоводства, пашня, парники, склады, элеваторы, животноводческие комплексы, птица — яйцо, переработка сельскохозяйственной продукции
	Рекреационные	Санатории, пансионаты, турбазы, детские лагеря и другие формы отдыха
	Селитебные	Городские, поселковые, сельские
	Санитарно-гигиенические	Больничные комплексы, кладбища, организованные мусорохранилища
	Водохозяйственные	Водозаборы, водохранилища и пруды, насосные станции, коммунальные очистные сооружения, преобразованные русла рек
Мелиоративные	Дренажная сеть, ГТС, защитные лесонасаждения, склоно- и берегоукрепительные сооружения	

Природно-хозяйственные системы		
Региональные	Локальные	Элементарные
	Культурно-парковые	Декоративные, рекреационные, спортивно-аттракционные парки, скверы, лесопарки
Территории предполагаемого активного использования	Естественные слабоизмененные	Лесные, лесоболотные, пустоши, литогенные (скалы, осыпи, каменные хаосы, естественные пляжи)
	Производные (дигрессионно-ренатуризованные)	Кустарниковое луго-разнотравье, горельники, вырубки
Геосистемы различного пространственно-временного уровня		Локальные Мезорегиональные Региональные Глобальные

механизмов и людей, населяющих город. По оценке Л. И. Цветковой (1999), «гектар города потребляет в тысячи раз больше энергии, чем такая же площадь сельской местности». Без огромных поступлений извне пищи, горючего, электричества и воды подобная система разрушится. Одной из экологических мишеней урбо-ПХС стал климат. Из-за образующихся в результате функционирования ПХС теплоты, пыли и других веществ, загрязняющих воздух, в городе обычно теплее, повышена облачность, меньше солнца, больше туманов, чем за его пределами. Естественно, размеры загрязнения окружающей среды на выходе системы зависят от интенсивности ее жизнедеятельности и степени технического развития.

Действующие ПХС оказывают влияние на все компоненты окружающей среды — на атмосферу, территорию, поверхностные и подземные воды, флору и фауну. Основными факторами воздействия являются:

- масса и виды выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ;
- количество сбрасываемых сточных вод, их состав, степень очистки, условия сброса в водные объекты и параметры разбавления сточных вод;
- нарушения и загрязнения поверхности земель;
- номенклатура и количество отходов, способы их удаления, складирования или утилизации;
- физические поля.

В соответствии с требованиями ФЗ «Об охране окружающей среды» (2002) ПХС должны соблюдать нормативы качества окружающей среды на основе применения технических средств и технологий обезвреживания и безопасного размещения отходов производства и потребления, обезвреживания выбросов и сбросов загрязняющих веществ. Для поддержания качества окружающей среды установлены следующие нормативы допустимого воздействия на окружающую среду:

- 1) допустимых выбросов загрязняющих веществ;
- 2) допустимых сбросов загрязняющих веществ;
- 3) уровня физических воздействий;
- 4) образования отходов производства и потребления и лимиты на их размещение;
- 5) допустимого изъятия компонентов природной среды.

Выбросы и сбросы осуществляются на основе разрешений, выдаваемых уполномоченными органами, в которых устанавливаются нормативы допустимого воздействия и условия, обеспечивающие охрану окружающей среды:

- нормативы допустимой антропогенной нагрузки на окружающую среду;
- нормативы качества окружающей среды;
- технологические нормативы, установленные на основе использования наилучших существующих технологий с учетом экономических и социальных факторов.

Нормативы допустимого изъятия компонентов природной среды устанавливаются в целях сохранения природных объектов и предотвращения их деградации. Порядок их установления регулируется законами о недрах, Земельным, Водным, Лесным кодексами, законодательством о животном мире и законодательством в области охраны окружающей среды и природопользования.

При осуществлении хозяйственной деятельности природопользователи обязаны составлять и представлять в уполномоченные органы государственную статистическую отчетность в области охраны окружающей среды и осуществлять платежи за негативное воздействие выбросов, сбросов загрязняющих веществ и размещение отходов производства и потребления.

Более конкретные экологические требования к эксплуатации предприятий устанавливаются также рядом других нормативных актов Российской Федерации.

В соответствии с требованиями ФЗ «Об охране атмосферного воздуха» (в ред. 2005 г.) при эксплуатации объектов хозяйственной и иной деятельности должно обеспечиваться непревышение нормативов качества атмосферного воздуха в соответствии с экологическими, санитарно-гигиеническими, а также строительными нормами и правилами. В процессе эксплуатации любой объект потребляет определенное количество чистой воды, а также сбрасывает очищенные или неочищенные сточные воды в окружающую среду, что приводит к загрязнению поверх-

ностных вод. В общем случае источниками загрязнения поверхностных и подземных вод являются: неочищенные или недостаточно очищенные производственные и бытовые сточные воды; поверхностный сток с промышленных площадок; фильтрационные утечки вредных веществ из емкостей, трубопроводов и других сооружений; аварийные сбросы и проливы сточных вод на сооружениях и промышленных объектах; осадки, выпадающие на поверхность водных объектов и содержащие пыль и загрязняющие вещества от промышленных выбросов.

При эксплуатации промышленных объектов особую актуальность приобретают вопросы удаления и складирования, а в дальнейшем — утилизации и захоронения отходов производства. Промышленные отходы требуют для складирования не только значительных площадей, но и загрязняют вредными веществами, пылью, газообразными выделениями атмосферу, территорию, поверхностные и подземные воды. Обязанности предприятий и физических лиц по обращению с отходами регламентированы требованиями ФЗ «Об отходах производства и потребления» (от 28.07.2012 г. № 89-ФЗ). В соответствии с природоохранным законодательством России на всех действующих ПХС осуществляются основные формы экологического контроля: производственный контроль, экологический мониторинг, эоаудит, а для опасных производств предусмотрена разработка Декларации промышленной безопасности.

Декларация безопасности промышленного объекта является документом, содержащим разнообразную, в том числе экологическую, информацию о промышленном объекте. Необходимость создания такого документа обусловлена аварийностью промышленных объектов, влекущей порой тяжелые экономические, социальные и экологические последствия. Декларация безопасности — инструмент предупреждения и подготовки к действиям в чрезвычайных ситуациях (ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 г. № 116-ФЗ; Положение о декларации безопасности промышленного объекта, 1995, с изм. 2005 г.). Декларация разрабатывается для проектируемых и действующих ПХС на весь их жизненный цикл. В ней отображаются все факторы, характеризующие опасность производства, его уязвимые участки, социально-экологический контент, оценки риска ЧС природного и техногенного характера, характеристика систем контроля мероприятий по предупреждению ЧС, меры по защите персонала.

На современном этапе развития общества, когда практически нет ни одного города, где бы не функционировали предприятия, особое значение приобретает промышленная безопасность. Она возведена в ранг главных приоритетов на государственном уровне.

Промышленная безопасность — это определенная защищенность общества, государства от техногенных катастроф и аварий. Любая организация, которая эксплуатирует опасный производственный объект, должна периодически проводить комплекс мероприятий, направ-

ленных в первую очередь на обеспечение безопасности технических объектов. Среди них — разработка, экспертиза и обновление Плана локализации и ликвидации аварийных ситуаций (ПЛАС)¹, создание аварийно-спасательных служб и т. п. Эти мероприятия предусматриваются на производствах, где возможны аварии, сопровождающиеся залповыми выбросами пожароопасных, взрывоопасных и токсичных веществ, взрывами аппаратуры в производственных помещениях и наружных установках и разрушением зданий, сооружений, технологического оборудования, поражением людей, отрицательным воздействием на окружающую среду.

3.3. Устойчивость природно-хозяйственных систем и экологические последствия их деятельности

Для ПХС опасное нарушение устойчивости связано с бесконтрольным освобождением энергии или токсичных веществ. Обычно это может происходить на незащищенных участках и среди уязвимых узлов инфраструктуры (транспорт, предприятия ТЭК, инженерные коммуникации, промышленные зоны и т. д.), при ослаблении технологического контроля и превентивного мониторинга.

Как известно, наибольшую техногенную опасность представляют аварии и катастрофы на радиационно и химически опасных объектах. За последние 50 лет эксплуатации ПХС ядерно-топливного цикла случилось несколько крупных аварий, среди них — на ядерном реакторе по производству плутония в Уиндскейле (Англия) и на Южном Урале в 1957 г., на АЭС «Три-Майл-Айленд» (США) в 1979 г., на ЧАЭС в 1986 г., на Сибирском химическом комбинате (Тоск-7) в 1993 г., на АЭС Фукусима-1 (Япония) в 2011 г.

3.3.1. Экологические последствия крупных аварий

В докладе Международной комиссии по окружающей среде и развитию в 1987 г. были отмечены экологические катастрофы и бедствия, произошедшие за предыдущие два с половиной года: гибель около 1 млн человек в результате засухи, вызвавшей кризис окружающей среды и развития в Африке и угрозу голода для 35 млн человек; взрыв цистерн с жидким газом в Мехико и гибель 1 тыс. человек (несколь-

¹ РД 09-536-03. Методические указания о порядке разработки плана локализации и ликвидации аварийных ситуаций (ПЛАС) на химико-технологических объектах.

РД 13-02-2006. Порядок осуществления экспертизы промышленной безопасности планов локализации и ликвидации аварийных ситуаций на взрывоопасных, пожароопасных и химически опасных производственных объектах и требования к оформлению заключения данной экспертизы.

ко тысяч жителей лишились крова); гибель 18 тыс. человек, из них 3 тыс. погибли непосредственно в день трагедии и 15 тыс. — в последующие годы, свыше 200 тыс. человек серьезно пострадали от утечки газа на заводе по производству пестицидов в Бхопале (Индия); в результате взрыва реактора на атомной электростанции в Чернобыле выпали радиоактивные осадки, повысив риск заболевания раком; гибель миллионов особей рыб и создание критической ситуации в снабжении питьевой водой населения ФРГ и Нидерландов: из-за пожара на складе химического завода в Базеле (Швейцария) в Рейн попали агрохимикаты, растворители и ртуть.

В 90-х гг. XX в. число техногенных аварий продолжало нарастать. Как во всем мире, так и в России развитие промышленности характеризуется ростом доли используемых пожаро-, взрыво-, химически опасных технологий, которые являются потенциальными источниками крупных производственных аварий. Так, в 1991 г. в Российской Федерации произошло 364 аварии техногенного характера и пострадало свыше 3 700 чел., в 1993 г. — около 4 300 чел., в 1997 г. количество аварий и катастроф техногенного характера по сравнению с 1996 г. возросло на 8,7 % (в них погиб 1 651 человек). Наиболее крупные аварии сопровождаются тяжелыми последствиями. Так, авария на Саяно-Шушенской ГЭС — индустриальная техногенная катастрофа, произошедшая 17 августа 2009 г., привела к гибели 75 человек, при этом оборудованию и помещениям станции нанесен серьезный ущерб.

В табл. 3.3 отмечены источники, процессы и условия, создающие опасности.

Формирующиеся при техногенных авариях и катастрофах факторы, которые оказывают поражающее воздействие на человека и окружающую среду, довольно разнообразны по своей физической сущности, процессу или явлению, обуславливающему их поражающий эффект (Измалков В. И., Измалков А. В., 1998). Поэтому в первую очередь необходимы идентификация и анализ существенных факторов в авариях и их воздействиях на окружающую среду. Например, нерационально изучать параметры риска разрушения ректификационной колонны нефтеперерабатывающего завода из-за столкновения с ней самолета. Однако авиационные катастрофы, сейсмические воздействия и другие маловероятные типы опасностей необходимо принимать во внимание при анализе риска, относящегося к атомному реактору, поскольку авария на атомной электростанции может вызвать гораздо больше жертв, чем ректификационная колонна.

Потери от указанных техногенных аварий и катастроф с каждым годом нарастают в среднем на 10—30 %. Ущерб достигает 3—4 % ВВП страны. Анализ динамики количества техногенных аварий и катастроф в Российской Федерации в последнем десятилетии XX — начале XXI в. свидетельствует о скачкообразном ее характере.

Рост числа стихийных бедствий и техногенных катастроф как угроза экологической безопасности составляет на Земле ежегодно

Таблица 3.3. **Источники, процессы и условия, создающие опасности** (Э. Дж. Хенли, Х. Кумамото, 1984)

Источники энергии	Процессы и условия
<ol style="list-style-type: none"> 1. Обычное топливо 2. Двигательное топливо 3. Иницирующие взрывчатые вещества (ВВ) 4. Бризантные ВВ 5. Заряженные электрические конденсаторы 6. Аккумуляторные батареи 7. Статические электрические заряды 8. Емкости под давлением 9. Пружинные механизмы 10. Подвесные устройства 11. Газогенераторы 12. Электрические генераторы 13. Источники высокочастотной энергии 14. Радиоактивные источники энергии 15. Падающие предметы 16. Катапультированные предметы 17. Нагревательные приборы 18. Насосы, воздуходувки, вентиляторы 19. Вращающиеся механизмы 20. Приводные устройства 21. Ядерная техника и т. д. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Разгон 2. Загрязнения 3. Коррозия 4. Химическая диссоциация 5. Электрический ток: поражение током; ожог; непредусмотренные включения; отказы источника питания; электромагнитные излучения 6. Взрывы 7. Пожары 8. Нагрев и охлаждение: высокая температура; низкая температура; изменение температуры 9. Утечки 10. Влага: высокая влажность; низкая влажность 11. Окисление 12. Давление: высокое; низкое; быстро изменяющееся 13. Радиация: электромагнитная; ионизирующая; ультрафиолетовое излучение

5—7%, увеличение масштаба ущерба достигает 5—10%, возрастает число событий с тяжелыми последствиями, а количество жертв увеличивается ежегодно на 6—12%.

В число факторов техногенной опасности, возникающих при авариях и катастрофах на взрыво-, пожаро-, радиационно, химически опасных объектах и различного рода гидротехнических сооружениях, входят:

- термобарические и механические факторы: формирование, распространение и воздействие на объекты окружающей среды волн избыточного давления (ударных волн) при взрывах; формирование, распространение и воздействие на объекты окружающей среды тепловой радиации и конвективных тепловых потоков при пожарных и объемных взрывах; формирование полей осколков и воздействие разлетающихся осколков на объекты окружающей среды при взрывах;

- физические факторы: образование, распространение и воздействие на человека и другие популяции электромагнитных и звуковых полей, образующихся при различных авариях;

- химические факторы: формирование, распространение и воздействие на объекты окружающей среды облаков загрязненных вредными химическими веществами; формирование зон химического загрязнения (заражения) территорий, акваторий и объектов;

- радиационные факторы: образование и воздействие на объекты окружающей среды радиационных полей из зоны аварии на объекте с ядерной технологией; формирование, распространение и воздействие на объекты окружающей среды радиоактивных облаков, источником которых является аварийный объект с ядерной технологией; формирование зон радиоактивного загрязнения (заражения) территорий, акваторий и объектов;

- гидродинамические факторы, возникающие при разрушении гидротехнических сооружений напорного фронта (плотин, гидроузлов, запруд) и естественных плотин: образование волны прорыва и воздействие этой волны при своем продвижении на объекты окружающей среды; затопление территорий и объектов.

В аэрокосмической промышленности опасности, после того как они выявлены, классифицируют в соответствии с вызываемыми ими последствиями:

- класс I — безопасный, возможны пренебрежимые эффекты;

- класс II — граничный, эффекты могут быть компенсированы и взяты под контроль;

- класс III — критические ситуации, существенные нарушения, требующие немедленных мер реагирования;

- класс IV — катастрофические последствия, разрушение оборудования, травмирование персонала.

Скоротечные аварийные процессы оказывают воздействия, вызывающие разрушение материальных объектов, угрожают жизни людей и приводят к экологическим последствиям. Для быстропотекающих ЧС критическим параметром является время принятия решений, от которого зависит величина ущерба и потерь. Так, нормативное время принятия решения при ЧС с аварийно химически опасными веществами (АХОВ) составляет три минуты с момента начала аварии¹.

Для адекватного реагирования в таких ЧС необходимо знание динамики развития аварийных процессов. Применяемые же системы наблюдения потенциально опасных объектов, например система экологического мониторинга² при уничтожении химического оружия в Саратовской области, в основном ориентированы на предупрежде-

¹ Справочник по защите населения от СДЯВ. — М.: ВНИИ ГОЧС, 1995. — 425 с.

² Вахрушев В. И. Система автоматического контроля, прогноза и оповещения о газовой опасности на химически опасном объекте / В. И. Вахрушев, В. И. Заболотских, А. В. Хохряков // Приборы и системы управления. — 1999. — № 3. — С. 13—15.

ние аварийных ситуаций и не дают представления о динамике развития скоротечных аварийных процессов. Поэтому целесообразно, чтобы средства наблюдения (мониторинга) имели два режима работы:

- 1) наблюдение и непрерывный контроль в целях обнаружения признаков аварийного процесса;
- 2) регистрация параметров аварийного процесса и динамики развития в случае его обнаружения.

При этом необходимо учитывать особенности мониторинга аварийных процессов потенциально опасных объектов:

- пространственная масштабность измерений;
- длительный интервал ожидания (мониторинга) факта ЧС;
- скоротечность аварийного процесса (выброс, взрыв).

Таким образом, для выполнения функции регистрации параметров аварийного процесса система экологического мониторинга должна обладать многоканальностью, иметь большую номенклатуру и количество датчиков различного типа, адаптивные алгоритмы распознавания, обработки и регистрации информации о параметрах аварийных процессов импульсного характера, проявляющих себя на длительном интервале наблюдения и характеризующихся непредсказуемым моментом времени начала аварийного процесса; широким частотным диапазоном регистрируемых сигналов; невозможностью комплекса аварийных сигналов, так как каждая ЧС индивидуальна и непредсказуема.

Эти причины в основном определяют сложность построения систем экологического мониторинга ПХС химического профиля и классифицируют их как пространственно распределенные информационно-измерительные системы.

Аварийные ЧС приводят к огромным разрушениям и другим материальным потерям, экологическому и социальному ущербу, часто невозможному; они являются основными источниками экологических бедствий, ибо при них, как правило, происходят наиболее значительные выбросы и разливы загрязняющих веществ.

3.3.2. Восстановление нарушенных экосистем

Постоянные воздействия на природные компоненты ПХС приводят к накоплению прошлого экологического ущерба¹ (ПЭУ). Границы и размеры его в пределах ПХС актуализированы, что обеспечивает

¹ *Прошлый экологический ущерб* (ПЭУ) — остаточное воздействие, вред для здоровья человека и окружающей среды, вызванное прошлой или продолжающейся хозяйственной деятельностью, включая компенсацию за возмещение этого вреда (ущерб).

ГОСТ Р 54003—2010. Экологический менеджмент. Оценка прошлого, накопленного в местах дислокации организаций экологического ущерба. — М.: Стандартинформ, 2011. — 32 с.

ликвидацию ПЭУ при рекультивации. К сожалению, воздействие ПХС на окружающую среду не ограничивается ее контурами, далее простирается ареал хронического загрязнения.

В странах Европы и США проводился анализ связи между прошлой хозяйственной деятельностью на территории и характером ее загрязнения. Представление о потенциальном характере загрязнения, негативных изменениях в окружающей среде на территории предприятия может складываться из принадлежности этого предприятия к конкретной отрасли промышленности и из состава объектов предприятия, функционального зонирования его территории (табл. 3.4).

Таблица 3.4. Обычно обнаруживаемые в почве загрязнители на загрязненных объектах ПЭУ (US EPA, 1999, с добавлением данных ЕС, 2009)

Прошлая деятельность	Типичные загрязнители
Сельское хозяйство	ЛОС, As, Cu, CCl ₄ , C ₂ H ₂ Br ₂ , CH ₃ Cl, ТМБ, пестициды, инсектициды, гербициды, фумиганты для хранения зерна
Отделка автомобилей и их ремонт	Некоторые металлы, металлическая пыль и илы, содержащие металлы, разнообразные органические соединения, растворители, краски и илы, загрязненные красителями, метанолом, нефтепродукты, кислоты и основания
Восстановление аккумуляторов и их захоронение	Тяжелые металлы (Pb, Cd, Ni, As, Cu, Hg, Cr, Al и др.), а также металлы и кислоты
Производство хлора и щелочей	Соединения хлора, ртуть
Газификация угля	ПАУ, ВТЕХ, креозот, фенолы, органические соединения серы, органические хлорпроизводные, цианиды, Al, Fe, Ni, Pb, Cr, As
Производство косметики	Тяжелые металлы, пыль, разнообразные растворители, кислоты
Предприятия по чистке одежды	Хлорированные углеводороды: хлороформ и ТХЭ, различные растворители, пятновыводители, фторированные углеводороды, ПХЭ и продукты его дехлорирования (ДХЭ, ВХ)
Красильные мастерские	2-нафтиламин, 4-аминобифенил, бензедрин и другие органические растворители, ароматические соединения, фосфаты, сульфаты, нитриты, Cr, Zn

Прошлая деятельность	Типичные загрязнители
Операции с гальваническими покрытиями	Металлы: Cd, Cr, Cu и Ni, цианиды, хлорфторуглеводороды и другие растворители
Производство стекла	As, Pb, кислоты и щелочи
Производство и применение гербицидов	Диоксин, металлы, гербициды (опасные галогенированные органические соединения и др.)
Больницы	Формальдегид, радионуклиды, фотографические реактивы, растворители, ртуть, этиленоксид, химические вещества для химиотерапии, болезнетворные микроорганизмы
Сжигающие установки	Диоксины, многочисленные муниципальные и промышленные отходы, зола и шлаки, содержащие опасные соединения, соединения, используемые в артиллерии, металлы, серная кислота и отходы из системы очистки газа
Обустроенные свалки муниципальных и промышленных отходов	Металлы, ЛОС, ПХБ, аммиак, метан, продукты домашнего хозяйства и все типы детергентов, пестицидов, разнообразные отходы, сероводород, аккумуляторы, лекарства, фотореактивы, кислоты и щелочи
Обработка кожаных изделий и их производство	ВТЕХ и другие растворители, краски и красители, хром и илы, содержащие хром
Обработка металлов	Металлы, ЛОС, диоксины, бериллий, моющие агенты, растворители, отходы нефтепереработки, отходы металлов
Судоремонтные предприятия	Растворители, краски, цианиды, кислоты, ЛОС, илы с тяжелыми металлами, растворители, удаляющие грязь, отходы технических масел, кислоты и щелочи
Производство боеприпасов	Металлы (Pb, Cu, Sb, Hg), взрывчатые вещества, неразорвавшиеся боеприпасы, илы с тяжелыми металлами, растворители
Производство красок и чернил	Металлы (Cd, Cr, Pb, Zn), ЛОС, хлороформ, этилбензол, другие растворители, краски, чернила, отходы красок и илы

Прошлая деятельность	Типичные загрязнители
Производство пестицидов	ЛОС, As, Cu, пестициды, инсектициды, гербициды, фунгициды, ксилол, хлорированные органические соединения, растворители, кислоты и щелочи
Перегонка нефти и ее использование	Углеороды, входящие в состав нефти, ПАУ, ВТЕХ, топлива, масла и смазки, кислоты, илы с углеводородами и опасными веществами
Производство лекарств	Тяжелые металлы (особенно свинец), различные органические реагенты, органические растворители
Производство фотореактивов и их использование	Серебро, бромиды, метиленхлорид, растворители, продукты фотографии и остатки, производимые этой промышленностью
Производство пластмасс	Полимеры, фталаты, кадмий, растворители, смолы, химические добавки, кислоты и щелочи, масла, отходы с добавками и илы с опасными соединениями
Предприятия печати	Серебро, растворители, кислоты, отходы масел, чернил и красителей, тонеров, фотографических химических реагентов, травильных растворов, загрязненные илы
Железнодорожные ремонтные мастерские	Углеводороды нефти, ЛОС, ПАУ, ВТЕХ, растворители, топливо, масла и смазки, свинец, ПХБ
Научно-исследовательские и образовательные учреждения	Неорганические кислоты, органические растворители, металлы и металлическая пыль, отходы фотографии, отходы масел, краска, тяжелые металлы, пестициды
Операции с металлическим ломом	Разнообразные металлы, тяжелые металлы (Pb, Ni), ПХБ, РСТs, диоксин, трансформаторы, масляные фильтры, асбест, тормозная жидкость и антифриз, компоненты взрывчатых веществ
Производство полупроводников	Металлы, ЛОС, CCl_4 , обезжиривающие реагенты, растворители, фосфорная кислота
Выплавка металлов и добыча ископаемых	Металлы и тяжелые металлы (Pb, Cu, As), пыль, зола, шлак, илы с металлами, минеральные масла, кислоты и щелочи

Прошлая деятельность	Типичные загрязнители
Подземные танки для хранения	Растворители, металлы, POLs, ВТЕХ, бензин, дизельное топливо
Производство целлюлозы и бумаги	Хлорированные органические соединения, диоксины, фураны, хлороформ, кислые смолы, минеральные масла
Консервация древесины	Креозот, ПХФ, As, Cr, Cu, Zn, ПХБ, ПАУ, Ве, диоксин, консерванты древесины, растворители, минеральные масла
Неорганические химические процессы	Кислоты и щелочи, растворы и илы с тяжелыми металлами, отходы с асбестом, растворы и шлаки с опасными веществами
Процессы органической химии	Общие органические реагенты (галогенированные и негалогенированные растворители, моющие жидкости, маточные растворы)

Примечание. ВТЕХ — суммарный показатель для бензола, толуола, этилбензолов и ксиленов; POLs — нефть, масла и смазки; PCTs — полихлорированные терфенилы; VX — винилхлорид; ДХЭ — дихлорэтилен; ЛОС — летучие органические соединения; ПАУ — полициклические ароматические углеводороды; ПХБ — полихлорированные бифенилы; ПХФ — пентахлорфенол; ПХЭ — перхлорэтилен (тетрахлорэтилен); ТМБ — триметилбензол; ТХЭ — трихлорэтилен.

Общими для всех компонентов биосферы экологическими последствиями загрязнения окружающей среды (как хронического, так и острого — при *техногенных авариях* и катастрофах) являются включение загрязняющих веществ в биомассу и их биологическое накопление, а также последующее негативное воздействие на физиологию организмов, их репродуктивные функции, состав и структуру популяций и биогеоценоза в целом. В качестве экологических последствий загрязнений при авариях следует также рассматривать негативные изменения ландшафтов и нарушение естественных процессов, протекающих в экосистемах.

Теоретически экосистема может постепенно восстанавливаться от возмущения со скоростью, пропорциональной той степени, в которой возмущения уменьшились¹. В этом случае восстановление потребует столетия, если не тысячелетия, учитывая масштабы текущих

¹ *Holling C. S.* Resistance and stability of ecological systems // *Annual Review and Ecology and Systematics.* — 1973. — 4. — P. 1 — 23.

воздействий¹. Кроме того, экосистемы могут достичь критического порога и перейти в альтернативное состояние.

Недавние работы экологов Йельского университета (США)² показали, что нанесенный природе вред можно компенсировать за гораздо меньший срок, чем считалось ранее. Ученые использовали базы публикаций, в которых описывалось состояние различных регионов в разное время: с 1910 по 2008 г. Анализировались случаи, когда экосистемам причинялся ущерб в результате того или иного события: разлива нефти, урагана или вырубке леса, горнодобывающей деятельности, инвазии чуждых для этой местности видов животных. Всего привлечено 240 отчетов о состоянии окружающей среды в разных точках земного шара.

В каждой из отобранных для исследования работ экологии оценивали состояние того или иного региона, используя объективные показатели: после вырубок леса — биоразнообразие, на истощенных почвах — содержание необходимых для роста растений веществ, на местах разлива нефти — число видов животных и растений до и после аварии.

Сопоставив около сотни разных показателей, ученые составили список из восстановившихся, частично вернувшихся в норму и полностью уничтоженных экосистем (рис. 3.1).

Поскольку время, которое прошло между исследованиями, было известно, специалисты смогли оценить то, с какой скоростью восстанавливаются леса, прибрежные воды, моря и другие экосистемы. В выборку входили экосистемы, нарушенные на 500—2000 %, а время восстановления включало не только интервал после выведения ПХС из эксплуатации, но и длительность применения комплекса реабилитационных мер.

Возможно поэтому результат оказался оптимистичен. Возврат экосистем к состоянию до катастрофы (например, крушения танкера или лесного пожара) вполне реален в обозримое время. Более того, активными мерами со стороны человека его можно ускорить.

Хуже всего восстанавливаются леса. Медленный рост крупных деревьев приводит к тому, что и спустя полвека район вырубок отличается от нетронутого леса. Истощенные сельским хозяйством почвы восстанавливаются столько же — около 50 лет. Добыча полезных ископаемых, разливы нефти и лов рыбы тралом оказались наименее заметны. Там, где эти события не наложились друг на друга и вслед за выловом рыбы не произошла авария танкера, на возврат к первоначальному состоянию потребовалось около десяти лет. Исследователи особо подчеркнули то, что измерить восстановление природных сообществ после какого-либо разрушительного воздействия сложно. По их словам, мало иметь

¹ *Dobson A. P. Hopes for the future: Restoration ecology and conservation biology / A. P. Dobson, A. D. Bradshaw, J. M. Baker // Science. — 1997. — 277. — P. 515—522.*

² *Jones H. P. Rapid Recovery of Damaged Ecosystems / H. P. Jones, O. J. Schmitz // PLoS ONE, 2009. — 4(5): e5653. doi:10.1371/journal.pone.0005653.*

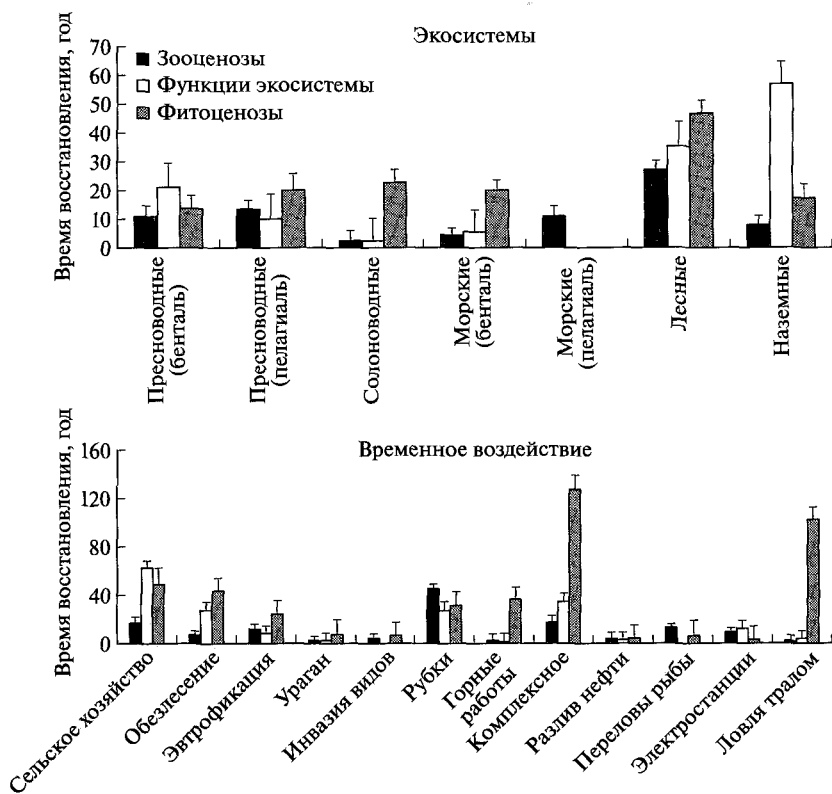


Рис. 3.1. Среднее время восстановления всей экосистемы (вверху) и нарушенных частей (внизу). Высота столбиков равна среднему + 1 стандартная ошибка оценки

полную информацию о первоначальном состоянии. Необходимо также знать то, как на выбранную экосистему влияют глобальные изменения, например повышение температуры на всей планете. Кроме того, далеко не все параметры равнозначны, и для точных оценок требуется учитывать их весовые коэффициенты, например содержание питательных веществ в почве может быть важнее числа животных.

Несмотря на сложности измерения ущерба экосистемам, основные выводы ученые считают достаточно надежными. Заключение, которое они делают: «поводов для надежды прибавилось: человечество может перейти к устойчивому использованию природных экосистем».

Подобные оценки неоднократно делались и для России. Они показывают, что восстановление утраченных экосистем занимает многие десятилетия. Вот несколько примеров.

Дражные полигоны разработки россыпей зарастают аборигенной растительностью за 15—20 лет, лесовосстановительная рекультивация

шламовых амбаров на нефтепромыслах Тюмени и Сургута занимает 5—10 лет, водно-болотные угодья на месте бывших торфоразработок восстанавливают гидрологический режим за несколько лет (хотя восстановление экосистемы занимает до 100 лет), полигон бытовых отходов с поверхности и в объеме адаптируется с окружающей средой за 100—120 лет, почвенно-растительный покров средней тайги Западной Сибири даже и через 5 000 лет еще будет отличаться от фоновых зональных разновидностей и т. д.

Уязвимость и одновременно неискоренимость экосистем есть важнейшее свойство живой материи, биогенной миграции и биохимических процессов. Снятие антропогенной нагрузки предопределяет эффективность реабилитации нарушенных земель. Вспомним, как после разрешения экологических кризисов буйствуют леса в романах великих фантастов.

3.4. Реабилитация загрязненных территорий

Не следует уповать только на потенциал самовосстановления биосферы. Разумеется, при гармоничной помощи со стороны человека успехи будут масштабнее и за более короткое время. На рис. 3.2 можно видеть, как выглядит любая ПХС любого размера на Арктическом побережье России.

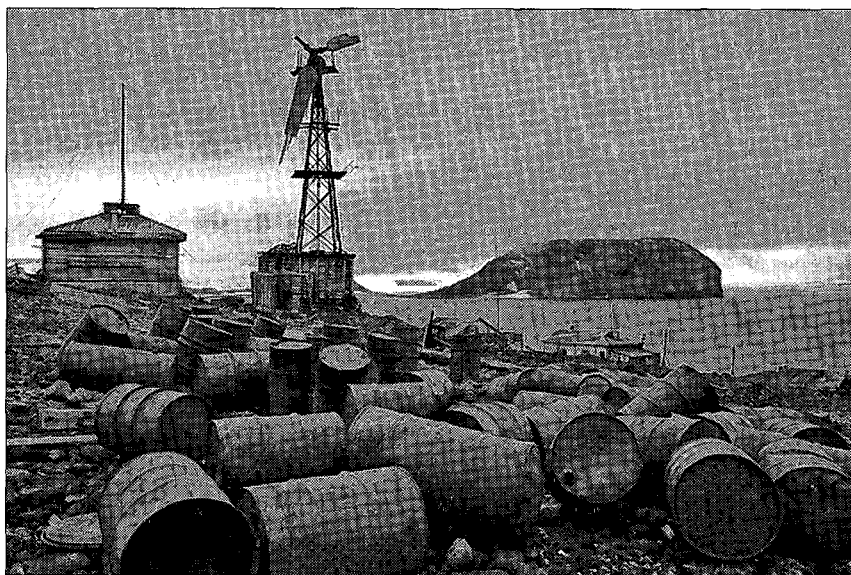


Рис. 3.2. Один из островов архипелага Земля Франца-Иосифа

Территории, выводимые из промышленного использования, по определению, являются объектами ПЭУ. Реабилитация их опирается на законодательные и нормативные требования, касающиеся экологического обоснования освоения нарушенных территорий.

Природоресурсное законодательство РФ содержит положения об охране компонентов природной среды и их восстановлении (Земельный, Водный, Лесной, Градостроительный кодексы, законы, нормативные акты о безопасности, санитарно-эпидемиологическом благополучии и т. д.). Разработано много конкретных рекомендаций (табл. 3.5). В законодательстве РФ закреплён общепризнанный мировой принцип финансовой ответственности загрязнителя за нанесенный экологический ущерб. Законом установлены требования по проведению специальных экологических исследований и рекультивации загрязненной территории, возмещению нанесенных экологических ущербов.

В странах Западной Европы и Северной Америки проблемой реабилитации загрязненных территорий занимаются с 70-х гг. XX в. Накопленный зарубежными странами опыт решения проблемы загрязненных территорий может быть применен в российской практике.

В *Нидерландах* работы по очистке загрязненных территорий начались в 1980 г. в небольшом городе Леккеркерк, где в городскую сеть системы водоснабжения 200 жилых домов, построенную поверх полигона для захоронения опасных отходов, начали проникать вредные вещества. Усилия *Дании* по решению проблем, вытекающих из ПЭУ, относятся к периоду конца 70-х г. XX в., когда было обнаружено, что в свалке химических отходов образовалась утечка загрязняющих веществ прямо в Северное море, угрожая рыболовному промыслу. Одновременно в *США* внимание общественности было привлечено к загрязнению, вызванному несколькими старыми полигонами отходов. Аналогичным образом развивалась ситуация в *Канаде*, где, как и в США, все началось с обнаружения и придания гласности фактов загрязнения территорий заброшенными промышленными объектами. Начало решения проблемы ПЭУ в Канаде относится к 80-м гг. XX в.

В странах *Центральной и Восточной Европы* реакция на проблемы ПЭУ была иной. К разработке программ реабилитации загрязненных промышленных территорий здесь приступили в начале 90-х гг. XX в., что было вызвано процессами приватизации государственных предприятий и перехода к рыночной экономике. Нежелание иностранных инвесторов брать на себя ответственность за загрязнение окружающей среды, которого они не причиняли, потребовало от государства снижения цены сделки купли-продажи либо последующего возмещения затрат.

Таким образом, если в странах Западной Европы и Северной Америки важнейшее значение при инициировании проблемы ПЭУ имело общественное мнение, давление со стороны населения и средств

Таблица 3.5. Рекомендации по использованию почв сельскохозяйственного назначения по категориям загрязненности (по СанПин 2.1.7.1287-03)

Категория загрязненности почв	Характеристика загрязненности почв	Возможное использование территории	Рекомендации по оздоровлению почв
1. Допустимая	Содержание химических веществ в почве превышает фоновое, но не выше ПДК	Использование под любые культуры	Снижение уровня воздействия источников загрязнения почвы. Осуществление мероприятий по снижению доступности токсикантов для растений (известкование, внесение органических удобрений и т.п.)
2. Умеренно опасная	Содержание химических веществ в почве превышает их ПДК при лимитирующем общесанитарном, миграционном водном и миграционном воздушном показателях вредности, но ниже допустимого уровня по транслокационному показателю	Использование под любые культуры при условии контроля качества сельскохозяйственных растений	Мероприятия, аналогичные категории 1. При наличии веществ с лимитирующим миграционным воздушным или миграционным воздушным показателем проводится контроль за содержанием этих веществ в зоне дыхания сельскохозяйственных рабочих и в воде местных водоисточников
3. Высокоопасная	Содержание химических веществ в почве превышает их ПДК при лимитирующем транслокационном показателе вредности	Использование под технические культуры. Использование под сельскохозяйственные культуры	Кроме мероприятий, указанных для категории 1, обязательный контроль за содержанием токсикантов в растениях — продуктах питания и кормах.

Категория загрязненности почв	Характеристика загрязненности почв	Возможное использо- вание территории	Рекомендации по оздоровлению почв
		<p>туры ограничено с учетом растений-концентрагоров</p>	<p>При необходимости выращивания растений — продуктуется их перемещение с продуктами, выращенными на чистой почве. Ограничение использования земельной массы на корм скоту с учетом растений-концентрагоров</p>
4. Чрезвычайно опасная	Содержание химических веществ превышает ПДК в почве по всем показателям вредности	Использование под технические культуры или исключение из сельскохозяйственного использования. Лесозащитные полосы	<p>Мероприятия по снижению уровня загрязнения и связыванию токсикантов в почве. Контроль за содержанием токсикантов в зоне дыхания сельскохозяйственных рабочих и в воде местных водоемочников</p>

массовой информации на власть, то в странах Центральной и Восточной Европы инициаторами стали представители бизнеса.

Одним из первых шагов, предпринятых в зарубежных странах для решения проблемы ПЭУ, стала инвентаризация загрязненных участков и составление специальных баз данных, регистров таких территорий. Эти регистры ведутся государственными органами и, как правило, являются общедоступными. Примером такой базы данных является общенациональная информационная система по состоянию почвы (BIS) Федерального агентства по охране окружающей среды *Германии*. Она позволяет осуществлять оперативный и качественный сбор, представление и анализ данных о функциональном использовании почв, их качестве, степени загрязнения и содержании химических веществ. Сеть экологической информации Германии (GEIN) позволяет пользователям вести поиск по всем информационным экологическим каталогам, в том числе с доступом по ссылкам с других сайтов федеральных структур и правительственных органов земель.

В Соединенном Королевстве Великобритании и Северной Ирландии инвентаризация участков с ПЭУ проводится в соответствии с Законом об охране окружающей среды 1990 г. Местные органы власти (обычно это департаменты по охране окружающей среды) обязаны проводить инспекцию своих территорий и выявлять загрязненные участки по критериям, указанным в Законе, определять восстановительные мероприятия и ответственных за их осуществление, обеспечивать рекультивацию земель при необходимости с помощью направления уведомления о проведении таких работ и внесения соответствующих сведений в государственный регистр.

В Дании Закон о загрязнении почвы 1999 г. предусматривает систему картирования загрязненных территорий, по результатам которого территории разделяют на две категории: категория 1 — если имеются факты, подтверждающие, что там выполняются работы, которые могут быть источником загрязнения; категория 2 — наличие документально подтвержденных фактов, свидетельствующих о высокой вероятности наличия на них загрязнения такого типа и уровня концентрации, что оно может оказаться вредным для здоровья людей и состояния окружающей среды. Эти данные вводятся в Земельный кадастр. Собственники объектов, которые по результатам картирования отнесены к двум приведенным категориям, обязаны ввести ряд ограничений на виды землепользования на своих территориях. Прежде чем приступить к строительным работам на объекте, следует направить заявку на получение соответствующего разрешения в региональный орган исполнительной власти. Такое разрешение может быть выдано при условии, что собственник или арендатор обязуется за свой счет провести необходимые исследования возможного загрязнения. Если вид функционального использования территории не меняется, то получать специальное разрешение, возможно, не требуется.

В **Бельгии (Фландрии)** в 1996 г. вышло Положение о проведении работ по рекультивации почв Фландрии, в приложении к которому содержится перечень «видов хозяйственной деятельности и производств, представляющих особую опасность», которые могут вызвать загрязнение почвы. Каждый муниципалитет обязан разработать и вести перечень объектов в границах своей территории, на которых проводятся опасные работы или размещены такие производства. Данные территории должны подвергаться периодической проверке, а также инспекции после закрытия опасного вида деятельности и при смене собственника. Все данные о загрязненных территориях заносятся в специальный регистр загрязненных объектов, доступный широкой общественности, который ведет Агентство по обращению с отходами Фландрии (OVAM).

В **Чехии** выявлением и постановкой на учет загрязненных территорий занималось Министерство охраны окружающей среды. Министерство обороны вело свой регистр загрязненных военных объектов, а Национальный фонд имущества имел собственные перечни загрязненных территорий, по которым он взял на себя финансирование проектов рекультивации.

В **США** разработана комплексная система определения, оценки и учета загрязненных территорий. Организация US EPA располагает полномочиями инициировать оценку любой территории с признаками потенциального загрязнения и на основе официальной системы рейтинга уровней опасности вносить такую территорию в Перечень национальных приоритетов (NPL), что автоматически означает обязательное проведение на ней восстановительных работ в соответствии с Законом о Суперфонде. «Закон о Суперфонде» — это обобщенное название различных законов и нормативно-правовых актов в области реабилитации загрязненных территорий.

В **Канаде** перечень загрязненных объектов ведется как на федеральном, так и региональном уровне.

В первые годы усиления общественного внимания к проблеме ПЭУ правительствами многих стран были выданы обещания, что все загрязненные территории будут подвергнуты реабилитации, причем с соблюдением строжайших стандартов очистки. Предполагалось проведение мероприятий по очистке загрязненных территорий для «многофункционального» назначения, т.е. для всех возможных в будущем видов функционального использования. После того как была собрана более подробная информация о количестве и степени загрязнения объектов и накоплен опыт проведения восстановительных работ, стало очевидно, какие потенциально огромные затраты связаны с такими работами. Это привело к разработке более утонченных подходов к вопросам организации управления и очистки загрязненных территорий.

В настоящее время в большинстве западноевропейских стран и в Северной Америке приняты «многофункциональные» стандар-

ты качества для почв и воды на основе критерия пригодности для конкретного вида функционального использования, а также применяются методики оценки риска для определения масштабов загрязнения окружающей среды и разработки проекта рекультивационных мероприятий.

Огромное значение для борьбы с ПЭУ имела Директива № 2004/35/СЕ об экологической ответственности в отношении предотвращения экологического ущерба и устранения его последствий, она вызвала резкий всплеск экологического страхования.

Целью принятия данной Директивы было создание нормативной базы для определения порядка привлечения к ответственности за причинение ущерба окружающей среде, вызванного деятельностью человека. Ранее требования законодательства в Европе, за исключением законодательства некоторых стран (Дания, Швеция и Бельгия), предусматривали только компенсацию ущерба здоровью и имуществу.

Директива направлена на охрану не здоровья и имущества человека, а окружающей среды как таковой, а именно биологического разнообразия вод и почв (ст. 2 Директивы). Под *экологическим вредом биологическому разнообразию* понимается вред, наносимый охраняемым видам (животных и растений) и среде их естественного обитания. *Экологический вред водам* — любой вред, имеющий существенное воздействие на экологическое или химическое состояние вод или их экологический потенциал. *Экологический вред почвам* — загрязнение почв, которое влечет за собой риск воздействия на здоровье человека. Таким образом, только почвы защищаются с антропоцентрической точки зрения, для защиты биоразнообразия и вод выбрана *экоцентрическая основа*.

В соответствии с данной Директивой хозяйствующий субъект, чья деятельность явилась причиной нанесения вреда окружающей среде, несет финансовую ответственность за проведение превентивных мероприятий в целях снижения экологического риска, а также за ликвидацию нанесенного ущерба. При этом Директива закрепила ответственность «загрязнителя» перед государством. Частные лица в соответствии со ст. 3 (п. 3) Директивы не могут от своего лица требовать возмещения нанесенного вреда, а могут действовать только опосредованно, через государственные органы, перед которыми и будет отвечать «загрязнитель».

Несмотря на основополагающий принцип «загрязнитель платит», в финансировании восстановительных мероприятий участвует широкий круг лиц: собственник и обладатель прав пользования территории, государство, неправительственные организации, международные заемщики, частные инвесторы, в том числе иностранные. Реабилитация объектов ПЭУ оказалась весьма дорогостоящим мероприятием (табл. 3.6), показавшим реальную стоимость экологических услуг биосферы.

Таблица 3.6. **Стоимость восстановления земельных участков в Великобритании** (по А. А. Подлужной, 2012)

Технология восстановления	Стоимость, фунты стерлингов
Техническое укрывание отхода (загрязненной почвы)	15 — 30/м ²
Выкапывание экскаватором и размещение на подготовленной свалке	50/м ³
Биовосстановление	35 — 40/т
Витрификация (стеклование)	40/т
Сжигание (специальные отходы)	750 — 1 000/т
Удаление хлорорганических соединений	100 — 300/т
Экстракция почвы паром	40 — 60/м ³
Отмывание почвы	30 — 35/т
Усиленная термическая проводимость	35 — 45/м ³
Окисление цианидов	400/т
Экстракция растворителем и сжигание	400/т
Термическая десорбция (включая выкапывание и предобработку)	35 — 150/т

В **Германии** один из первых масштабных проектов рекультивации территорий — реабилитация угольных карьеров в Биттерфильде — финансировался из специального государственного фонда финансирования программы реабилитации, а также из частных источников (рис. 3.3).

В рамках отдельных операций финансирования промышленных предприятий с ответственностью за существенный прошлый экологический ущерб международные финансовые институты, такие как Всемирный банк и Европейский банк реконструкции и развития, предоставили кредиты для покрытия затрат на санитарную очистку загрязненных территорий, относящихся к ПЭУ, чтобы привлечь дополнительные средства в качестве прямых инвестиций из иностранных источников на модернизацию производства.

Значительные льготы и поощрения для решения проблемы реорганизации промышленных зон действуют в **Великобритании**. Одна из промышленных зон Лондона была превращена в парк к XXX летним Олимпийским играм. Мероприятия по выводу промышленных предприятий из столицы **Франции** Парижа за его пределы активно

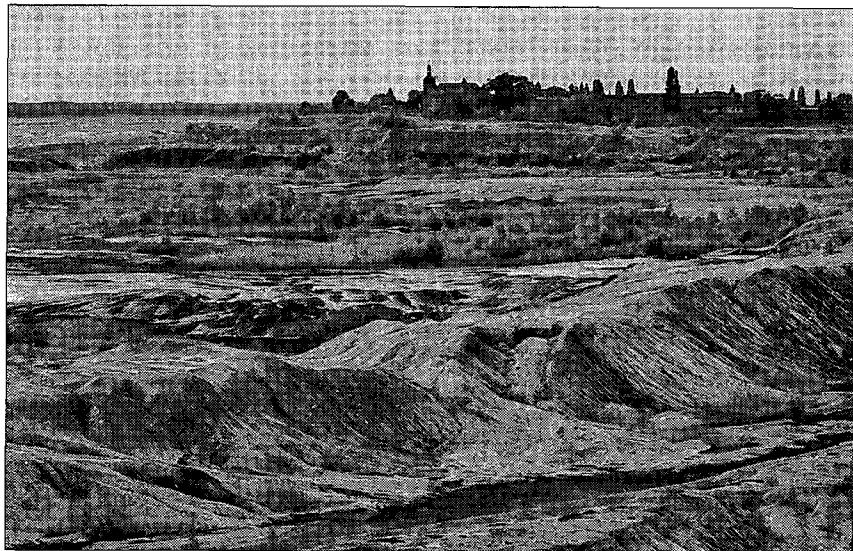


Рис. 3.3. Угольные карьеры в Биттерфильде (Германия)

проводятся с конца 60-х гг. XX в. С 1983 г. из столичного региона выведено или размещено в других промышленных зонах города около 6 300 предприятий. Экономический механизм стимулирования вывода предприятий включал в себя: финансовую помощь от государства в виде безвозмездных ссуд и крупных займов, выделение пособий на перевод рабочего персонала, содействие обучению новых работников, льготные условия приобретения и аренды земельных участков.

Самый известный пример решения проблемы прошлых экологических долгов — Сиднейские смоляные водоемы в Кейп Бретоне, **Новая Шотландия**. Решение проблемы заключалось в закрытии металлургического завода, в результате деятельности которого была загрязнена огромная территория (ТМ, НП, мышьяком и др.) не только вокруг самого предприятия, но и в лагунах в приливно-отливном устье. Предприятие находилось в пределах городской территории, что привело к росту случаев заболевания населения раком (на 50 % выше средних национальных значений), увеличению других негативных воздействий на здоровье и прекращению вылова рыбы местным населением. Промышленные объекты, которые были виновны в загрязнении, являлись частными и превышали срок службы (60 лет), но в результате махинаций использовались государственной корпорацией вплоть до 1988 г., т. е. до тех пор, пока частный владелец, наконец, не решил их закрыть. В настоящее время приблизительно 300 млн долл. США из средств общественных фондов было потрачено на оценку, очистку и восстановление загрязненной территории, но мероприятия по вос-

становлению территории будут продолжены до 2013 г., на что выделено дополнительно 350 млн долл., хотя, по прогнозам, окончательная стоимость сметы превысит данную сумму, как минимум, вдвое.

Государство играет ключевую роль в решении проблем, связанных с прошлым экологическим ущербом. Только правительство может создать нормативно-правовую и законодательную базу для разрешения острых экологических проблем, порожденных предшествующей хозяйственной деятельностью, и выделить для проведения работ по санитарной очистке загрязненных территорий необходимые средства в достаточных объемах с учетом интересов сторон. Роль государства состоит в регулировании процессов выявления и оценки состояния ПЭУ, а также в принятии решения о том, какие восстановительные работы необходимо выполнить.

Государство выполняет и надзорные функции в области соблюдения требований по очистке и рекультивации территорий.

Проблема восстановления загрязненных территорий в зарубежных странах имеет статус государственного уровня: созданы законодательная и нормативно-правовая базы, реестры загрязненных территорий, программы восстановления земель, система контроля за исполнением требований законодательства. Очистка земель поддерживается и поощряется на государственном и муниципальном уровнях, во многих случаях государство признало за собой ответственность за восстановление земель (земли, находившиеся в государственной собственности, бесхозные территории).

В большинстве стран Европы, США и Канаде приняты гибкие стандарты очистки земель, основанные на критерии пригодности для конкретного вида функционального использования: применяются также методики оценки риска для определения масштабов загрязнения окружающей среды и разработки проектов рекультивационных мероприятий.

Россия — индустриальная страна, где в XX в. интенсивно развивалась промышленность. Добыча полезных ископаемых — основная статья доходов страны еще на многие годы. Интенсивная производственная деятельность способствовала и продолжает способствовать загрязнению окружающей среды, отчуждению земель и исключению их из хозяйственного оборота. В России существует огромный накопленный экологический ущерб, который оказывает воздействие на окружающую среду и здоровье населения и создает большую нагрузку на экономику в виде отложенных расходов на реабилитацию, ущерба для природных ресурсов и экономических убытков, связанных с утратой здоровья.

Согласно информации, содержащейся в государственном докладе «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2010 году», на 1 января 2011 г. площадь нарушенных земель составила 1 000,3 тыс. га, что на 5,3 тыс. га больше по сравнению с предыдущим годом. Наибольшее увеличение нарушенных земель

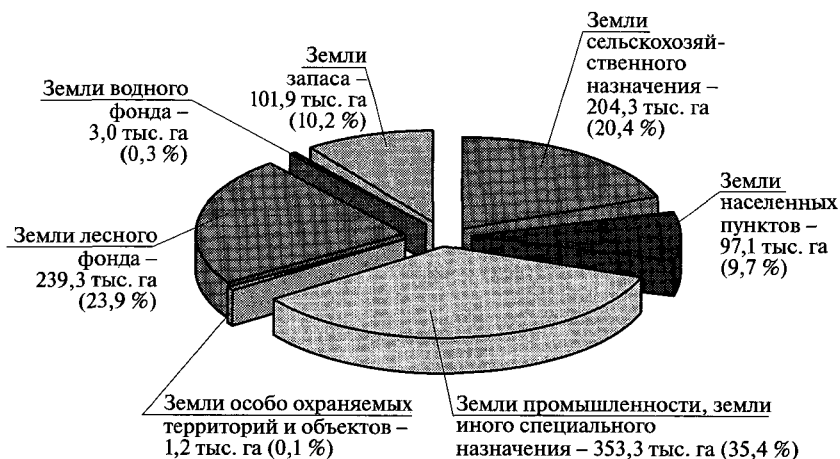


Рис. 3.4. Распределение нарушенных земель по категориям (2010)

наблюдалось в Республике Коми (на 1,3 тыс. га), Кемеровской области (на 1,0 тыс. га), Ямало-Ненецком автономном округе (на 0,8 тыс. га) и Приморском крае (на 0,6 тыс. га). Наибольшие площади нарушенных земель расположены на территориях Ямало-Ненецкого автономного округа (119,8 тыс. га), Свердловской и Кемеровской областей (по 63,7 тыс. га), Ханты-Мансийского (55,7 тыс. га) и Чукотского (47,6 тыс. га) автономных округов. Около 0,1 млн га земель занято полигонами отходов, свалками. Распределение нарушенных земель по категориям представлено на рис. 3.4.

К наиболее загрязненным территориям в России относятся металлургический комбинат в Магнитогорске, находящееся около города Озерск Челябинской области производственное объединение «Маяк», занимающееся хранением и переработкой отработанного ядерного топлива, Дзержинск (химическая промышленность), Норильск (цветная металлургия), поселок Рудная Пристань в Приморье (тяжелые металлы), Кольский полуостров (цветная металлургия), ОАО «Апатит» (химическая промышленность), Череповец, город Чапаевск Самарской области, Челябинская область (табл. 3.7).

МПР РФ и Ростехнадзор в 2004 г. выполнили оценку уровня воздействий основных отраслей экономики страны на компоненты окружающей среды и вычислили соответствующие импакт-индексы (табл. 3.8).

Несмотря на прямую зависимость между импакт-индексом и размерами накопленного прошлого ущерба, чему имеется множество примеров, в России интерес к проблеме реабилитации загрязненных территорий невелик.

Со стороны населения нет серьезного давления на правительство с тем, чтобы в этом направлении предпринимались какие-то дей-

Таблица 3.7. Ранжированный перечень наиболее неблагоприятных территорий РФ (1998—2004)

Рейтинг неблагополучия	Регион	Число захоронений отходов
1	Кировская область	781
2	Рязанская область	344
3	Ставропольский край	351
4	Пермская область	697
5	Саратовская область	692
6	Чеченская Республика	271
7	Кабардино-Балкарская Республика	262
8	Республика Бурятия	653
9	Владимирская область	302
10	Астраханская область	358

ствия. В процессе приватизации промышленных объектов в России проблема прошлого экологического ущерба также фактически была проигнорирована в отличие от стран Центральной и Восточной Европы. Государство в свою очередь не способствует привлечению интереса общественности к проблеме загрязненных территорий.

Для крупных мегаполисов актуальна проблема реорганизации промышленных территорий, где в результате увеличения территории населенного пункта действующие производства оказались в центре города. Такова ситуация в Москве, Санкт-Петербурге. Пожалуй, самый известный пример реабилитации таких территорий — проект «Набережная Европы» в Санкт-Петербурге.

В 2005—2006 гг. в России Всемирным банком проводилось исследование «Прошлый экологический ущерб в Российской Федерации», в котором был выполнен анализ зарубежного и российского опыта в решении данной проблемы, давались рекомендации для существующей ситуации в России. Ростехнадзором Российской Федерации был разработан План первоочередных мероприятий на период 2008—2010 гг. по ликвидации экологического ущерба, связанного с хозяйственной деятельностью, целиком построенный на зарубежных принципах.

Министерством природных ресурсов и экологии РФ в 2011 г. был составлен список «горячих точек», включающий на данный момент 194 территории, требующие восстановления. Запускаются также пилотные проекты: по очистке Арктической зоны Российской Федерации, включая территории острова Врангеля, поселка городского типа

Таблица 3.8. Итоговый рейтинг отраслей экономики с учетом специфики производства (по пяти признакам)

Отрасль	Валовый выброс	Выброс специфических веществ	Объем сточных вод	Отходы I—IV классов	Отходы I—III классов	Сводный импакт-индекс воздействий
Цветная металлургия	0,94	0,47	0,59	1,50	2,00	1,10
Черная металлургия	0,82	0,59	0,71	1,23	1,88	1,05
Электроэнергетика	0,88	0,88	0,76	1,14	1,06	0,94
Химическая и нефтехимическая	0,35	0,41	0,82	1,32	1,76	0,93
ЖКХ	0,71	0,65	1,00	0,98	1,18	0,90
Нефтеперерабатывающая	0,47	0,71	0,47	0,89	1,52	0,81
Нефтедобывающая	1,00	1,00	0,06	0,36	1,30	0,74
Машиностроение и металлообработка	0,29	0,29	0,65	0,71	1,42	0,67
Угольная	0,65	0,82	0,53	1,07	0,24	0,66
Строительных материалов	0,41	0,53	0,29	1,41	0,58	0,64
Прочие отрасли экономики	0,53	0,76	0,41	0,53	0,94	0,63
Сельское хозяйство	—	—	0,88	0,44	1,64	0,59
Деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная	0,24	0,24	0,94	0,62	0,70	0,55
Прочие отрасли промышленности	0,12	0,18	0,35	0,80	0,82	0,45
Трубопроводный транспорт	0,76	0,94	—	—	—	0,34
Газовая	0,59	0,35	0,12	0,09	0,36	0,30
Легкая	0,06	0,06	0,18	0,18	0,48	0,19
Пищевая	0,18	0,12	0,24	0,27	0,12	0,19

Амдерма (Ненецкий автономный округ), Земли Франца-Иосифа, и территорий, загрязненных в результате деятельности бывшего Джиндинского вольфрамо-молибденового комбината в Забайкалье.

Схема реабилитации загрязненных территорий состоит из следующих стадий:

- инженерно-экологические изыскания для определения современного состояния земельного участка и состава необходимых работ по рекультивации;
- с учетом планируемого будущего использования реабилитируемого земельного участка разрабатывается проект рекультивации земель;
- проект рекультивации подлежит госэкспертизе;
- приемка-передача рекультивированных земель Постоянной комиссией по рекультивации (муниципальный уровень).

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите свойства строения систем и охарактеризуйте их.
2. Существуют ли в природе закрытые системы?
3. Почему часы нельзя отнести к закрытым системам?
4. В каких случаях может произойти деградация системы?
5. Распад целостных объектов происходит под влиянием внешних и внутренних системоразрушающих факторов. Приведите примеры.
6. В чем сходство и различие свойств биологических и технических систем?
7. Что такое природно-хозяйственная система?
8. Как можно провести границы ПХС?
9. Какова основа структуры и пространственных масштабов ПХС?
10. Назовите факторы устойчивости ландшафтов ПХС.
11. Приведите классификацию ПХС.
12. Охарактеризуйте отличия агро-ПХС от естественных экосистем.
13. В чем состоят отличия урбо-ПХС от естественных экосистем?
14. Чем различаются Декларация безопасности и ПЛАС?
15. Приведите примеры объектов ПЭУ в странах ЕС; в России.
16. Чем различается время восстановления природных компонентов ПХС горнодобывающего, нефтегазового, энергетического и лесохимического профиля?

УПРАЖНЕНИЯ

Используя расценки на реабилитацию загрязненных земель, приведенные в табл. 3.6, оцените затраты на рекультивацию следующих территорий.

1. *Автомобильное предприятие*, занимающее территорию площадью 2 га. Составьте картосхему размещения, изобразив в масштабе, участки: механического цеха, лакокрасочного бокса, площадок для хранения отходов в виде металлолома, изношенных шин, отработанных аккумуляторов, емкостей с отработанным маслом и дизельным топливом.

После ликвидации предприятия строения были снесены. Загрязнение сохранилось в пределах их контура и проникло до глубины 5 м.

Среди загрязнений (по характеру производства на каждом участке) рассмотрите: ТМ третьего класса опасности, летучие органические вещества, НП, бенз(а)пирен.

Выберите подходящие рекультивационные процедуры, определите объемы и площади удаляемого, укрываемого или перерабатываемого на месте грунта.

II. Доменный цех, занимающий территорию площадью 1,5 га.

Составьте картосхему размещения, изобразив в масштабе, участки: домы, бункеров с шихтой, флюсом, футеровочными и формовочными материалами, площадок для хранения отходов в виде металлолома и шлака.

После ликвидации предприятия строения были снесены. Загрязнение сохранилось в пределах их контура и проникло до глубины 3 м.

Среди загрязнений (по характеру производства) рассмотрите: ТМ первого и третьего классов опасности, взвешенные вещества, сернокислые выпадения.

Выберите подходящие рекультивационные процедуры, определите объемы и площади удаляемого, укрываемого или перерабатываемого на месте грунта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Берталанфи Л. Общая теория систем / В кн.: Исследования по общей теории систем: Сборник переводов / Общ. ред. и вст. ст. В. Н. Садовского и Э. Г. Юдина. — М.: Прогресс, 1969. — С. 23 — 82.

Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2010 году». — М.: Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, 2011.

Измалков В. И. Техногенная и экологическая безопасность и управление риском / В. И. Измалков, А. В. Измалков. — М.-СПб.: МЧС, 1998. — 481 с.

Материалы исследования Всемирного банка 2005 — 2006 гг. «Прошлый экологический ущерб в Российской Федерации», май 2007.

Миротин Л. Б. Системный анализ в логистике / Л. Б. Миротин, Ы. Э. Ташбаев. — М.: Экзамен, 2002. — 480 с.

Моисеев Н. Н. Алгоритмы развития. — М.: Наука, 1987. — 304 с.

Пригожин И. Порядок из хаоса / И. Пригожин, И. Стингерс. — М.: Прогресс, 1986. — 432 с.

Спицнадель В. Н. Основы системного анализа. — СПб.: Издат. дом «Бизнес-пресса», 2000. — 326 с.

Экология / [Л. И. Цветкова, М. И. Алексеев и др.]. — М.-СПб., 1999. — 488 с.

Эколого-химические особенности прибрежных акваторий / В. К. Донченко, В. В. Иванова, В. М. Питулько. — СПб.: Изд-во НИЦЭБ РАН, 2008. — 540 с.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И РАЦИОНАЛЬНОСТЬ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

«Экология», «биология», «биосфера» — набор понятий, используемых в обыденной жизни только в связи с нарушениями экологической безопасности, поражающими своей нарастающей масштабностью. В контексте этих понятий экологическая безопасность¹ рассматривается как совокупность определенных свойств окружающей среды и создаваемых целенаправленной деятельностью человека условий, при которых поддерживаются гармоничная структура взаимосвязи и саморегуляция естественных процессов, удерживаются на минимально возможном уровне риска антропогенное воздействие на окружающую среду и происходящие в ней негативные изменения, обеспечиваются сохранение экологического равновесия в экосистемах, здоровья людей и исключаются отдаленные последствия вредных воздействий для настоящего и последующего поколений.

Потенциальную опасность для человека представляют все природно-антропогенные системы, где циркулируют потоки энергии и перераспределяются активные химические и биологические компоненты, а также возникают такие изменения в составе и строении окружающей среды, которые способны угрожать жизни и здоровью людей. Поэтому любые виды хозяйственной деятельности должны иметь установленные федеральными и региональными законами экологические обоснования, цель которых — доказать допустимость воздействий в рамках существующих нормативных экологических ограничений для качества основных компонентов окружающей среды, обеспечить предупреждение ЧС, создать условия для безопасного функционирования технических систем и для сохранения здоровья людей.

Возникновение зон экологического бедствия, регионов кризисных экологических ситуаций, техногенных аварий и чрезвычайных ситуаций с экологическими последствиями — печальные свидетель-

¹ *Экологическая безопасность* — свойство территории, природно-хозяйственной системы, технического объекта, выражающееся в отсутствии проявлений экологически опасных факторов.

ства сбоев в рациональности природопользования. Рациональное природопользование должно обеспечить полноценное существование и развитие современного общества, но при этом сохранить высокое качество среды обитания человека. В настоящее время это выражено в парадигме устойчивого развития и достигается благодаря регламентам ресурсосбережения и самым эффективным режимам их воссоздания.

Учитывая ограниченность самовосстановительных и компенсационных функций биосферы, хозяйственная деятельность должна строиться согласно законам развития общества и природы и законам взаимодействия между ними под жестким контролем государства и общества.

4.1. Формирование национальной политики экологической безопасности

Правовые основы государственной политики в области охраны окружающей среды, обеспечивающие сбалансированное решение социально-экономических задач, сохранение благоприятной окружающей среды, биологического разнообразия и природных ресурсов в целях удовлетворения потребностей нынешнего и будущих поколений, укрепления правопорядка в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности в России, определяет Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ.

Управление в области охраны окружающей среды осуществляется специальными органами исполнительной власти: Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации (МПР РФ), Федеральной службой по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор), Федеральным агентством водных ресурсов, Федеральным агентством лесного хозяйства, Федеральным агентством по недропользованию. Опосредованно участвуют в данной работе также Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) и иные органы, органы государственной власти субъектов РФ, органы местного самоуправления.

4.1.1. Организационные основы государственного управления в сфере охраны окружающей среды

Государственное управление в области охраны окружающей среды выражается в следующих функциях:

1) установление правовых норм, регламентирующих вопросы в области охраны окружающей среды, природоохранительного, природоресурсного законодательства, законодательства об административных

правонарушениях в области охраны окружающей среды и природопользования¹, уголовного законодательства в области экологических преступлений²;

2) принятие основ государственной политики в области охраны окружающей среды, экологической безопасности;

3) осуществление контроля в области охраны окружающей среды (государственного экологического контроля);

4) установление нормативов, государственных стандартов в области охраны окружающей среды;

5) государственный учет природных ресурсов и объектов, организация ведения государственных кадастров и мониторинга объектов окружающей среды;

6) экологическая оценка состояния окружающей среды.

В действующей институциональной схеме РФ основная ответственность в формировании политики охраны окружающей среды и экологической безопасности ложится на органы исполнительной власти субъекта Федерации. Роль и значение региональных уровней управления ООС, несомненно, резко возросла после реформы природоресурсного законодательства (Лесной, Земельный, Водный, Градостроительный кодексы).

Более четкое понимание состояния окружающей среды и воздействия на нее позволило изменить характер процесса выработки природоохранной политики. Это изменение было обозначено Экологической доктриной 2002 г., которая определила конкретные цели политики:

- искоренение очагов загрязнения прошлого и поощрение территориального планирования, благоприятного для окружающей среды;

- снижение ресурсо- и энергоемкости производства, равно как и «экологизация» экономики в целях повышения конкурентоспособности российской продукции на мировом рынке;

- сохранение биоразнообразия и восстановление кризисных территорий.

В Доктрине выделяются следующие интервенции в сфере политики:

- реформирование системы нормативов качества окружающей среды и предельно допустимых выбросов/сбросов (ПДВ/ПДС) и совершенствование процедур экологической оценки предприятий;

- поэтапное внедрение нормативов технологических процессов (наилучших доступных технических методов);

- разработка инструментов экологического зонирования;

- создание экономических стимулов к улучшению природоохранной деятельности промышленных предприятий;

¹ Кодекс РФ об административных правонарушениях (КоАП) № 195-ФЗ // СЗ РФ. — 7 января 2002 г. — № 1. — Ч. I. — Ст. 1 (гл. 8).

² Уголовный кодекс РФ // СЗ РФ. — 17 июня 1996 г. — № 25. — Ст. 2954 (гл. 26).

- разработка эффективной системы финансовых взысканий за несоблюдение природоохранных требований;
- получение государственного финансирования для экологических проектов и его эффективное использование.

Многие положения Доктрины нашли выражение в Программе социально-экономического развития Российской Федерации на среднесрочную перспективу (2006 г.), которая включает в себя следующие приоритеты в сфере охраны окружающей среды:

- реформа природоохранного регулирования;
- обращение с промышленными отходами;
- очистка зараженных земель;
- внедрение экономических инструментов (в том числе компенсации ущерба).

Выделение государственного финансирования для устранения загрязнения прошлых периодов и реализации инвестиционных проектов с крупными экологическими компонентами считается одной из мер, которая придаст импульс реализации Доктрины. В Программе 2006 г. делается большой упор на развитие экономических инструментов.

4.1.2. Современная экологическая политика России

Председатель Правительства РФ Д. А. Медведев 30 апреля 2012 г. утвердил «Основы государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года», в которых определяются стратегическая цель, основные задачи государства в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности и механизмы их реализации. Этот документ стал наследником Экологической доктрины. Стратегической целью государственной политики в природоохранной области названы разрывные положения Концепции устойчивого развития, которые конкретизированы в перечне основных задач:

- 1) формирование эффективной системы управления охраной окружающей среды;
- 2) совершенствование ее нормативно-правового обеспечения;
- 3) предотвращение и снижение текущего негативного воздействия на окружающую среду;
- 4) восстановление нарушенных естественных экологических систем;
- 5) обеспечение экологически безопасного обращения с отходами;
- 6) развитие экономического регулирования и рыночных инструментов;
- 7) совершенствование системы государственного экологического мониторинга (мониторинга окружающей среды) и прогнозирования

чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, а также изменений климата.

Обозначены механизмы реализации государственной политики в области экологического развития: критерием эффективности деятельности органов государственной власти служит состояние окружающей среды и экологической безопасности; внедрение в систему управления качеством окружающей среды методологии определения и оценки экологических рисков; экологическое нормирование на основе технологических нормативов при условии обеспечения приемлемого риска для окружающей среды и здоровья населения; обязательность проведения государственной экологической экспертизы проектной документации радиационно-, химически- и биологически опасных объектов; совершенствование процедуры и методологии ОВОС и стратегической экологической оценки.

При решении задачи восстановления нарушенных естественных экологических систем предлагается использовать следующие механизмы:

- 1) инвентаризацию территорий в целях установления районов с неблагоприятной экологической ситуацией и объектов ПЭУ;
- 2) работы по оценке и поэтапной ликвидации объектов ПЭУ;
- 3) возмещение вреда, причиненного окружающей среде;
- 4) сохранение и восстановление защитных и средообразующих функций естественных экосистем вне особо охраняемых природных территорий.

Специально предусмотрены механизмы обеспечения экологически безопасного обращения с отходами.

Главный смысл документа — минимизация экологических последствий и компенсация ущерба, **ресурсосбережение и комплексное использование сырья**, бессточные технологические системы, применение отходов как вторичных материальных ресурсов, комбинирование производств, создание замкнутых технологических процессов, уменьшение использования атмосферного воздуха в качестве ресурса для промышленности и транспорта, комплексное решение проблем энергетики и энергоемких производств и, наконец, тотальное управление риском как основа выбора оптимальной стратегии развития.

Указом Президента РФ В. В. Путина № 1157 от 10.08.2012 г. в 2013 г. в России предусмотрено проведение Года охраны окружающей среды.

4.2. Принципы рационального природопользования

Принципы рационального природопользования предполагают разработку мероприятий по охране окружающей среды, возобновление

нарушенных взаимосвязей в экосистемах, предотвращение обострения экологических ситуаций. Перечислим основные из них.

1. *Принцип «нулевого уровня» потребления природных ресурсов*, используемый во многих экономически развитых странах для регуляции потребления первичных перерабатывающих ресурсов в государственном масштабе. За «нулевой уровень» берется объем первичных природных ресурсов, использованных предприятием за предыдущий год, а на следующий — превышение этого уровня потребления в государственном масштабе ограничивается четко определенным коэффициентом.

2. *Принцип соответствия антропогенной нагрузки естественному ресурсному потенциалу региона*, обеспечивающий сбалансированное цикличное использование и возобновление. Нарушение законов функционирования естественных систем происходит в двух случаях:

а) при превышении уровня антропогенной нагрузки (избыточная концентрация ПХС — Урал, Поволжье, Кузбасс, мегаполисы);

б) при несоответствии специализации ПХС специфике ресурсного потенциала (развитие экологически опасных производств в рекреационных регионах).

3. *Принцип сохранения пространственной целостности естественных систем* в процессе их хозяйственного использования.

Этот принцип исходит из важнейших закономерностей взаимовызываемых изменений компонентов природы под воздействием антропогенной деятельности. Влияние человека на отдельные компоненты природы и отдельные виды ресурсов не ограничивается изменениями лишь в них. Изменения одного из компонентов естественной системы приводят к изменениям в других, а иногда — к изменению качества экосистемы в целом. Примером может служить осушение болот в областях Северо-Запада, после чего изменились качества многих экосистем — пашня оказалась подтопленной, высохли малые реки и т. п.

4. *Принцип сохранения природного круговорота веществ* в процессе антропогенной деятельности. Природный ресурс, который добывается человеком из естественных систем, пройдя цикл «ресурс — производство — потребление», вновь возвращается в виде отходов в экосистемы. Если это возвращение приближается к естественному круговороту, оно не наносит вред природе, загрязняющие вещества постепенно ассимилируются.

Сущность принципа сводится не только к тому, чтобы технологические процессы конкретных производств ограничивались цикличностью, но и чтобы циклические процессы представляли последовательный ряд стадий производства, связанных между собой комплексностью переработки сырья. Нарушение этого принципа привело к образованию большого количества отходов, которые не включаются в естественный круговорот веществ и изменяют свойства многих экосистем в регионе.

5. *Принцип согласования производственного и естественного ритмов.* Динамика биосферы во времени имеет ритмичный характер. Принцип ритма — один из тех принципов, что свойствен всей Вселенной. Подобного согласования придерживаются в сельскохозяйственном производстве, где ритмично функционируют сырьевые и перерабатывающие звенья агропромышленного производственного комплекса (АПК). Этим принципом часто пренебрегали в процессе сооружения ГЭС на равнинных реках, не принимая во внимание, что периодичность падения уровня воды отражается на работе не только ГЭС, но и предприятий, которые потребляют энергию. Для сохранения равновесия экосистемой необходимо, чтобы общая скорость ее внутренних процессов определялась самым медленным ее звеном, поскольку любое антропогенное влияние, которое вынуждает какую-то часть цикла работать быстрее, чем работает вся экосистема, приведет к нарушению стабильности экосистемы.

6. *Принцип приоритетности экологического оптимума* на долгосрочную перспективу относительно экономической эффективности текущего природопользования, учитывающий необратимость сверхнормативных негативных экологических последствий хозяйственной деятельности. Особенно четко необратимость жизненных процессов прослеживается в показателях биоразнообразия: потеря того или другого генотипа невозможна, эволюционный процесс происходит по своим законам, согласно которым каждый живой организм является звеном в эволюционной цепи.

Соблюдение принципов рационального природопользования целесообразно во всех регионах независимо от иерархического уровня. Сохранение общего экологического равновесия возможно при условии сохранения равновесия естественных систем отдельных регионов, и наоборот. Кроме того, проблема рационального природопользования не может быть решена только в региональных и даже в общегосударственных пределах. Это глобальная проблема, она свойственна всей планете.

Рациональность природопользования — применение таких способов извлечения или использования природных ресурсов, которые взаимно экономически и экологически оправданы: предотвращают нарушения и загрязнения природной среды при оптимальных (минимальных) затратах на процесс. Поэтому системы экологической безопасности в пределах ПХС должны охватывать не только пространство рабочей зоны, но и всю территорию (при необходимости — прилегающую акваторию) воздействия, места транспортировки и складирования продукции и отходов.

Охрана природы сводится к рациональному управлению природопользованием, а именно:

- ресурсопользование и рекультивация не должны выводить экосистему из равновесия (размыкать циклы), обязательна планировка: промышленная зона — санитарно-защитная полоса — буферная зона — селитебная территория;

- возобновление природных ресурсов не может быть мгновенным и определено естественной скоростью функционирования биосферы — несколько десятков лет, поэтому воздействие должно быть плавным;

- проведение природоохранных мероприятий рационально лишь в определенных границах, далее эффективность падает;

- затраты на охрану природы связаны как с воздействиями, так и с их последствиями, особенно с процессом создания производства;

- воздействия надо компенсировать с самого начала, не дожидаясь кумуляции.

Теоретически это означает обеспечение сбалансированности природно-ресурсного потенциала¹ (ПРП) и эколого-экономического потенциала² (ЭЭП). Сбалансированность ПРП и ЭЭП означает, что экосистема способна к самовосстановлению.

4.3. Научные основы оценки техногенных воздействий на окружающую среду

Для оценки экологического состояния загрязненных территорий существуют два подхода: 1) подход, основанный на нормативах качества, и 2) подход, основанный на оценке риска. Также используются комбинированные модели, сочетающие оба подхода.

При исследовании производственных зон выделяют следующие виды экологических рисков:

- 1) риски от продолжительных, контролируемых воздействий, выбросов, сбросов;

- 2) риски от аварийных выбросов, сбросов, чрезвычайных ситуаций;

- 3) транспортные риски от транспортировки опасных материалов;

- 4) риски от воздействия опасных отходов.

В РФ законодательно закреплён подход к оценке территорий на основе нормативов качества компонентов окружающей среды.

Целесообразно оценивать как современное состояние территории и ответственность, связанную с ликвидацией существующего загрязнения (рекультивация, компенсационные выплаты по нанесенным ущербам), так и *потенциальные экологические риски* — риски, связанные с потенциальным возможным негативным воздействием на окружающую среду. Он могут быть обусловлены:

- наличием неблагоприятных природных условий территории, способствующих распространению экотоксикантов;

¹ ПРП — часть природных ресурсов, вовлекаемая в хозяйственную деятельность при данном уровне технологии и социально-экономической конъюнктуре.

² ЭЭП — антропогенная нагрузка на территорию в зоне взаимодействия производства с природой.

- высокой вероятностью возникновения ЧС природного и техногенного характера;
- высокой вероятностью возникновения аварийных ситуаций, сбросов и выбросов загрязняющих веществ;
- наличием субъектов потенциального экологического риска.

Человек взаимодействует с биосферой через ее компоненты, которые являются ресурсами его жизнедеятельности. В то же время для оценки воздействия ПХС на отдельные компоненты окружающей среды используют множество различных показателей, зачастую не связанных друг с другом. Так, загрязнение атмосферы оценивается по показателям ПДК, но потребление кислорода из атмосферы никак не регламентируется; загрязнение водоемов нормируется по допустимым уровням изменения качества воды, включающим множество показателей (взвешенные вещества, цветность, температура, БПК, ХПК и т.д.), а потребление водных ресурсов оценивается по объемам забираемой, используемой воды и показателям оборотного водоснабжения. Изъятие почв также не увязывается с показателями их загрязнения.

Используемые в настоящее время методы преимущественно позволяют выполнять сравнительную экспертную оценку и ранжирование по степени опасности технологий и производств, связанных с освоением недр, эксплуатацией водных и земельных ресурсов, т.е. имеют качественный характер и не дают комплексных количественных оценок. Результатом такого подхода являются невысокая обоснованность принимаемых решений, недостаточная достоверность и надежность рекомендаций по обеспечению экологической безопасности функционирования создаваемых и действующих ПХС.

В основе всех оценок лежит представление о предельно допустимой концентрации (ПДК) вещества¹ в данной среде. Большинство оценивающих показателей направлены на сопоставление начальных условий и изменений концентрации загрязняющих веществ во времени (т.е. динамики загрязнений). Расчет параметров (или критериев) носит целевой характер и оценивает качество поверхностных вод для водопотребления и качество донных осадков по степени концентрации загрязняющих веществ.

Основные недостатки действующей системы ПДК сводятся к следующему:

- концентрация веществ в воде не отражает токсикологическую нагрузку на экосистему, так как не учитывает процессы аккумуляции веществ в биологических объектах и донных отложениях;

¹ ПДК — утвержденный в законодательном порядке *санитарно-гигиенический норматив*. Под ПДК понимается такая концентрация химических элементов и их соединений в окружающей среде, которая при повседневном влиянии в течение длительного времени на организм человека не вызывает патологических изменений или заболеваний, устанавливаемых современными методами исследований в любые сроки жизни настоящего и последующего поколений.

- федеральные ПДК не учитывают специфику функционирования водных экосистем в различных природно-климатических зонах (широтная и вертикальная зональность) и биогеохимических провинциях (естественные геохимические аномалии с различным уровнем содержания природных соединений), а значит, и их токсикологическую чувствительность;

- не учитываются эффекты синергизма, антагонизма, суммации;
- не решена проблема нормы и патологии в водной токсикологии;

- при обосновании ПДК не учитывается разный трофический статус экосистем, сезонные особенности природных факторов, на фоне которых проявляется токсичность загрязняющих веществ.

Биогеографические и климатические особенности предопределяют специфику устойчивости экосистем, региональные «рейтинги» природных опасностей, региональный уровень ассимиляционной емкости местной биосферы.

Существуют две концепции оценки влияния вредных веществ на организм человека:

- 1) *пороговая*¹, в которой утверждается, что снижать концентрации вредных веществ нужно до некоторого уровня (порога), определяемого значением предельно допустимой концентрации (ПДК). Из этого положения следует вывод: малые концентрации вредных веществ (ниже уровня ПДК) безвредны. В нашей стране принята именно пороговая концепция;

- 2) *линейная*, которая предполагает, что вредное влияние на человека пропорционально (линейно) зависит от суммарного количества поглощенного вещества. Отсюда вывод: малые концентрации вредных веществ при длительном потреблении вредны. Этой концепции придерживаются США, ФРГ, Канада, Япония и некоторые другие страны. Значительную поддержку она получила со стороны радиационной гигиены (эффект малых доз).

В основе принципа пороговости лежат научные гипотезы:

- 1) закон диалектики «Количество переходит в качество»;

- 2) учение о возможности истинного приспособления живых организмов к изменениям внешней среды и возможности срыва адаптации (переход физиологических реакций в патологические).

Для каждого фактора среды существует порог вредного воздействия (*Harmful effect threshold*), устанавливаемый в эксперименте на животных и являющийся отправной точкой для гигиенического нормирования.

¹ *Порог* — это минимальная концентрация (доза) вещества в объекте окружающей среды, при воздействии которой в организме (при конкретных условиях поступления вещества и стандартной статистической группе животных) возникают изменения, выходящие за пределы физиологических приспособительных реакций, или скрытая (временно компенсированная) патология.

4.4. Экологическое нормирование

Экологическое нормирование — это разработка и апробация научно обоснованных критериев и норм предельно допустимого вредного воздействия на природную среду и здоровье человека, а также норм и правил природопользования на основе общих методологических подходов, комплексного изучения и анализа экологических возможностей экосистем и их отдельных компонентов. В целом эти нормативы образуют *Стандарты качества окружающей среды* в виде совокупности единых требований к состоянию природных и промышленных объектов. В них предусмотрены меры, позволяющие обеспечить оптимальное состояние окружающей среды, ее качество, которые состоят из технических, экономических, организационных норм, определяющих качественные параметры окружающей среды.

Подавляющее большинство методов оценки загрязненности природных объектов основано на сопоставлении данных измерений химического состава, физических свойств и микробиологических характеристик с соответствующими нормированными показателями. Однако такая покомпонентная оценка с каждым годом все менее отвечает требованиям экологической безопасности в свете угрозы химического загрязнения (рис. 4.1).

Например, в воде нормировано содержание не более 6 тыс. веществ, хотя общее число синтезированных и описанных соединений приближается к 100 млн. Поэтому все большее внимание уделяется комплексным оценкам и непосредственным реакциям экосистем (биоразнообразие, биотестирование, биоиндикация).

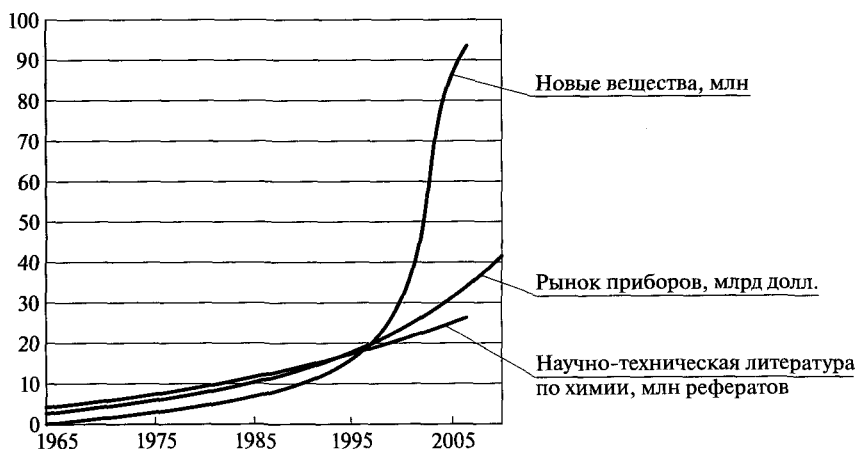


Рис. 4.1. Число известных соединений и возможности аналитики (по Б. Л. Мильману, 2006)

Значительная часть химических соединений и их производных является *ксенобиотиками*¹ — чужеродными веществами для биологических структур и объектов. Ксенобиотики, находясь в окружающей среде даже в количестве, не вызывающем выраженных токсических эффектов, оказывают хроническое действие, приводящее к накоплению их в биоте и у людей с повышенной чувствительностью. Это вызывает напряжение иммунорегуляторных механизмов; развитие вторичного иммунодефицита, аллергических заболеваний, врожденных пороков у детей; снижение сопротивляемости организма. Еще масштабнее влияние загрязняющих веществ проявляется в качестве среды в рабочей зоне, продуктов питания и пищевого сырья. Все это дает основание считать химический фактор одним из ведущих факторов риска для здоровья людей.

4.4.1. Виды экологического нормирования

Практика экологического нормирования, особенно бурно развивающегося в последнее десятилетие, позволяет выделить три основных направления: *санитарно-гигиеническое, экосистемное и производственно-ресурсное* (табл. 4.1). Последнее подразделяется на два вида: нормирование безопасности производственной деятельности и нормирование рационального использования и охраны природных ресурсов.

Современные представления о гигиенических регламентах вредных веществ в окружающей среде базируются на принципиальных положениях о том, что их воздействие не должно вызывать у человека даже временных нарушений здоровья, а также напряжения защитных и адаптационных механизмов ни в ближайшем, ни в отдаленном будущем. Воздействие вредных факторов не должно также изменять биологические, психические и социальные функции человека, нарушать его положение в обществе и оказывать отрицательное влияние на потомство. Вредное действие химических веществ не должно реализовываться ни при прямом воздействии на человека, ни при опосредованном — через экологические системы или возможный экономический ущерб.

Для каждого объекта при установлении гигиенических нормативов учитываются все возможные виды неблагоприятного воздействия

¹ *Ксенобиотики* — чужеродные для организмов соединения (промышленные загрязнения, пестициды, препараты бытовой химии, лекарственные средства и т. п.). Попадая в окружающую среду в значительных количествах, ксенобиотики могут служить причиной многих заболеваний, воздействовать на генетический аппарат организмов, вызывать их гибель, нарушать равновесие природных процессов в биосфере. Превращения ксенобиотиков в организмах, пути их детоксикации и деградации учитываются при организации санитарно-гигиенических мероприятий, мер по охране природы.

Таблица 4.1. **Виды и формы экологического нормирования**
(по кн. Экологическая экспертиза, 2010)

Основные цели	Разновидности нормирования	Нормативы
<i>Санитарно-гигиеническое направление экологического нормирования</i>		
1. Безопасность жизнедеятельности и сохранение генетического фонда человека	Концентрации, уровни и дозы вредных воздействий. Критерии качества ОС	ПДК, ПДУ, ОДК, ОБУВ, ИЗВ, ИЗА, ИХЗ
	Риск (заболеваний, аварий и т. д.)	ПДК индивидуального и группового риска
<i>Производственно-ресурсное экологическое нормирование</i>		
2а. Экологическая безопасность производственных процессов и конечной продукции	Объемы вредных воздействий и отходов	Лимиты образования и захоронения отходов, ПДВ, ПДС
	Технологии производства и качества конечной продукции	Декларация безопасности, нормы качества продукции, сертификат, ресурсоемкость
2б. Охрана, рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов	Объемы и темпы изъятия и использования ресурсов (лесных, земельных, водных недр и т. д.)	Лимиты и нормы изъятия, категории, нормы эксплуатации
<i>Экосистемное нормирование</i>		
3. Сохранение нормальных условий функционирования и развития экосистем	Допустимые нагрузки на элементарный ландшафт	ПДВВ, ПДЭН, ассимиляционная емкость, устойчивость экосистем

Примечание. ОДК — ориентировочно допустимая концентрация; ПДУ — предельно допустимый уровень; ОБУВ — ориентировочно безопасные уровни воздействий; ИЗВ — индекс загрязнения воды; ИЗА — индекс загрязнения атмосферы; ИХЗ — индекс химического загрязнения; ПДВВ — предельно допустимое вредное воздействие.

на среду и организм человека. В методологии нормирования каждому виду неблагоприятного воздействия соответствует показатель вредности¹, который необходимо установить экспериментально.

Основными механизмами и критериями регулирования антропогенных нагрузок, предусмотренными в Концепции устойчивого развития РФ² и Основах государственной политики в области экологического развития РФ до 2030 года, являются соответствующие виды лимитирования (на основе принципа пороговости и принципа приемлемого риска), лицензирование, сертификация, стандартизация, паспортизация, обеспечивающие экологизацию производства посредством экологических модификаций ПХС. Важнейшей характеристикой загрязняющего вещества является степень его *токсичности*³ (или ядовитости). В целях предупреждения неблагоприятных последствий химического загрязнения предусмотрена токсикологическая оценка продукции и отходов. В Российской Федерации организована многостадийная токсикологическая оценка всех используемых в промышленности химических веществ, начиная с лабораторной разработки и заканчивая массовым производством и применением химической продукции.

Обоснование критериев оценки последствий антропогенного воздействия является узловым вопросом и состоит в познании закономерностей антропогенной изменчивости биологических систем, устойчивости и механизмов адаптации, определении «нормы и патологии» порога необратимых изменений в организмах или качественно новых состояний сообществ.

4.4.2. Критические нагрузки

С 1988 г. появилась новая концепция критических нагрузок (КН) для оптимизации экономической стоимости сокращения сбросов-выбросов и экологического эффекта. Критическая нагрузка⁴ представ-

¹ Значение показателя вредности нарастает в ряду: органолептический — общесанитарный — рефлекторный — санитарно-токсикологический — специфический — отдаленных последствий.

² Утверждена Указом Президента РФ № 440 от 1 апреля 1996 г.

³ *Токсичность* — мера несовместимости вещества с жизнью человека — величина, обратная абсолютному значению среднесмертельной дозы или концентрации (LC₅₀).

⁴ *Критические нагрузки* — поток поступления одного или нескольких загрязняющих веществ в экосистему, не вызывающий негативных изменений в наиболее чувствительных их звеньях. Критические нагрузки (Critical Loads — CL) для конкретного водоема находятся как природное поступление катионов с водосбора, обеспечивающее сохранение нейтрализующей способности вод выше критического уровня для водной фауны. Все показатели для расчета CL находятся исходя из данных о современном химическом составе вод.

ляет собой индикатор чувствительности экосистем, определяющий максимально допустимое поступление поллютантов, при котором риск ущерба, нанесенного экосистеме, будет резко уменьшен.

Под руководством Т. И. Моисеенко¹ разработан метод определения интегрального показателя дозы воздействия металлов (индекса токсичности) и ее критических уровней, позволяющий учитывать факторы экологического ущерба.

Применяемые в Голландии расчетные модели позволяют осуществить декомпозицию стационарного миграционного цикла, учитывающего выпадения, транзит и аккумуляцию загрязняющего вещества с помощью соответствующих весовых коэффициентов (рис. 4.2).

Результаты сопоставляются либо с ПДК, либо с целевыми директивными величинами. Во многих случаях оценка качества среды производится по критерию «нетоксичный уровень концентраций» (НОЕС). Недостаток равновесных моделей состоит в невозможности прогноза.

Результаты расчетов критических нагрузок могут быть использованы при разработке биогеохимических стандартов для оценки устойчивости природных комплексов. Такие стандарты представляют альтернативу ПДК.

Превышение значения критической нагрузки сигнализирует о превышении допустимых уровней антропогенного воздействия в пределах конкретного выдела экосистемы, а алгоритм расчета позволяет выделить компонент, который находится под наибольшим антропогенным прессом (почва либо растительность). Методология критических нагрузок может применяться и для оценки городских территорий с учетом полифункциональности использования их земель; в данном случае рассчитанные значения критических нагрузок могут быть использованы в качестве фоновых эталонов для городов.

В качестве примера можно привести результаты ориентировочных расчетов для суммы загрязняющих веществ, поступающих в Нарвское водохранилище, которые дают величину CL , равную $0,8 \text{ г/м}^2$ (реальная плотность выпадений превышает ее не менее чем в 4 раза).

Интересные результаты может принести совместное изучение величин CL , растворенных и сорбированных форм данного вещества. Сумма этих величин также может быть вовлечена в расчет, если из-

¹ Моисеенко Т. И. Экотоксикологическая оценка техногенных гидрогеохимических аномалий (на примере Кольского горно-металлургического комплекса) / Т. И. Моисеенко, Л. П. Кудрявцева // Геохимия. — 1999. — № 10. — С. 1000 — 1017.

Моисеенко Т. И. Теория критических нагрузок и ее приложение к определению воздействия кислотообразующих веществ на поверхностные воды // Докл. РАН. 2001. — Т. 378. — С. 250 — 253.

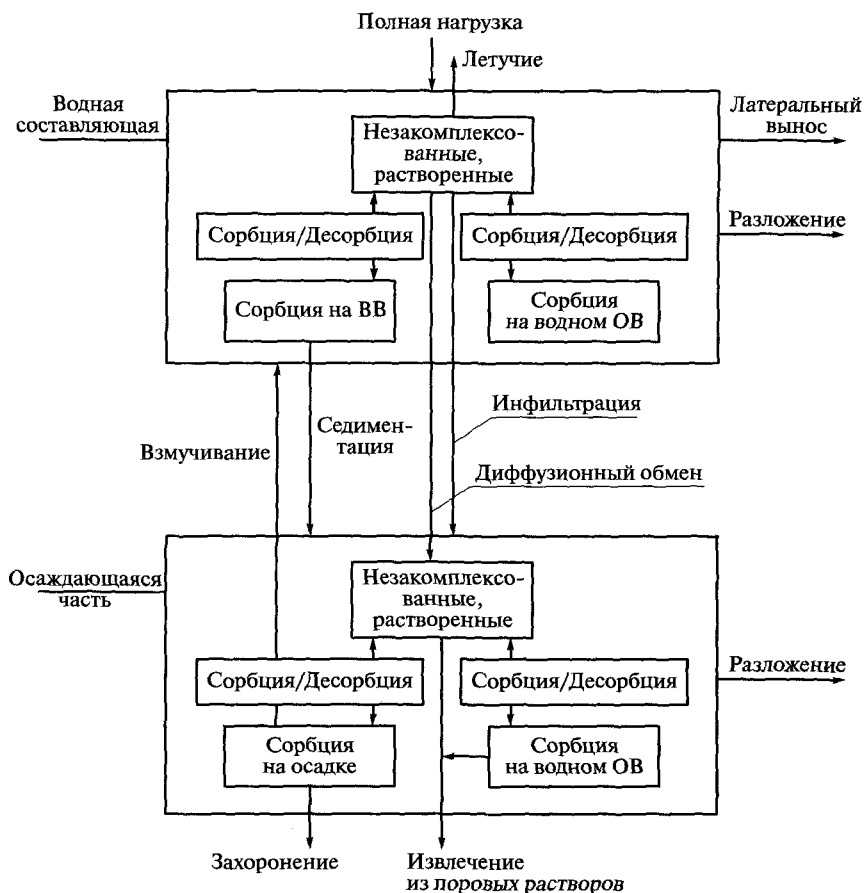


Рис. 4.2. Схематическое представление элементов баланса масс в водных системах (ВВ — взвешенные вещества; ОВ — органическое вещество)

вестны реальные нагрузки на данный момент. Сухие (газовая фаза) и мокрые (аэрозольная фаза) выпадения рассчитываются отдельно.

Для повышения достоверности расчетов СЛ для водоемов в приходную часть баланса вводят нагрузки, поступающие с водосбора со стоком рек.

Интегральная доза воздействия загрязняющих веществ (ЗВ) на биологические системы определяется:

- перечнем приоритетных ЗВ;
- формами нахождения — ионная, связанная или взвешенная;
- токсикологическим действием;
- свойствами синергизма или антагонизма;
- способностью к комплексообразованию и осаждению;

- скоростью биоаккумуляции и проявлением отдаленных эффектов.

Оценка состояния экосистемы особенно необходима в тех случаях, когда загрязнитель, ухудшая экологическое состояние природной среды до уровня, не совместимого с жизнью, сам при этом не проявляет токсичности по отношению к биоте. Это относится к группе загрязнителей органической природы, на разложение которых расходуется много кислорода, а также к фосфору и другим биогенным элементам, высокие концентрации которых ведут к эвтрофированию, биологическому загрязнению с последующей токсикацией воды, заморными явлениями, ухудшением эпидемиологической обстановки и т. п.

Общепризнанно, что нормирование антропогенных нагрузок на водные экосистемы должно основываться на глубоком анализе большого числа факторов, процессов, эффектов, характеризующих качественные изменения в экосистеме под влиянием нормируемого воздействия. Основными из них являются токсикологический эффект загрязнителя и способность его к деградации, аккумуляции, трансформации.

Скорость деградации поллютанта определяется его химической природой.

Условно загрязнители можно разделить на вещества, подверженные деградации в окружающей среде, и вещества, практически не подлежащие выводу из экосистемы.

К первой группе относится основная масса искусственно синтезированных органических соединений, нефтепродукты, органические соединения хозяйственно-бытовых и животноводческих стоков. Вторую группу образуют металлы, фосфор, а также все вещества, «чуждые» для биоты (такие как ДДТ, линдан, диоксины, хлорированные бифенилы).

Поля воздействий и поля концентраций ПХС рассчитываются и изображаются на картах и схемах с помощью стандартных программных средств — УПРЗА «Эколог» (разработка фирмы «Интеграл»), ПРИЗМА (НПП «Логус») и т. п.

Смягчение воздействий может быть достигнуто, например, путем установки очистных сооружений или использования технологии, приводящей к меньшим выбросам, а также посредством ликвидации или уменьшения ущерба, нанесенного окружающей среде, и, наконец, с помощью различных форм компенсации (например, мероприятия по благоустройству прилегающих территорий, снижение для местного населения тарифов на услуги компании — инициатора деятельности, а в некоторых случаях — непосредственная выплата компенсаций местному населению).

К числу смягчающих мер относятся и предложения по программе экологического мониторинга и контроля на всех этапах реализации проекта.

4.5. Концепция экологического мониторинга

Эффективность природоохранных мероприятий определяется точностью и полнотой данных наблюдений и измерений показателей, характеризующих среду в пространстве и во времени. Экологический мониторинг и контроль — система мер, направленная на предотвращение, выявление и пресечение нарушения законодательства в области охраны окружающей среды, обеспечение соблюдения субъектами хозяйственной и иной деятельности требований, в том числе нормативов и нормативных документов, в области охраны окружающей среды.

4.5.1. Мониторинг и контроль объектов окружающей среды

*Государственный экологический контроль*¹ осуществляется федеральными и региональными органами исполнительной власти РФ. Основные принципы экологического контроля: последовательность, достоверность, целенаправленность, оценка рисков, системный подход к инспектированию.

*Мониторинг*² включает анализ динамики изменений состояния среды, подбор методологии наблюдений, технических средств, комплексов, измеряемых показателей.

К основным объектам экологического мониторинга относятся следующие:

- *природные среды* (атмосферный воздух; поверхностные воды суши; морские воды; почва и земной покров, ландшафты; геологическая среда);

- *источники антропогенного воздействия*, приводящие к поступлению в окружающую среду токсичных, опасных и экологически вредных веществ (сточные воды, промышленные выбросы и т.д.); к изменению сложившегося или естественного состояния природных сред;

- *природные ресурсы* (водные, земельные, лесные и прочие биологические ресурсы);

- *факторы воздействия среды обитания* (шум, тепловое загрязнение, физические поля);

- *состояние биоты*, ее ареалов и экосистем.

¹ *Контроль* — проведение наблюдений (измерений) за конкретным параметром на закрепленной сети точек (маршрутов) в целях проверки соответствия параметров системы установленным требованиям (нормативам).

² *Мониторинг* — проведение наблюдений (измерений) на закрепленной сети точек (маршрутов) по заданной программе и с заданной периодичностью для оценки состояния окружающей среды и прогноза его изменения.

Контроль окружающей среды проводится с помощью наземных средств измерений (автоматизированные системы контроля качества воздуха, стационарные посты пассивного мониторинга, лидары, телеметрия) и дистанционных методов.

Аэрокосмические методы дистанционного измерения предоставляют широкие возможности для изучения естественной и сельскохозяйственной растительности, определения запасов биомассы и ее продуктивности.

Россия поддерживает ряд международных систем мониторинга: ЕГСЭМ (Единая государственная система экологического мониторинга), МЭС (Межгосударственный мониторинг стран СНГ), ЕМЕП (глобальный мониторинг загрязнения воздуха), ICP-Forests (Лесной мониторинг), ICP-IM (интегральный мониторинг) и др.

Аппаратура, установленная на спутниках, обеспечивает регистрацию цифровой информации в видимом, ближнем инфракрасном и тепловом диапазонах электромагнитного спектра. Решаются задачи природопользования и экологического контроля: классифицируются земные покровы, фенологические фазы и болезни растений, вызываемые антропогенными воздействиями, оценивается газовый состав атмосферы, выполняется слежение за водной и ветровой эрозией почв, определяются границы снежного покрова, затопления и разливы рек, хорошо идентифицируются многие антропогенные изменения в окружающей среде, например лесные пожары (по шлейфам дыма, лесным гарям), обнаруживаются крупные выбросы вредных веществ в атмосфере и Мировом океане, контролируется состояние озонового слоя и т. п. Наблюдения за дымовыми выбросами позволяют установить по степени прозрачности плотность частиц в факелах. Примеси, составляющие такой факел, можно определить по поглощению радиации в соответствующих зонах электромагнитного спектра.

На основе дистанционных методов увязываются результаты экологических наблюдений, выполняется ретроспективный и перспективный анализ (мониторинг) на глобальном, региональном и локальном уровнях. Тематическая обработка данных о растительности опирается на соотношение видимого и ИК каналов. Во многих случаях необходимо использование данных дистанционного зондирования, получаемых несколькими системами, чтобы повысить достоверность экологических карт.

Современные космические многоспектральные системы (NOAA, CZCS, МСУ-СК, МСУ-Э, Landsat TM и др.) позволяют использовать в качестве параметров, характеризующих состояние водных масс, температуру поверхности (с ней напрямую связаны сбросы промышленных предприятий и населенных пунктов, как имеющие повышенную температуру), мутность, содержание фитопланктона, наличие прибрежной растительности. Данные дистанционного зондирования дают возможность фиксировать указанные параметры в реальном

масштабе времени на всей акватории, что позволяет судить о пространственно-временных вариациях загрязненности водоемов.

Анализ архивов цифровых многоспектральных данных NOAA показывает, что на многоспектральных изображениях отчетливо можно проследить термальные структуры водоемов и основные потоки, в том числе потоки мутности, формирующие сток загрязняющих веществ.

Использование данных спутникового дистанционного зондирования позволяет обнаруживать факты нарушения природоохранного законодательства, локализовать и установить источники загрязнения. Спутниковая информация является доминирующей при контроле за аварийными и нелегальными разливами нефтепродуктов.

Из-за больших размеров территории страны сеть наблюдательных станций Государственной системы экологического мониторинга весьма редка и фиксирует последствия аварий только катастрофического уровня.

4.5.2. Система экологического мониторинга

Экологический мониторинг (ЭМ) является многоуровневой информационной системой, охватывающей слежение за всем циклом антропогенных воздействий — от источников воздействия до реакции отдельных природных сред и сложных экологических систем. Для комплексного подхода к определению допустимых уровней воздействия на организм, популяцию, экосистему, биосферу в целом надо знать критические показатели, критические нагрузки и уязвимые звенья, характеризующие состояние экосистем.

Среди методов ЭМ важная роль принадлежит *биоиндикации*¹. Биоиндикация основана на наблюдении за составом и численностью видов-индикаторов (например, в лесном мониторинге закисляющих выпадений используется матрица из 12 видов эпифитных лишайников). В ходе развития любой организм в отношении любого фактора обладает генетически детерминированным уникальным физиологическим диапазоном толерантности, в пределах которой данный фактор не оказывает существенного влияния на жизнедеятельность организма, является переносимым. В случае низкой или высокой интенсивности силы фактора наступает угнетение жизнедеятельности организма и организм погибает.

Контроль за токсичностью стоков и загрязняемых вод водных объектов может быть проведен только методами *биотестирования*².

¹ *Биоиндикация* — оценка качества природной среды по состоянию ее биоты.

² *Биотестирование* — оценка биологического эффекта комплекса неблагоприятных экологических факторов, в том числе и химической природы (обычно по ряду тест-организмов, охватывающему основные группы биологического сообщества).

Основной принцип гидробиологического биотестирования заключается в испытании действия проб воды на водный организм, его часть или сообщество организмов с известными и поддающимися учету характеристиками. Тест-объектами могут быть ферментные системы, рецепторные аппараты, изолированные органеллы, клетки, ткани и отдельные органы многоклеточных организмов, целостные (одно- и многоклеточные) организмы и целые биоценозы.

Биотестирование оценивает происходящее загрязнение и нацелено на получение быстрого сигнала о токсичности и необходимой степени разбавления стоков или на установление экспериментальным методом класса опасности отходов. Биоиндикация позволяет выявить результат вредоносного влияния загрязнения на окружающую среду, ее результаты могут быть учтены при корректировке нормативов. Биотестирование и биоиндикация являются основными элементами биологического мониторинга состояния окружающей среды.

При организации ЭМ должны учитываться определенные приоритеты. По территориям высший приоритет отдан городам, зонам питьевой воды и местам нерестилищ рыб; по средам — атмосферному воздуху и воде пресноводных водоемов; по ингредиентам воздуха — пыли, диоксиду серы и продуктам ее превращений (серной кислоте и сульфатам), тяжелым металлам (ртути, свинцу, кадмию), оксиду углерода и оксиду азота NO_x , канцерогенным веществам, хлорорганическим пестицидам, нефти и т.д.; по источникам загрязнений в городах — автотранспорту, ТЭС, предприятиям цветной металлургии и т.д.

Компоненты Государственной системы экологического мониторинга — уже существующие ведомственные системы наблюдения и контроля состояния окружающей среды и природных объектов: Роскомгидромет, АСКРО, Госатомнадзор, мониторинг лесного фонда Роскомлеса; агрохимслужба и мониторинг загрязнения сельскохозяйственных земель Минсельхоза России; мониторинг геологической среды МПР; санитарный контроль качества среды обитания и здоровья населения Роспотребнадзора и других систем наблюдения и контроля, создаваемых ведомствами для информационного обеспечения решения задач, стоящих перед ними.

Природопользователи за свой счет осуществляют локальный экологический мониторинг (ЛЭМ) и проводят производственный экологический контроль (ПЭК)¹. В основе программы ПЭК + ЛЭМ лежит принцип оценки эффективности мероприятий по компенса-

¹ *Экологический контроль* — это система мер, направленная на предотвращение, выявление и пресечение нарушения законодательства в области охраны окружающей среды, обеспечение соблюдения субъектами хозяйственной и иной деятельности требований, в том числе нормативов и нормативных документов, в области охраны окружающей среды. Ст. 67 ФЗ «Об охране окружающей среды» (2002).

ции воздействия на компоненты среды. На всех этапах эффективно применение авиационных носителей, в том числе беспилотных летательных аппаратов (например, снабженных лазерными анализаторами метана при мониторинге газопроводов).

Выделяются следующие этапы проведения ПЭК+ЛЭМ загрязнения окружающей среды в результате деятельности ПХС:

- нулевой или фоновый мониторинг;
- на этапе производства работ;
- после окончания работ,
- в чрезвычайных ситуациях.

Данная программа призвана фиксировать как экологичность технологий, так и степень поддержания нормативного качества окружающей среды. Основное внимание при этом уделяется комплексному экологическому контролю в различные периоды проведения работ и оценке состояния экосистемы на ряде тестовых участков, с заданной периодичностью опробования воздуха, морской воды, донных осадков. Это тот редкий случай, когда природопользователь сам себя контролирует, что очень важно для него самого в первую очередь.

4.5.3. Критериальная база экологического мониторинга и контроля

Все промышленные страны мира в той или иной степени обеспокоены состоянием природной среды. Для контроля за ним используются различные характеристики, называемые индикаторами, индексами, критериями и др.

Единый интегральный критерий состояния природной среды не разработан, поэтому используется либо многостадийная система оценки, либо несколько параллельных направлений, например, по отдельным видам объектов природы или по наиболее опасным видам загрязняющих веществ.

Подход к проблеме оценки состояния природной среды в разных странах различен и определяется особенностями страны (географическими, экономическими, культурными и др.). Более того, внутри одной страны существуют различия в этих вопросах (разные штаты США, провинции Канады, земли Германии).

Важнейшими считаются показатели, позволяющие контролировать распространение веществ, наиболее опасных для населения и природы данной местности в силу больших объемов выделения или применения, токсических свойств, особенностей транспорта, способности накапливаться в природных объектах, устойчивости к разрушению.

Все эти данные рассматриваются в динамике, и положение считается удовлетворительным, если негативные показатели со временем уменьшаются (так как устойчивое развитие предполагает монотонное улучшение показателей).

Одна из нерешенных задач состоит в поиске приемлемых критериев оценки состояния природной среды: рассматриваются не столько сами критерии, сколько тенденция их изменения за достаточно длительный срок.

Обращает на себя внимание разброс в количественных характеристиках загрязненности объектов природы, в частности почвы. Так, для почв сельскохозяйственного использования в провинциях Канады (Альберта, Квебек) допустимой считается концентрация свинца 50 — 60 мг/кг, тогда как для Германии уровень 100 мг/кг является удовлетворительным, а в садах и огородах Англии допустимы концентрации 500 мг/кг, в России и на строительной площадке, и возле автомобильной дороги, и в глухой енисейской тайге ПДК свинца установлена единой — 32 мг/кг.

В итоге, несмотря на предпринятые усилия и несомненные успехи, оценки российской системы управления окружающей средой (СУОС) в глазах мирового сообщества остаются неудовлетворительными, что и неудивительно, поскольку они ведутся в единицах национальных ПДК. Тогда 250 мг/кг в Англии будет 0,5 ПДК (допустимо), а в России — 7 ПДК (сильно загрязнено).

К сожалению, вместо работы по устранению недостатков СУОС и ее модернизации был принят курс на ее ослабление и радикальную перестройку. Была выдвинута концепция обострения борьбы стран, в том числе России, за прямые иностранные инвестиции и необходимости снятия экологических барьеров для обеспечения экономического роста.

Для многих представителей крупного бизнеса строгость государственной экологической экспертизы (а она отклоняла от согласования около трети рассматриваемых материалов) также была сильным раздражающим фактором. В настоящее время этот барьер остался лишь для морской деятельности.

Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) — термин для обозначения процесса анализа вида деятельности с точки зрения связанных с ним экологических последствий; ОВОС — это процесс, способствующий принятию экологически ориентированного управленческого решения о реализации намечаемой деятельности (до принятия решения о его осуществлении) путем определения неблагоприятных воздействий, оценки экологических последствий, учета общественного мнения, разработки мер по уменьшению и предотвращению воздействий.

При определении возможного вредного воздействия рекомендуется использовать следующие критерии:

1) *масштабы воздействия* (учитываются, если затронута значительная территория);

2) *район воздействия* (учитывается на территориях, особо чувствительных или важных с экологической точки зрения, или в непосредственной близости от них);

3) *последствия* (учитываются для деятельности, которая оказывает потенциально вредное воздействие на население, ценные виды флоры, фауны, угрожающее настоящему состоянию затрагиваемого района и приводящее к возникновению антропогенной нагрузки, превышающей уровень устойчивости среды к внешнему воздействию).

Основные принципы оценки воздействия:

- презумпция потенциальной экологической опасности любой намечаемой хозяйственной или иной деятельности;
- недопущение и/или предупреждение возможных неблагоприятных воздействий на окружающую среду и связанных с ними социальных, экономических и иных последствий в случае реализации намечаемой хозяйственной и иной деятельности;
- рассмотрение во взаимосвязи технологических, технических, социальных, природоохранных, экономических и других показателей проектных предложений;
- альтернативность проектных решений, включая «нулевой вариант» — отказ от деятельности, формирование новых вариантов;
- гласность — доступность информации по проектным решениям для общественности на самой ранней стадии рассмотрения проекта для учета общественного мнения;
- ответственность инвестора за последствия реализации проектных решений.

Большинство оценивающих показателей направлены на сопоставление начальных условий и изменений концентрации загрязняющих веществ во времени. Расчет параметров (или критериев) носит целевой характер и направлен на определение качества поверхностных вод для водопотребления и качества донных осадков по степени концентрации загрязняющих веществ. По голландской системе оценок используются рискованные показатели концентраций. Рассматриваются показатели максимально допустимых концентраций (МПК) — концентраций на уровне риска экосистемы, а также незначительных концентраций (Negligible Concentration (NC)).

Международная программа «Охрана вод Рейна» (Protection of the Rhine (IRSR)), так же как и программа Экономического развития (Organisation for Economic Cooperation and Development (ОЕСД)), относится к числу наиболее крупных Европейских рамочных соглашений, стремящихся получить оценку качества среды с помощью единой системы показателей. В них поднимается вопрос о необходимости учета трансграничных переносов загрязнений и разработки новых показателей качества среды, учитывающих совместное воздействие различных загрязнителей.

В рекомендациях ВОЗ предложено оценивать качество атмосферных осадков по трехстадийной схеме: 1) определение содержания групп токсичных элементов; 2) определение характера воздействия на биоту; 3) определение зоны, затронутой негативным воздей-

ствием. Там же предлагается интегральный критерий оценки качества поверхностных вод с использованием шести групп критериев (аналогичный российскому ИЗВ¹): кислородный режим, степень эвтрофикации (концентрация азотистых и фосфористых соединений), кислотность, содержание соединений тяжелых металлов, содержание токсичных для биоты веществ, микробиологическое загрязнение.

Качество вод устанавливается по наихудшему показателю в любой из групп, однако при оценке приводятся все показатели. Методика апробирована на национальных данных по Дунаю в 1992 г. Аналогично оценивается качество воды в Рейне.

Наконец, в Канаде ведется учет эмиссии CO₂, образующегося при сжигании ископаемого топлива. Углекислый газ учитывается как фактор, влияющий на изменение климатических условий. Во всех рассмотренных источниках информации нет попыток критериальных оценок экологической ситуации в многомиллионном городе и тем более оценок и сопоставлений одних городских районов с другими. Правда, Калифорнийское агентство указывает, что рост населения штата и транспортных средств на его территории привел к росту содержания в воздухе тонких фракций пыли, а канадские исследователи предлагают при оценке состояния среды учитывать численность населения, используя удельные величины загрязнения («на одну голову»).

Методика оценки экологической ситуации, применяемая в России, изложена в «Критериях оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия», которые используют несколько десятков основных и дополнительных показателей, находящихся между собой в сложных зависимостях. Сбор, обработка и анализ этих показателей и связывающих их зависимостей требуют длительного времени. Данные операции трудоемки и дороги. Кроме того, экологически неблагоприятные территории следует вовлекать в научный анализ еще при появлении признаков «экологической напряженности», когда изменения компонентов природной среды обратимы, ситуацию можно было бы улучшить без чрезвычайных материальных затрат.

Критерии Минприроды России не затрагивают электромагнитное излучение, вибрации и шумы, в малой степени учитывают состояние геологической среды, в целом они ориентированы на далеко зашедшие изменения, обосновывающие выделение кризисных и ка-

¹ ИЗВ (*индекс загрязнения воды*) — интегральный показатель качества вод, который рассчитывают по шести-семи гидрохимическим показателям. Обязательными являются концентрация растворенного кислорода, рН и БПК₅. В зависимости от величины ИЗВ водные объекты подразделяют на 7 классов качества.

тастрофических экологических обстановок, оставляя без научного обоснования более спокойные ситуации: удовлетворительную, напряженную и критическую. Основное внимание следует направлять на те зоны, в которых экологическую ситуацию можно охарактеризовать, согласно терминологии «Критериев...», как «напряженную» или «критическую». Именно на таких территориях еще не поздно принимать «оперативные меры». Именно такие территории составляют значительную часть промышленных областей и пригородов крупных городов.

Экологическая обстановка классифицируется по возрастанию степени экологического неблагополучия: относительно удовлетворительная — напряженная — критическая — кризисная — катастрофическая (табл. 4.2).

Глубокие необратимые изменения должны рассматриваться за период, равный продолжительности жизни одного поколения. Показатели ухудшения здоровья населения предпочтительно рассчитывать за 10 лет. Степень загрязнения воздуха оценивается за период не менее двух лет. Загрязнение же воды должно оцениваться за период не менее одного года. Такой различный временной масштаб оценки экологических показателей региона может приводить к некорректному обоснованию причин неблагополучного состояния окружающей среды и здоровья населения в регионе.

Для оперативной оценки складывающейся экологической ситуации в конкретном регионе (территории) и принятия управленческих

Таблица 4.2. Признаки территорий крайних степеней экологического неблагополучия («Критерии экологической обстановки...», 1992)

Объект оценки	Степень экологического неблагополучия	
	Бедствие	Кризис
Состояние окружающей среды	Глубокие необратимые изменения	Устойчивые негативные изменения
Здоровье населения	Существенное ухудшение	Угроза здоровью населения
Естественные экосистемы	Разрушение (нарушение природного равновесия, деградация флоры и фауны, утрата генофонда)	Устойчивые негативные изменения (уменьшение биоразнообразия, исчезновение отдельных видов растений и животных, нарушение генофонда)

решений для улучшения обстановки в различных экосистемах, обусловленных многими антропогенными факторами, нужны комплексные оценки экологической ситуации.

При изучении многопризнаковых моделей экосистем необходимо считаться с тем, что традиционные оценочные показатели — превышение нормативов — всего лишь отражают наличие антропогенных воздействий и для оконтуренных участков позволяют оценить общую величину нагрузки. Качество среды при этом не обсуждается, поскольку не учитывается ассимиляционная емкость экосистемы-мишени, а количественная характеристика зависит от размеров оцениваемой системы и плотности наблюдений. Следовательно, критериальную информацию могут нести только такие показатели, которые инвариантны к масштабу исследования.

С точки зрения требований, предъявляемых к интегральным экологическим критериям, инвариантный признак, использование которого позволило бы охарактеризовать объекты, являющиеся составными частями единой экосистемы, должен обладать следующими свойствами:

- отражать экологическое состояние любого из этих объектов;
- присутствовать в каждом из них непосредственно в исходных данных;
- быть способным к адаптации по новому материалу.

Этими свойствами обладают основные термодинамические характеристики экосистем и связанные с ними информационные критерии. Все они имеют глубокий генетический смысл, отражая степень отклонения экосистемы от равновесного состояния и способность ее справиться с возмущениями. Все они могут быть определены для объекта любого ранга и присутствуют непосредственно в исходных данных при проведении мониторинговых наблюдений.

Проблемы определения степени антропогенной нагрузки на водоемы и объемов аварийных сбросов веществ-загрязнителей не могут быть решены периодическим отбором и анализом водных проб. В чрезвычайных ситуациях необходима непрерывная фиксация в реальном времени контролируемых параметров, поскольку, во-первых, длительность генерации аварийных и нелегальных сбросов может быть много меньше интервала между измерениями, во-вторых, достоверная оценка суммарных потоков загрязнения корректна не по отдельным значениям рядов наблюдений, а по интегралу контролируемого параметра по времени.

Альтернативой мониторингу водной толщи является мониторинг донных осадков, которые как депонирующая среда обладают необходимыми интегральными свойствами.

Наиболее важными элементами информационного обеспечения являются методы и средства контроля изменения параметров водной толщи и донных осадков для прогнозирования и оценки последствий техногенных аварий, современный уровень загрязнения обеих сред,

на фоне которого предстоит оценивать ущерб и формировать реабилитационные мероприятия.

В опасных чрезвычайных ситуациях взаимное влияние существующих промышленных объектов распространяется на обширные зоны экологического риска (максимально неблагоприятное стечение обстоятельств и максимально возможная интенсивность воздействий) и должно учитываться при управлении охраной окружающей среды.

4.6. Экологические бедствия

Экологическое бедствие (ст. 57 № 7-ФЗ) — чрезвычайная ситуация особо крупного масштаба в развитии экосистем, характеризующаяся необратимой их деградацией и делающая невозможной производственную деятельность и проживание людей в пределах определенной территории. Экологическое бедствие и чрезвычайные экологические ситуации — понятия, возникшие в законодательстве РФ после Чернобыля и Арала. Эти и другие экологические катастрофы стимулировали развитие систем экологического контроля загрязнения воздуха, поверхностных и подземных вод, растительности, почв и земель.

Зона экологического бедствия — ареал, в пределах которого наблюдается переход от критического состояния природы к катастрофическому, и территория, на которой в результате антропогенного или природного воздействия невозможно социально и экономически оправданное (традиционно или научно обоснованное) хозяйство. Показатели здоровья населения (перинатальная, детская смертность, заболеваемость детей и взрослых, психические отклонения и т. п.), частота и скорость наступления инвалидности здесь достоверно хуже, а продолжительность жизни людей статистически достоверно ниже, чем на аналогичных территориях, не подвергавшихся подобному воздействию или бывших в том же ареале до констатации рассматриваемого воздействия.

Зону экологического бедствия образуют территории с практически необратимыми нарушениями экосистем. Экономические ущербы при осуществлении деятельности на таких территориях практически неизбежны при любых защитных мероприятиях. В зоне экологического бедствия состояние экосистем характеризуется снижением (или увеличением) удельной массы одного из трофических звеньев более чем на 50 %. Нарушения взаимосвязей внутри экосистемы носят необратимый характер, экосистема теряет средо- и ресурсовоспроизводящие функции.

Общественная опасность не сводится к сумме вредных единичных последствий, причиняемых экологическими преступлениями, а (с качественной стороны) определяется экологической значимостью социальных ценностей, которым противопоставляется преступное

поведение данного вида, всем содержанием экологически вредного поведения, умалением экологических интересов общества и нарушением права каждого человека на благоприятную окружающую среду, снижением уровня безопасности населения и территорий и т. п. С количественной стороны общественная опасность экологических преступлений выражается в ее степени и учитывается законодателем в санкциях, содержании ответственности с помощью определения размеров причиненного вреда, набора квалифицирующих признаков и др. (массовая гибель животных, существенное изменение радиоактивного фона, отравление окружающей среды, совершение преступления на территории заповедника, в зоне экологического бедствия и др.).

Экологические бедствия как результат истощения ресурсов биосферы являются свидетельством критического нарушения устойчивости экосистем. Это их свойство имеет фундаментальное значение и широко используется для оценки предельно допустимого уровня вмешательства человека в природную среду, в том числе при анализе экологического состояния водных систем (Опекунов, 2002).

Под *устойчивостью* системы понимается ее способность при воздействии внешнего фактора пребывать в одном из своих состояний и возвращаться в него за счет инертности и восстанавливаемости, а также переходить из одного состояния в другое за счет пластичности. При воздействии природных и техногенных факторов в устойчивых системах должно сохраняться равновесие связей, параметров состава, структуры и свойств отдельных компонентов.

Из механизмов устойчивости (Механизмы устойчивости..., 1992) в преломлении к водным экосистемам основное значение имеют следующие:

- инерция, отражением которой является ассимиляционная емкость системы;
- отрицательная обратная связь, проявляющаяся через бифуркацию системы, приводящую к самоорганизации в условиях техноседиментогенеза;
- эластичность или замена одного элемента системы другим в виде смены механических и биохимических механизмов дифференциации осадочного материала химическими и физико-химическими и т. д.

Экосистемы и их компоненты обладают разной устойчивостью к различным видам воздействий и нарушений. Одна и та же система может быть устойчива к одному виду воздействия и неустойчива к другим. Так, гумифицированные донные осадки устойчивы к химическому загрязнению и неустойчивы к механическому воздействию. Отсюда устойчивость отдельных компонентов не обязательно обеспечивает устойчивость всей системы в целом.

Устойчивость геоэкологической среды базируется на критериях качества, которые включают оценку геодинамической устойчивости, развития экзогенных геологических процессов, уровень загрязне-

ния придонных вод, состояние и свойства донных осадков, показатель ассимилирующей способности, риск вторичного загрязнения (табл. 4.3).

Основными показателями устойчивости экосистем к химическому загрязнению выступают:

- процессы перемешивания и разбавления (волнение, турбулентность, течения и т. д.);
- концентрация кислорода и микробиологическая активность (общее микробное число);
- процент проективного покрытия растительностью (включая лишайники, мхи и водоросли);
- физико-химические свойства поверхностного горизонта (граница воздух — почва, дно — вода и т. д.);
- сорбционные свойства среды (емкость катионного обмена).

Этот перечень процессов одновременно может служить основой восстановительных мероприятий при реабилитации экосистем, в том числе и доведенных до состояния экологического бедствия.

Таблица 4.3. **Аксиоматика экологической устойчивости**

Закон (принцип)	Формулировка	Следствия
Закон минимума диссипации энергии (Н. Реймерс)	При вероятности развития процесса в некотором множестве направлений, допускаемых начальными термодинамики, реализуется то, которое обеспечивает минимум диссипации энергии	1. Естественное эволюционное развитие геосистемы всегда направлено на снижение роста энтропии, обеспечивающее ее экологическую устойчивость 2. Переход системы в стационарное неравновесное состояние (без обмена веществом с внешней средой) эквивалентно минимуму производства энтропии (теорема И. Пригожина)
Принцип Ле Шателье — Брауна	При внешнем воздействии, выводящем систему из состояния устойчивого равновесия, последнее смещается в том направлении, при котором эффект внешнего воздействия ослабевает	Если на систему подействовать возмущением, то производство энтропии увеличится, но система ответит возвращением в состояние с наименьшим производством энтропии (И. Пригожин)

Закон (принцип)	Формулировка	Следствия
Правило меры преобразования природных систем (Н. Реймерс)	В ходе эксплуатации и воздействия на природные системы нельзя переходить некоторые пределы, позволяющие сохранять экологическую устойчивость	<ol style="list-style-type: none"> 1. При изменении значений одного или нескольких управляющих (бифуркационных) параметров начинается процесс самоорганизации и система переходит в новое состояние (И. Пригожин — Г. Хакен) 2. Вторичное постепенно сложившееся экологическое равновесие, как правило, устойчивее, чем первичное, но потенциальный «запас преобразования» при этом сокращается (Н. Реймерс) 3. Длительное, пусть слабое, возмущение всегда более существенно для системы, чем мощное, но кратковременное
Принцип разностойчивости	Устойчивость как результат взаимодействия геосистемы и внешних техногенных воздействий нельзя оценивать вообще, а только применительно к конкретному виду воздействия	<ol style="list-style-type: none"> 1. Природная система может быть устойчива к одним видам воздействий и неустойчива к другим 2. Любая геосистема обладает свойством селективной реакции на разные внешние воздействия, т. е. природная среда может характеризоваться множеством устойчивостей (Ю. Мамаев, М. Куринов)
Принцип масштабности	Набор определяющих факторов устойчивости зависит от уровня организации геосистемы	При обосновании количественных оценок устойчивости необходимо различать устойчивость природной среды и ее отдельных компонентов и устойчивость сформировавшихся природно-хозяйственных систем (ПХС)

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое «нормальные» изменения параметров окружающей среды в динамике природных и производственных процессов на участках горнодобывающего производства?
2. Назовите основные экологически опасные природные процессы.
3. Какова цель экологического нормирования?
4. В результате каких процессов происходит разрушение или трансформация загрязняющих веществ в воздухе, воде и почве?
5. Назовите виды экологического контроля, осуществляемого на территории Российской Федерации.
6. Каковы основные цели государственного экологического контроля?
7. Перечислите механизмы устойчивости водных экосистем к нефтяному загрязнению.
8. Какие нормативы допустимого воздействия на окружающую среду могут устанавливаться для действующих предприятий?
9. Назовите современные средства контроля районов экологического бедствия или катастроф.
10. Перечислите компоненты Государственной системы экологического мониторинга.
11. В чем состоят принципы рационального природопользования?
12. Назовите главные недостатки действующей системы ПДК.
13. В чем суть методологии критических нагрузок?
14. Каковы основные концепции оценки влияния вредных веществ на организм человека?
15. Приведите пример программы ПЭК + ЛЭК на магистральном трубопроводе.
16. Перечислите аксиомы экологической устойчивости.
17. Дайте характеристику конкретной зоны экологического бедствия.
18. В чем заключаются принципы и приоритеты экологического мониторинга?
19. Какова роль дистанционных методов в экологическом мониторинге? Какие задачи они решают?
20. Какие пан-европейские программы экологического мониторинга поддерживаются Россией?
21. Перечислите основные принципы оценки воздействия производства на окружающую среду.

УПРАЖНЕНИЯ

- I. Оцените экологический ущерб техногенной катастрофы в Венгрии (октябрь 2010 г.).
Токсичные отходы комбината «Ajkaí Timfoldgyar Zrt» попали в речную систему после взрыва на предприятии, разрушившего плотину отстойника с «красным шламом» — отходом обогащения глинозема в виде густой смеси оксидов Al, Fe, Ti, а также КОН, As и Hg.

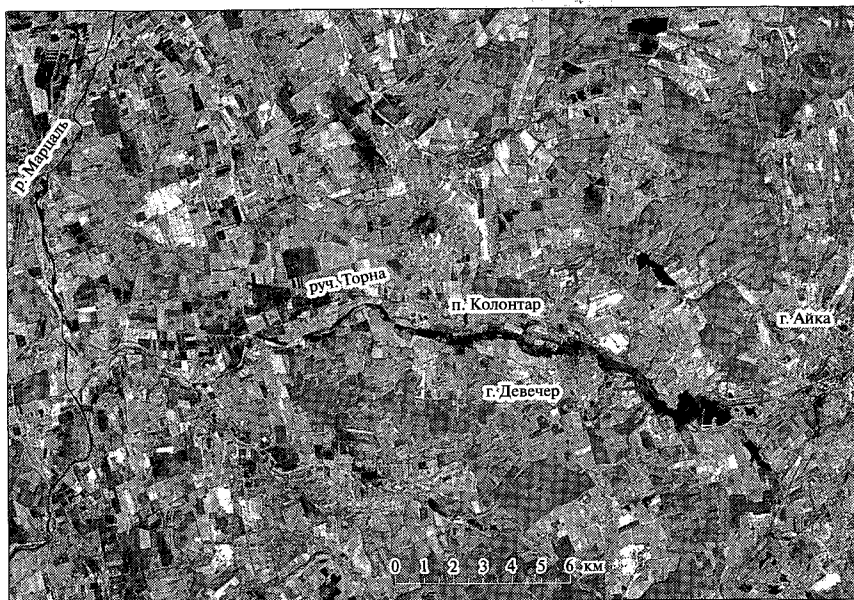


Рис. 4.3. Распространение «красного шлама» при аварии на глиноземном комбинате

Загрязнение распространилось в грунт, почву, идет просачивание в грунтовые воды. Число жертв возросло до восьми человек. На детальных снимках, полученных со спутников Landsat 5 и SPOT 4 (рис. 4.3), видно, что токсичными отходами по берегам ручьев и рек залит район населенного пункта Девечер, а общая видимая длина разлива превышает 15 км при ширине более 50 м. Глубина потока превышает 1 м. В окружающую среду попало более 1,1 млн м³ красного шлама (плотность шлама 2,1 т/м³). Площадь разлива составила 40 км². Затоплено 300 жилых домов.

Подсчитайте ущерб водным ресурсам, принимая состав шламов в виде 10% Al₂O₃, Fe₂O₃, КОН. Используйте российские показатели нормативного загрязнения (ПДК в воде, мг/л: Al — 0,5; Fe — 0,3; К — 20; взвешенные вещества — 1,5).

- II. В *трех* хранилищах (площадью 500 га) глиноземного цеха Уральского алюминиевого завода накоплено более 63 млн т красных шламов. На Богословском алюминиевом заводе хранится более 40 млн тонн токсичных отходов, а площадь *четырех* шламонакопителей превышает 400 га. Хвостохранилище обогатительной фабрики ОАО «Тырныаузский ГОК» (Кабардино-Балкария) содержит около 120 млн м³ токсичных отходов обогащения.

Считая состав шламов и геометрию разлива аналогичными условиям Венгрии, определите сравнительный ущерб аварии на одном из перечисленных шламонакопителей при разливе 5% накопленной массы отходов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Башкин В. Н. Методологические основы оценки критических нагрузок поллютантов на городские экосистемы / В. Н. Башкин, А. С. Курбатова, Д. С. Савин. — М.: НИИПИ Экологии города, 2004. — 52 с.

Гродзинский М. Д. Устойчивость геосистем: теоретический подход к анализу и методы количественной оценки // Изв. АН СССР, Сер. геогр., 1987. — № 6. — С. 5—15.

Золотов Ю. А. Новая парадигма экологического контроля // Экология и промышленность России. — 2006. — № 3. — С. 38—40.

Израэль Ю. А. Антропогенная экология океана / Ю. А. Израэль, А. В. Цыбань. — Л.: Гидрометеиздат, 1989. — 528 с.

Кондратьев К. Я. Естественно-научные основы устойчивости жизни / [К. Я. Кондратьев и др.]. — М.: ЦС АГО, 2003. — 240 с.

Контроль химических и биологических параметров окружающей среды. Энциклопедия «Экометрия». — СПб.: Крисмас, 1998. — 851 с.

Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия / Под ред. Н. Г. Рыбальского. — М.: Изд-во Минприроды РФ, 1992. — 73 с.

Мамаев Ю. А. Вопросы методологии в оценке устойчивости территории / Ю. А. Мамаев, М. Б. Куринов // Геоэкология. — 1998. — № 5. — с. 109—126.

Матишов Г. Г. Дистанционный мониторинг Баренцева моря / Г. Г. Матишов, О. Я. Сочнев, В. И. Черноок. — Апатиты, 1993. — 125 с.

Механизмы устойчивости геосистем / Под ред. Н. Ф. Глазовского и А. Д. Арманда. — М.: Наука, 1992. — 208 с.

Опекунов А. Ю. Экологическая уязвимость природных комплексов Арктической зоны России / А. Ю. Опекунов, М. Г. Опекунова, В. М. Шербаков // Российская Арктика: геологическое строение, минерагения, геоэкология. — СПб., 2002. — С. 841—856.

Остроумов С. А. О биотическом самоочищении водных экосистем. Элементы теории // Докл. РАН, 2004. — Т. 396. — № 1. — С. 136—141.

Питулько В. М. Антропогенное воздействие на флюидный режим земной коры: влияние на состояние сырьевой базы нефтегазодобычи и предупреждение катастроф планетарного масштаба (на примере границы Европы и Азии) // Российский геофизический журнал. — 2003. — № 31—32. — С. 117—135.

Реймерс Н. Ф. Природопользование. Словарь-справочник. — М.: Мысль, 1999. — 639 с.

Экологическая экспертиза / Под ред. проф. В. М. Питулько. — М.: Издат. центр «Академия», 2010. — 528 с.

Человеком всегда владело желание предугадывать будущее и случайные события, составляющие это будущее. Из этого желания возникли многие эзотерические учения, но также и многие научные направления, такие, как, например, теория вероятности. В XX в. произошло множество природных катастроф и страшных техногенных аварий, которые сопровождались многочисленными человеческими жертвами. Поэтому в течение всего века, за исключением, быть может, периодов мировых войн (которые сами могут рассматриваться, как техногенные катастрофы), не прекращались попытки научиться оценивать риск и предсказывать наступление опасных природных и техногенных явлений. Богатейший опыт снижения технического риска может быть использован и в природоохранных технологиях.

Ряд промышленных аварий 70—80-х гг. XX в. показал необходимость расширения содержания понятия риска от чисто инженерного обеспечения надежности производства до комплекса мер по поддержанию безопасности населения и окружающей среды во время строительства и эксплуатации промышленных сооружений. Непосредственным выражением такого подхода явились системы анализа и управления риском как при обычной промышленной деятельности, так и при авариях, заимствованные из многовекового опыта оценок финансовых и предпринимательских рисков. С 1986 г. МАГАТЭ и Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) обобщают региональный опыт по управлению риском в рамках Программы ЮНЕП/ВОЗ/МАГАТЭ/ЮНИДО (UNEP/WHO/IAEA/UNIDO) по оценке и управлению риском для здоровья людей и окружающей среды от энергетических и других сложных промышленных систем.

Если еще несколько лет назад можно было говорить об управлении рисками как о комплексе мер, позволяющих перейти от ликвидации и смягчения последствий произошедших бедствий и катастроф к прогнозу и предупреждению катастроф будущих, то сегодня этого недостаточно. Катастрофы последних лет показали, что даже рядовые «технические» решения могут повлечь длинную цепочку причин и следствий, приводящую к трагедиям и огромным потерям. Поэто-

му приходится анализировать возможные неблагоприятные события (в том числе аварии и катастрофы) в более широком системном контексте — как «спусковой крючок» для кризисов различного типа.

На урбанизированных территориях противоречия между потребностями человеческого общества и биосферой особенно обостряются, что приводит к возникновению и росту **экологического риска** — риска, обусловленного как хроническим ухудшением состояния и качества окружающей среды, так и острыми разрушительными для нее последствиями. Экологический риск служит количественной мерой экологической безопасности жизненно важных интересов людей, поэтому задача оценки и управления риском во всем мире рассматривается как одна из наиболее важных составляющих проблемы устойчивого развития.

Экологический риск есть вероятность того, что при определенных обстоятельствах будет нанесен экологический ущерб, вызванный природными и антропогенными факторами. Если природно-экологический риск представляется естественным состоянием эволюционирующих геосистем, то антропогенно-экологический риск является порождением самого человека, чаще всего вследствие непреднамеренных действий. Обе составляющие экологического риска важны для человечества, поскольку их проявления и последствия часто совпадают, усиливают или провоцируют друг друга.

Критические нагрузки являются количественным выражением экологического риска повседневной хозяйственной деятельности.

5.1. Понятие и свойства риска

Уже несколько веков в предпринимательской деятельности, в промышленности, в банковском деле оцениваются риски. Под последними обычно понимают либо размер ущерба в случае неудачного исхода предприятия, либо вероятность неудачи, либо какую-то комбинацию этих двух величин.

Понятие риска включает как категории последствий, так и вероятности нежелательных исходов опасных событий. Именно оценки риска, наряду с системой комплексного экологического мониторинга, к настоящему времени являются главным содержанием проблемы обеспечения экологической безопасности, они входят как обязательный элемент в состав обоснования проекта любой промышленной деятельности. В России развитие аварий часто происходит по сценарию с наиболее тяжелыми последствиями, что связано с запаздыванием реагирования, неадекватностью принимаемых решений, неоперативностью управления и неподготовленностью служб ликвидации аварий. Основное значение имеет систематический риск-анализ на этапе предупреждения аварийных ситуаций, что практически возможно только на локальном и региональном уровнях.

5.1.1. Факторы и определение риска

Общеизвестно, что экологически опасные факторы — это изменения окружающей среды, способствующие или приводящие к качественным и количественным нарушениям в экосистемах, которые оказывают влияние на жизнеспособность и адаптацию популяций и человека — основную составляющую экосистемы. К ним относятся: 1) *особенности производства: токсичность, численность работников, уровень автоматизации, виды и объемы отходов, обращение отходов по природным средам, состояние защитных зон, ареалы загрязнения*; 2) *природно-техногенные факторы опасных воздействий*, которые создают различные чрезвычайные ситуации, *сопровождаемые взрывами, пожарами и выбросами опасных веществ*. Среди катастрофических проявлений — многочисленные разрушения зданий и сооружений, аварии на всех видах транспорта, взрывы метана, затопления подвалов домов и т. п.

Максимальные нагрузки создаются там, где произвольно планируется размещение жилых территорий, медицинских и детских учреждений, мест отдыха и прокладываются новые транспортные пути и промышленные коммуникации без учета зон их негативного воздействия. В современных условиях показатели комфортности проживания, к которым в значительной мере относятся экологические показатели, существенно влияют на стоимость объектов. Нерациональное использование территорий, непродуманное хозяйствование становятся причиной снижения ценности объекта, поэтому весьма важно иметь универсальную регулирующую систему управления и штрафов, базирующуюся на разработанных методиках оценки экологических нагрузок.

Риск является понятием, характеризующим степень неопределенности в предсказании результатов предпринимаемых действий. Фактически мы рискуем в каждый момент времени, часто не отдавая себе в этом отчет. И если в обыденной реальности степень риска можно снизить благодаря следованию принятым нормам поведения, то в бизнесе и других областях деятельности, особенно связанных с созданием нового, часто приходится идти на сознательный риск появления неблагоприятных последствий. Риск в этом смысле можно рассматривать как степень потенциальной опасности. Соответственно избежание или снижение риска является мерой безопасности. Поэтому для управления сложными системами приходится заблаговременно рассчитывать степень риска и возможные потери, которые может понести как субъект, предпринимающий действие, так и окружающая его среда. Для этого нужно количественно оценить риск.

Оценка риска как вероятности изменяется от 0 до 1 (от отсутствия риска до его полного значения, когда любой исход будет полностью негативным). Проектная вероятность не превышает нескольких процентов или даже долей процента. Это связано с тем, что человек,

предпринимая действие, стремится к положительному результату и хочет максимально обезопасить себя.

Федеральный закон «Об охране окружающей среды» определяет экологический риск как вероятность наступления события, имеющего неблагоприятные последствия для природной среды и вызванного негативным воздействием хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера. В этом определении под риском понимается вероятность, но это далеко не единственный способ представления риска.

Обычно величина риска определяется как произведение величины ущерба (I) на вероятность (P_i) события (i), вызывающего этот ущерб:

$$R = IP_i, \quad (5.1)$$

Такое определение используется в большинстве научных исследований в области риска. Иногда вероятность, называемую *коэффициентом риска*, представляют как произведение трех компонент:

$$R = IP_1P_2P_3, \quad (5.2)$$

где P_1 — вероятность возникновения события или явления, обуславливающего формирование и действие вредных факторов; P_2 — вероятность формирования определенных уровней физических полей, ударных нагрузок, полей концентрации вредных веществ в различных средах и их дозовых нагрузок, воздействующих на людей и другие объекты биосферы; P_3 — вероятность того, что указанные выше уровни полей и нагрузок приведут к определенному ущербу.

Такое представление предполагает возможность воздействия на разные составляющие риска, например при землетрясении в настоящее время практически невозможно влиять на первые две составляющие вероятности в формуле (5.2), но можно за счет сейсмостойчивого строительства уменьшать третью составляющую.

Примером определения понятия «риск», реализующего «вероятностный» подход, может служить понятие «индивидуальный риск». В основе определения индивидуального риска лежит статистика смерти людей от всех неестественных причин, и оценивать ущерб от таких событий в стоимостном выражении обычно не принято. При этом важно отметить, что понятие «индивидуальный риск» теряет смысл без указания периода времени, в течение которого формируется статистика, и без указания территории, на которой эта статистика собирается.

Риск обычно имеет *многомерный характер*. Это означает, что человек или организация, предпринимающие какое-либо действия, рискуют сразу в нескольких формах и направлениях развития процесса. Кроме того, в каждом сценарии развития имеются так называемые вторичные следствия, которые также необходимо принимать во внимание.

В экономике, где большинство показателей поддается стоимостной оценке, имеется возможность суммировать риск, образующийся по разным направлениям. Например, при оформлении лицензии на недропользование нефтегазодобывающей компанией риск связан с вероятностями ошибок при подсчете запасов сырья, производительности нефтяных скважин, перспективами изменения цен на нефть и газ, с недоучетом требований местного населения и общественности к экологической безопасности и пр. Все эти риски по каждому направлению могут быть оценены в денежной форме. Поэтому появляется возможность определить *суммарный риск (R)* предпринимаемого действия по формуле

$$R = \sum P_i T_i, \quad (5.3)$$

где $i = 1, 2, 3, \dots, m$ — количество направлений, по которым рассчитывается риск.

Очень часто неопределенной является тяжесть последствий принимаемых действий. В экологии она зависит часто от нестойкой формы выражения, глубины расчета следствий проявления фактора риска, отдаленности их во времени и др. Очень трудно, например, оценить вред здоровью человека. Обычно принято оценивать первичные последствия неблагоприятного воздействия: временную потерю трудоспособности, затраты на лечение и т. д. Это так называемый *прямой ущерб*. Однако есть и отдаленные последствия. Например, болезнь, полученная в результате неблагоприятного воздействия, может стимулировать у человека развитие других болезней.

5.1.2. Критерии оценки экологического риска

Канонизированное в «Толковом словаре по охране природы» определение гласит: «*Экологическая опасность* — ситуация, в которой могут происходить нежелательные события, вызывающие отклонения состояния здоровья человека и (или) состояния окружающей среды от их среднестатистического значения; отклонение определенных параметров, признаков, факторов, характеризующих состояние окружающей среды, от их установленных (оптимальных, допустимых и т. д.) значений».

Фактически обсуждение экологической опасности сводится к обсуждению ущерба, потерь, убытков — самого разного рода, но одного происхождения, а именно, вызванных изменениями в состоянии окружающей среды.

Экологический ущерб можно описать и в стоимостном выражении. Так, в 80-х гг. XX в. Госпланом, Госстроем и Президиумом Академии наук СССР была разработана методика оценки ущерба, основанная на использовании укрупненных оценок результатов воздействия различных загрязняющих веществ (с учетом их свойств)

на окружающую среду: *экологический ущерб* — это вред окружающей среде, имущественным интересам природопользователя в виде прямых потерь материальных ценностей, неиспользования вложенных затрат, неполучения предполагаемых доходов, вынужденных расходов на восстановление имущественных потерь.

Под *экологическим риском* понимается возможный экономический ущерб окружающей среде от планируемой деятельности, что вытекает из экологической оценки неблагоприятных (или опасных) природных процессов и явлений, оптимизации использования природных ресурсов. Принимать на себя риск субъекта хозяйственной деятельности (заказчика или инвестора) вынуждает неопределенность инвестиционной ситуации. Чем больше неопределенность при принятии хозяйственного решения, тем больше и степень экологического риска.

Анализ риска как основы принятия решения о планируемой деятельности включает в себя:

- оценку всех совокупных рисков от воздействия объектов инвестиционной деятельности;
- анализ затрат на реализацию проектных решений;
- анализ долгосрочной прибыли или выгод от принятого решения.

В системе принятия решений на основе анализа рисков могут встречаться три основных типа неопределенностей: отсутствие численных значений основных параметров воздействий; неадекватность экологических моделей, когда неясны все переменные, влияющие на процесс, их функциональную взаимосвязь и нечеткость правил принятия решений.

Принятие хозяйственного решения на основе анализа экологического риска включает четыре последовательных стадии:

1) идентификация видов опасностей для человека и окружающей среды планируемой деятельности;

2) количественная оценка планируемого воздействия, ранжирование рисков по степени опасности и их учет при подготовке принятия решений;

3) принятие решения о допустимости планируемой деятельности для объектов охраны окружающей среды;

4) осуществление контроля за управлением состоянием окружающей среды и мониторинга за планируемой деятельностью.

Экологический риск можно локализовать на основе вариантных планов и расчетов, позволяющих в достаточной степени моделировать и прогнозировать наступление рискового события или явления и принимать меры к снижению степени негативного воздействия на окружающую среду.

Оценку экологического риска следует считать составной частью процесса управления природопользованием. Особенности экологического риска состоят в следующем.

Экологический риск отличается неопределенностью, его следствия многомерны и каждое из них ведет к другим следствиям, образуя цепные реакции, проследить которые трудно и часто невозможно. Многомерность проявляется в воздействии на многие компоненты ландшафта и здоровья человека, учесть которые заранее чрезвычайно трудно ввиду отсутствия информации и опережающих экологических работ. Последние зачастую проводятся уже «по факту» выявленных нарушений среды и в странах с развитым экологическим законодательством сопровождаются возбуждением исков, не предусмотренных исходными расчетами предпринимателей.

Последствия экологического риска обычно отдалены и могут проявиться самым неожиданным образом. Как ни странно, данное обстоятельство «работает» против экологических расчетов, поскольку вся система планирования и управления ориентирована на кратко- или среднесрочный (обычно до 5 лет) период. Стратегическое планирование на 10—15 лет — срок, когда может выявиться большинство неблагоприятных последствий, или не ведется, или не сопровождается экологическим анализом.

Экологический риск весьма непросто свести к стоимостной оценке (и никогда — полностью). Например, чрезвычайно трудно связать ухудшение качества одного компонента природного комплекса с состоянием других, а через них — со здоровьем человека. В большинстве случаев имеется нарушение природных равновесий в глобальном, региональном и локальном масштабах. Оценка риска трансформации экосистем собственно и заключается в определении уровня допустимых флуктуаций от равновесной точки, за которым начинается их переход в новое состояние. Переход же экосистем в новое состояние губителен для сформировавшегося типа ПХС. Зачастую он требует ее полной перестройки и замены целевого назначения.

Эволюция экосистем, как и эволюция в целом, необратима. Поэтому по своим последствиям изменение природных равновесий сопоставимо со стихийными катастрофами. В частности, радикальная трансформация экосистем принимает форму геноцида, разновидность которого уже получила определение как экоцид. И то, и другое преследуется международным правом и определяется как тягчайшее преступление в гуманитарной области, хотя и не имеющее четкого стоимостного выражения.

Обсудим основополагающие *критерии оценки экологического риска*:

- переложение риска на «третьих лиц» преследуется законодательством РФ. Как правило, жертвы экологических ЧС коллективны и анонимны, а последствия сказываются постепенно и отдалены во времени. Хотя принцип «загрязнитель платит» должен действовать неукоснительно;

- обязанность возмещения ущерба и устранения последующего вреда часто перекладывается на государство, фактически на налогоплательщиков, и так уже пострадавших от загрязнения;

- экологический риск является более широким понятием, чем остальные виды риска. Он охватывает не только стоимостную, но и гуманитарную сферу. Его последствия могут быть настолько тяжелы, что выигрыш рискующего может составить лишь несколько процентов от их объема;

- учет экологической составляющей при анализе и оценках возможных рисков планируемой деятельности является обязательной частью инвестиций.

В настоящее время основные крупные инвестиции связаны с градостроительными проектами и социально-экономическими программами. Экологические риски должны быть рассмотрены на самых ранних стадиях обоснования инвестиций, когда решается вопрос возможности приобретения прав собственности или аренды земельного участка. При этом учитывается как местоположение площадки, так и предусмотренные бизнес-планом объем и перечень хозяйственных намерений.

Анализ экологического риска при выборе площадки должен учитывать все экологические условия, окружающую застройку и планировку территории, качество земельных угодий, транспортные связи, инженерные сети и инфраструктуру обслуживания, наличие зданий и сооружений, а также зеленые насаждения.

Безопасность достигается путем уменьшения риска до уровня, определенного как допустимый риск.

Допустимый риск — это результат поиска оптимального баланса между абсолютной безопасностью и требованиями, которым должны соответствовать продукция, процесс или услуга, а также такими факторами, как удовлетворенность пользователя, соответствие назначению, эффективность затрат и сложившаяся практика. Это означает, что уровень допустимого риска следует постоянно пересматривать, особенно в том случае, когда развитие технологий и знаний может привести к экономически оправданным усовершенствованиям в достижении минимального уровня риска. Допустимый риск достигается с помощью итеративного процесса общей оценки и уменьшения риска.

5.2. Экологический риск-анализ

Концепция риска включает в себя два элемента — оценку риска (Risk Assessment) и управление риском (Risk Management).

Оценка риска — научный анализ происхождения, причин и масштабов риска в конкретной ситуации, тогда как *управление риском* — анализ рискованной ситуации и разработка решения, направленного на минимизацию риска.

Оценка рисков позволяет решать комплекс жизненно важных проблем устойчивого развития общества, а именно:

- разрабатывать нормативные документы и законодательные акты по регулированию хозяйственного использования территорий;
- проводить целенаправленное инвестирование мероприятий по снижению угроз от опасных природных явлений;
- разрабатывать оптимальные проектные решения;
- планировать создание системы предупреждения и реагирования на природные опасности (мониторинг, силы мобильного реагирования).

5.2.1. Место риск-анализа в техническом проектировании

В настоящее время идет непрерывный процесс уменьшения роли случайности. Бессистемные поиски, сопряженные с огромной затратой энергии и времени, пытаются заменять рациональной системой действий по заранее продуманному плану, исключив из него бесперспективные действия.

Решая техническую задачу, исследователь должен пройти три этапа, на каждом из которых риск-анализ выступает движущей силой творчества.

1. В *аналитической части* (уже при выборе задачи) определяют противоречие, которое мешает прибегнуть к решению традиционными путями. Изобретатель идет от общего к частному, от сформулированной задачи в «общем» виде к отысканию содержащегося в ней противоречия, затем к определению непосредственной причины противоречия и нахождению условий, при которых эта причина снимается.

2. *Оперативная часть* решения задачи позволяет устранить противоречия путем внесения изменений в одну из частей (или в одну из стадий процесса). Поиски решения ведутся в определенной последовательности. Общей формулы нет, но есть приемы, достаточные для большинства случаев. Например, еще в 1979 г. была представлена одна из методик рационального поиска решений (Альтшуллер Г. С., 1979).

Первый шаг алгоритма проектирования связан с проверкой возможных изменений в самом объекте (размеры, форма, материалы, температура, давление, скорость, окраска, взаимное расположение частей, режим работы частей для максимальной их нагрузки).

На втором шаге осуществляется проверка возможности разделения объекта на независимые части (выделение «слабой» части, «необходимой и достаточной» части, разделение объекта на одинаковые части, разделение объекта на разные части по функциям).

Третий шаг, куда попадает большинство экологических факторов и рисков, заключается в проверке возможных изменений во внешней (для данного объекта) среде. Исследуется изменение параметров сре-

ды, возможность замены среды полностью или на несколько частичных сред и, наконец, использование внешней среды для выполнения полезных функций. Последнее решение определяет класс ПХС.

На четвертом шаге в соответствии с законами «новой» экологии¹ проводится поиск аналогов и прообразов устранения данного противоречия в природе. В случае непригодности всех рассмотренных приемов происходит возвращение к исходной задаче и переход к другой, более общей, задаче.

3. Синтетическая стадия осуществляется в целях приведения других частей или других стадий процесса в соответствие с измененной частью. Проверка возможных изменений в соседних объектах (установление взаимосвязи между ранее независимыми объектами, участвующими в выполнении одной работы, удаление одного объекта за счет передачи его функций другому объекту, внесение измене-

¹ Основные законы «новой» экологии, возникшей в 60-е гг. XX в. в связи с экологической революцией (природоохранными мерами), сформулировал известный американский эколог Б. Коммонер: 1) все связано со всем; 2) все должно куда-то деваться; 3) природа знает лучше; 4) ничто не дается даром.

Первый закон фиксирует большую сложность структурных и функциональных связей экологических систем любого ранга: локального, регионального и глобального. Второй закон, фактически являющийся перефразировкой фундаментального физического закона сохранения материи, ставит задачу пределов загрязнения биосферы. Третий закон призывает к осторожности не только в использовании природных ресурсов, но и в осуществлении мероприятий по защите окружающей среды. Повышенный интерес к проблеме охраны окружающей природной среды и требования общественности принять немедленные запретительные меры чреваты новой опасностью: невозможно остановить рост техногенной цивилизации и повернуть назад. В этой связи особую важность приобретает вопрос о создании и эксплуатации системы мониторинга окружающей среды, которая дает необходимую справочную и прогнозную информацию для принятия разумных природоохранных решений. Четвертый закон: биосфера представляет собой единое целое, в рамках которого ничего не может быть выиграно или потеряно. Все, что извлечено из нее человеческой деятельностью, должно быть возмещено. Платежа по этому векселю нельзя избежать — он может быть только отсрочен.

Особенно много примеров действия этого закона в добывающей отрасли: после отработки месторождений — оставлены шахты и штольни. Через какой-то, возможно длительный, промежуток времени (на месторождении Медвежье на Урале — через 12 лет) в результате изменения напряженного состояния в массиве горных пород происходят катастрофические провалы земной поверхности с образованием искусственных балок глубиной десятки метров и протяженностью до нескольких километров. Добыча нефти и газа, откачка воды из земных недр, выемка полезных ископаемых приводят к изменению напряженно-деформированного состояния горного массива, оживлению подвижек по разломам, возникновению новых разрывов. Проблема наведенной сейсмичности и горных ударов особенно актуальна на рудниках Горной Шории, Урала, Прибайкалья, Карелии, в зонах нефте- и газодобычи.

ний в другие объекты, связанные с данным объектом, внесение изменений в методы использования объекта). Концептуальная основа анализа риска предполагает использование методических подходов, математического аппарата и информационной базы, позволяющих ответить на следующие вопросы:

- что может произойти;
- каковы возможные последствия;
- каков размер экономического и социального ущерба;
- насколько это вероятно?

5.2.2. Ошибки при проведении риск-анализа

Источники ошибок и неточностей могут возникать в ходе технического проектирования (иногда даже на этапе замысла). Для опасных объектов они вскрываются при экспертизе Декларации безопасности ПХС, когда формируются ответы/оценки по заданным выше четырем вопросам.

Рассмотрение первого вопроса является наиболее значимым, поскольку если неправильно выбраны базовые сценарии аварий, то последующий анализ риска является ошибочным. Обратимся к анализу риска трубопроводных систем. Основной ошибкой при этом может стать использование методик, широко применяемых для оценки энергетических потенциалов химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств, но не предусмотренных для оценки риска трубопроводных систем.

Так, в ряде Деклараций безопасности при рассмотрении аварий на газопроводах в качестве основного сценария развития аварии принимается сценарий сгорания топливо-воздушных смесей по механизму огневых шаров, в свою очередь, вызванного, например, коррозией в трубе или ее разрывом из-за оползня. В то же время действительным основным источником опасности при авариях на газопроводе является термическое излучение горячей струи газа или горение колонного типа при взаимодействии струи газа с котлованом, образующимся при аварии на газопроводе.

Еще один пример — при оценке риска аварий на метанолопроводе авторы Деклараций безопасности в качестве основного сценария аварии рассматривают взрыв паров разлитого метанола, в то время как концентрация паров над местом разлива, согласно расчетам, оказывается меньше нижнего концентрационного предела взрываемости.

Распространенным источником ошибок при определении частоты аварий является неправильный выбор аналога. Например, при анализе риска компрессорной станции (КС) в качестве аналога был выбран магистральный газопровод. В результате частота аварии на КС определялась как произведение длины технологических трубопрово-

дов КС на удельную частоту отказов для магистральных газопроводов, что приводило к занижению определяемой частоты более чем в 30 раз. Это связано с тем, что КС имеет свою ярко выраженную технологическую специфику по сравнению с магистральными газопроводами, где фактор геологической опасности существенно выше, а технологический фактор ниже. Так, на КС имеются места смены направления потоков, различного рода тройники, линейные краны. Более того, возможны вибрационные воздействия, а также повышенная температура выходящего газа.

При использовании зарубежной статистики следует обращать внимание на вид отказа.

Большинство ошибок при разработке деклараций безопасности связаны с отсутствием методических пособий по оценке риска опасных производственных объектов со сложной геологической и технологической спецификой, единой базы данных по авариям на различных производствах газотранспортного комплекса.

Типовой ситуацией реализации геоопасности является утрата геомеханической устойчивости объектов газотранспортного сооружения в виде несущей способности площадки (склона, берега, насыпи, траншеи, фундамента) или в виде изменения структуры водоносного горизонта. Главным следствием адекватных технических решений является обеспечение геомеханической стабильности как самих несущих грунтов, так и расположенных на (в) них инженерных конструкций. Эта проблема непосредственно связана с научным обеспечением управления риском аварий и катастроф и затрагивает фундаментальные положения теории экологического риска:

- превентивность;
- комплексность;
- взаимную адекватность компонентов триады — угрозу, инженерную защиту и систему мониторинговых наблюдений.

Возникновение напряжений в горных породах и грунтах в результате протекания различных локальных процессов сомнению не подвергается. Но обычно полагают, что процессы эти слишком медленны, вследствие чего возбуждаемые ими напряжения успевают релаксировать по мере их появления и потому не могут достигь сколь-нибудь значимой величины. Вследствие этого в геомеханике конкретные механизмы возбуждения локальных напряжений почти не рассматриваются.

В равновесном состоянии любые явно видимые процессы в системе прекращаются, в том числе и процессы релаксации напряжений. Это значит, что упругая энергия, накопленная в условиях, близких к изотропному напряженному состоянию, может сохраняться в несущих блоках неограниченно долго, пока это состояние не будет каким-либо образом нарушено.

В грунтах, засыпаемых в траншею, сочетание свойств жидких и сыпучих тел, минерального скелета и поровой влаги, органического

вещества создает многочисленные предпосылки для развития различных деформаций. При этом использование средств химической стабилизации водонасыщенных грунтов нуждается в масштабных натуральных модельных и вычислительных имитационных экспериментах по определению жизненного цикла веществ-стабилизаторов, воздействию их на компоненты окружающей среды и здоровье населения.

5.2.3. Задачи экологического риск-анализа

К основным составляющим риска относят экологическую, экономическую и социальную характеристики. Экономическими показателями ущерба (*экономический риск*) являются: утрата материальных ценностей, необходимость финансовых, порой значительных, затрат на восстановление потерянного и т. д. В число социальных показателей (*общественный риск*) входят: заболеваемость, ухудшение здоровья людей, смертность, вынужденная миграция населения, связанная с необходимостью переселения групп людей, и т. п. К экологическим показателям (*экологический риск*) относятся: разрушение биоты, негативное, порой необратимое, воздействие на экосистемы, ухудшение качества окружающей среды, связанное с ее загрязнением, повышение вероятности возникновения специфических заболеваний, отчуждение земель, гибель лесов, озер, рек, морей и т. д.

В задачи экологического риск-анализа входят:

- выявление контрастных экологических обстановок и зон повышенных мезоклиматических потенциалов, определяющих аномальные аэротехногенные выпадения загрязняющих веществ;
- выявление приоритетных природных и техногенных факторов, нарушающих безопасное функционирование инфраструктуры и способных вызвать катастрофический ущерб хозяйству района и здоровью людей;
- выделение незащищенных участков и уязвимых узлов инфраструктуры: транспорт, предприятия ТЭК, инженерные коммуникации, промышленные зоны и т. д.; анализ состояния их технологического контроля и превентивного мониторинга;
- разработка системы ранжирования территории по уровню экологической безопасности на региональном уровне для выявления нарушений конкретных компонентов природно-территориального комплекса при проектировании, строительстве и реконструкции ПХС;
- создание рекомендаций по предупреждению крупных аварий на территории и прилегающей акватории.

Основные этапы оценки экологического риска:

- 1) *идентификация опасности*, включающая учет всех химических веществ, загрязняющих окружающую среду, определение токсичности химического вещества для человека или экосистемы.

На этом этапе процедуры оценки риска анализ ведется на качественном уровне;

2) **оценка экспозиции** — 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. В идеальном варианте оценка экспозиции опирается на фактические данные мониторинга. Однако нередко этот подход не осуществим в связи с большими расходами, и тогда используются различные математические модели рассеивания атмосферных выбросов, их оседания на почве, диффузии и разбавления загрязнителей в грунтовых водах и/или открытых водоемах;

3) **оценка зависимости «доза — ответ»** — это 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;

4) **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 и обобщение всей информации по оценке риска.

Оценка экологических рисков, связанных с планируемыми действиями, учитывает их объем, масштаб, допустимость и возможность реализации на данной территории, а также оценку экологических рисков всей сопутствующей деятельности, обеспечивающей функционирование основного объекта. На данном этапе подготавливаются ограничения и рекомендации для следующих стадий инвестиционно-строительного процесса, выполнение которых позволяет ограничивать или минимизировать риск при их реализации.

В соответствии с европейским стандартом безопасного управления (BS-7750) расчет рисков применяется для решения следующих вопросов:

- выдача лицензии предприятию на хозяйственную деятельность в районе с заданными природными условиями и плотностью населения;

- определение размера платы за лицензию, исходя из опасности возможных нештатных ситуаций при обращении с опасными веществами;

- определение залоговых и страховых платежей при транспортировке и хранении опасных веществ для гарантированной реабилитации окружающей среды в случаях возможных нештатных ситуаций.

5.2.4. Модели оценки риска

Развитие теории риска привело к последовательному формированию принципов, характеризующих отношение человека и общества к их роли в обеспечении безаварийного нормального функционирования техногенных объектов:

- *принцип нулевого риска*, т. е. безусловной безопасности как важнейшего элемента качества жизни, сохранения окружающей среды и здоровья населения;

- *принцип последовательного приближения к абсолютной безопасности*, т. е. к нулевому риску, предполагающий определенное сочетание альтернативных структур, технологий и других характеристик и исследование этих сочетаний;

- *принцип минимального риска*, в соответствии с которым уровень опасности устанавливается настолько низким, насколько это реально достижимо, исходя из допущения, что любые затраты на защиту человека оправданы;

- *принцип сбалансированного риска*, следуя которому учитываются различные естественные опасности и антропогенные воздействия, изучается степень риска каждого события и условия, в которых люди подвергаются опасности;

- *принцип приемлемого риска*, базирующийся на анализе соотношений «затраты — риск», «выгода — риск», «затраты — выгода». Общество, исходя из своих возможностей, должно остановиться на некотором научно обоснованном приемлемом уровне риска.

Как и в большинстве стран мира, в России на данный момент принята концепция приемлемого риска, исходящая из того, что полное исключение риска либо практически невозможно, либо экономически нецелесообразно. Переход к этой концепции в СССР произошел после Чернобыльской катастрофы (1986 г.). До Чернобыльской катастрофы в атомной промышленности СССР преобладало стремление приблизиться к абсолютной безопасности, однако из-за беспрецедентного усложнения производств и появления принципиально новых технологий эта концепция стала неадекватной внутренним законам техносферы.

Данные законы имеют вероятностный характер, и нулевая вероятность аварии достигается лишь в системах, лишенных запасенной энергии, химических и биологически активных компонентов. На остальных же объектах (а таких большинство) аварии все равно возможны, их не исключат даже самые дорогостоящие инженерные меры.

Кроме того, Чернобыльская катастрофа высветила еще одну проблему — неадекватные действия персонала в нестандартной ситуации.

Инженерные методы (дублирование важных систем, разработка специальных систем безопасности), а также подготовка высококвалифицированного персонала позволяют снизить риск аварии, но нельзя забывать о том, сколько за это придется заплатить.

Ресурсы любого общества ограничены, и если мы вкладываем неоправданно много средств в технические системы предотвращения аварий, то вынуждены сокращать финансирование социальных программ. Весьма вероятно, что в итоге, даже с учетом уменьшения риска аварий, мы сократим среднюю продолжительность жизни человека и снизим ее качество. Это хорошо видно на графике зависимости риска от затрат на технические системы безопасности (рис. 5.1).

При увеличении затрат технический риск уменьшается, но растет социально-экономический. Кривая же суммарного риска имеет минимум при определенном соотношении между инвестициями в техническую и социальную сферы. Это надо учитывать при выборе уровня риска, с которым общество вынуждено мириться.

Схема оценки техногенного воздействия на окружающую среду состоит из следующих основных блоков:

- расчет техногенного воздействия как потенциального (прогнозируемого) риска в соответствии с результатами оценки качества среды;
- оценка реального риска здоровью с использованием статистических и экспертных аналитических методов;

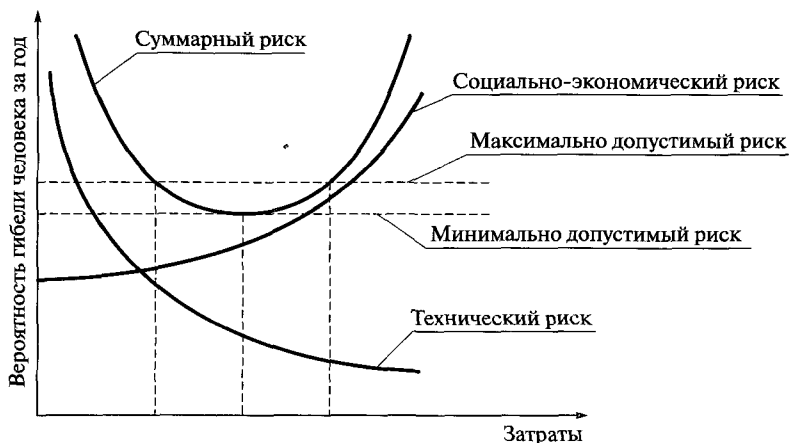


Рис. 5.1. Зависимости степени суммарного риска и его составляющих от размера затрат на его предупреждение

- оценка индивидуального риска на основе расчета накопленной дозы и применения методов дифференциальной диагностики.

Для расчета рисков используется стандартное программное обеспечение. Программа содержит модели для расчета физических эффектов при аварийных выбросах опасных веществ:

- 1) выброс газа, пара, двухфазный поток из резервуара, двухфазный поток из трубопровода и выброс с разбрызгиванием;

- 2) кипение, сопровождающееся:

- мгновенной вспышкой, испарением кипящей жидкости при разлитии;

- испарением кипящей жидкости с поверхности, покрытой гравием;

- испарением кипящей жидкости с поверхности жидкости и испарение некипящей жидкости;

- 3) рассеяние с расчетом:

- профилей концентраций и массивов значений облаков для мгновенных и продолжающихся выбросов токсичных и воспламеняющихся веществ;

- взрывающейся массы для воспламеняющихся материалов с нейтральной плавучестью, тяжелым газом или модели распространения струи;

- 4) тепловое излучение, сопровождаемое вспышкой, пожаром разлития или «огненным шаром»;

- 5) взрывы (модель ударной волны, модель взаимосвязей и взрыва из разгерметизированных резервуаров, находящихся под давлением).

Программа включает в себя выбор вещества для использования в расчете эффектов. В банке программы находится более 3 тыс. потенциально опасных веществ с соответствующим описанием параметров. Состояние первичного облака определяет его дальнейшее рассеяние. Это тяжелые газы или пары, выброс с разбрызгиванием, кипящая жидкость или газ с нейтральной плавучестью.

На основании полученных данных, исходя из известного количества людей, оказавшихся под действием токсического облака, рассчитанной концентрации при типичных природных условиях, определяется распределение возможных уровней индивидуального риска для жизни людей, проживающих в потенциально опасной зоне.

5.2.5. Уровень приемлемого экологического риска антропогенных воздействий

В международной практике в настоящее время концепция приемлемого риска известна как принцип ALARA (As Low As Reasonable Achievable), т. е. настолько низко, насколько это достижимо в разумных пределах.

Обычно *уровень приемлемого риска* устанавливается по отношению к индивидуальному риску. Во многих странах (например, в Нидерландах) величина 10^{-6} законодательно принята в качестве порога приемлемого индивидуального риска от всех техногенных и природных опасностей. В некоторых странах устанавливается два уровня риска — 10^{-4} (верхний уровень) и 10^{-8} (нижний уровень).

Методологические основы, принципы, инструменты и процедуры анализа риска разных видов хозяйственной деятельности в основных природных обстановках России к настоящему времени сформированы лишь в самом общем виде. Базовым принципом при этом является представление о приемлемом экологическом риске во время функционирования природно-хозяйственных систем. В данной книге вопросы экологического риск-анализа представлены через экологические ограничения.

Подлинное экологическое ограничение означает невозможность его преодоления или чрезмерно высокую цену преодоления. Как правило, это гибель экосистемы.

Мнимое ограничение можно преодолеть известными смягчающими мерами, как правило, компенсируемым воздействием. Иными словами, знание таких ограничений позволяет учесть их при проектировании и реализации проекта (например, радоноопасность — проблема есть, но рейтинг ее различен в разных странах; сейсмичность — нужно лишь выполнять требования безопасности и можно строить метро в Ташкенте, несмотря на катастрофическое землетрясение 1966 г.).

Все планируемые объекты имеют оценки воздействия на окружающую среду и каждый по отдельности, в конкретные временные промежутки удовлетворяют экологическим нормативам. Очевидно, что в случае нештатных и чрезвычайных ситуаций взаимное влияние существующих и планируемых промышленных объектов, как показывают расчеты зон экологического риска методом предельных переходов, является ощутимым. Более того, при совмещении рисков различной природы и от разных источников возможно провоцирование чрезвычайных ситуаций. Необходимо осмысливать совокупные изменения в окружающей среде при реализации (часто синхронной) всех или большинства технических проектов и при экологической экспертизе возводимых объектов учитывать их взаимное влияние друг на друга и синергизм воздействия на окружающую среду.

Пороговым значением риска, после которого наступает принятие соответствующих управленческих решений или применение экономических механизмов воздействия, является значение риска, большее 0,001.

5.3. Процедура оценки экологического риска

Для крупных инженерных сооружений высокого риска (газопровод, территория нефтепромысла, АЭС и др.) требуются данные

оперативного мониторинга, проводимого обычно ведомственными службами контроля. Эти данные служат основой для оценки риска, которые носят циклический характер. Повторение их обязательно при любом существенном изменении данных предыдущего расчета.

Источниками информации для экологического риск-анализа ПХС и объектов ПЭУ служат:

- проектные материалы (технические решения и экологическое обоснование), кадастровые сведения о природных ресурсах, результаты прошлой хозяйственной деятельности на рассматриваемой территории, ее современном состоянии;
- материалы прошлых экологических обследований территории;
- сведения о природных условиях территории (физико-географические, климатические, геоморфологические, почвенные, геоботанические, ландшафтные, гидрологические, геологические);
- данные надзорных органов об экологическом состоянии исследуемой территории;
- материалы натурного обследования территории, рекогносцировки местности;
- материалы специальных полевых изысканий территории и лабораторных исследований;
- сведения о хозяйственном использовании прилегающих территорий (объекты в зоне влияния рассматриваемой загрязненной территории, собственники и землепользователи).

На каждом цикле исследования выполняются: сбор и обработка информации, оценка необходимости формирования «шторм»-предупреждений, выработка рекомендаций по изменению структуры системы, анализ деятельности объекта в нештатной ситуации.

Для оценки экологического состояния загрязненных территорий существуют два подхода: подход, основанный на нормативах качества, и подход, основанный на оценке риска. Также используются комбинированные модели, сочетающие оба подхода.

При исследовании производственных зон выделяют следующие *виды экологических рисков*:

- 1) риски от продолжительных, контролируемых воздействий, выбросов, сбросов;
- 2) риски от аварийных выбросов, сбросов, чрезвычайных ситуаций;
- 3) транспортные риски от транспортировки опасных материалов;
- 4) риски от воздействия опасных отходов.

В России законодательно закреплён подход к оценке территорий на основе нормативов качества компонентов окружающей среды.

Целесообразно оценивать как современное состояние территории и ответственность, связанную с ликвидацией существующего загрязнения (рекультивация, компенсационные выплаты по нанесенным ущербам), так и *потенциальные экологические риски* — риски,

связанные с потенциальным возможным негативным воздействием на окружающую среду. Они могут быть обусловлены:

- наличием неблагоприятных природных условий территории, способствующих распространению экотоксикантов;
- высокой вероятностью возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;
- высокой вероятностью возникновения аварийных ситуаций, сбросов и выбросов загрязняющих веществ;
- наличием субъектов потенциального экологического риска.

5.3.1. Использование данных мониторинга и контроля

Основные факторы риска на территории проекта исследуются на этапе инженерно-экологических изысканий (а затем — в процессе мониторинга и контроля). Эти оценки служат характеристикой ассимиляционной емкости участка будущей ПХС, которая сопоставляется с технологическими параметрами производства. Экономическое и социальное развитие современного общества предполагает широкое использование химических веществ в производственной среде и быту, поэтому химические факторы риска для человека и окружающей среды исследуются в первую очередь.

Среди *химических факторов риска* оцениваются во всех компонентах среды:

- превышение ОДК (ПДК) для тяжелых металлов; степень загрязнения бенз(а)пиреном хлорорганическими пестицидами и ПХБ;
- сверхнормативные количества формальдегида, фенолов и летучих углеводородов (бензол, толуол, этилбензол, мета-, пара- и ортоксилолы);
- сопоставление с СанПиН 2.1.7.1287—03 и оценка степени загрязнения.

Измерения физических факторов риска касаются:

- акустической обстановки для территорий жилой застройки в дневное время суток;
- напряженности магнитных полей тока промышленной частоты;
- уровней инфразвука и общих уровней звукового давления на территории (по периметру);
- эквивалентных скорректированных уровней вибрации.

Эпидемиологические факторы риска оцениваются через содержание бактерий кишечной группы в почвах и воде.

Среди *токсикологических факторов риска* устанавливают:

- класс опасности при внутрижелудочном введении грунтов;
- действие грунтов на кожные покровы и слизистые оболочки глаз;

• биотестирование токсичности водных вытяжек по показателю острой токсичности (It) на гранулированной сперме быка и на дафниях.

По всем факторам риска выполняется опробование сносимых строительных конструкций (пол, стены, фундамент) В пробах строительных конструкций определяется содержание тяжелых металлов, органических загрязнителей, специфических токсикантов (при наличии).

Оценка класса опасности отходов грунта выполняется либо по результатам биотестирования с использованием трех тест-объектов, либо расчетным методом.

Оценка класса опасности отходов строительных материалов осуществляется при демонтаже зданий, дорожных покрытий и прочих сооружений (бой строительного кирпича, железобетонных изделий, бетонных изделий, отходы керамзита, лом стальной несортированный, изделия из древесины, мусор строительный от разборки зданий, отходы рубероида, отходы асфальтобетона).

При выполнении отбора проб строительных конструкций каждая проба формируется из большого числа навесок (30 — 50). Для определения класса опасности отходов строительных конструкций отбирают сводные пробы на токсикологический анализ.

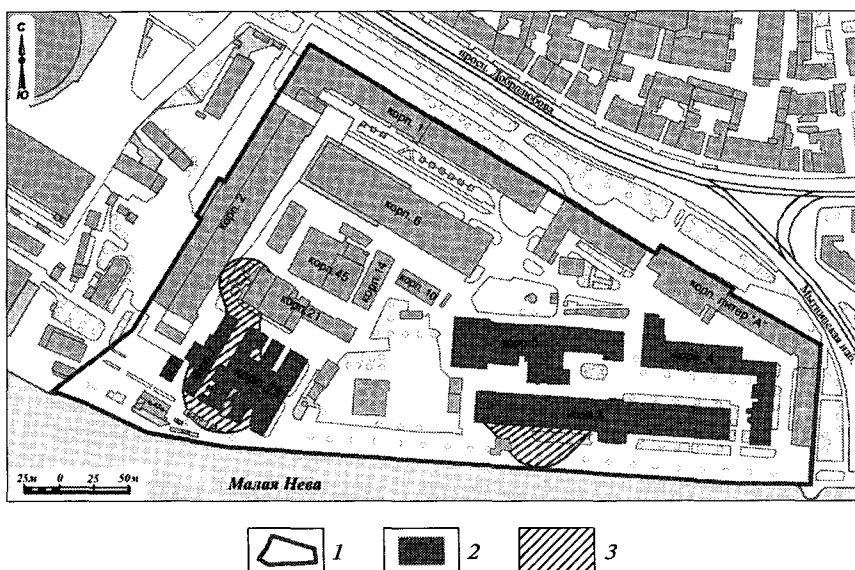


Рис. 5.2. Зоны загрязнения территории РНЦ «Прикладная химия» в соответствии с европейскими нормами:

1 — контур оцениваемого участка; 2 — корпуса, являющиеся эпицентрами химического загрязнения; 3 — участки, требующие санации грунтов в соответствии с нормативами Германии

Например, описанный набор исследований экологического риска обращения с грунтами, включая и скважины в интервале глубин 5—10 м, был выполнен на участках строительства зданий и сооружений комплекса «Набережная Европы» (в историческом центре Санкт-Петербурга, где ранее размещался РНЦ «Прикладная химия»). Была установлена необходимость рекультивации (санации) грунтов (рис. 5.2). В основном грунты относились к V классу опасности по классификации МПР России, а на ограниченном по площади и глубине участке — к IV классу.

5.3.2. Экотоксикологические исследования рисков

Исследование экологических рисков, создаваемых любой ПХС, включает три главных компонента:

1) *источник загрязнения* (действующее производство либо объект ПЭУ, например почвы, когда-то сильно загрязненные токсичным или радиоактивным веществом, протекающая емкость с хранящейся в ней нефтью и т. п.);

2) *рецептор* (объект окружающей среды, на который загрязнение, по-видимому, окажет или уже оказывает неблагоприятное воздействие, например население поселка, грунтовая вода, некоторые экосистемы или нечто другое);

3) *направление распространения загрязнения* («путь», по которому рецептор вступил в контакт с загрязняющими веществами).

Взаимосвязи загрязнителя и рецепторов существуют, если в наличии имеются все три вышеперечисленных компонента. Необходимо оценить вероятность образования этих взаимосвязей. Оценка риска включает характеристику данных взаимозависимостей и обычно содержит схематическое изображение источника загрязнений, схему измерений и моделирование судьбы и процессов переноса загрязнения по путям распространения, а также оценку его возможного воздействия на рецептор и на его поведение. С помощью этой методологии оценивают не только существующую ситуацию, но и прогнозируют любые изменения во взаимосвязях в будущем.

С помощью методов экотоксикологии исследуется вероятность развития у растений и животных неблагоприятных эффектов, обусловленных воздействием факторов окружающей среды. Экотоксикология занимается выяснением механизмов (особенно биохимических и физиологических) токсического действия антропогенных факторов на живые организмы в природной среде, изучает источники поступления вредных веществ в окружающую среду, их распространение и трансформацию в окружающей среде, действие на живые организмы. Центральным элементом всех экотоксикологических исследований являются принципы экотоксичности, а основными рассматриваемыми вопросами — характеристика ксенобиотического профиля

среды обитания, проблемы экотоксикокинетики, экотоксикодинамики, экотоксикометрии.

Ксенобиотический профиль¹ — один из важнейших факторов внешней среды (наряду с температурой, освещенностью, влажностью, трофическими условиями и т. д.), который может быть описан качественными и количественными характеристиками.

Для экотоксикологии интерес представляют лишь молекулы, обладающие **биодоступностью** (как правило, это соединения, находящиеся в газообразном или жидком состоянии, адсорбированные на частицах почвы и различных поверхностях, мелкодисперсная пыль (размер частиц 10...50 мкм)). Экосистемы адаптированы к соответствующему естественному ксенобиотическому профилю, но под действием накопления в нем поллютантов начинают медленно отравляться, т. е. поллютант приобретает свойства экотоксиканта.

Вещества, представляющие опасность для окружающей среды, характеризуются в водной среде следующими показателями острой токсичности: 1) средняя смертельная концентрация при воздействии на рыбу в течение 96 ч составляет не более 10 мг/л; 2) средняя концентрация яда, вызывающая определенный эффект при воздействии на дафнии в течение 48 ч, — не более 10 мг/л; 3) средняя ингибирующая концентрация при воздействии на водоросли в течение 48 ч — не более 10 мг/л.

Формирование ксенобиотического профиля. К числу природных источников биодоступных ксенобиотиков, по данным ВОЗ (1992), относятся переносимые ветром частицы пыли, аэрозоль морской соли, вулканическая деятельность, лесные пожары, биогенные частицы, биогенные летучие вещества. Другим источником ксенобиотиков в среде, значение которого неуклонно возрастает, является деятельность человека.

Персистирование. Многочисленные абиотические (происходящие без участия живых организмов) и биотические (происходящие с участием живых организмов) процессы в окружающей среде направлены на удаление экотоксикантов.

Вещества, оказывающиеся устойчивыми к процессам разрушения и вследствие этого длительно накапливающиеся в окружающей среде, как правило, являются потенциально опасными экотоксикантами (табл. 5.1).

К персистентным веществам относятся тяжелые металлы (свинец, медь, цинк, никель, кадмий, кобальт, сурьма, ртуть, мышьяк, хром), полициклические полигалогенированные углеводороды, некоторые

¹ *Ксенобиотический профиль* — совокупность чужеродных веществ-поллютантов, содержащихся в окружающей среде (воде, почве, воздухе и живых организмах) в форме (агрегатном состоянии), позволяющей им вступать в химические и физико-химические взаимодействия с биологическими объектами экосистемы.

Таблица 5.1. Периоды полужизни экотоксикантов из биоценозов

Поллютант	Период полужизни	Среда
Нефтепродукты	1 000 лет	Донные осадки
Свинец	1 500 лет	Почва
Цинк	450 лет	То же
ДДТ	10 лет	»
Атразин	25 мес	Вода (рН 7)
Бензоперилен	14 мес	Почва
Фенантрен	138 сут	То же
Карбофуран	45 сут	Вода (рН 7)
Иприт	7 сут	Почва ($t = 15^{\circ}\text{C}$)
Зарин	4 ч	То же

хлорорганические пестициды (ДДТ, гексахлоран, алдрин, линдан и т. д.) и многие другие вещества.

Трансформация. Подавляющее большинство веществ подвергается в окружающей среде различным превращениям. Характер и скорость этих превращений определяют их стойкость. На стойкость вещества в окружающей среде влияет большое количество процессов. Основными являются *фотолит* (разрушение под влиянием света), *гидролиз*, *окисление*.

В результате превращения химических веществ в окружающей среде образуются новые вещества. При этом их токсичность иногда может быть выше, чем у исходного агента.

Биотическая трансформация. Абиотическое разрушение химических веществ обычно проходит с малой скоростью. Значительно быстрее деградируют ксенобиотики при участии биоты, особенно микроорганизмов (главным образом бактерий и грибов), которые используют их как питательные вещества. Деградация соединения может завершаться его полным разрушением, т. е. *минерализацией* (образование воды, диоксида углерода, других простых соединений). Однако возможно образование промежуточных продуктов биотрансформации веществ, обладающих порой более высокой токсичностью, чем исходный агент. Так, превращение неорганических соединений ртути фитопланктоном может приводить к образованию более токсичных ртутьорганических соединений, в частности метилртути.

Биоаккумуляция — способность вещества переходить из окружающей среды в биообъекты (например, водные организмы). К био-

аккумулирующим относят химические соединения с коэффициентом (фактором) биоаккумуляции для рыб более 500, а также вещества, у которых логарифм коэффициента распределения октанол-вода превышает 4,0.

Экотоксикодинамика — раздел экотоксикологии, рассматривающий конкретные механизмы развития и формы токсического процесса, вызванного действием экотоксикантов на биоценоз и/или отдельные виды, его составляющие. Можно выделить прямое, опосредованное и смешанное действие экотоксикантов.

Прямое действие — это непосредственное поражение организмов определенной популяции или нескольких популяций (биоценоза) экотоксикантом или совокупностью экотоксикантов данного ксенобиотического профиля среды. Примером веществ с подобным механизмом действия на человека является кадмий. Этот металл накапливается в организме даже при минимальном его содержании в среде и при достижении критической концентрации инициирует токсический процесс, проявляющийся поражением дыхательной системы, почек, иммуносупрессией и канцерогенезом.

Опосредованное действие ксенобиотического профиля среды на биотические или абиотические элементы условия обитания популяции состоит в том, что последние перестают быть оптимальными для ее существования. Многие токсиканты способны оказывать как прямое, так и опосредованное, т. е. **смешанное, действие**. Примером веществ, обладающих смешанным механизмом экотоксического действия, являются, в частности, гербициды.

Экотоксичность — это способность данного ксенобиотического профиля среды вызывать неблагоприятные эффекты на уровне популяции и биоценоза (гибель популяции, рост заболеваемости и смертности, уменьшение рождаемости, нарушение популяционных характеристик, исчезновение отдельных видов и появление новых, не свойственных данному биоценозу, нарушение межвидовых взаимоотношений).

В общем случае среди сложных систем экотоксичность характеризуется целым рядом показателей качественно или полуколичественно через понятие «экологический риск». В зависимости от продолжительности действия экотоксикантов на экосистему можно говорить об *острой* и *хронической экотоксичности*.

В большинстве случаев приходится иметь дело со случаями хронической экотоксичности. Среди механизмов экотоксичности выделяют:

- прямое действие токсикантов, приводящее к массовой гибели представителей чувствительных видов;
- прямое действие ксенобиотика, приводящее к развитию специальных форм токсического процесса (иммуносупрессивное действие, канцерогенез, снижение репродуктивных возможностей);
- прямое действие экополлютантов на эмбрионы;

- прямое действие продукта биотрансформации поллютанта с необычным эффектом;
- опосредованное действие путем сокращения пищевых ресурсов среды обитания;
- взрыв численности популяции вследствие уничтожения вида-конкурента.

Все виды классических количественных токсикологических исследований в полной мере используются для определения экотоксичности ксенобиотиков.

Острая токсичность экополлютантов определяется экспериментально на нескольких видах, являющихся представителями различных уровней трофической организации в экосистеме (водоросли, растения, беспозвоночные, рыбы, птицы, млекопитающие).

Агентство по защите окружающей среды США (US EPA) требует при определении критериев качества воды, содержащей некий токсикант, определения его токсичности, по крайней мере, на 8 различных видах пресноводных и морских организмов (16 тестов).

Экотоксичные вещества (отходы) — вещества или отходы, которые в случае попадания в окружающую среду представляют или могут со временем представить угрозу для окружающей среды в результате биоаккумуляции и/или оказывать токсичное воздействие на биотические системы. Экотоксичность зависит не только от токсичности компонентов вещества (отхода), но и от степени их подвижности в ландшафтах (экосистемах). Основными механизмами попадания компонентов отхода в ландшафты являются испарение летучих веществ и выщелачивание. Любой тест на экотоксичность должен включать выщелачивание, которое проводится, как правило, водой с рН 5,6—7,0 (вода, уравновешенная с атмосферным CO₂). Экстракт впоследствии либо подвергается химическому анализу на содержание токсичных компонентов (практика US EPA), либо исследуется на биологических тест-объектах (практика ЕС). В качестве тест-объектов используются дафнии или одноклеточные водоросли.

В обнаружении и оценке риска (опасности) большую роль играют моделирование поведения химикатов в окружающей среде и экспериментальное выявление их токсических свойств по отношению к различным звеньям экосистем.

На всех этапах оценки особое внимание уделяется выделению как источников опасности, так и *факторов экологического риска*. Источником опасности, или фактором риска, называется случайное событие, реализация которого может привести к реализации риска для субъекта риска. К реализации одного и того же риска могут привести разные факторы. Например, к загрязнению поверхностных вод могут привести сбросы сточных вод в водоем через организованные выпуски, загрязненные стоки с земель, аэротехногенные выпадения и пр. Таким образом, риск можно дифференцировать на отдельные составляющие — факторные риски.

5.3.3. Собственно оценка экологического риска

Важным элементом оценки экологического риска является выявление опасности, связанной с возможным пассивным воздействием на среду различных химических веществ (изменение ксенобиотического профиля среды) и определение вероятности такого воздействия.

Как правило, оценка экологического риска проводится в форме заказного исследования, выполняемого для получения информации, имеющей перспективный или ретроспективный характер и необходимой заказчику (законодательные, управленческие структуры и т.д.) для принятия административных решений. Поэтому в отличие от научных экотоксикологических исследований, в ходе которых рассматриваются объективные закономерности реакций биоценоза на действие стрессора, при определении экологического риска в качестве объектов среды, подлежащих изучению и защите, могут выступать характеристики биосистемы, имеющие антропоцентрическое значение, а порой и отдельные элементы окружающей человека природы, субъективно воспринимаемые общественным мнением как весьма значимые. Методология оценки экологического риска до конца не разработана. В подавляющем большинстве случаев ее выводы носят качественный, описательный характер. Попытки внедрить методы количественной оценки сталкиваются с серьезными трудностями. Это обусловлено сложностью экосистем, комплексностью воздействия на среду стрессоров любой природы, недостаточной изученностью характеристик экотоксической опасности большого количества ксенобиотиков, используемых человеком, и т.д.

Поскольку процедура оценки риска сложна и в значительной степени характеризуется неопределенностью, в целях стандартизации исследований US EPA разработало и утвердило план проведения таких работ. Он содержит описание последовательности решения задачи, организации и анализа данных, учета неопределенностей и допущений для получения в какой-то степени унифицированной приблизительной информации о вероятности развития неблагоприятных экологических эффектов. Согласно этому плану, *оценка экологического риска* включает следующие этапы:

1) формулирование проблемы и разработка плана анализа ситуации:

- совместное обсуждение целей исследования специалистами по оценке риска и лицами, принимающими решение;
- определение характеристик так называемых стрессоров, под которыми подразумеваются не только потенциально опасные вещества, но и энергетические поля, ионизирующая радиация, резкое изменение температуры и др.;
- идентификация экосистемы, подверженной риску;
- идентификация возможных экологических эффектов;
- выбор значимой меры ответа, используемой в качестве индекса влияния на организм или экосистему в целом;

- выбор концептуальной модели риска для анализа исходных данных;
 - оценка надежности данных, верификация точности модели;
 - разработка и проведение программы мониторинга;
- 2) анализ экологической ситуации:
- характеристика условий и уровней воздействия;
 - характеристика экологических эффектов;
 - анализ экологических ответов с установлением профилей «до-за — ответ»;
- проверка надежности используемых данных;
- 3) характеристика экологического риска:
- интегрирование предыдущей информации;
 - описание риска;
 - интерпретация значимости экологических эффектов;
 - передача информации по характеристике риска с анализом неопределенностей для разработки управленческих решений.

5.4. Российское законодательство о риске

В российском законодательстве отсутствует определение термина «риск» как такового, хотя слово «риск» и словосочетания с ним содержатся в заглавии 115 законодательных документов РФ федерального уровня. Лексическая логика состоит в том, что регулируются отношения в области *обеспечения безопасности* с помощью нормативов *риска*. Действующее экологическое законодательство в различных нормативно-правовых актах определяет весьма широкий круг правил обращения с радиоактивными, бактериологическими, химическими веществами и отходами. Общие правила сформулированы в Федеральном законе «Об охране окружающей среды» (№ 7-ФЗ, в действующей редакции), в частности, в ст. 47—49 — экологические требования при использовании радиоактивных материалов и химических веществ, в ст. 51 — охрана окружающей среды от производственных и бытовых отходов. Специальные правила формулируются в подзаконных актах, например, «О государственной регистрации потенциально опасных химических и биологических веществ», санитарно-эпидемиологических требованиях к обращению с медицинскими отходами (СанПиН 2.6.6.2796—10), санитарных правил обращения с радиоактивными отходами (СПОРО—2002).

5.4.1. Законодательная база риск-анализа

На предотвращение вредного воздействия хозяйственной или иной деятельности направлены сформулированные в Законе «Об охране окружающей среды» от 10 января 2002 г. (с изменениями, внесен-

ными Федеральным законом от 25.06.2012 г. № 93-ФЗ), основные положения об экономическом механизме охраны окружающей среды, о нормировании качества окружающей среды, экологической экспертизе, чрезвычайных экологических ситуациях, экологическом контроле, а также экологические требования при размещении, проектировании, строительстве, реконструкции, вводе в эксплуатацию, эксплуатации предприятий, сооружений и иных объектов.

Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» (от 30.03.1999 г. № 52-ФЗ, в ред. № 93-ФЗ от 25.06.2012 г.) определяет общие требования по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения, в том числе и при осуществлении хозяйственной или иной деятельности, представляющей угрозу экологической безопасности.

Значимым законом, регулирующим отношения в области обеспечения экологической безопасности, является Федеральный закон «Об экологической экспертизе» № 174-ФЗ от 23.11.1995 г. (ред. Федерального закона № 133-ФЗ от 28.07.2012 г.).

В 1995 г. были приняты федеральные законы «Об использовании атомной энергии» от 21.11.1995 г. № 170-ФЗ (ред. 25.06.2012 г.) и «О радиационной безопасности населения» от 09.01.1996 г. № 3-ФЗ (ред. от 19.07.2011 г. № 248-ФЗ), которые определили жесткие условия по обеспечению безопасности при использовании атомной энергии и установили повышенные требования к должностным лицам и персоналу ядерных объектов, что предопределяет снижение аварийности на ядерных объектах и оздоровление окружающей среды. В частности, закреплены гигиенические нормативы (допустимые пределы доз) облучения населения и работников, общие требования к обеспечению радиационной безопасности, права и обязанности компетентных органов, должностных лиц и населения в области обеспечения радиационной безопасности.

Федеральный закон «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» от 21.12.1994 г. № 68-ФЗ (в ред. от 01.04.2012 г. № 23-ФЗ) обозначил комплекс мероприятий, проводимых заблаговременно на аварийно-опасных предприятиях и направленных на максимально возможное уменьшение риска возникновения чрезвычайных ситуаций, а также сохранение здоровья людей, снижение размеров ущерба окружающей природной среде и материальных потерь в случае их возникновения.

Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 г. № 116-ФЗ (в ред. 25.06.2012 г. № 93-ФЗ) направлен на предупреждение аварий на опасных производственных объектах, перечень которых приводится в приложениях к закону. В соответствии с законом требования промышленной безопасности должны соответствовать нормам экологической безопасности. В 2011 — 2012 гг. в него и ряд законодательных актов РФ внесены изменения (№ 243-ФЗ, № 337-ФЗ, № 93-ФЗ),

касающиеся проведения экспертизы промышленной безопасности: признаки опасных объектов и характеристики опасных веществ, перечень предельных количеств опасных веществ на объекте, являющихся основанием для разработки Декларации о промышленной безопасности. Одновременно был принят Федеральный закон «О безопасности гидротехнических сооружений» № 117-ФЗ (в ред. от 07.12.2011 г. № 417-ФЗ), предусматривающий обеспечение допустимого уровня риска аварий гидротехнических сооружений (ГТС), представление деклараций безопасности, государственный надзор за безопасностью ГТС, осуществление мер безопасности, в том числе установление критериев безопасности, оснащение гидротехнических сооружений техническими средствами в целях постоянного контроля за их состоянием.

Федеральный закон «О безопасном обращении с пестицидами и агрохимикатами» от 19.07.1997 г. № 109-ФЗ (ред. от 19.07.2011 г.) устанавливает правовые основы обеспечения безопасного обращения с пестицидами, в том числе с их действующими веществами, а также с агрохимикатами в целях охраны здоровья людей и окружающей природной среды.

Целью принятия Федерального закона «Об отходах производства и потребления» от 24.06.1998 г. № 89-ФЗ (ред. от 28.07.2012 г. № 128-ФЗ) является предотвращение вредного воздействия отходов производства и потребления на здоровье человека и окружающую природную среду. Указанная цель достигается путем лицензирования деятельности по обращению с отходами, разработки нормативов образования отходов и лимитов на размещение отходов в целях уменьшения количества их образования, составления паспортов опасных отходов, установления жестких требований безопасности на всех этапах обращения с опасными отходами.

Нормы, регулирующие отношения в области обеспечения экологической безопасности, содержатся также в Водном кодексе Российской Федерации от 03.06.2006 г. № 74-ФЗ (ред. от 25.06.2012 г. № 93-ФЗ), Федеральных законах «О недрах» (в ред. от 28.07.2012 г. № 374-ФЗ), «О континентальном шельфе РФ» (в ред. от 21.11.2011 г. № 331-ФЗ), «Об охране атмосферного воздуха» (ред. от 25.06.2012 г. № 93-ФЗ, № 248-ФЗ от 19.07.2011 г.), Лесном кодексе Российской Федерации от 04.12.2006 г. № 200-ФЗ (ред. от 28.07.2012 г. № 133-ФЗ) и др.

Отметим, что обеспечить экологическую безопасность невозможно только национальными мерами. Для достижения этой цели требуется широкое сотрудничество с другими государствами. В настоящее время в сфере международной охраны окружающей среды действует более 900 нормативно-правовых актов.

В число основных международно-правовых документов правового регулирования экологической безопасности Российской Федерации входят:

- Конвенция о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением (Базель, 1989) (вступила в силу на территории РФ с 01.05.1995 г. № 93-ФЗ);
- Конвенция о помощи в случае ядерной аварии или радиационной аварийной ситуации (Вена, 1986) (вступила в силу для СССР в 1987 г.);
- Конвенция (№ 174) о предотвращении крупных промышленных аварий (Женева, 1993), Российская Федерация ратифицировала Конвенцию в 2011 г. (№ 366-ФЗ);
- Конвенция о трансграничном воздействии промышленных аварий (Хельсинки, 1992), положения Конвенции регулируются на территории РФ Постановлением Правительства РФ № 1118 в ред. от 15.02.2011 г.;
- Конвенция о трансграничном загрязнении воздуха (Женева, 1979), положения Конвенции на территории РФ регулируются Постановлениями Правительства РФ № 377 (1992), № 657 (1994);
- Конвенция об оценке воздействия на окружающую среду в трансграничном контексте (Эспо, 1991) подписана Российской Федерацией 06.06.1991 г. На 08.08.2012 г. Конвенция не ратифицирована и не вступила в силу для РФ (проект ФЗ «О ратификации Конвенции об оценке воздействия на окружающую среду в трансграничном контексте и о присоединении к Протоколу по стратегической экологической оценке к Конвенции об оценке воздействия на окружающую среду в трансграничном контексте» предполагает вступление в силу Конвенции в 2013 г.).

5.4.2. Процесс принятия решений в условиях риска

Процесс принятия решения в условиях риска включает три основных этапа (Управление риском..., 2000):

- *оценка риска*, направленная на выявление и количественное описание рисков. Основным результатом этой процедуры должны быть количественные оценки последствий (например, прогноз увеличения заболеваемости и смертности и их вероятностные распределения в применении к различным группам населения, подвергшегося данному вредному воздействию);
- *анализ рисков*, который имеет своей целью сравнение количественных величин рисков для различных сценариев (например, возможные последствия чрезвычайной ситуации природного или техногенного характера просчитываются для различных климатических условий с тем, чтобы обеспечить оперативное управление при возникновении чрезвычайной ситуации). Одна из задач такого анализа состоит в планировании мероприятий по уменьшению риска, а также нахождению средств для повышения безопасности и оптимальному распределению ресурсов на безопасность;

• *управление риском*, предусматривающее переход от аналитических результатов оценки риска к организационно-техническим решениям.

Для лиц, принимающих решения в области менеджмента проекта, менеджмента риска и менеджмента бизнеса разработан ГОСТ Р 51901.4—2005; ГОСТ Р 22.0.07—95 (Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Источники техногенных чрезвычайных ситуаций. Классификация и номенклатура поражающих факторов и их параметров) и ряд других.

Значительное число нормативных документов в этой области действуют как отраслевые стандарты (например, СТО Газпром 2-2.3-351—2009. Методические указания по проведению анализа риска для опасных производственных объектов газотранспортных предприятий ОАО «Газпром», Методика оценки систем безопасности и жизнеобеспечения на потенциально опасных объектах, зданиях и сооружениях. — МЧС РФ, 2003; РД 03-14—2005. Порядок оформления декларации промышленной безопасности опасных производственных объектов и перечень включаемых в нее сведений).

Базовые положения анализа были разработаны в РД 08-120—96¹. Методические указания по проведению анализа риска опасных промышленных объектов.

Стандарт рассматривал следующие стадии анализа:

1) *определение ситуации*, включая подтверждение целей проекта, экологическую ситуацию и критерии приемлемости и допустимости риска, используемые для оценки риска на более поздних стадиях процесса;

2) *идентификация риска* — решающая стадия (найти, перечислить и охарактеризовать все виды риска, которые могут влиять на выполнение проекта в целом или на отдельные его звенья);

3) *оценка и анализ* каждого идентифицированного риска, в том числе со стороны мониторинга риска;

4) *исследование и мониторинг риска*;

5) *обмен информацией* по вопросам риска (включая консультацию).

Отчет по результатам риск-анализа используют в качестве исходных данных для принятия решения. Все обсуждения проекта должны предусматривать возможность для дискуссии и решения вопросов, связанных с риском. Обсуждения могут быть формальными или неформальными, но все дискуссии и решения, касающиеся вопросов риска, должны быть зарегистрированы и зафиксированы в отчете.

¹ В настоящее время не действуют. Действующая редакция РД 03-418—01. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов, 2001.

5.4.3. Методическое обеспечение исследований риска

Как указывалось ранее, риск-анализ начинается с идентификации опасностей и их оценки. Необходимо определить вероятность проявления (или повторяемость) той или иной опасности определенного энергетического класса для взятой территории за заданный интервал времени. Каждый проект включает в себя различные виды риска. Риск проекта может относиться как непосредственно к проекту, так и к продукту проекта.

Имеется ряд методов идентификации риска: мозговой штурм, экспертные оценки, структурированные интервью, анкетные опросы, контрольные списки, исторические данные, предыдущий опыт, данные испытаний и моделирования, оценки по объектам-аналогам. Идентифицированные виды риска должны быть проанализированы и оценены. В процессе анализа риска устанавливают пределы эффективных границ риска и определяют вероятность появления и воздействия на связанные цели неблагоприятных событий.

Анализ риска может быть выполнен качественными или количественными методами. Предварительный *качественный анализ* возможен на ранних этапах проектирования, когда отсутствуют необходимые данные или их очень мало. *Количественный анализ* применяют, когда имеется большая база необходимых данных.

Методические материалы по оценке риска (руководства, указания, рекомендации) обеспечиваются значительным количеством нормативных документов: по воздействиям на воздух — 31, на водные объекты — 31, на почву — 18, для продуктов питания — 15, о размерах санитарно-защитных и буферных зон — 6 документов.

Определение в рамках экосистем оптимальных параметров качества для обеспечения эволюции живого, включая человека, требует широкого применения *методов нормирования* антропогенного воздействия на окружающую среду. Нормирование базируется на использовании *метода предельно допустимых воздействий на окружающую среду*. Этот метод используется и *при изъятии биоресурсов* путем установления квот, лицензирования и ограничения времени изъятия биоресурсов. Это относится к лесным угодьям, промысловым животным, ихтиофауне и другим биоресурсам.

Метод предельно допустимых воздействий используется также при определении интегральных показателей качества компонентов окружающей среды и определении предельно допустимого антропогенного воздействия на окружающую среду в целом. Нормирование невозможно без использования методов *экологического мониторинга*, поскольку соблюдение установленных нормативов воздействия должно контролироваться.

При анализе риска могут быть применены следующие *методы*:

- *анализ дерева неисправностей* (ГОСТ Р 27.302—2009);

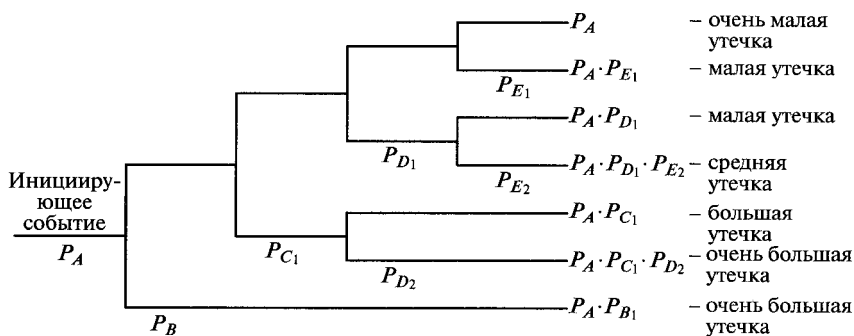


Рис. 5.3. Упрощенное дерево событий при аварии с потерей теплоносителя на реакторе (по Э. Дж. Хенли, Х. Куамото, 1984)

- анализ видов и последствий отказов (ГОСТ 27.310¹);
- анализ дерева событий, чувствительности;
- статистические методы;
- анализ Петри (один из методов оценки надежности).

Для анализа с использованием двоичной системы, в которой элементы либо выполняют свои функции, либо отказывают, число потенциальных отказов равно 2^{N-1} , где N — число рассматриваемых элементов. На практике исходное дерево отказов можно упростить с помощью обычной инженерной логики и свести к более простому дереву (рис. 5.3). Критической частью энергетического реактора, т. е. подсистемой, с которой начинается авария, является система охлаждения реактора. Таким образом, анализ риска начинается с последовательности возможных событий с момента разрушения трубопровода холодильной установки, называемого *иницилирующим событием*.

Дерево событий строится обычно слева направо и начинается с иницилирующего события (с разрушения трубопровода), имеющего вероятность P_A . Далее анализируют возможные варианты, которые могут последовать за разрушением трубопровода. На первой ветви рассматривают состояние электрического питания. Если питание есть, то подвергают анализу аварийные системы охлаждения активной зоны. Отказ системы охлаждения активной зоны реактора приводит к расплавлению топлива и различным, в зависимости от целостности конструкции, утечкам радиоактивных продуктов.

В первую очередь представляет интерес вопрос о наличии электрического питания. Вопрос заключается в том, какова вероятность P_B отказа электропитания и какое действие этот отказ оказывает на другие системы защиты. Если нет электрического питания, то фактически никакие действия, предусмотренные на случай аварии

¹ ГОСТ 27.310—95. Надежность в технике. Анализ видов, последствий и критичности отказов. Основные положения.

с использованием насосов для охлаждения активной зоны реактора, и распылители не могут производиться. В результате упрощенное дерево событий не содержит выбора в случае отсутствия электрического питания, и может произойти очень большая утечка, вероятность которой равна $P_A P_B$. В случае, если отказ в подаче электрической энергии зависит от поломки трубопровода системы охлаждения реактора, то вероятность P_B следует подсчитывать как условную вероятность для учета этой зависимости. Очень важно уяснить, что дерево событий используется для определения последовательности событий при аварии, включающей сложные взаимодействия между техническими системами обеспечения безопасности. При его построении используется прямая логика, при этом задается вопрос: «Что случится, если разорвется трубопровод?» Вероятность P_B определяется с использованием обратной логики (с помощью дерева отказов), т. е. задается вопрос: «Каким образом может отказать электропитание?» При этом строится дерево отказов для подсистемы электропитания. Прямая логика, например, та, что использовалась для построения дерева событий, а также для определения видов отказов при анализе последствий, часто называется *индуктивной логикой*, в то же время логика, используемая при анализе с помощью дерева отказов, называется *дедуктивной*.

Если электрическое питание имеется, то дальнейшие варианты при анализе зависят от состояния аварийной системы охлаждения активной зоны. Она может работать или не работать, и ее отказ с вероятностью P_{C1} ведет к последовательности событий, изображенной на рисунке. Следует обратить внимание на то, что по-прежнему имеются различные варианты развития аварии. Если система удаления радиоактивных материалов работоспособна, то радиоактивные утечки меньше, чем в случае ее отказа. Конечно, отказ в общем случае ведет к последовательности событий с меньшей вероятностью, чем в случае работоспособности. Рассмотрев все варианты дерева отказов, можно получить спектр причин возможных утечек и соответствующие вероятности для различных последовательностей развития аварии. Верхняя линия дерева является основным вариантом, который подвергается анализу в процессе официальной инспекции и приемки каждого реактора. При данной последовательности предполагается, что трубопровод разрушается, а все системы обеспечения безопасности сохраняют работоспособность.

Дерево решений является особой разновидностью дерева событий, в котором рабочие состояния системы не рассматриваются, так что сумма вероятностей всех событий не равна единице. В дереве решений все возможные состояния системы необходимо выразить через состояния элементов. Таким образом, все состояния системы взаимно увязаны, и их вероятность в сумме должна равняться единице. Деревья решений могут использоваться, если отказы всех элементов независимы или имеются элементы с несколькими воз-

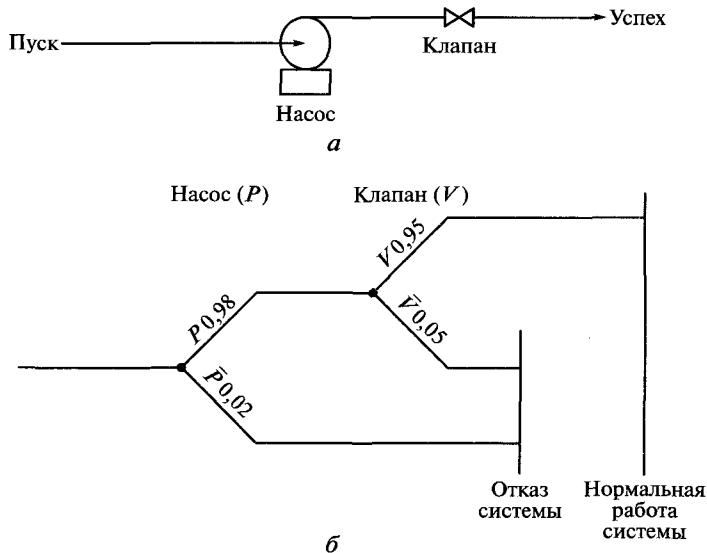


Рис. 5.4. Принципиальная схема (а) и дерево решений (б) для двухэлементной схемы (по Э. Дж. Хенли, Х. Кумамото, 1984)

возможными состояниями, а также есть односторонние зависимости. Они не могут применяться при наличии двусторонних зависимостей и не обеспечивают проведения логического анализа при выборе начальных событий.

На рис. 5.4 показана система последовательно соединенных элементов, которая включает насос и клапан, имеющие, соответственно, вероятности безотказной работы 0,98 и 0,95, а также приведено дерево решений для этой системы. Согласно принятому правилу верхняя ветвь соответствует желательному варианту работы системы, а нижняя — нежелательному. Дерево решений читается слева направо.

Если насос не работает, то система отказывает независимо от состояния клапана. Если насос работает, то с помощью второй узловой точки изучается вопрос, работает ли клапан. Вероятность безотказной работы системы $0,98 \cdot 0,95 = 0,931$, а отказа — $0,98 \cdot 0,05 + 0,02 = 0,069$, суммарная вероятность двух состояний системы равна единице.

Деревья отказов являются сложными логическими структурами. Их построение и количественный анализ требуют твердых знаний булевой алгебры, теории множеств и других разделов современной математики.

Метод анализа с помощью деревьев отказов был разработан Х. А. Уотсоном (лаборатория «Белл телефоунз») в 1961—1962 гг. при проведении анализа системы управления запуском ракет «Минитмен» по контракту с военно-воздушными силами США.

5.5. Нормативная оценка риска аварий и катастроф

Анализ рисков и предупреждение чрезвычайных ситуаций предусматривает разработку ряда необходимых документов: плана локализации и ликвидации аварийных ситуаций (ПЛАС), паспорта антитеррористической защищенности и техногенной безопасности, паспорта безопасности опасных производственных объектов и территорий, плана повышенной защищенности критически важного объекта, плана действий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного и техногенного характера, плана по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций, обусловленных разливом нефти и нефтепродуктов на объекте или на территории (ПЛАРН).

5.5.1. Анализ риска опасных производственных объектов

Количественный анализ риска позволяет оценивать и сравнивать различные опасности по единым показателям. Он наиболее эффективен:

- на стадии проектирования и размещения опасного производственного объекта;
- при обосновании и оптимизации мер безопасности;
- при оценке опасности крупных аварий на опасных производственных объектах, имеющих однотипные технические устройства, например магистральные трубопроводы;
- при комплексной оценке опасностей аварии для людей, имущества и окружающей среды.

Выбор методов анализа риска для различных видов деятельности представлен в табл. 5.2.

Пример дерева событий для количественного анализа сценариев аварий на установке по переработке нефти представлен на рис. 5.5.

Вероятность возникновения инициирующего события (выброс нефти из резервуара) принята равной 1. Частота возникновения отдельного события или сценария просчитывается путем умножения частоты возникновения инициирующего события на условную вероятность развития аварии по конкретному сценарию.

До недавнего времени усилия многих стран, в том числе и России, были направлены на ликвидацию последствий ЧС, оказание помощи пострадавшим, организацию спасательных работ, предоставление материальных, технических, медицинских услуг и т.д. Однако необратимый рост числа катастрофических событий и связанного с ним ущерба делают эти усилия все менее эффективными и выдвигают

Таблица 5.2. Рекомендации по выбору методов анализа риска

Метод	Вид деятельности				
	Предпроектные работы	Проектирование	Ввод/вывод в эксплуатацию	Эксплуатация	Реконструкция
«Что будет, если...?»	0	+	++	++	+
Проверочного листа	0	+	+	++	+
«Опасность— работоспособность»	0	++	+	+	++
Видов и последствий отказов	0	++	+	+	++
Дерева отказов и дерева событий	0	++	+	+	++
Количественного анализа риска	++	++	0	+	++

Примечание. 0 — наименее подходящий метод анализа; + — рекомендуемый метод; ++ — наиболее подходящий метод.

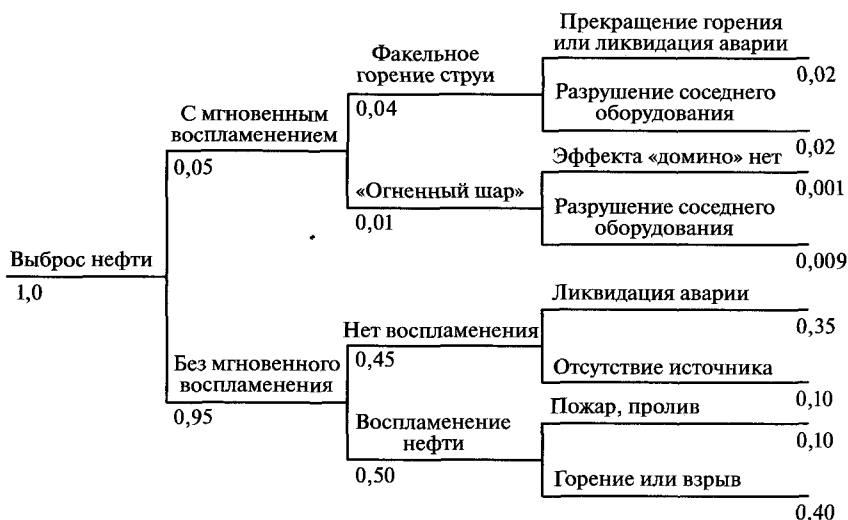


Рис. 5.5. Дерево событий аварий на установке по первичной переработки нефти

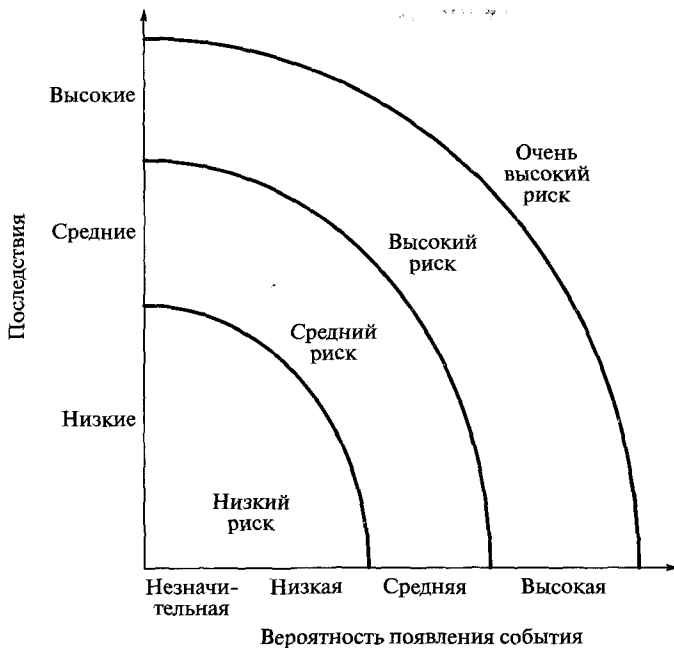


Рис. 5.6. Диаграмма риска (ГОСТ Р 51901.4—2005)

в качестве приоритетной новую задачу: *прогнозирование и предупреждение катастроф, разработка методов управления рисками.*

Диаграммы, например такие, как показанная на рис. 5.6, могут быть использованы для отображения риска. Оценивание риска заключается в сравнении уровня риска с приемлемыми критериями и установке начальных приоритетов для обработки риска.

Риск может быть принят без обработки, если нет необходимости предлагать специальные превентивные меры. Он должен быть включен в реестр проектного риска для проведения эффективного мониторинга. Непринятые виды риска обрабатывают.

Цель обработки риска состоит в идентификации и осуществлении рентабельных действий, которые позволят сделать риск допустимым. Это процесс альтернативного выбора и представления идентифицированного риска. Он может включать в себя инженерные и технологические действия, направленные на полное устранение риска, уменьшение вероятности появления или последствий опасного события, перемещение или перераспределение риска.

Для определения допустимости риска рассматривают риск, оставшийся после выполнения его обработки (*остаточный риск*). Первичная цель исследования и мониторинга риска состоит в том, чтобы идентифицировать любые новые виды риска и гарантировать

сохранение эффективности обработки риска. Эффективность процесса менеджмента риска также следует рассматривать, постоянно модифицируя.

Мониторинг риска должен быть непрерывным в течение жизненного цикла проекта на всех его этапах. Основные действия по мониторингу риска проводятся в ключевых точках проекта или при существенных изменениях ситуации, в том числе при реализации риска в виде отказов и аварий.

5.5.2. Экологический мониторинг при чрезвычайных ситуациях

Опасные экологические последствия возникают при загрязнении окружающей природной среды, которое может быть химическим, биологическим и физическим. По видам воздействия на окружающую среду и человека **загрязнения** классифицируются следующим образом:

- *ингредиентное загрязнение* — процесс внесения в окружающую среду неорганических и органических ксенобиотиков (продукты сгорания топлива, выбросы промышленных предприятий, ядохимикаты и удобрения, продукты нефтедобычи и переработки, сброс веществ в акватории, шахтные отвалы и терриконы, отходы, микробиологические препараты и т. д.);

- *параметрическое загрязнение* — физическое изменение параметров окружающей среды (шумовое, тепловое, световое, электромагнитное и радиационное воздействие);

- *биоценотическое загрязнение* — воздействие на состав и структуру популяции живых организмов (нерегулируемый сбор, отлов, отстрел, браконьерство, загрязнение вредными веществами, шум, запахи, уничтожение природных условий расселения животных и т. п.);

- *стационально-деструктивное загрязнение* — изменение ландшафтов и экосистем в процессе природопользования (вырубка лесных насаждений, зарегулирование водотоков, карьерная разработка ископаемых, дорожное строительство, эрозия почв, осушение земель, лесные, степные пожары, урбанизация и другие процессы, связанные с разрушением экосистем).

Наибольшую опасность для населения и лиц, принимающих участие в ликвидации ЧС, в большинстве случаев представляет ингредиентное загрязнение. Другими видами, в частности параметрическим, негативное воздействие на человека только усиливается.

В соответствии с современными нормативами, принятыми в РФ, **экологическую обстановку** по степени опасности подразделяют:

- на *удовлетворительную* (индекс концентрации вредных веществ не превышает предельно допустимой концентрации (ПДК), нагрузки на ОС незначительные);

- *угрожающую* (индекс концентрации вредных веществ в пределах 10 ПДК, нагрузки на ОС средние);
- *критическую* (индекс концентрации вредных веществ составляет 10—20 ПДК, нагрузки на ОС значительные);
- *экологическую ЧС* (индекс концентрации вредных веществ составляет 30—50 ПДК; устойчивые отрицательные изменения в окружающей среде, исчезновение отдельных видов растений и животных, нарушение генофонда, угроза здоровью людей). Необходимо принять экстренные меры;
- *экологическое бедствие* (индекс концентрации вредных веществ более 50 ПДК, глубокие необратимые изменения в окружающей среде, нарушение природного равновесия, деградация флоры и фауны, потеря генофонда, существенное ухудшение здоровья людей).

Сравнение зон заражения (зоны распространения первичного и вторичного облаков) и зон экологической опасности (зоны с концентрациями, превышающими ПДК) проводится по критерию LD50 — пороговой токсодозы, вызывающей симптомы поражения у 50 % попавших в зону заражения.

По существующим методикам определения зон заражения и зон экологической опасности при аварии на химически опасном объекте с выбросом хлора глубина распространения первичного облака может составить до 20 км, в то же время глубина зон экологической опасности — до 27 км; глубина распространения вторичного облака — до 2 км, а зон экологической опасности — до 3 км.

При аварии с выбросом аммиака глубина распространения первичного облака может составить до 4,4 км, зон экологической опасности — до 7,7 км, а вторичного облака — до 0,5 км и зон экологической опасности — до 1 км. При аварии с выбросом оксида этилена глубина распространения первичного облака может составить до 0,6 км, зон экологической опасности — до 1,1 км, вторичного облака — до 1,3 км, глубина зон экологической опасности — до 3,1 км.

Из приведенных данных видно, что глубины зон экологической опасности значительно превышают глубины распространения первичного и вторичного облаков ОХВ.

Другим примером может служить техногенная авария на нефтеперерабатывающем заводе (НПЗ) с проливом и возгоранием мазута. Она не относится к авариям на химически опасных объектах, однако при проливе 100 т мазута при определенных метеоусловиях на расстоянии до 1,5 км будут распространяться такие опасные химические соединения, как оксид углерода(II), оксиды азота(II, IV), сернистый ангидрид, которые окажут серьезные экологические нагрузки на население, участников ликвидации ЧС и окружающую среду.

Учитывая, что многие ОХВ и их соединения обладают кумулятивным и замедленным действием на организм человека, симптомы поражения могут проявиться через несколько дней или даже недель после выхода из зоны экологической опасности. Без учета экологи-

ческих нагрузок при планировании мероприятий по ликвидации ЧС органы управления могут принять нерациональные решения по размещению эвакуируемого населения, пунктов управления и исходных районов сил ликвидации ЧС.

При планировании мероприятий по ликвидации ЧС, особенно связанных с ингредиентными загрязнениями, необходимо прогнозировать и учитывать зоны экологической опасности, а в случае нахождения в них населения и спасателей проводить дополнительные защитные мероприятия. Среди этих мероприятий ответственную роль играет аварийный мониторинг, проводимый по принципу непрерывности наблюдения за состоянием объекта с учетом фактического состояния и тенденций изменения обстановки в ЧС, а также действия различных факторов. Программа, методика, аппаратура и контролируемые показатели при этом являются предельно специализированными.

5.5.3. Поля потенциального риска

Алгоритмы построения вероятностных зон поражения при авариях с выбросом токсикантов достаточно разработаны. Они трактуют понятие *«индивидуальный риск»* как вероятность смертельного поражения (гибели) человека, связанной с возникновением аварийного выброса опасного вещества и его распространения в окружающем пространстве. Исходными данными при этом служат общие объемы и продолжительность выброса токсического вещества при аварии, состояние атмосферы, скорость и направление ветра во время выброса и распространения вещества в атмосфере, специфика воздействия токсиканта, место нахождения человека по отношению к источнику в момент аварии и, наконец, состояние здоровья человека и его поведение во время аварии.

Реализация того или иного объективного фактора носит случайный характер. Частота, или вероятность, его появления служит мерой случайности и определяет размер *потенциального риска*.

Поле потенциального риска показывает общую картину опасности или поражения при аварии и его можно рассматривать как некоторый фон опасности вокруг объекта с токсическим веществом (рис. 5.7).

При вычислении поля потенциального риска можно, если это необходимо, ставить дополнительную задачу — *задачу корректировки потенциального поля* (фона опасности) в целях его уменьшения.

Построение поля риска позволяет: во-первых, провести на реальной картографической основе дифференциацию индивидуального и коллективного риска как по конкретным направлениям (в пределах выделенных секторов), так и в зависимости от удаленности от источника опасности, а также ранжирование различных групп людей (технического персонала, населения) по уровням риска; во-вторых, обеспечить еще на стадии проектной проработки «рациональное»

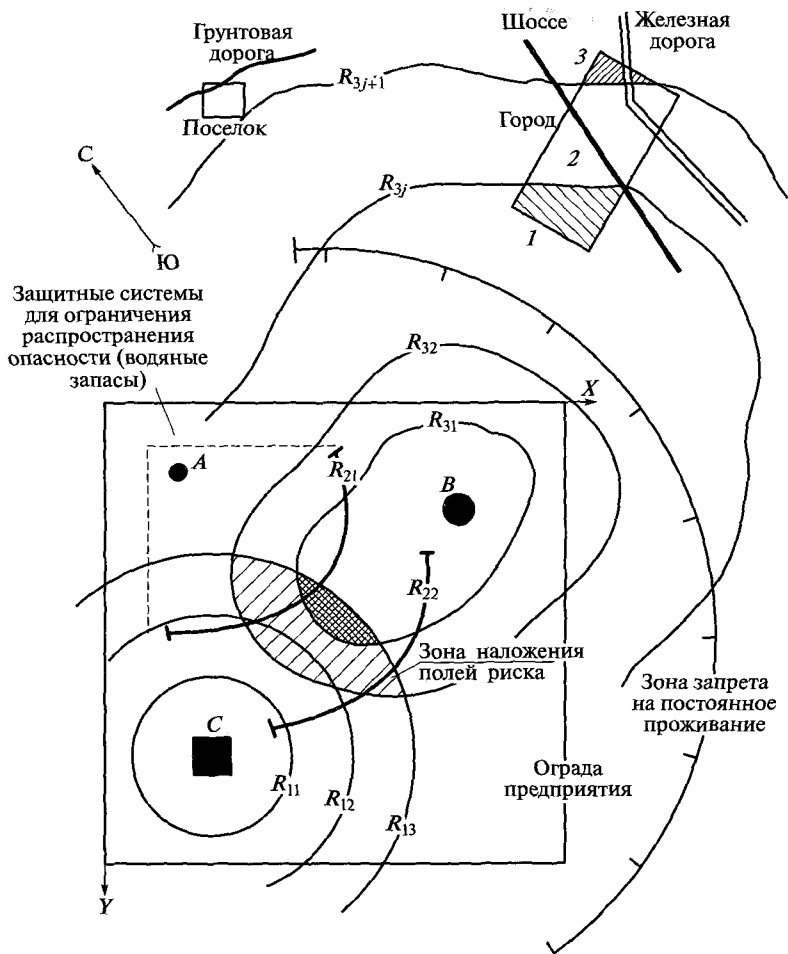


Рис. 5.7. Распределение риска вокруг различных источников опасности (*A* — горение нефтепродуктов при разливе в обваловании; *B* — выброс токсичных газов; *C* — взрыв конденсированных веществ) (по В. В. Меньшикову и А. А. Швыряеву, 2003)

размещение на генеральном плане источников потенциальной опасности (в общем случае различной природы) и групп риска; в-третьих, оптимизировать защитные мероприятия и системы, направленные на уменьшение вероятности аварии и снижение масштаба выброса (воздействие на «функцию источника»), в том числе дифференцированно по отдельным секторам.

Как правило, источниками потенциальной опасности на предприятиях нефтегазового и химико-технологического профиля является

группа технологических объектов или установок, причем зачастую с существенно отличными механизмами и масштабами негативного воздействия на технический персонал и население. В предположении, что аварии на этих объектах не могут произойти одновременно, являясь с точки зрения теории вероятности взаимоисключающими событиями, производится наложение полей от каждого из R_i источников с привязкой на картографической основе и последующее суммирование соответствующих показателей риска на единичных площадках на всей выделенной для анализа территории.

5.5.4. Оценка ущерба от аварий на опасных производственных объектах

Структура ущерба от аварий на опасных производственных объектах включает:

- полные финансовые потери организации, эксплуатирующей опасный производственный объект, на котором произошла авария;
- расходы на ликвидацию аварии;
- социально-экономические потери, связанные с травмированием и гибелью людей (как персонала организации, так и третьих лиц);
- вред, нанесенный окружающей природной среде;
- косвенный ущерб и потери государства от выбытия трудовых ресурсов.

При оценке ущерба от аварии на опасном производственном объекте за время расследования аварии (10 сут), как правило, определяются те составляющие ущерба, для которых известны исходные данные. Окончательно ущерб от аварии рассчитывается после окончания сроков расследования аварии и получения всех необходимых данных (рис. 5.8).

Ущерб выражают в стоимостной форме и вычисляют по формуле

$$P_a = P_{п.п} + P_{л.а} + P_{с.э} + P_{н.в} + P_{экол} + P_{в.т.р},$$

где P_a — полный ущерб от аварии; $P_{п.п}$ — прямые потери организации, эксплуатирующей опасный производственный объект; $P_{л.а}$ — затраты на локализацию (ликвидацию) и расследование аварии; $P_{с.э}$ — социально-экономические потери (затраты, понесенные вследствие гибели и травматизма людей); $P_{н.в}$ — косвенный ущерб; $P_{экол}$ — экологический ущерб (урон, нанесенный объектам окружающей природной среды); $P_{в.т.р}$ — потери от выбытия трудовых ресурсов в результате гибели людей или потери ими трудоспособности.

Прямые потери: складываются из потерь предприятия в результате уничтожения (повреждения) основных фондов ($P_{о.ф}$) (производственных и непроизводственных), товарно-материальных ценностей ($P_{тм.ц}$) (продукции, сырья и т. п.), потери имущества третьих лиц ($P_{им}$):

$$P_{п.п} = P_{о.ф} + P_{тм.ц} + P_{им}.$$

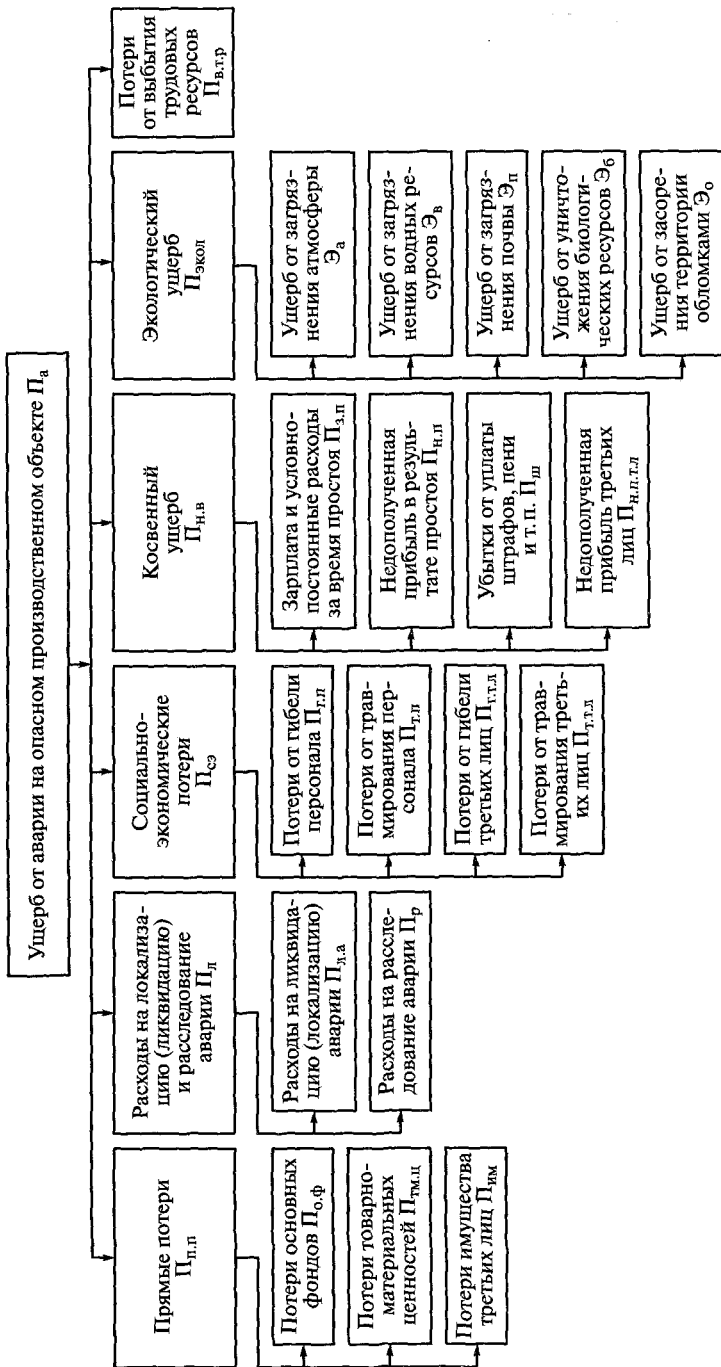


Рис. 5.8. Структура ущерба от аварии на опасном производственном объекте

Затраты на локализацию (ликвидацию) и расследование аварии объединяют расходы на локализацию и ликвидацию последствий аварии ($P_{л}$) и на расследование аварии ($P_{р}$):

$$P_{л.а} = P_{л} + P_{р}$$

Социально-экономические потери определяются как сумма затрат на компенсации и мероприятия вследствие гибели персонала ($P_{г.п}$) и третьих лиц ($P_{г.т.л}$) и (или) травмирования персонала ($P_{т.п}$) и третьих лиц ($P_{т.т.л}$):

$$P_{с.э} = P_{г.п} + P_{г.т.л} + P_{т.п} + P_{т.т.л}$$

Косвенный ущерб вследствие аварий определяется как сумма части доходов, недополученных предприятием в результате простоя $P_{н.п}$, заработной платы и условно-постоянных расходов предприятия за время простоя $P_{з.п}$, убытков, вызванных уплатой различных неустоек, штрафов, пени и т.д., $P_{ш}$, убытков третьих лиц из-за недополученной ими прибыли $P_{н.п.т.л}$:

$$P_{н.в} = P_{н.п} + P_{з.п} + P_{ш} + P_{н.п.т.л}$$

Экологический ущерб определяется как сумма ущерба от различных видов вредного воздействия на объекты окружающей природной среды:

$$P_{экол} = Э_{а} + Э_{в} + Э_{п} + Э_{б} + Э_{о}$$

где $Э_{а}$ — ущерб от загрязнения атмосферы; $Э_{в}$ — ущерб от загрязнения водных ресурсов; $Э_{п}$ — ущерб от загрязнения почвы; $Э_{б}$ — ущерб, связанный с уничтожением биологических (в том числе лесных массивов) ресурсов; $Э_{о}$ — ущерб от засорения (повреждения) территории обломками (осколками) зданий, сооружений, оборудования и т.д.

При оценке ущерба окружающей среде, возникающего в результате аварий на ПХС с опасным производством или из-за стихийных бедствий, широко привлекаются данные космического мониторинга, например при лесных пожарах (рис. 5.9). Обнаружение пожаров на снимках из космоса возможно благодаря наличию разницы в тепловом излучении земной поверхности и очага пожара в тысячи раз. При съемке аппаратурой, измеряющей в инфракрасном диапазоне длин волн с пространственным разрешением 1 км, можно обнаружить очаг пожара площадью 100 м², а также зону тления площадью 900 м².

Карта очагов возгорания в Ленинградской области за 10 лет содержит данные об огромном количестве пожаров. Детализация была выполнена для заказника «Мшинское болото» (Фрумен, Шалина, 2012). Анализ данных показал, что 238 из 250 очагов возгорания приходятся на август — сентябрь 2002 г. (рис. 5.10). Для оценки последствий пожаров в этот период был запрошен продукт MODIS по выгоревшим территориям — Burned Area (MCD45).

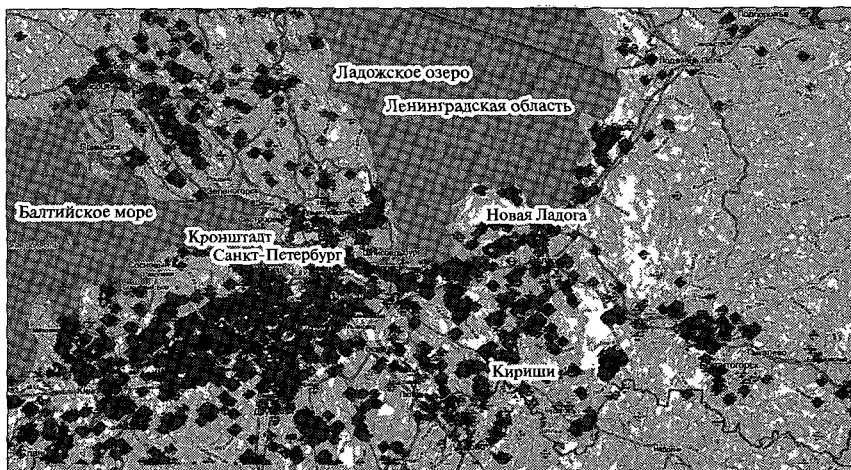


Рис. 5.9. Ленинградская область. Очаги возгорания в 2001 — 2011 гг. (по данным *Global Fire Information Management System (GFIMS)*¹)

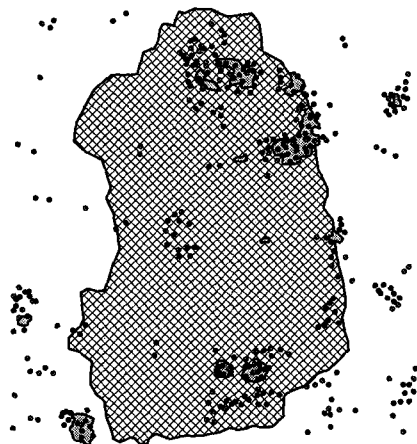


Рис. 5.10. Выгоревшие территории Мшинского болота за 2002 г. (штриховка — август; заливка — сентябрь)

¹ Камера MODIS, установленная на спутниках Terra и Aqua. Для мониторинга используется стандартный продукт MODIS Land MOD14/MYD14 (Fire and Thermal Anomalies). Оперативные данные представлены в веб-интерфейсе (Web Fire Mapper), доступны для скачивания в различных форматах (Active Fire Data), могут быть высланы по электронной почте (E-mail Alerts). Недавно появилась возможность получения информации в свободном доступе о ежемесячной оценке выгоревших площадей, продукт Burned Area (MCD45).

После векторизации полученного файла была подсчитана площадь выгоревших территорий, которая составила 3,76 % от всей территории заказника.

5.6. Принципы обеспечения промышленной безопасности

Общепризнанными *принципами* обеспечения безопасности являются:

1) *ориентирующие* (активность оператора, гуманизация деятельности, деструкции, замены оператора, информации, классификации, ликвидации опасности, системности, снижения опасности).

Принцип информации заключается в передаче и усвоении персоналом сведений, выполнение которых обеспечивает соответствующий уровень безопасности (например, обучение, инструктажи, маркировка оборудования).

Принцип классификации состоит в делении объектов на классы и категории по признакам, связанным с опасностями (например, санитарно-защитные зоны (5 классов), категории производств (помещений) по взрывопожарной опасности (А, Б, В, Г, Д) и др.;

2) *технические* (блокировки, вакуумирования, герметизации, защиты расстоянием, компрессии, прочности, слабого звена, экранирования).

Принцип слабого звена состоит в том, что в рассматриваемую систему вводится элемент, который чутко реагирует на изменения соответствующего параметра, предотвращая опасное явление (например, предохранительные клапаны, разрывные мембраны, предохранители);

3) *организационные* (защита временем, информации, резервирования, несовместимости, нормирования, подбора кадров, последовательности, эргономичности).

Принцип нормирования, например, заключается в установлении таких параметров, соблюдение которых обеспечивает защиту человека от соответствующей опасности. Он широко используется при оценке экологического риска (например, ПДВ, ПДС, ПДК, ПДУ, нормы переноски и подъема тяжести, продолжительность трудовой деятельности);

4) *управленческие* (адекватности, контроля, обратной связи, ответственности, плановости, стимулирования, управления, эффективности).

Применение принципов обеспечения промышленной безопасности в проектировании и эксплуатации техногенных объектов обосновывает следующие *главные положения теории риска*:

- всякая хозяйственная деятельность (бездеятельность) потенциально опасна, поскольку все техногенные объекты обладают склонностью к спонтанной потере устойчивости;

• для каждого вида деятельности существуют комфортные условия, способствующие ее максимальной эффективности;

• промышленная безопасность реальна, если негативные воздействия на человека и окружающую среду не превышают предельно допустимых значений с учетом их комплексного воздействия;

• на любом этапе жизненного цикла техногенного объекта присутствует остаточный риск, являющийся первопричиной потенциальных негативных воздействий на человека и биосферу и способный к накоплению;

• развитие экологизации производства, технологий и технических средств — непереносимое условие обеспечения как промышленной, так и экологической безопасности;

• безопасная и экологичная эксплуатация технических средств и производств реализуется при соответствии квалификации и психофизических характеристик оператора требованиям разработчика технического объекта и при соблюдении оператором норм и требований безопасности и экологичности.

Допустимые значения техногенных негативных воздействий обеспечиваются соблюдением требований экологичности и безопасности к техническим системам, технологиям, а также применением систем экологической безопасности (нормализация выбросов, стоков, обращения с отходами, использование устройств экологической защиты (экобозащитной техники)).

Для снижения экологического риска техносферы можно предложить, в частности, следующие *пути перестройки* всего хозяйственного механизма на национальном и международном уровнях:

• введение новых показателей оценки экологических ресурсов и отходов хозяйственной деятельности;

• переход на новый экологически приемлемый механизм удовлетворения материальных, духовных и экологических потребностей человека;

• увеличение объемов повторной переработки использованной продукции;

• сокращение отходов всех видов человеческой деятельности, энергосбережение.

В настоящее время определены *основные направления* разработки концепции экологической безопасности:

• защита окружающей среды;

• изменение менталитета за счет введения экологических образовательных программ;

• управление экологическим риском хозяйственной деятельности человека и природных стихийных процессов.

Таким образом, экологический риск становится важным фактором в развитии техносферы, взаимодействия общества и природы, а также обеспечении экологической безопасности.

В результате экологических кризисов все общество несет громадные потери. Эти потери до времени скрыты, но, начиная с опреде-

ленного момента, они проявляются, и борьба с накопленным загрязнением актуализируется. При этом оказывается, что недопущение загрязнения в свое время составило бы лишь несколько процентов от тех затрат, что вынуждено нести общество. Эту громадную разницу предлагается называть экологической рентой. Ее получение не требует ни природных, ни финансовых, ни каких-либо иных ресурсов. Правила хозяйственной деятельности устанавливает правительство. Оно же должно и надзирать над их соблюдением, исключая неоправданный риск, как экономический, так и экологический. Оптимальным методом для этого является обязательное экологическое страхование. Его введение через негосударственные страховые организации позволит внедрить принципы самоконтроля за состоянием окружающей среды, оставив государству лишь общие надзорные функции.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое вероятность (частота) риска?
2. Что такое тяжесть последствий экологического риска?
3. Почему экологические риски трудно оценить в стоимостной форме?
4. Почему экологические риски имеют многомерный характер?
5. Чем опасно накопленное загрязнение?
6. Что такое неопределенность и с чем она связана?
7. В чем состоят антропогенные воздействия на окружающую среду? Какова допустимая антропогенная нагрузка?
8. Охарактеризуйте создание малоотходных производств как оптимальную стратегию защиты окружающей среды.
9. В чем состоят экологические аспекты безопасности? Какова допустимая экологическая нагрузка?
10. Каков масштаб современных и прогнозируемых техногенных воздействий на окружающую среду? Перечислите основные загрязнители биосферы.
11. В чем состоят важнейшие антропогенные факторы, их связи и влияние на окружающую среду?
12. В чем заключается зависимость доза — эффект; пороговая и беспороговая концепция? Охарактеризуйте методы оценки воздействия: аддитивность, синергизм, антагонизм.
13. В чем состоят детерминистский и вероятностный подходы к проблеме безопасности?
14. Охарактеризуйте методы, позволяющие оценить степень воздействия техногенных систем на окружающую среду.
15. Что такое риск и неопределенность; точность оценки вероятности и ущерба?
16. Охарактеризуйте методы идентификации риска.
17. Перечислите показатели, определяющие экологический, техногенный и социальный риски.
18. Приведите соотношение понятий опасность, уязвимость, риск.

19. Охарактеризуйте техногенные аварии и их классификацию с позиций теории экологического риска.
20. Какова классификация рисков по источникам их возникновения и поражающим объектам?
21. Перечислите экологические факторы опасности.
22. Что такое риск коллективный и индивидуальный; уровень риска?

УПРАЖНЕНИЯ

В 1999 г. на космодроме «Свободный» (Амурская обл.) проводились работы с ракетным комплексом «Стрела», использующим сверхтоксичные компоненты топлива (гептил)¹.

В случае аварии «Стрелы» на старте или начальном этапе полета все 30 т этого вещества могут попасть в реку Зея и ее притоки.

- I. Рассчитайте возможное число пострадавших и размер ущерба водным ресурсам при ЧС, связанной с аварийными отказами и загрязнением местности в точках *A*, *B*, *C*. Считайте масштаб схемы 2 км в 1 см и плотность населения 2 чел./км². ПДК гептила в воде равна 1 мг/л. Используйте поле потенциального риска, изображенное на рис. 5.7, располагая стартовую установку в точке *C*, падение первой ступени — в точках *A* и *B*.
- II. Рассчитайте возможное число пострадавших и размер ущерба водным ресурсам при изменении масштаба схемы до 50 км в 1 см. Численность жителей Амурской области 1 млн человек.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Альциуллер Г. С.* Творчество как точная наука. — М.: Сов. Радио, 1979. — С. 66 — 72.
- Касьяненко А. А.* Анализ риска аварий техногенных систем / А. А. Касьяненко, К. Ю. Михайличенко. — М.: Изд-во РУДН, 2008. — 182 с.
- Кузьмин И. И.* Концепция безопасности: от риска «нулевого» — к «приемлемому» / И. И. Кузьмин, Д. А. Шапошников // Вестник РАН, 1994. — Т. 64. — № 5. — С. 402 — 408.
- Меньшиков В. В.* Опасные химические объекты и техногенный риск / В. В. Меньшиков, А. А. Швыряев. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 2003. — 254 с.
- Техногенные системы и экологический риск: программа курса* / Сост. А. К. Муртазов, Е. С. Иванов. — Рязань: Изд-во Ряз. гос. ун-та им. С. А. Есенина, 2008. — 40 с.

¹ *Гептил* — сильнейший яд, признанный ВОЗ веществом первого класса опасности, наряду с синильной кислотой и боевыми отравляющими веществами. При попадании в организм человека он вызывает разрушение практически всех систем органов — кровеносной, иммунной, выделительной, имеет канцерогенный и мутагенный эффект. Он обладает персистентностью в почве, растительности, организмах животных. Распадается на ряд веществ, некоторые из которых еще опаснее самого гептила, например нитрозодиметиламин. Очень хорошо растворим в воде.

Толковый словарь по охране природы / Авт.-сост. В. В. Снакин, Ю. Г. Пузаченко, С. В. Макаров и др. — М.: Экология, 1995. — 191 с.

Управление риском. Риск, устойчивое развитие, синергетика / Под ред. Г. Г. Малинецкого. — М.: Наука, 2000. — 432 с.

Хенли Э. Дж. Надежность технических систем и оценка риска / Э. Дж. Хенли, Х. Кумамото. — М.: Машиностроение, 1984. — 528 с.

Шахраманьян М. А. Оценка сейсмического риска и прогноз землетрясений в задачах спасения населения (теория и практика). — М.: ВНИИ ГО и ЧС, 2000. — 189 с.

Ширкин Л. А. Техногенные системы и экологический риск / Л. А. Ширкин, Т. А. Трифонова. — Владимир: Изд-во Владимир. гос. ун-та, 2011. — 79 с.

НОРМАТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Единая межведомственная методика оценки ущерба от чрезвычайных ситуаций техногенного, природного и террористического характера, а также классификации и учета чрезвычайных ситуаций. — М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2004. — 50 с.

Методическое руководство по оценке экологического риска деятельности нефтебаз и автозаправочных станций. — М., 1999. — 54 с.

РД 153-34.0-03.125-2002. Положение о производственном контроле за соблюдением требований промышленной безопасности на опасных производственных объектах РАО «ЕЭС России»

СТП ВНИИГ 210.02.НТ-04. Методические указания по проведению анализа риска аварий гидротехнических сооружений 19.11.2004 г.

РД 09-536-03. Методические указания о порядке разработки плана локализации и ликвидации аварийных ситуаций (ПЛАС) на химико-технологических объектах.

Правила организации мероприятий по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на территории Российской Федерации. Постановление Правительства РФ № 240 от 15.04.2002 г.

Приказ МЧС РФ № 506 от 04.11.2004 г. Об утверждении типового паспорта безопасности опасного объекта.

РД-13-02-2006. Порядок осуществления экспертизы промышленной безопасности планов локализации и ликвидации аварийных ситуаций на взрывоопасных, пожароопасных и химически опасных производственных объектах и требований к оформлению заключения данной экспертизы.

Приказ № 328 МПР РФ от 12.12.2007 г. Методические указания по разработке нормативов допустимого воздействия на водные объекты.

РД 03-496-02. Методические рекомендации по оценке ущерба от аварий на опасных производственных объектах. — Госгортехнадзор России. — Вып. 19, 2002.

ГОСТ Р 51901.4—2005 (МЭК 62198:2001). Менеджмент риска. Руководство по применению при проектировании. — М.: Стандартинформ, 2005. — 19 с.

ГОСТ Р 14.09—2005. Руководство по оценке риска в области экологического менеджмента. — М.: Стандартинформ, 2010. — 76 с.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Оценка уровня опасности загрязнения окружающей среды, особенно аварийного, имеет чрезвычайно актуальное значение. Загрязнение привносится в биосферу антропогенными, природными и природно-антропогенными факторами, когда имеет место их сочетанное действие (природно-техногенное загрязнение). Агентом загрязнения окружающей среды является загрязняющее вещество (ЗВ), наличие которого в окружающей среде представляет потенциальную или реальную угрозу для экологической безопасности человека и организмов биоты.

В основе технических решений природопользования, как известно, должен быть соблюден *принцип приемлемого риска*, базирующийся на анализе соотношений «затраты — риск», «выгода — риск», «затраты — выгода». Аварийное загрязнение создает возможность депонирования загрязняющих веществ и пролонгирования нештатной ситуации за счет вторичного загрязнения.

6.1. Источники масштабных экологических рисков

Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 г. № 116-ФЗ в число опасных объектов включает: отрасли и производства веществ, опасных по воспламенению, взрыву и токсичности; предприятия, использующие оборудование, работающее под давлением, и стационарные грузоподъемные механизмы; предприятия черной и цветной металлургии; горнодобывающую промышленность. По определению, все эти опасные объекты воздействуют на окружающую среду (в штатном и аварийном режимах), однако практика природопользования в России свидетельствует, что эти воздействия при проектировании и эксплуатации рассматриваются по принципу дополнительности (а природоохранные мероприятия часто и финансируются по остаточному принципу). В России в наибольшей степени влияют на состояние окружающей среды цветная и черная металлургия, электроэнергетика, химическая и нефтехимическая промышленность и ЖКХ.

6.1.1. Статические воздействия природно-хозяйственных систем на окружающую среду

Очевидно, что с некоторой условностью экологические риски штатного функционирования ПХС можно отнести к разряду статических воздействий, определяемых пределами устойчивости экосистем. Виды экологического риска, которые связаны с негативным воздействием ПХС, содержащих опасные объекты и функционирующих в штатном режиме, приведены в табл. 6.1.

Продолжая типизацию ПХС в терминах № 116-ФЗ, суммируем их специфические отношения с биосферой. Транспортные системы — железнодорожные, автотранспортные, авиационные, морские, речные, трубопроводные, космические — воздействуют на экосистемы сбросами и выбросами ЗВ, загрязнением отходами. Пожаровзрывоопасные объекты — производство и хранение (транспортировка) взрывоопасных веществ и веществ, способных при определенных условиях к возгоранию или взрыву, — в штатном режиме осуществляют нормативное распространение токсикантов во всех компонентах биосферы. Химические производства и городские инфраструктурные объекты способны оказывать аналогичное воздействие. В отличие от них радиационно опасные объекты имеют проблемы только с размещением и утилизацией РАО. Также надежно изолированы биологические производства и ГТС. Многообразно воздействие горнодобывающего комплекса, являющегося моделью любого индустриального общества.

Виды воздействия на окружающую среду, а также их качественные и количественные характеристики определяются:

- технологией основных и вспомогательных процессов;
- особенностями транспортировки сырья, продукции и отходов;
- состоянием экологической безопасности производства (нормативный уровень воздействий);
- степенью нарушенности и защищенности биосферных компонентов;
- адекватностью компенсационных мероприятий.

Как свидетельствует табл. 6.2, основные виды воздействия ПХС на окружающую среду представлены процессами, нарушающими природные циклы миграции вещества и рассеяния энергии.

Следует отметить, что со временем набор рисков и приоритетность их разновидностей меняется. Например, в настоящее время для региона Санкт-Петербурга приоритетными рисками являются выпадение загрязняющих веществ на поверхность водоемов и на почву (соединения тяжелых металлов, компоненты промышленных и бытовых отходов, нефтепродукты), перераспределение их в водных объектах, а также тепловое загрязнение атмосферного воздуха и поверхность-

Таблица 6.1. Негативное воздействие ПХС на окружающую среду при работе в штатном режиме

Типы ПХС	Воздействие на основные типы экосистем			
	Пресноводные	Морские	Лесные + Агро	Урбо
1. Транспорт	Эвтрофикация, ТМ, НП, утрата биоразнообразия	Эвтрофикация, ТМ, НП, инвазии, утрата биоразнообразия	Загрязнение почв, воды биогенами и токсикантами, аэровывалениями, дефолляция, дехромация	Загрязнение почв, воды, воздуха ТМ и другими ксенобиотиками
2. ВОВ	Замутнение	—	—	Загрязнение почв, воды, воздуха
3. ХОВ	Неорганические и органические токсиканты	Неорганические и органические токсиканты	Истощение лесных и земельных ресурсов	То же
4. ЯПЦ	Тепло, радиация	Тепло, радиация	—	—
5. Металлургия	Тепло, ТМ, неорганические и органические токсиканты	—	Истощение лесных и земельных ресурсов	Загрязнение почв, воды, заилнение водоемов
6. Горное дело	Пыль, взвеси, ТМ	Пыль, взвеси, ТМ	То же	Пыление отвалов
7. ГТС	Изменение климата, гидрология, утрата биоразнообразия	Утрата биоразнообразия, береговые процессы	Иссушение, подтопление	Загрязнение почв, воды, заилнение водоемов

8. Биологическая	Инвазии, цветение воды	Инвазии, цветение воды	Фитопатология, угроза инфекций	Угроза инфекций
9. Инфраструктура города	НП, ТМ, патогенная микрофлора	НП, ТМ	Загрязнение неорганическими и органическими токсикантами	Загрязнение неорганическими и органическими токсикантами

Примечание. ВОВ — взрывопожароопасные вещества; ХОВ — химические опасные вещества; ЯТП — объекты ядерно-топливного цикла; ГТС — газотранспортная система; НП — нефтепродукты; ТМ — тяжелые металлы.

Таблица 6.2. Основные виды воздействия ПХС на окружающую среду

Изъятие ресурсов	Привнос вещества	Размещение отходов	Нарушение полей	Изменение экосистем
Горные породы, полезные ископаемые, земельные ресурсы	Пыль, твердые, жидкие и газообразные ЗВ	Накопление отходов, стоков, пылегазовых выбросов	Литостатического и гидростатического, геодинамического, флюидного, геофизических, температурных	Утрата биоразнообразия, деградация, деградация, деградация, уничтожение

ных вод. Изменение индекса стресса хорошо отражает достигнутые городом положительные результаты в структуре топливного баланса и неудачи в обращении с муниципальными отходами (табл. 6.3).

В настоящее время для Санкт-Петербурга приоритетными рисками являются выпадение загрязняющих веществ на почву (соединения тяжелых металлов, компоненты промышленных и бытовых отходов, нефтепродукты) и перераспределение их в водных объектах, а также тепловое загрязнение атмосферного воздуха и поверхностных вод.

Таблица 6.3. Индекс стресса и ранг опасности различных токсикантов для окружающей среды в Санкт-Петербурге

Загрязняющие вещества и факторы	Начало 1970-х гг.		Начало 1990-х гг.		Начало 2000-х гг.	
	Индекс	Ранг	Индекс	Ранг	Индекс	Ранг
Пестициды	140	1	30	13	20	15
Тяжелые металлы	90	2	135	1	125	1
Диоксид углерода	75	3	75	5	65	8
Пыль и аэрозоли	72	5	90	3	80	5
Диоксид серы	71	4	72	6	62	9
Утечки нефти	49	6	72	7	92	3
Жидкие промышленные отходы	48	7	84	4	54	10
Твердые промышленные отходы	35	8	122	2	113	2
Сточные воды с органикой	24	9	48	9	28	12
Оксиды азота	23	10	42	10	74	6
Радиоактивные отходы	20	11	40	11	10	16
Бытовой мусор	17	12	40	12	67	7
Фотооксиданты	12	13	18	14	21	14
Углеводороды в воздухе	10	14	18	15	40	11
Оксид углерода	9	15	12	17	8	17
Сбросное тепло	5	16	72	8	83	4
Коммунальный шум	4	17	15	16	24	13

Негативные последствия деятельности промышленных предприятий проявляются в трансформации ландшафтов, снижении качества атмосферного воздуха, сокращении площадей земель, пригодных для сельскохозяйственного использования, загрязнении почвенного покрова, развитии эрозионных процессов, изменениях состояния и свойств горных пород, слагающих основания перемещенных породных массивов, гидрологического и гидрогеологического режима территории, возникновении опасных природных процессов и явлений, носящих порой катастрофический характер.

Так, в Российской Федерации на 01.01.1999 г. выявлено более 2 тыс. очагов загрязнения поверхностных и подземных вод, 65 % которых связано с воздействием техногенных образований на природную среду.

Особое внимание приходится уделять строительству дорог и трубопроводов, при этом часты нарушения водного законодательства, приводящие к экологическим рискам: самовольное пользование водными объектами, нарушение режима использования водоохраных зон водных объектов и фрагментация водно-болотных угодий.

Накопленный экологический ущерб необходимо контролировать с тем, чтобы не пропустить момент, с которого экосистема начнет необратимо деградировать. В этом случае расчет ущерба может быть выполнен в терминах «*критических нагрузок*» (Башкин В. Н., 2004; De Vries, Bakker, 1998; De Vries, Bakker, Scerdrup, 1998).

6.1.2. Динамические воздействия природно-хозяйственных систем на окружающую среду

Хотя скорость изменения экосистем сильно превосходит изменчивость литосферной компоненты (геологическое время), считается, что они обладают достаточной инерционностью, чтобы справляться с потоками вещества и энергии, поступающими в результате функционирования ПХС. Эти представления до сих пор лежат в основе антропоцентрических нормативов допустимых воздействий хозяйственной деятельности (производных системы ПДК). Однако большинство природно-техногенных катастроф, являясь однозначно динамическими событиями, свидетельствует о том, что экологический риск-анализ не может быть ограничен учетом статических воздействий и должен опираться на динамические данные.

Научный мониторинг, прогноз, стратегическое управление рисками и предупреждение кризисных явлений составляют главное содержание проблемы экологического риска — проблемы *глобальной экодинамики*, разработавшейся многие годы академиком К. Я. Кондратьевым.

Глобальная экодинамика (ГЭ) — это оценка изменений отклика экосистемы на природно-климатические и антропогенные воздей-

ствия, происходившие в прошлом, наблюдаемые в настоящее время и возможные в будущем. Изучение экодинамических закономерностей занимает важное место в исследовании причинно-следственных связей между *воздействием* на экосистему — ее *резистентностью* и *индикаторным откликом* — *самоочищением* от загрязнений и *компенсацией* изменений.

Актуальность такого подхода видна в противоречивости оценок даже современной экологической ситуации, варьирующих в диапазоне от обоснования благополучия до выводов об угрожающей миру экологической катастрофе. Детальный реалистический анализ перспектив развития ГЭ проведен в ряде монографий К. Я. Кондратьева (1996 — 2006).

Основопологающим обстоятельством является необходимость учета взаимосвязанности ключевых вопросов ГЭ, определяемая нелинейностью обратных связей между техносферой и биосферой, за счет чего могут возникать «пороговые эффекты», а также синергизм технологий и экологической политики. Адекватный анализ роли обратных связей и нелинейности взаимодействий серьезно осложняется фрагментарностью имеющейся информации.

Как любая сложная система, реальная ПХС в целом и составляющие ее подсистемы, в частности, в своем функционировании базируются на процессах энерго- и массообмена. Энергомассообмен в ней выглядит как непрерывный процесс взаимного влияния между естественными природными факторами, нормируемым техногенным потоком воздействий и потоком процессов самокомпенсации геосистем. Если характеристика какого-либо фактора антропогенного изменения имеет неуправляемый характер, ее возрастание может привести к достижению в процессе эксплуатации промышленного объекта предельного уровня, представляющего уже экологическую опасность.

Результат взаимодействия техногенного потока воздействий на природные комплексы и самовосстановления биогеоценозов определяет меру равновесия ПХС и окружающей среды. На локальном и детальном уровнях оценки устойчивости территорий дальнейшая типологическая классификация источников техногенного воздействия на среду может осуществляться по двум направлениям — природному и техногенному.

В первом случае выделяют факторы, вызывающие механические, физические, физико-химические, химические и биологические воздействия, в том числе изменяющие физические поля, во втором — типизация источников техногенного воздействия проводится по характеру и специфике производственного процесса.

Для целей территориального моделирования под *технической компонентой* ПХС можно понимать абстрактное тело простой геометрической формы, которым можно аппроксимировать источник экоаномалий. Например, захороненный радиоактивный источник — это точечный источник, зона тектонического нарушения — верти-

кальный пласт, пленка нефтепродуктов в грунтовом потоке — тонкая горизонтальная плоскость и т. п. Источники экоаномалий выделяются из вмещающей природной среды одним или несколькими свойствами и могут быть:

- статическими (постоянными во времени);
- дуальтернативными, когда геопространство делится на аномалосоздающий объект и вмещающую среду (например, в случае радиоактивного источника) и многоальтернативными, состоящими из нескольких возмущающих источников (например, в случае зон нарушений и пленки нефтепродуктов);
- детерминированными (закономерно обусловленными и расчитываемыми);
- априорными, используемыми при проектировании работ и решении прямых задач.

К динамическим воздействиям ПХС будем относить экологические риски аварий и катастроф на химических, биологических, радиационных и взрывопожароопасных производствах, а также распространение ЗВ, пожаров и взрывов при возникновении на них нештатных ситуаций (табл. 6.4).

Анализируя причины каких-либо изменений или прогнозируя их, всегда приходится рассматривать не менее двух взаимосвязанных компонентов, образующих единую систему взаимодействия: природную основу системы и ее техногенное ядро, т. е. технологические, технические и инженерные средства, сооружения и комплексы, эксплуатация которых приводит или может привести к изменениям ландшафта.

Очевидно, что ПХС являются сложными иерархическими образованиями, содержащими взаимосвязанные компоненты различного уровня воздействия на природные объекты и по-разному воспринимающие эти воздействия. Очевидно также, что совокупность воздействий всех компонентов системы будет определяться ее назначением и функцией.

В строительной практике постоянно анализируется система, образованная грунтами основания и зданием, которое на нем возводится. В зависимости от нагрузки на эти грунты, определяющиеся массой и конструкцией здания, составом и свойствами грунтов, рассчитывается и проектируется фундамент. В результате строительства возникает первый уровень ПХС «здание — грунты основания».

Однако в городских условиях взаимодействие этим не ограничивается, поскольку возводится не одно, а многие здания, образующие кварталы, расчлененные проспектами и улицами и связанные инженерными коммуникациями. Возникает второй уровень взаимодействия «квартал — геологические тела основания квартала» и затем третий уровень «город — геологические тела основания города». Совокупный уровень воздействия инженерных сооружений города определяется не только их массой и динамикой эксплуатации, но также температурным воздействием, измененным режимом пи-

Таблица 6.4. Негативное воздействие ПХС на окружающую среду при возникновении аварий и катастроф

Типы ПХС	Воздействие на основные типы экосистем			
	Пресноводные	Морские	Лесные + Агро	Урбо
1. Транспорт	ТМ, НП, утрата биоразнообразия	ТМ, НП, утрата биоразнообразия	Загрязнение почв, воды токсикантами, аэропадениями	Загрязнение почв, воды, воздуха НП и другими органическими ксенобиотиками
2. ВОВ	Уничтожение, замутнение, катастрофическое загрязнение	Замутнение, катастрофическое загрязнение	Уничтожение	Уничтожение, разрушение
3. ХОВ	Уничтожение	Катастрофическое загрязнение	То же	Уничтожение
4. ЯТЦ	Радиация	Радиация	»	Энергетические блоки
5. Металлургия	Загрязнение воды ТМ, неорганическими и органическими токсикантами	Загрязнение воды ТМ, неорганическими и органическими токсикантами	Уничтожение лесных и земельных ресурсов	Загрязнение почв, воды, заиление водоемов
6. Горное дело	Катастрофическое загрязнение	Катастрофическое загрязнение	То же	То же
7. ГТС	Изменение гидрологии, разрушение	Береговые процессы	Иссушение, подтопление	»
8. Биологические объекты	Эпидемии	Эпидемии	Эпизоотии и эпидемии	Эпидемии
9. Инфраструктура города	То же	Эпизоотии и эпидемии	То же	Эпизоотии

тания и разгрузки подземных вод, наведенными электромагнитными колебаниями.

В подсистеме природной среды это воздействие может распространяться на отдельные геологические тела (например, рудные), урочища, бассейны рек, охватывая разные природно-территориальные комплексы, и ландшафтные зоны или районы.

Направленность воздействия техногенного ядра на природную основу интегрально определяется назначением ПХС.

Иначе говоря, в сходных по назначению системах и близких по параметрам природных условиях можно достаточно обоснованно ожидать и сходных воздействий ядра на природную среду и соответственно сопоставимой реакции природных объектов на это воздействие или совокупность воздействий, предопределенную назначением техногенного ядра.

6.2. Типизация аварийных ситуаций по уровню экологического риска

В проведении риск-анализа и смягчении экологических ущербов чрезвычайных ситуаций огромное значение имеет комплекс превентивных мероприятий и мониторинговых наблюдений. На основе этих данных происходит тестирование хозяйственной деятельности как потенциального источника аварий с экологическими последствиями. В экономике уже десятки лет выполняются прогнозные разработки, тесно связанные с техникой сценирования, позволяющего предвидеть тенденции развития по результатам многофакторных исследований. Теперь эта методология распространилась и в экологическом риск-менеджменте. Рассмотрим их результаты применительно к экологическим рискам на урбанизированных территориях на примере Великобритании и Санкт-Петербурга.

6.2.1. Методология Форсайт при прогнозировании экологических рисков

Методы, используемые в этих проектах и получившие обобщающее название *Форсайт*¹, зарекомендовали себя как наиболее эффективный инструмент выбора приоритетов в сфере науки и технологий,

¹ *Форсайт* (от англ. *foresight* — взгляд в будущее) — инструмент формирования приоритетов и мобилизации большого количества экспертов для достижения качественно новых результатов в сфере науки и технологий, экологии, экономики, государства и общества. По результатам форсайт-проектов создаются дорожные карты. Является одним из важнейших инструментов инновационной экономики.

а в дальнейшем — и применительно к более широкому кругу проблем социально-экономического развития.

Форсайт исходит из вариантов возможного будущего, которые могут наступить при выполнении определенных условий: правильного определения сценариев развития, достижения консенсуса по выбору того или иного желательного сценария, предпринятых мер по его реализации. Существует множество методов прогнозирования, однако в программах Форсайт наиболее интенсивно используются метод Дельфи, критические технологии, разработка сценариев, технологическая дорожная карта и формирование экспертных панелей. Сценарии наиболее эффективны и как дополнение к исследованиям, выполненным с использованием других методов — SWOT-анализа (оценки сильных и слабых сторон, возможностей и рисков), мозговых штурмов, библиометрического и патентного анализа и т. д.

Проект «Предупреждение наводнений и защита береговых территорий» (Flood and Coastal Defence — FCD), как часть программы Форсайта в Великобритании, предполагал использование сценарного анализа. Эта методика имеет долгую историю, она применялась в системе управления водными ресурсами до появления проекта FCD.

Цель проекта — разработка долгосрочных ориентиров в отношении предупреждения наводнений и защиты береговых территорий в Великобритании, включая выявление возможных изменений рисков наводнения и береговой эрозии в последующие 100 лет и определение вариантов наиболее эффективных действий государства и бизнеса в ответ на будущие вызовы. Горизонт прогноза составил 30 — 100 лет. В работе принимали участие 60 ведущих экспертов, которые провели наиболее подробный и всесторонний анализ проблемы учащающихся наводнений. По итогам исследования сделаны два *ключевых вывода*:

1) невозможно продолжать жить по существующим установкам: практически при любом из рассмотренных сценариев риски возрастали до неприемлемых уровней. Предстоит сделать трудный выбор: либо инвестировать средства в экологически рациональные методы борьбы с наводнениями и эрозией прибрежных зон, либо учиться жить с все учащающимися наводнениями;

2) рисками необходимо управлять в мировом масштабе. Глобальное снижение выбросов в атмосферу газов, способствующих созданию парникового эффекта, значительно понизит риски, однако само по себе является недостаточным. Великобритания стоит перед трудным выбором: инвестировать больше средств в предотвращение наводнений и защиту береговых территорий или научиться жить в условиях возрастающей угрозы наводнений.

Крупные проекты в строительстве рождаются долго, но живут еще дольше. Например, сейчас уже ведутся исследовательские работы по замене или модернизации Темзского Барьера, запланированные на 2030 г., после чего обновленные защитные сооружения, как ожи-

дается, прослужат многие десятилетия. В городах для сбора дождевой воды все еще используются системы канализации, построенные более 100 лет назад.

Застроенные обжитые районы отличает высокий показатель инертности. Для изменения землепользования на затопляемых равнинах и в городах по берегам рек потребуются смена политики застройки, на что уйдут годы.

Снижение выбросов газов, способствующих возникновению парникового эффекта, может сыграть важную роль в уменьшении риска затопления во второй половине XXI в., но для этого необходимо принять немедленные меры, так как результаты процессов, происходящих в атмосфере или Мировом океане, становятся видны не сразу.

В настоящее время затраты на борьбу с наводнениями в Великобритании составляют более 2 млрд фунтов стерлингов/год. Около 800 млн расходуется на защиту береговых территорий и предупреждение наводнений. Затраты на ремонтно-восстановительные работы достигают примерно 1 400 млн фунтов. Почти 2 млн домов и строений, расположенных на затопляемых равнинах вдоль рек, в устьях рек и на побережьях, находятся под риском потенциального затопления. Обильные проливные дожди, которые переполняют систему сбора дождевой воды, могут стать причиной затопления еще 80 тыс. строений, расположенных в городах, т.е. привести к так называемому «внутригородскому» наводнению. Только в Англии и Уэльсе в зоне риска находятся 4 млн человек и недвижимость на сумму более 200 млрд фунтов стерлингов (табл. 6.5).

В то время как уровень затрат остается более-менее постоянным, ущерб может резко возрастать в случае крупного наводнения.

Таблица 6.5. Обзор современных рисков наводнений и стоимости управления ими в Великобритании (по Й. Майлсу, 2008)

Речные наводнения и затопление прибрежных областей	Недвижимость, находящаяся в зоне риска, млн фунтов стерлингов	Средний годовой ущерб, млн фунтов стерлингов	Стоимость борьбы с наводнениями за 2003 — 2004 гг., млн фунтов стерлингов
Англия и Уэльс	1 740,000	1,040	439
Шотландия	180,000	32 (только по рекам)	14
Северная Ирландия	45,000	16 (только по рекам)	11
Внутригородские наводнения	80,000	270	320
Итого	2 045,000	1,400	800

Защитные сооружения предохраняют не только людей и жилую недвижимость, но и жизненно необходимые службы и государственное имущество, включая больницы, службы спасения, школы, муниципальные здания и транспортную инфраструктуру.

Участившиеся наводнения могут иметь как положительные, так и отрицательные последствия для окружающей среды. Периодические наводнения жизненно необходимы для многих речных и прибрежных экосистем. Низины, затопляемые соленой водой, могут выиграть от прекращения неэкономного фермерства на прибрежных территориях, но некоторые зоны, например заливные луга, пострадают, к какому бы сценарию мы не обратились.

Чрезмерное осушение земель, изменение русла рек и увеличение контроля над наводнениями привели к значительной потере заболоченных территорий и биологического разнообразия по всему миру. В будущем тенденция к изменению морфологии течения рек, вероятно, будет способствовать увеличению объемов как протекающей воды, так и выноса осадочных донных грунтов, что приведет к расширению и углублению русел рек.

На побережьях изменения в экосистемах будут вызваны как подъемом уровня моря, так и политикой управления наводнениями. Вероятно, угроза сильнее всего для прибрежных заливных лугов по всем сценариям будущего развития, так как потеря литоральных частей низин, затопляемых соленой водой, и приливных территорий, скорее всего, компенсируется преобразованием береговой линии и оставлением заливных лугов (планируемым или спонтанным).

Множество мощных факторов влияет на риски наводнения в будущем. Изменения климата, социально-экономические вопросы, от которых зависят уязвимость людей и стоимость активов на подверженных риску территориях, а также управленческие моменты (организационные меры и регулирование природоохранной деятельности) — все это будет играть ключевую роль.

Уровень роста рисков наводнений будет варьировать в разных сценариях под влиянием следующих трех факторов:

- *изменение климата*: особые изменения климата приписывают сценарию экономического роста, сопровождаемого увеличением глобальных выбросов парниковых газов с настоящего момента и до 80-х гг. XXI в. Согласно прочим сценариям рост выбросов начинается более медленными темпами;

- *степень увеличения стоимости собственности и инфраструктуры*, находящихся в зоне риска;

- *уровень строительства* в местах, подверженных наводнениям.

Многие из факторов, которые могут оказать самое серьезное влияние, являются и самыми неоднозначными. Некоторую неясность можно отнести на счет несовершенства научного понимания, например неоднозначность с моделированием климата. Однако есть и другие объективные причины (например, невозможно предвидеть,

до какой степени международное сообщество преуспеет в уменьшении выбросов парниковых газов). Поэтому важно разработать такие стратегии, которые смогут приспособливаться к различному ходу развития будущего и обеспечивать гибкий подход к изменяющемуся миру.

В Проекте рассмотрено около 80 разнообразных мероприятий для снижения риска наводнений по всему водосборному бассейну, объединенных в пять основных групп (табл. 6.6). Оценка экологической рациональности и эффективности превентивных мер в снижении рисков выполнена по экономическому, социальному и природоохранному критериям.

Ни одна из них не была высокоэффективной и экологически рациональной по всем сценариям. Но некоторые из них хорошо зарекомендовали себя в большинстве сценариев, а именно:

- устройство водосборников для крупномасштабных наводнений;

- планирование землепользования;
- перестройка защитных сооружений на побережьях.

Все они могут принести пользу для окружающей среды, снизить риск наводнений и быть экологически рациональными при осторожном и правильном воплощении их в жизнь. Если скомбинировать несколько решений, то ущерб от наводнений снизится с 20 млрд фунтов стерлингов в год по самому худшему сценарию до 2 млн в 2080 г. Однако даже такие цифры все равно в два раза превышают настоящие.

Таблица 6.6. Решения по крупномасштабным наводнениям

№ п/п	Группа защитных решений	Смягчающие мероприятия
1	Управление сельскими территориями	Водосборник для крупномасштабного наводнения
2	Управление городским хозяйством	Водосборник для городского наводнения
3	Управление наводнениями	Предсказание и предупреждение. Индивидуальные действия по предотвращению ущерба
4	Управление ущербом от наводнений	Управление землепользованием. Устройство защиты от наводнений
5	Речное и прибрежное строительство	Увеличение речного транспорта. Защита рек. Защита прибрежных территорий. Перестройка защитных сооружений на побережьях и их закрытие

Решение проблемы внутригородских наводнений исключительно за счет инженерных мер невозможно из-за высокой стоимости. В этом случае жизненно необходим комплексный подход. Многие из рассмотренных средств борьбы с широкомасштабными наводнениями могут быть использованы и в городской среде.

Самым дешевым средством борьбы с наводнениями является комбинация различных подходов, и это справедливо для любого из рассмотренных сценариев. Среди превентивных и компенсационных мероприятий по борьбе с экологическими рисками наводнений должна поддерживаться управленческая и инженерная иерархия. Региональное значение имеют хранилища в масштабах водосборного бассейна, системы водопроводящих каналов в сельской местности и городах, противопаводковая защита. Локальными объектами являются инженерные сооружения для хранения и перемещения нагонной воды, а также прибрежная морфологическая защита для снижения прибрежной энергии водных потоков.

Для дальнейшего анализа системы наводнений можно использовать модель источник — маршрут — рецептор (SPR) — проверенный способ оценки экологического риска, основанный на случайной связи между источником угрозы, механизмом ее передачи и рецептором, который испытывает воздействие. Так, в случае наводнения:

- *источниками* являются погодные явления или условия, которые могут привести к наводнению (например, сильные дожди, подъем уровня моря);

- *маршрутами* являются водосборные пространства, промежуточные водоемы стока, искусственная или природная гидрографическая сеть, по которой паводковые воды при экстремальных погодных явлениях попадают в места, где они могут оказать воздействие на рецепторы. Сюда входят речные, наземные и подземные городские потоки, прибрежные процессы, а также неисправность сооружений защиты от морских и речных наводнений или городской канализационной системы;

- *рецепторами* являются люди, отрасли промышленности, а также природная или искусственная среда, которые могут пострадать от наводнений.

Количественная модель для оценки риска наводнений со стороны рек и моря использует информацию о местонахождении речного канала, типа поймы, стандарте и состоянии защитных сооружений для расчета вероятности распределения глубины наводнения на квадратах сетки до 1×1 км. Затем это комбинируется с данными переписи и коммерческими базами данных по местам расположения имущества и местам проживания населения, а также соотношением между глубиной наводнения и экономическим ущербом. На основе полученных данных рассчитывается риск наводнений в будущем. Результаты расчетов обобщаются и распространяются в масштабах страны или региона по сети 10×10 км. Расчет риска для жизни и здоровья местного населения полу-

чают путем анализа плотности населения и данных переписи, указывая уязвимость различных секторов населенного пункта к наводнению.

На риск будущих наводнений в большой степени влияет стратегия борьбы с наводнениями. Пространственное распределение риска наводнений на основе данных 2002 г. показывает, что самый высокий экономический риск сосредоточен в зонах затопления самых ценных в экономическом отношении территорий, особенно Большого Лондона, несмотря на наличие самых высоких стандартов защиты от наводнений.

6.2.2. Экологические следствия Форсайта городской инфраструктуры Санкт-Петербурга

Высказывается предположение, что изменения глобальных гидрометеорологических факторов, наблюдающиеся в последние десятилетия, повышают вероятность катастрофических наводнений. По расчетам К. В. Кондратовича (2004)¹, в районе Исландии вскоре начнут формироваться циклоны, которые двинутся на Европу, т. е. «длинные волны», которые и вызывают наводнение в Санкт-Петербурге, будут более сильными и частыми. Зоны предполагаемого затопления показаны на рис. 6.1.

Внезапность наводнения определяется выпадением из сети предупреждения о развитии нагонной волны Таллинской гидрометеорологической станции.

Большинство экозащитных решений, предложенных британскими учеными в Проекте FCD, имеют для Санкт-Петербурга весьма актуальное значение, а создание резервных водосборников — жизненно необходимо, в том числе и на предприятиях водоотведения.

Одним из механизмов гидродинамического взмучивания частиц в застойных зонах устьевых областей рек являются стонно-нагонные течения, сопровождающиеся конвективными процессами и адвективной интрузией солоноватых вод, что периодически происходит в подпорных каналах балтийских портов. Другой механизм связан с подпором воды при нагонах. Это явление наблюдается на реках второго порядка и приводит к накоплению загрязненных илов в устьевой зоне реки, а в начальный момент сгона воды — к их размыву. Подобные процессы известны в устьях левых притоков Невы, где в придонной области накапливаются флокулированные илы мощностью до 0,3 м, смываемые в период сгона воды.

При внутригородском наводнении вода неизбежно смешивается со сточными водами, поэтому учащение нагонных ситуаций будет сопровождаться увеличивающимися рисками для здоровья человека

¹ Материалы Седьмой междунар. конф. «Акватерра», 15—17 июня 2004 г., Санкт-Петербург. — СПб., 2004. — С. 185—189.

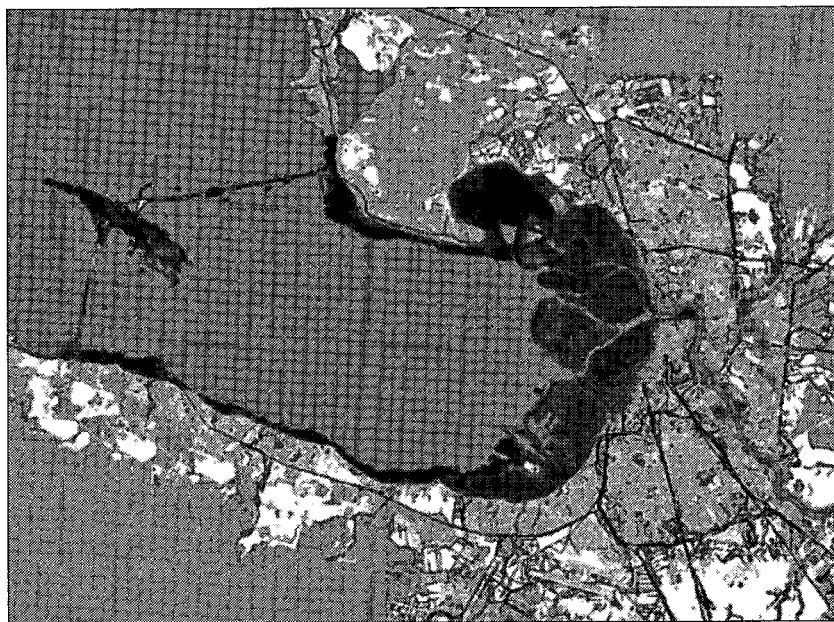


Рис. 6.1. Затопляемые территории Санкт-Петербурга при катастрофическом наводнении (темное)

и возрастающей стоимостью проведения ремонтно-восстановительных работ. Немаловажное влияние будет оказываться на здоровье при перемешивании речных вод и стоков с сельскохозяйственных полей. Кроме того, наводнение может косвенно угрожать здоровью людей тем, что на продолжительный период нарушается нормальная работа систем канализации и на поверхность выносятся фекальные стоки, как это произошло при недавних наводнениях в Европе и в Новом Орлеане.

Ущерб от потенциальных хронических и залповых воздействий оценивается по пространственному положению и продолжительности проявления процесса. *Пространственное положение* может определяться площадным, линейным и точечным проявлением вторичного загрязнения. Ориентировочная площадь воздействия аварийного сброса, например на акваторию Невской губы, определяется площадью развития загрязненных осадков (техногенных илов). В целом эта величина может меняться от первых сотен квадратных метров до десятков квадратных километров.

Аварийные сбросы (АС) сточных вод различаются по *продолжительности* и *интенсивности*. Источниками таких АС могут являться предприятия любой отрасли, имеющие локальные очистные сооружения и прямые выпуски в водоемы и водотоки. В табл. 6.7

Таблица 6.7. Возможные источники аварийных сбросов неочищенных сточных вод в акватории Санкт-Петербурга

Источники АС	Ингредиенты	Причины
Канализационные очистные сооружения	Взвешенные вещества, ХПК, НП, фосфор, фосфаты, азот (общий, аммонийный, нитриты), Fe, Al, Mn, Zn, Cu	Технологические
Канализационные шахты, тоннельные коллекторы и насосные станции	То же	Наводнения
Сети ливневой канализации	Взвешенные вещества, НП, Fe, Al, Mn, Zn, Cu	Засорившиеся участки
Северо-Европейский газопровод	Природный газ, взвешенные вещества, антикоррозийные и герметики	Разрывы трубопровода, неисправности запорной арматуры
Балтийская трубопроводная система	НП	Разрывы трубопровода на суше и речных переходах
Фарватеры и портовые терминалы	НП, ХПК	Сброс балластных и льяльных вод, аварии при бункеровке
Нефтеперевалочные базы и хранилища	НП	Дефекты емкостей, переливы
Диффузные источники — смотровые колодцы	Взвешенные вещества, ХПК, НП, фосфор, фосфаты, азот (общий, аммонийный, нитриты), Fe, Al, Mn, Zn, Cu	Засорение, переполнение и подтопление
Выпуски неочищенных сточных вод различных предприятий	Взвешенные вещества, ХПК, НП, Fe, Al, Mn, Zn, Cu	Технологические сбои
Дренажные системы полигонов ТБО	Взвешенные вещества, ХПК, НП, Fe, Al, Mn, Zn, Cu, Cd, Hg	Разрушение, переливы
Полигоны дампинга и золоотвалы	Взвешенные вещества, ХПК, НП, Fe, Al, Mn, Zn, Cu	Переливы

Источники АС	Ингредиенты	Причины
Гидротехнические сооружения	Взвешенные вещества, ХПК, НП, Fe, Al, Mn, Zn, Cu, Cd, Hg	Разрушение, переливы
Взмучивание устьевых участков рек	Взвешенные вещества, ХПК, НП	Сгонно-нагонные течения
Весенний мощный сброс ЗВ в водные объекты	Взвешенные вещества, ХПК, НП, Fe, Al, Mn, Zn, Cu, Cd, Hg	Таяние льда и снега

представлены основные объекты экологического риска в акватории Санкт-Петербурга.

Вопросы надежности трубопроводов важны не только для обеспечения работы трубопроводного транспорта, но и для бесперебойной эксплуатации канализационной сети. За последние 20 лет эксплуатационная служба «ГУП Водоканал» сталкивалась с предаварийными и аварийными ситуациями, которые требовали остановки коллекторов или их участков, сброс сточных вод в водоемы и организации ремонта, который продолжался нередко год или более.

В технологических процессах техносферных объектов генерируются исходные (эмиссионные) техногенные ЗВ. В процессе миграции через транзитные среды ЗВ проникают в объекты окружающей среды, где могут депонироваться. В депонирующих средах происходит накопление (аккумуляция) или преобразование поступающих ЗВ. Продукты превращений исходных ЗВ по составу представляют собой новую композицию уже природно-техногенных ЗВ, экологическая опасность которых отличается от исходной. Собственно говоря, в изменении уровня опасности (токсичности) продуктов превращений относительно исходных ЗВ и заключается эффект их трансформации в отдельных актах процесса миграции. При определенных условиях депонирующие среды становятся источниками генерации вторичного природно-техногенного загрязнения окружающей среды.

Применение новых подходов позволяет реализовать важнейшие этапы процесса управления: расчет вероятностей возникновения аварийной ситуации, возможных последствий и мер по их предупреждению на основе методов прогнозирования, выбора, с использованием соответствующих критериев, оптимальных мер по ликвидации реально возникшей чрезвычайной ситуации. Наряду с мониторингом последствий аварийных сбросов обязательной представляется разработка превентивных защитных мер по перехвату стоков несанкционированного состава, в том числе на технологических линиях предприятий.

6.3. Экологические последствия воздействия наиболее аварийных отраслей хозяйственной деятельности

Рассмотрим разновидности экологического ущерба, возникающего при авариях на всех остальных потенциально опасных ПХС. Используем рейтинг техногенных аварий по распространенности, размерам суммарного материального ущерба, численности пострадавших и потерям устойчивости экосистем (в терминах табл. 2.3).

6.3.1. Воздействие транспортных систем

Наиболее распространены транспортные аварии, которые подразделяют по трем видам транспорта, на котором они произошли, и (или) по вероятным поражающим факторам перевозимых опасных грузов.

Автомобильные происшествия, аварии и катастрофы. По данным ООН, ежегодно в мире являются причиной гибели около 300 тыс. человек, а 8 млн человек получают ранения. Ежегодно в России только в результате дорожно-транспортных происшествий (ДТП) получают ранения около 180—200 тыс. человек, из которых погибает около 30—35 тыс. Аварийность автотранспортных средств является побочным негативным результатом дорожного движения. К числу главных причин ДТП относятся нарушение правил дорожного движения (более 70 % происшествий), превышение скорости, управление транспортным средством в нетрезвом состоянии, плохое состояние дорог, неблагоприятные метеоусловия, неисправность транспортных средств.

Характер действия транспортного комплекса как источника риска для людей и среды их обитания может быть *непрерывным* (отработавшие газы) или *разовым* (аварии на транспорте). Воздействие автомобилей на окружающую среду даже в штатной ситуации представляет мировую проблему: загрязнение воздуха продуктами сгорания, пылью (в том числе наиболее дисперсными частицами PM10 и PM2,5¹ и канцерогенными веществами), водоемов — НП и ТМ, специфическими отходами (НП, моторные масла, аккумуляторы, изношенные шины и т. д.). По данным американских исследователей, один легковой автомобиль, проходя в год 15 тыс. км, потребляет около 4 т кислорода, выбрасывает в воздух более 3 т CO₂, более 500 кг

¹ Мелкие взвешенные частицы (аббревиатура PM10 и PM2,5) размером до 10 мкм, которые очень опасны для здоровья человека. Попадая в легкие, они создают условия для образования раковых клеток и прочих тяжелых заболеваний.

СО, 10 кг резиновой пыли и т. д. Помимо загрязнения атмосферы города, автомобильный комплекс вносит существенный вклад в загрязнение воды и почв. Основными загрязнителями являются взвешенные частицы, нефтепродукты, органические растворители, ионы тяжелых металлов и др.

Транспортные средства представляют собой нестационарные источники экологической опасности и вносят доминирующий вклад в загрязнение окружающей среды акустическими, электромагнитными и тепловыми полями, выбросами вредных веществ, включая различные виды токсичных и канцерогенных химических соединений:

- наблюдается беспрецедентный рост массовой автомобилизации — парк автомобилей составляет около 1 млрд ед. (в России около 43 млн ед.);

- автомобильный транспорт является крупнейшим загрязнителем окружающей среды;

- в РФ на долю автотранспорта приходится в среднем 45 % от общего выброса вредных веществ в атмосферу и 80—90 % в крупных городах;

- ежегодный экологический ущерб от функционирования автотранспорта в РФ оценивается 150 млрд руб.;

- автотранспорт для изготовления и функционирования требует значительное количество природных материалов и сырья и, прежде всего, невозобновляемых и дефицитных энергоносителей;

- из-за неразвитости или плохого качества системы информации на дорогах, по данным Международной дорожной федерации, ежегодно в мире автомобили пробегают лишние 10 млрд км, львиная доля перепробега — в развивающихся странах. В среднем каждый автомобиль в мире в год проезжает «лишние» 10 км. На долю России приходится примерно 280 млн км перепробега автомобилей — расстояние от Земли до Солнца и обратно.

Анализ полного жизненного цикла автомобиля показывает, что *негативно воздействующие факторы* образуют ряд групп.

Первая группа связана с производством автомобилей: высокая ресурсно-сырьевая и энергетическая емкость автомобильной промышленности; негативное воздействие на окружающую среду автомобильной промышленности (литейное, инструментально-механическое, лакокрасочное производство, стендовые испытания, производство шин и др.).

Вторая группа обусловлена эксплуатацией автомобилей: потреблением топлива и воздуха; выделением вредных выхлопных газов; рассеиванием в природе продуктов истирания шин, материалов, тормозов и сцепления; шумовым загрязнением окружающей среды. Транспортный шум и вибрация, уровень которых непрерывно возрастает и, прежде всего, в больших городах и районах массового автомобильного движения, являются источником постоянного звукового дискомфорта для населения мегаполисов.

Третья группа связана с материальными и человеческими потерями в результате ДТП и аварий. Дополнительный риск от ДТП возникает при перевозке опасных грузов (химических и радиоактивных веществ) вследствие их высокой токсичности для окружающей среды и здоровья людей.

Четвертая группа связана с отчуждением значительных территорий под транспортные магистрали, гаражи и стоянки; развитием инфраструктуры сервисного обслуживания автомобилей (автозаправочные станции, станции технического обслуживания, мойки для автомобилей и др.); поддержанием транспортных магистралей в рабочем состоянии (использование снегоуборочной техники, проведение противогололедных мероприятий, в том числе посыпка проезжей части песчано-соляными смесями, нанесение дорожной разметки и установка указателей и светофоров).

Пятая группа объединяет проблемы обращения (сбора, транспортировки, хранения, регенерации и утилизации) с отходами и мусором, образующимися в связи с производством, технической эксплуатацией и ремонтом автотранспортных средств. Например, в Израиле лишь сотни автомобилей попадают в центры утилизации, а десятки тысяч — на примитивных свалках, загрязняя окружающую среду машинным маслом, фреоном и бензином.

Вследствие загрязнения окружающей среды зоной экологического бедствия для населения становятся целые регионы, в особенности крупные города. В денежном исчислении ежегодный экологический ущерб (загрязнение атмосферы, шум, воздействие на климат) от функционирования автотранспортного комплекса РФ достигает 2—3 % валового национального продукта (ВНП) при общих экологических потерях 10 % и затратах на природоохранные мероприятия не более 1 %.

Железнодорожные происшествия, аварии и катастрофы. Железнодорожный транспорт потенциально опасен для природной среды и населения, особенно при аварийных ситуациях и во время перевозки опасных грузов, хотя приводит к экологическим последствиям, существенно меньшим, чем автомобильный. К авариям относятся столкновения поездов с другими поездами или подвижным составом, сходы подвижного состава на перегонах и станциях. Крушения поездов на железных дорогах чаще всего обусловлены следующими причинами: технологическими или техническими нарушениями, взрывами (пожарами) в поездах, цистернах или рядом с поездом.

Любая железная дорога представляет собой отчужденную у природной среды полосу, искусственно приспособленную к движению поездов с заданными техническими и экологическими показателями. Для экологической системы, природного ландшафта железная дорога является чужеродным элементом.

Железнодорожный транспорт (как междугородние поезда, так и городской рельсовый) можно назвать более экологичным по срав-

нению с автомобильным, хотя строительство железных дорог, несомненно, вредит экосистемам не меньше, чем строительство автомобильных трасс (отчуждение и фрагментация земель).

В настоящее время на долю железнодорожного транспорта в РФ приходится 75 % грузооборота и 40 % пассажирооборота. Такие объемы перевозок связаны с большим потреблением природных ресурсов, поэтому влияние железнодорожного транспорта на экологическую обстановку весьма ощутимо. Оно проявляется, прежде всего, в загрязнении воздушной, водной среды и литосферы, а также отчуждении земель при строительстве и эксплуатации железных дорог.

Помимо выбросов продуктов сгорания топлива ежегодно при перевозке и перегрузке грузов из вагонов в окружающую среду поступает около 3,3 млн т руды, 0,15 млн т солей и 0,36 млн т минеральных удобрений. Более 17 % развернутой длины железнодорожных линий имеют значительную степень загрязнения пылящими грузами. При остановке поездов из буксируемых колесных пар выливаются жидкие смазочные материалы. Из вагонов-цистерн на пути и междупутье, во время перевозок, вследствие негерметичности клапанов и сливных приборов цистерн, неплотностей люков теряются нефтепродукты. Они просачиваются через почвенные горизонты и загрязняют грунтовые воды.

Факторы воздействия объектов железнодорожного транспорта на окружающую среду обычно классифицируют по следующим признакам:

- изъятие земельных ресурсов с кластеризацией (разделением) территории;
- твердые отходы;
- механическое воздействие на почвы строительных, дорожных, путевых и других машин;
- физические (тепловые излучения, электрические и электромагнитные поля, шум, инфразвук, ультразвук, вибрация, радиация и др.);
- химические вещества и соединения (кислоты, щелочи, соли металлов, альдегиды, ароматические углеводороды, краски и растворители, органические кислоты и соединения и др.), которые подразделяются на чрезвычайно опасные, высокоопасные, опасные и малоопасные;
- биологические (макро- и микроорганизмы, бактерии, вирусы).

Эти факторы могут действовать на природную среду долговременно, сравнительно недолго, кратковременно и мгновенно.

Особую тревогу с точки зрения экологической безопасности вызывает *перевозка опасных грузов*. К опасным грузам относятся вещества и изделия, которые в силу присущих им свойств и особенностей при экстремальных обстоятельствах в процессах перемещения или хранения могут нанести вред окружающей среде, вызвать взрыв, пожар или повреждение транспортных средств, зданий и сооружений,

а также гибель, травмирование, отравление, заболевания людей или животных (табл. 6.8).

Российские железные дороги (РЖД) перевозят опасные грузы 890 наименований. Основную долю в структуре опасных грузов, транспортируемых по железной дороге, занимают нефтеналивные грузы. В настоящее время доля нефтепродуктов в общем объеме грузов, перевозимых железнодорожным транспортом, составляет около 20 %. По данным Межведомственной комиссии по экологической безопасности России, около 30 % аварийных происшествий на железнодорожном транспорте связано с разливами нефтепродуктов. Перевозки нефти и нефтепродуктов по железным дорогам являются экологически опасными и сопряжены с риском возникновения аварийных происшествий, последствиями которых могут быть проливы различного масштаба, а при неблагоприятных стечениях обстоятельств — пожары и взрывы, приводящие к значительным материальным потерям, загрязнению местности и поражению токсичными веществами значительных масс людей.

Наиболее часто встречающимся видом опасности является пожарная, которая приводит к возгораниям, взрывам и выделениям токсичных веществ, заражению местности высокотоксичными продуктами. Статистика крушений и аварий поездов с опасными грузами в России довольно высокая (так, в 1994 и 1995 гг. произошло по 12 крупных аварий). Имеются случаи схода и столкновения вагонов, загруженных опасными грузами, которые могут приводить к разрушительным последствиям в черте крупных городов.

По данным МЧС России, в 2004 г. произошло 1 174 техногенные чрезвычайные ситуации. Из-за неисправности железнодорожных путей были зарегистрированы крушения и аварии на Московской, Северокавказской, Забайкальской, Западно-Сибирской и Южно-Уральской железных дорогах, где произошли сход с рельсов и опрокидывание железнодорожных вагонов.

Наиболее распространенными видами инцидентов оставались утечки опасных жидких и газообразных грузов в пути следования.

Авиационные происшествия, аварии и катастрофы. Такие аварии относительно часты, а из-за большой вместимости воздушных судов их жертвы многочисленны. Например, в 2008 г. на гражданских воздушных судах коммерческой авиации Российской Федерации произошло 14 авиационных происшествий, в том числе 8 катастроф (погибло 133 чел.), 6 аварий, 921 инцидент и 64 повреждения воздушных судов на земле.

Основными причинами авиационных происшествий, аварий и катастроф являются декомпрессия, пожары на борту авиалайнера, ошибки пилотирования. Самолеты — излюбленный объект террористов, использующих заложников для достижения своих целей.

Основной ущерб от авиационных происшествий связан с человеческими жертвами. Экологические последствия сводятся к локальным взрывам и пожарам.

Таблица 6.8. Экологические ущербы при авариях на РЖД (1996—2012 гг.)

Дата аварии	Регион	Потери подвижного состава	Груз (ущерб)	Реципиент
Май 1996 г.	Горьковская обл.	23 цистерны, сход, опрокидывание	Фенол, дизельное топливо, возгорание	Почвогрунты, водоемы, 300 м полотна
Июнь 1997 г.	Орловская обл.	24 вагона, 2 цистерны, опрокидывание	Формальдегид (разлив)	Почвогрунты
Октябрь 1997 г.	Читинская обл.	23 вагона, сход	Уголь (замусоривание)	Воздух (пыление)
1998 г.	Московская обл.	2 электрички, столкновение	Пассажиры	Пострадало 5 человек
1998 г.	Ачинск	20 вагонов, сход	Сода	Водоемы, 450 м полотна
1998 г.	Республика Коми	26 вагонов, сход	Уголь (замусоривание)	200 м полотна, пыление
1999 г.	Воронежская обл.	46 вагонов, сход	Порожняк	450 м полотна
1999 г.	Краснодарский край	17 цистерн, опрокидывание	ДТ (пролив, возгорание)	Водоем
2000 г.	Мурманская обл.	17 полувагонов, опрокидывание	Руда	Почвогрунты, водоемы, 200 м полотна

2000 г.	Свердловская обл.	21 вагон, сход	То же	150 м полотно
13.08.2003 г.	Свердловская обл.	62 цистерны (21 — сход)	Бензин (возгорание, взрыв)	Ликвидация — 1 месяц, оставшие НП в почве (200 ПДК)
15.06.2005 г.	Тверская обл.	26 вагонов, сход	Мазут (разлив)	На грунт вылилось 780 т, свыше 100 т попало в реки (притоки Волги) и Ивановское влхр.
5.06.2006 г.	Амурская обл.	32 порожние цистерны, завал	Завал, разрушение	500 м полотно
11.07.2007 г.	Амурская обл.	12 вагонов, опрокидывание	Порожняк	300 м полотно
7.06.2008 г.	Карелия	11 цистерн, сход	Бензин (без последствий)	—
12.06.2008 г.	Хабаровский край	Крушение пассажирского поезда	Пассажиры	Пострадало 138 чел.
28.09.2008 г.	Новосибирская обл.	23 вагона, сход	Уголь (падение с моста в р. Иртыш)	Обрушение пролета моста, общий ущерб 1 млрд руб.
23.05.2010 г.	Башкирия	8 вагонов, сход	Порожняк	200 м полотно
11.08.2011 г.	Челябинская обл.	67 вагонов	Уголь	2 чел. погибло, состав полностью уничтожен, 200 м полотна
01.02.2012 г.	Амурская обл.	17 цистерн, сход, опрокидывание	Нефть (возгорание, разлив 200 т)	Почвогрунт, водоем, 600 м полотна

Таблица 6.9. Экологические ущербы при авариях на море

Дата	Место аварии	Объем разлива, тыс. т	Нефтепродукт	Ликвидация ущерба
1978 г.	У побережья Бретани, танкер «Amoco Cadiz»	230	Сырая легкая нефть	Погибли сотни тысяч птиц, пятно площадью 2 000 км ²
1979 г.	Мексиканский залив, платформа «Ixtos I»	460	То же	1 год
1979 г.	Карибское море, столкновение двух танкеров	290	»	Побережье не пострадало
1983 г.	Кейптаун, пожар танкера «Castillo de Bellver»	250	»	То же
1989 г.	Аляска, танкер «Eхxon Valdez»	37	»	4 года, 2 000 км берега, сотни тысяч птиц, тысячи морских животных
1996 г.	Ю.Уэльс, крушение танкера «Sea Empress»	72	»	3 мес, 25 тыс. птиц, 200 км берега
2002 г.	Бискайский залив, танкер «Prestige»	80—90	»	1 год, затраты 12 млрд долл.
2010 г.	Мексиканский залив, платформа «Deepwater Horizon»	700	»	6 мес, площадь «мертвой зоны» достигла 8,5 тыс. км ²

Происшествия, аварии и катастрофы на водном транспорте.

Эти аварии сопутствуют земной цивилизации с древнейших времен. Большинство крупных аварий¹ и катастроф на судах происходит под воздействием ураганов, штормов, туманов, льдов, а также по вине людей — капитанов, лоцманов и членов экипажей. Много аварий происходит из-за промахов и ошибок при проектировании, строительстве и эксплуатации судов. Число жертв таких аварий значительно, но еще значительно экологический ущерб, связанный с авариями танкерного флота (табл. 6.9).

¹ Крупной считается авария, результатом которой является разлив более 700 т нефти.

Таблица 6.10. Объем выбросов загрязняющих веществ от подвижных источников на территории РФ в 2008 г. (по А. Н. Голицыну, 2009)

Вид транспортного средства	Объем	
	тыс. т	%
Автомобили	11 824,2	89,2
Железнодорожный транспорт	871,0	6,6
Воздушный транспорт	152,0	1,1
Морской флот	92,0	0,7
Внутренний речной флот	80,0	0,6
Дорожные машины	238,5	1,8
Итого	13 257,7	100,0

Международная Федерация владельцев танкеров отмечает, что в последние десятилетия количество катастроф танкеров, результатом которых стал разлив нефти, неуклонно снижается.

В 70-е гг. XX в. произошли 252 крупные аварии, в 80-е — 93, в 90-е — 78. С 2000 по 2006 г. таких аварий было лишь 17. В результате в 70-е гг. в море попало 3,14 млн т нефти, в 80-е — 1,17 млн т, в 90-е — почти 1,14 млн т, в 2000-е — всего лишь около 170 тыс. т. Частично это связано с тем, что танкерный флот был обновлен, новые танкеры часто используют двойной корпус, предназначенный для предотвращения разлива нефти (в 2005 г. 75 % кораблей мирового танкерного флота было изготовлено по этой технологии).

Доля подвижных источников — транспортных средств — в загрязнении атмосферы, воды и почвы существенно выше (96,9 %), чем стационарных источников (3,1 %). Общее количество загрязняющих веществ, поступивших в атмосферный воздух на территории РФ от подвижных источников, в 2008 г. приведено в табл. 6.10.

Необходимо отметить, что такие объемы и состав выбросов транспортных средств вскоре кардинально изменятся в лучшую сторону при массовом использовании *биодизеля*¹ (табл. 6.11).

По сравнению с минеральным маслом, 1 л которого способен загрязнить 1 млн л питьевой воды и привести к гибели водной флоры и фауны, биодизель, как показывают опыты, при попадании в воду не причиняет вреда ни растениям, ни животным. Кроме того, он подвергается практически полному биологическому распаду: в почве или в воде микроорганизмы за месяц перерабатывают 99 % биодизеля, что позволяет говорить о минимизации загрязнения рек и озер при переводе водного транспорта на альтернативное топливо.

¹ *Биодизель* — метиловый эфир, получаемый в результате химической реакции из растительных масел и животных жиров.

Таблица 6.11. Сырье, используемое для производства биодизеля

Страна / регион	Сырье
Европа	Рапс (80 %), подсолнечник
США	Соя
Индонезия, Филиппины, Малайзия	Пальмовое масло
Индия	Ятрофа (<i>Jatropha</i>)
Африка	Соя, ятрофа
Бразилия	Касторовое масло

Биодизель образует меньше выбросов CO_2 , при его сгорании выделяется столько углекислого газа, сколько было потреблено из атмосферы растением, являющимся исходным сырьем для производства масла, за весь период его жизни. Очевидны преимущества биодизеля по показателям продуктов сгорания: оксида углерода(II) CO , несгоревших углеводородов, оксид азота NO_x , остаточных частиц и сажи. Биодизель, в сравнении с минеральным аналогом, почти не содержит серы ($< 0,001\%$ против минерального ДТ $< 0,2\%$). В 2005 – 2006 гг. мощности по производству биодизеля в ЕС составили свыше 4 млн т, а в мире — около 7 млн т. Топливо растительного происхождения становится серьезным конкурентом (низкая цена) традиционным видам топлива (высокие цены на нефть).

6.3.2. Нефтяное загрязнение

Наиболее массовыми веществами, загрязняющими водоемы, являются нефть и производные от нее продукты. Нефтяное загрязнение океана опасно из-за того, что на поверхности воды образуется тонкая нефтяная гидрофобная пленка, препятствующая свободному газообмену с атмосферой, что резко сказывается на океанской флоре и фауне. Подсчитано, что 200 тыс. т нефти достаточно, чтобы превратить все Балтийское море в биологическую пустыню. В портах не удастся выгрузить нефть до конца. Около 1 % ее теряется на испарение и остается на стенках и днищах танкеров. Приходится их промывать, и это чаще всего делают в открытом море. Чтобы обеспечить устойчивость судна, в танкеры закачивают морскую воду в качестве балласта (обычно более 30 % тоннажа). Перед новой загрузкой балласт выкачивают вместе с остатками нефти. По подсчетам специалистов, танкеры и другие суда, которые промывают свои трюмы в открытом море, оставляют в нем более 2 млн т/год нефти. Нефть и нефтепродукты оказывают вредное воздействие

на многие живые организмы и пагубно влияют на все звенья биологической цепи.

Нефтяное загрязнение наносит жестокий удар по биологическому равновесию моря. Пятно не пропускает солнечные лучи, замедляет обновление кислорода в воде. В результате перестает размножаться планктон — основной продукт питания морских обитателей. В верхних слоях водной толщи (5 — 10 см) развивается богатейшее сообщество самых разнообразных организмов. Его называют *нейтоном*. Здесь находится «питомник» молоди очень многих видов рыб и беспозвоночных животных, которые во взрослом состоянии населяют водную толщу морей и океанов. Растворимые компоненты нефти очень ядовиты. Их присутствие приводит к гибели морских обитателей, прежде всего птиц и рыб, чем наносится серьезный ущерб экономике ряда стран мира. Если оплодотворенную икру рыбы поместить в аквариум с весьма незначительной концентрацией нефтепродуктов, то большинство зародышей погибает, а многие из уцелевших обнаруживают патологию.

Консалтинговая фирма «Cutter Information Corporation» проанализировала, в каких регионах планеты наиболее часто происходят разливы нефти. В рамках исследования была проверена статистика за период с 1960 по 2005 г., причем учитывались только достаточно крупные аварии, в результате которых в воде оказалось более 34 т нефти и нефтепродуктов.

Как выяснилось, с подобными проблемами сталкивались 112 государств мира (ныне в состав ООН входят 193 государства). Однако наибольшее количество аварий происходило в Мексиканском заливе, вблизи Северо-Восточного побережья США, в Средиземном море, в Персидском заливе и Северном море.

По подсчетам Национального Исследовательского Совета США, ежегодно в воду попадает 1,5 млн м³ нефти и нефтепродуктов, в том числе 5 % — в результате процесса добычи и производства, 22 % — из-за транспортных аварий (танкеры, нефтепроводы и пр.), остальное — в результате сотен и тысяч мелких аварий, так называемых эксплуатационных разливов (неполадки оборудования, нелегальные сбросы загрязняющих веществ, технологические ошибки операторов, обслуживающих насосы, шланги, сепараторы, станции перекачки и т. д.). Их объем относительно невелик (до 100 кг нефти), но в сумме они представляют не меньшую угрозу окружающей среде, чем аварийные разливы. Хроническое и аварийное нефтезагрязнение прибрежных акваторий, как показывают расчеты, будет иметь в перспективе устойчиво положительную динамику.

С 1995 по 2005 г. на 1 млн т добытой или хранимой нефти приходилось 3,06 т утечек в моря, реки, озера. Агентство US EPA утверждает, что, несмотря на все усилия, ежегодно в США фиксируется 14 тыс. разливов нефти.

Чтобы отмыть одну птицу, покрытую нефтяной пленкой, требуется два человека, 45 мин времени и 1,1 тыс. л чистой воды. После

этого вымытой птице требуется от нескольких часов до нескольких суток обогрева и адаптации. Кроме того, ее следует кормить и оберегать от стресса, вызванного шоком от покрытия нефтяной пленкой, тесным общением с людьми и пр.

Агентство US EPA следующим образом описывает эффект разлива нефти: 1 т нефти через 10 мин образует пятно толщиной 10 мм, с течением времени толщина пленки уменьшается (до менее 1 мм), а пятно расширяется и площадь покрытия составляет около 12 км². Дальнейшие изменения происходят под воздействием ветра, волн и погоды. Обычно пятно дрейфует по воле ветра, постепенно распадаясь на более мелкие пятна, которые способны удаляться на значительные расстояния от места разлива. Сильные ветры и штормы ускоряют процесс дисперсии пленки (табл. 6.12).

Мазут растекается в 2,4—3,6 раза медленнее дизельного топлива и в 2,7—4,2 раза медленнее бензина. Существенно разнятся и радиусы пятна.

Ядовитые компоненты нефти, как правило, не способны оказать немедленное воздействие на флору и фауну. Они быстро растворяются в воде, и их концентрация невелика. Поэтому во время катастроф не происходит одномоментной массовой гибели рыб, пресмыкающихся, животных и растений. Однако в средне- и долгосрочной перспективе влияние разливов нефти оказывает крайне негативное влияние. Разлив сильнее всего воздействует на организмы, обитающие в прибрежной зоне, на дне или на поверхности. Так, например, водоплавающим птицам и морским млекопитающим, покрытым нефтяной пленкой, намного сложнее сохранять тепло и плавучесть, они испытывают проблемы с поисками пищи и пр. Выжившие морские организмы чаще болеют, хуже размножаются и пр. Если авария произошла недалеко от города или иного населенного пункта, то отравляющий эффект усиливается, потому что НП образуют опасные смеси с иными ЗВ. Долговременный эффект подобных происшествий точно неизвестен, доминирует мнение о негативном воздействии нефтеразливов на протяжении многих лет и даже десятилетий.

Наиболее тяжелые для природной среды последствия наблюдаются при разливах нефти в прибрежных акваториях, когда течениями

Таблица 6.12. Расчетные величины нефтяного пятна в штилевую погоду за 2 ч с момента аварийного разлива при температуре воды (0 и 20 °С) и объеме разлива (от 0,1 до 10 000 м³)

Вещество	Радиус пятна, м	Скорость растекания, м/с
Мазут	7—2 155	0,001—0,3
Дизельное топливо	16—5 154	0,002—0,7
Бензин	19—5 894	0,003—0,8

и волновым прибоем нефть выбрасывается на береговую полосу. В отличие от поверхности моря берега имеют сложную форму, сложены различными породами, поэтому воздействие на них нефти зависит от многих факторов, включая наличие растительности и животных.

Исходя из характера взаимодействия нефти с берегами различного типа и последствий нефтяного загрязнения береговых экосистем, для побережий был разработан специальный критерий — *индекс уязвимости*. Наименьшее значение «1» присвоено скалистым мысам и берегам из гранитных валунов. Наивысшее значение «10» присвоено болотистым заросшим травой берегам, периодически затпливаемым водой, где экосистемы наиболее продуктивны. Вблизи таких берегов находятся места нереста и нагула рыб, а также места отдыха перелетных птиц. Этот критерий используется при планировании операций ЛАРН¹, в соответствии с ним выбираются места установки защитных боновых заграждений и применяются методы очистки побережья от нефтяного загрязнения.

Прибрежьем присущ высокий удельный вес уязвимых природных территорий (*sensitive maritime area* — в международной классификации), часть из которых подпадает под действие ограничений и рекомендаций международных соглашений. Здесь значительна площадь рекреационных прибрежных зон и водно-болотных угодий, уязвимых к любому объему загрязнения. При многолетнем поступлении даже нормативных нефтяных загрязнений в депонирующей среде (илистых отложениях) могут формироваться обширные загрязненные зоны (рис. 6.2).

Если разлив нефти происходит в пресном водоеме, негативные последствия испытывает на себе и местное население (например, коммунальным службам намного сложнее очищать воду, поступающую в водопроводные сети), и сельское хозяйство.

Прорывы *магистральных трубопроводов* создают существенную нагрузку на наземные экосистемы. Вот несколько примеров.

В январе 2000 г. в воды бухты Гуанабара, на берегу которой расположен Рио-де-Жанейро, из трубопровода попало свыше 1 тыс. т нефти, что привело к крупнейшей за всю историю мегаполиса экологической катастрофе. По мнению биологов, природе потребуются почти четверть века, чтобы полностью восстановить экологический ущерб.

В 1994 г. произошла Усинская катастрофа — серия прорывов на нефтепроводе Харьяга — Усинск, вызванная его изношенностью. Тогда вылилось около 100 тыс. т нефти, что позволило считать эту аварию самым крупным разливом нефти на суше. В пяти поселках была объявлена чрезвычайная экологическая ситуация. В месте катастрофы почти полностью уничтожена фауна и флора (рис. 6.3). Многочисленные притоки рек, озера отравлены. Тонны нефти, попавшей

¹ ЛАРН — ликвидация аварийных разливов нефти.

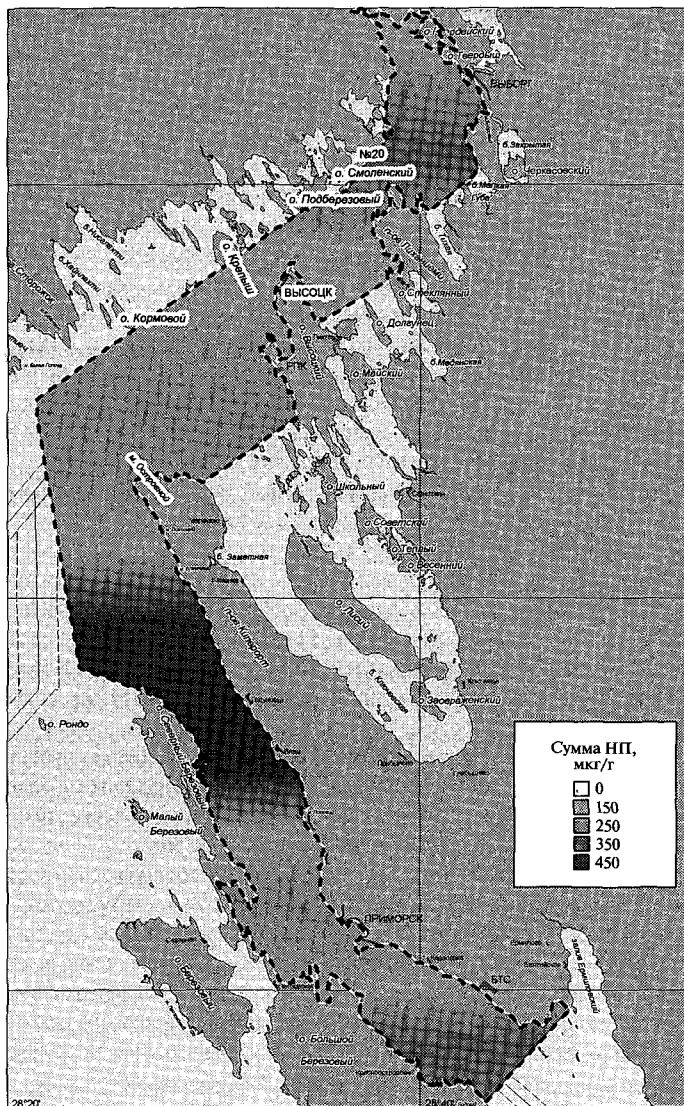


Рис. 6.2. Загрязнение НП донных отложений прибрежной акватории в проливе Беркезунд (Финский залив, 2007)

в многочисленные притоки Печоры, на много лет поставили под удар жизнь и здоровье людей, населяющих не только эти места, но и прилегающие районы. Особую тревогу вызвала возможность попадания нефти в Баренцево море. Негативные экологические последствия могли затронуть Канаду, США и ряд стран Северной Европы.

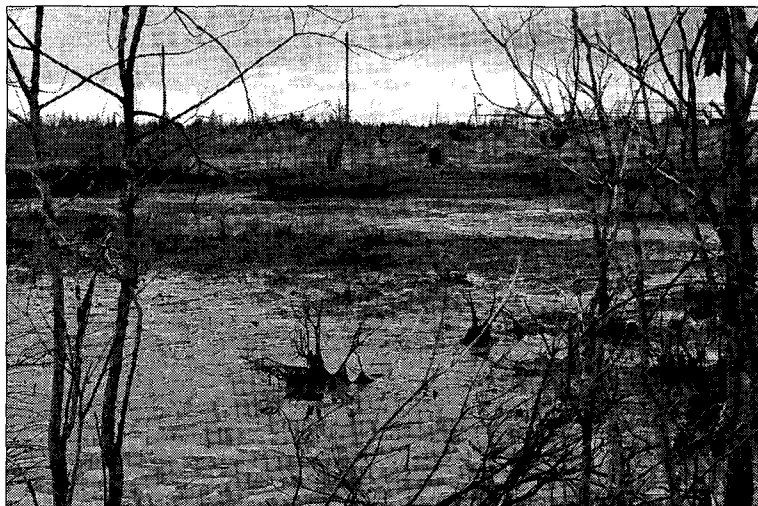


Рис. 6.3. Общий вид Усинского нефтеразлива

Так, в с. Колва наблюдается стабильное возрастание заболеваемости взрослых и детей (заболевания органов дыхания, пищеварения, инфекционные заболевания, всплеск онкологических заболеваний). При этом загрязнение развивается уже около 50 лет: сбросы нефтяных промышленных стоков — свыше 1 млн м³/год (р. Ухта), сбросы неочищенных промышленных и хозяйственно-бытовых вод — свыше 7 млн м³/год (р. Воркута), аварии на многочисленных нефтепроводах. За последние 10 лет численность ценных промысловых видов рыб сократилась в 10—30 раз. В зонах загрязнения произошел падеж сельскохозяйственных животных, уменьшение их плодovitости. В сельскохозяйственной продукции обнаружено высокое содержание тяжелых металлов — кадмия, цинка. В пробах молока концентрация свинца значительно превысила ПДК. По разным оценкам, на грунт вытекло от 14 до 60 тыс. т нефти, а в ходе выполнения работ по сбору разлившейся нефти было собрано более 100 тыс. т жидких углеводородов. В основном нефть скапливалась в низинах, болотах, по берегам ручьев и на поверхности мха, откуда собирать ее было исключительно трудно.

Для района катастрофы характерно слабое развитие процессов самовосстановления территории, что вызвано особым температурным режимом, низкой минерализацией вод, высоким содержанием растворенного органического вещества. Ввиду этого при загрязнении сырой нефтью в природных комплексах возникают необратимые последствия. Спасти загрязненную территорию могла только техническая рекультивация: устройство сети дорог, реконструкция гидрозатворов, полигонов по сбору загрязненного грунта и хранению собранной нефти, шлаконакопителей. Отдельной проблемой явля-

Таблица 6.13. Экспертные оценки утечек нефти в Западной Сибири

Источник	Год	Объем разливаемой нефти, тыс. т
Воробьев Ю. Л. и др., 2005	2000	17 000 — 20 000
Госдоклад ХМАО	2000	Более 1 500
Госдоклад об ООС РФ	2001	2
Токмакова Е. Г., 2003	2003	10 000 — 200 000
Консейсао А. А., 2008	2007	1 000
Нечаева И. А., 2009	2009	8 000 — 9 000
Знобищев Г. П., 2009	2009	Не менее 4 500
Мхитаров Р. А., 2010	2010	Более 20 000
Центр экологии ТЭК, 2010	2010	Не менее 60 — 400
Плешакова Е. В., 2010	2010	До 8 000 — 9 000
Малышев А. В., 2010	2010	До 8 000 — 9 000
Группа компаний «Эксперт», 2011	2011	4 000
Голубчиков С. Н., 2011	2011	10 000 (только Западная Сибирь)
Министерство экономического и социального развития РФ	2011	17 000 — 20 000

лись нефтяные шламы, образовавшиеся в ходе ликвидации разливов. До сих пор остаются складированными в шламонакопителях 60 тыс. т нефтесодержащих шламов, связанных с аварией 1994 г.

Ущерб от крупномасштабных разливов нефти подсчитать достаточно сложно. Он зависит от многих факторов: типа разлитых нефтепродуктов, состояния пострадавшей экосистемы, погоды, океанских и морских течений, времени года, состояния местного рыболовства и туризма и пр. Это задачи страховых случаев, тогда как экологи, изучающие ресурсный синергизм иерархических ПХС нефтегазового комплекса, имеют возможность оценивать суммарные объемы пролитой нефти, коль скоро вся она попадает в речную сеть, а затем в конечный водоем стока (табл. 6.13).

Ежегодно в окружающую среду в России попадает несколько миллионов тонн нефти. По данным 2001 г.¹, в среднем за год только во-

¹ Адам А. М. Природные ресурсы и экологическая безопасность Западной Сибири / А. М. Адам, Р. Г. Мамин. — М.: НИИ-Природа, 2001. — 172 с.

дами р. Оби переносилось около 120 тыс. т нефти, включая наиболее токсичные быстрорастворимые формы — бенз(а)пирен, бензол, нафталин и их производные. А на основании данных непосредственных измерений Росгидромета, в 2009 и 2010 гг. вынос нефтепродуктов Обью оценивается в 190 и 135 тыс. т. Всего на сток Оби в Карское море приходится около 50 % поступающих туда нефтепродуктов.

С рекой Леной в море Лаптевых может поступать до 108 тыс. т нефтепродуктов. А общий объем выноса нефти реками в Северный Ледовитый океан с территории России может составлять 500 тыс. т в год и более. Так, по данным Мурманского морского биологического института, суммарный вынос нефтепродуктов реками в бассейны арктических морей составляет 510 тыс. т.

Ни в одной стране мира прорывы трубопроводов не происходят с такой частотой как в России, причина тому — коррозия, обусловленная значительным сроком службы нефтепроводов: скорость замены труб такова, что продолжительность их эксплуатации со временем лишь увеличивается. Второе место после России занимает Нигерия, но здесь они случаются значительно реже, и основная причина прорывов — повреждения в результате вандализма.

6.3.3. Воздействие гидротехнических сооружений

На прибрежных акваториях широко распространены гидротехнические сооружения (ГТС) — объекты высокого риска. Контроль их состояния является ответственной задачей при строительстве и эксплуатации. В роли критериев безопасности гидротехнического сооружения выступают предельные значения количественных и качественных показателей состояния гидротехнического сооружения и условий его эксплуатации, соответствующие допустимому уровню риска аварии и утвержденные в установленном порядке федеральными органами исполнительной власти, осуществляющими государственный надзор за безопасностью гидротехнического сооружения.

Специфика гидротехнических работ на прибрежных акваториях состоит в том, что техногенное воздействие на компоненты водных экосистем сказывается в основном на этапе создания ГТС, тогда как наземные ГТС (плотины, шлюзы, водохранилища) опасны на всем протяжении своего жизненного цикла.

К источникам гидротехнических рисков на море относятся объекты портового комплекса (подходные каналы, грузовые и пассажирские причалы, контейнерные площадки, бункеровочные устройства, эстакады загрузки наливного флота), сооружения берегоукрепления и волнозащиты, искусственные острова различного назначения и конструкции (буровые и добывающие платформы, образование территории порта), трубопроводы, дноуглубление и организация подводных морских отвалов.

Потенциальным источником загрязнения окружающей среды в прибрежной зоне северных морей является угроза разрушения портовых терминалов и инженерных сооружений, связанных с добычей и транспортировкой нефти и газа в этих регионах. Активное освоение подводного пространства и строительство на акваториях все новых объектов выдвигает на первый план задачу обеспечения их безопасности и предсказания степени риска, связанного с такими экстремальными нагрузками, как движения крупных масс воды и осадков, изменения профиля морского дна и т.д. Катастрофические разрушения инженерных сооружений, помимо прямых экономических потерь, грозят крупномасштабными загрязнениями природной среды и соответствующими затратами на их ликвидацию. Степень таких загрязнений слабо предсказуема, так как связана с многофакторными природными процессами разноса вредных веществ в водной среде и донных отложениях.

В этих условиях актуальным являются контроль текущего состояния прибрежных акваторий в непосредственной близости от инженерных сооружений и разработка мер по предотвращению аварийных ситуаций. В соответствии с действующим природоохранным законодательством России инженерно-строительные организации уделяют большое внимание этим вопросам в проектных обоснованиях. За прошедшие годы накоплен значительный материал в виде отраслевых документов (СП, СНиП и др.), в которых формулируются требования к изучению локальных участков шельфа: оценка максимальных штормовых воздействий в течение заданного времени, общая оценка литодинамических процессов, прогнозы деформации подводного склона, прогноз интенсивности размывов и заносимости площадок и т.д. Введены такие обязательные мероприятия, как декларация безопасности ГТС, определяющая меры по обеспечению безопасности с учетом их класса, экспертиза декларации безопасности этих сооружений, государственная экологическая экспертиза объектов, потенциально являющихся источником чрезвычайных ситуаций.

Однако на практике решение поставленных задач при проектировании, строительстве и эксплуатации инженерных сооружений в прибрежной (мелководной) зоне морей сталкивается с трудностями, среди которых проблема прогнозирования устойчивости сооружений к экстремальным нагрузкам остается наименее изученной. Поскольку предполагаемый срок службы таких сооружений достаточно долог, проблема сводится к прогнозированию на длительный срок:

- максимально *возможных динамических воздействий* (штормы, скорости постоянных и разрывных течений, быстро перемещающиеся большие массы наносов), которые могли бы угрожать механической прочности сооружения,
- *возможных изменений подводного рельефа* (промоины, желобы, валы) таких масштабов, которые могли бы угрожать устойчивости сооружения в целом.

При создании и эксплуатации любых ГТС обязательным оцениваемым элементом экологического риска являются *воздействия дноуглубительных работ и дампинг извлеченных грунтов*. При этом учитывают следующие основные критерии: расстояние до береговой линии; удаленность от природоохранных курортных и рекреационных мест; метод дампинга (захоронение или рекультивация); характер (масштаб, продолжительность) воздействия на акваторию при дампинге грунта, при оценке масштаба воздействия прежде всего принимается во внимание фактор образования мутности.

В зоне повышенной мутности снижение числа видов достигает 50 % исходного. При дампинге после сброса отмечается практически 100%-я гибель зоопланктона. При повышении мутности относительно фоновой на 10 — 50 мг/л гибель планктонных организмов составляет 25 %, на 50 — 100 мг/л — 50 %, более чем на 100 мг/л — 100 %. Однако за счет горизонтального перемещения водных масс зоопланктон восстанавливается через 1 год после прекращения воздействия.

Наиболее опасно воздействие на макрофиты, высшие водные растения высокочувствительны к повышенной мутности воды: сокращаются площади, пригодные для обитания водорослей. Воздействие на бентос — наиболее неблагоприятное. В зоне производства работ происходит гибель фауны, прежде всего ракообразных и моллюсков, затем хириноид. Общая биомасса бентоса при этом обычно снижается до 15 раз. Конечная стадия — полное исчезновение донных организмов. Восстановление исходного состояния фауны занимает не менее пяти лет.

Самостоятельную группу ГТС образуют *гидродинамически опасные объекты* (сооружение или естественное образование, создающее разницу уровней воды). Прорыв плотины является начальной фазой гидродинамической аварии и представляет собой процесс образования неуправляемого потока воды водохранилища из верхнего бьефа¹. Причинами прорыва плотин служат конструктивные дефекты и нарушение правил эксплуатации, природные стихийные явления, терроризм и военные действия.

Поражающий фактор при авариях на напорных ГТС — сила потока волны прорыва, а также воздействие спокойных вод, затопивших территорию и объекты. Волна прорыва образуется при одновременном наложении двух процессов — падения воды из водохранилища в нижний бьеф, порождающего волну, и резкого увеличения объема воды в месте падения, что вызывает подъем и стремительный переток в низинные места с катастрофическим затоплением местности (слой воды от 0,5 до 10 м и более).

В результате гидродинамических аварий могут прерываться подача электроэнергии, прекращаться функционирование ирригационных или других водохозяйственных систем, а также объектов

¹ *Верхний бьеф* — часть реки выше подпорного сооружения (плотины, шлюза); *нижний бьеф* — часть реки ниже подпорного сооружения.

прудового рыбного хозяйства, разрушаться или оказываться под водой населенные пункты и промышленные предприятия, выводиться из строя коммуникации и другие элементы инфраструктуры, гибнуть посевы и скот, выводиться из хозяйственного оборота сельскохозяйственные угодья, нарушаться жизнедеятельность населения и производственно-экономическая деятельность предприятий, наноситься разнообразный ущерб природной среде, в том числе в результате изменений ландшафта. Вторичными последствиями гидродинамических аварий являются загрязнение воды и местности веществами из разрушенных (затопленных) хранилищ сырья, продукции и отходов промышленных и сельскохозяйственных предприятий, массовые заболевания людей и сельскохозяйственных животных, аварии на транспортных магистралях, оползни и обвалы.

Долговременные последствия гидродинамических аварий связаны с остаточными факторами затопления — наносами, загрязнениями, изменением элементов природной среды.

Отдельно надо упомянуть о специфическом экологическом воздействии водохранилищ и напорных ГЭС, эксплуатируемых в штатном режиме. Любое крупное водохранилище при заполнении заливаает значительные площади бывшего почвенного покрова. Адаптация гумусового горизонта к подводным условиям (анаэробный режим) растягивается до 30 лет, и все это время соединения токсичных металлов подвергаются процессу метилирования. Вслед за ртутью мышьяк стал поллютантом, который опасен не столько из-за токсичности валовых содержаний, сколько из-за способности вступать в реакции биологического алкилирования и переходить в высокотоксичные органические соединения, имеющие ПДК на уровне наногаммов. Реакции биоалкилирования металлов, равно как и иные биохимические превращения под действием аэробных и анаэробных бактерий, дают довольно летучие металлоорганические соединения, обнаруживаемые не только в воде, но и в воздухе: метил-, диметил-, триметил-формы алкилированных Hg, As, Cd, Ta, Pb, Sn, Se возникают при подтоплении и заболачивании хранилищ промышленных отходов, при накоплении зараженных этими ТМ донных осадков в застойных зонах водоемов, при переходе прибрежных почв в затопленное состояние и т.п.

Наконец, в турбинах ГЭС подвергаются механическому и кавитационному воздействию планктонные растительные и животные организмы, стоящие в начале пищевой цепи местной биоты. Влияние крупных ГЭС (например, Усть-Илима) на состояние планктона ощущается в 150 км от нижнего бьефа.

6.3.4. Аварии на пожаро- и взрывоопасных объектах

Пожаро- и взрывоопасные объекты — предприятия, на которых производятся, хранятся, транспортируются взрывоопасные продукты

или продукты, приобретающие при определенных условиях способность к возгоранию или взрыву. На таких объектах постоянно существует пожарная опасность — возможность возникновения и (или) развития пожара (ГОСТ 12.1.033—81).

К *пожароопасным объектам* относятся объекты нефтяной, газовой, химической, металлургической, лесной, деревообрабатывающей, текстильной, хлебопродуктовой промышленности и др. На таких объектах происходит обращение с воспламеняющимися, окисляющими и горючими веществами и материалами.

Наиболее сложные и губительные пожары случаются на тех объектах, где при пожаре образуются вторичные факторы поражения и имеет место массовое скопление людей:

- резервуарные парки нефти и нефтепродуктов;
- нефтегазовые разведочные и промысловые скважины;
- склады и предприятия резинотехнической промышленности;
- склады лесоматериалов, деревообрабатывающей промышленности;
- хранилища химикатов;
- технологические установки предприятий химической, нефтехимической, нефтеперерабатывающей промышленности;
- населенные пункты в пожароопасных лесных местностях.

Вторичными последствиями пожаров могут быть взрывы, утечка ядовитых или загрязняющих веществ в окружающую среду.

Тяжелыми чрезвычайными техногенными событиями являются аварийные *взрывы*¹. Они происходят за счет освобождения химической энергии (главным образом взрывчатых веществ), внутриядерной энергии (ядерный взрыв), электромагнитной энергии (искровой разряд, лазерная искра и др.), механической энергии (при падении метеоритов на поверхность Земли и др.), энергии сжатых газов (при превышении давления предела прочности сосуда — баллона, трубопровода и т. п.).

Основными *поражающими факторами взрыва* являются:

- воздушная ударная волна, возникающая при ядерных взрывах, взрывах инициирующих и детонирующих веществ, при взрывных превращениях облаков топливно-воздушных смесей, взрывах резервуаров с перегретой жидкостью и резервуаров под давлением;
- осколочные воздействия, создаваемые летящими обломками разного рода объектов технологического оборудования, строительных деталей и т. д.

В результате действия поражающих факторов взрыва происходит разрушение или повреждение зданий, сооружений, технологического

¹ *Взрыв* — процесс выделения энергии за короткий промежуток времени, связанный с мгновенным физико-химическим изменением состояния вещества, приводящим к возникновению скачка давления или ударной волны, сопровождающийся образованием сжатых газов или паров, способных производить работу (ГОСТ Р 22.0.08—96).

оборудования, транспортных средств, элементов коммуникаций и других объектов, гибель или ранение людей. Вторичными последствиями взрывов являются поражение людей, находящихся внутри объектов, обломками обрушенных конструкций зданий и сооружений, их погребение под обломками. В результате взрывов могут возникнуть пожары, утечка опасных веществ из поврежденного оборудования. При взрывах люди получают термические и механические повреждения.

Экологические последствия пожаров и взрывов разнообразны по видам и масштабам ущербов. В большинстве случаев они не превышают местный уровень (см. табл. 2.4), но в сочетании с другими опасными проявлениями могут значительно его превосходить, приобретая характер межрегионального (лесные пожары), транснационального (Чернобыльская авария) и даже глобального (платформа «Deepwater Horizon» в Мексиканском заливе).

6.3.5. Экологический риск химических производств

Особое значение приобрели проблемы анализа и оценки риска, обусловленного возможностью экологических катастроф, связанных с загрязнением биосферы разнообразными вредными веществами. Для определения пути управления риском и снижения экологического риска до приемлемого уровня необходимо очертить круг действий химического производства. Человечество синтезировало 7 млн искусственных токсичных веществ, из них 60—70 тыс. находятся в близком соприкосновении с людьми или недалеко от мест их проживания, опасность аварий и катастроф, связанных с выбросами таких веществ, весьма велика.

Наибольшее число аварий в мире и в России происходит на предприятиях, производящих или хранящих хлор, аммиак, минеральные удобрения, гербициды, продукты органического и нефтеорганического синтеза. В России насчитывается более 3 600 химически опасных объектов, а 146 городов с населением более 100 тыс. человек расположены в зонах повышенной химической опасности. Ежегодно случаются десятки аварий с выбросом аварийно химически опасных веществ (АХОВ). Причем 25 % аварий произошло из-за эксплуатации оборудования свыше нормативного срока, коррозии оборудования и неработоспособности контрольно-измерительной аппаратуры. Эта опасность усугубляется загрязнением среды обитания из-за обширных выбросов во время аварий на химических производствах. Частицы ядовитых веществ, попадая в человеческий организм из воздуха, воды и пищи, накапливаются в нем и ведут свою разрушительную работу.

В результате аварий или катастроф на химических предприятиях возникает очаг химического заражения и зона химического заражения. Категория аварии определяется степенью опасности химических веществ, их токсичностью, условиями распространения выброса

и численностью экспонируемого населения. Обычно зона возможного химического заражения не выходит за пределы предприятия и состоит из участка непосредственного воздействия и ареала распространения зараженного облака.

Длительность заражения местности зависит от стойкости химического вещества. Стойкость же, в свою очередь, зависит от температуры кипения вещества. К стойким относятся АХОВ с температурой кипения до 130 °С, а к стойким — выше 130 °С. Нестойкие заражают местность за минуты или десятки минут, стойкие — от нескольких часов до нескольких месяцев.

Химические катастрофы представляют собой выбросы веществ в окружающую среду, которые не оставляют сомнений об их источнике и потенциальном ущербе. Примерами могут служить аварии в городах Севесо, Бхопале и Тулузе и др.

Авария в Севесо (Италия, 1976) — прототип химических промышленных катастроф. Она произошла на заводе, где производили трихлорфенол, и вызвала загрязнение 18 км² населенной сельской местности сильнодействующим ядовитым 2,3,7,8-тетрахлордибензо-р-диоксином (ТХДД). Было эвакуировано более 700 человек, а также введены ограничения для остальных 30 тыс. жителей. Отмечалась массовая гибель животных. Впоследствии развилось заболевание хлоракне¹. Ликвидация последствий аварии продолжалась более года.

Авария в Бхопале (Индия, 1984), вероятно, является худшей из когда-либо происходивших крупных химических аварий, когда в результате утечки газа смертельное облако накрыло город всего за несколько часов, оставив после себя тысячи мертвых и сотни тысяч пострадавших. Авария произошла из-за вышедшей из-под контроля реакции в одном из резервуаров с метилизоцианатом (МИЦ). Бетонный резервуар для хранения, вмещавший 42 т вещества, которое использовалось для производства пестицидов, взорвался и выбросил МИЦ и другие смертоносные химикаты в воздух. Помимо очевидных катастрофических результатов аварии все еще остаются неясными отдаленные последствия для здоровья пострадавших и/или подвергшихся воздействию МИЦ. Зона поражения составила 10 км².

На складе международной фармацевтической компании «Сандос» в Базеле (Швейцария, 1986) возник пожар, и около 30 т хранившихся там химикатов были смыты водой при тушении пожара в протекающий рядом Рейн. Сильный экологический урон был нанесен на протяжении около 250 км. Не считая симптомов болезненного раздражения, о которых сообщалось из районов Базеля, которых достигли газы и испарения, возникшие в результате пожара, о случаях серьезных заболеваний не сообщалось. Авария послужила поводом к серьезному беспокойству четырех европейских стран — Швейцарии, Франции, Германии, Нидерландов.

¹ Хлоракне — диоксиновый дерматит лица.

В Тулузе (Франция, 2001) произошел взрыв на химическом комбинате (единый технологический цикл по производству и складированию азотных удобрений, аммония, сульфата серы; пороха, твердого ракетного топлива, взрывчатых веществ и фосгена). Были разрушены или получили серьезные повреждения тысячи жилых домов и многие учреждения, без крова осталось 40 тыс. человек, фактически прекратили деятельность 134 предприятия. Общая сумма ущерба составила 3 млрд евро. В городе погибло 30 человек, общее число раненых превысило 3,5 тыс.

При аварии, произошедшей на химическом заводе в городе Цзылине (Китай, 2005), вылилось более 100 т бензола и его производных, которые попали в реку Сунгари, впадающую в Амур. Из-за химического загрязнения водоснабжение из Сунгари было приостановлено на несколько дней.

На западе американского штата Пенсильвания (Петролия, 2008) на химическом заводе, принадлежащем компании «Indspec Chemical Corp», произошла утечка едких химических веществ. Химикат, близкий по составу серной кислоте, вылился из цистерны и испарился, в результате чего образовалось большое ядовитое облако. Около 2,5 тыс. человек были эвакуированы.

Так же как в нефтедобывающей отрасли, химическое производство наряду с динамичными воздействиями, связанными с авариями и катастрофами, представляет серьезнейшую угрозу для биосферы в результате кумулятивного эффекта «малых доз» — миллионов диффузных микроутечек и микровыбросов. Медленно развивающиеся катастрофы проявляют себя, только когда начинают губительно воздействовать на людей или когда действие ядовитых веществ со временем сказывается на состоянии окружающей среды.

Один из наиболее впечатляющих и поучительных примеров этого типа — болезнь Минамата. В 1953 г. у жителей рыбацких городков вдоль бухты Минамата в Японии начали проявляться необычные неврологические нарушения. Заболевание называли «кибо» — «таинственная болезнь». После многочисленных исследований выяснилось, что причиной болезни была отравленная рыба, и в 1957 г. был проведен эксперимент по инфицированию кошек, когда их кормили рыбой, выловленной в бухте. В следующем году выдвинули предположение, что клиническая картина «кибо», которая включала полиневрит, мозжечковую атаксию и корковую слепоту, сходна с клинической картиной при отравлении соединениями алкилртути. Нужно было искать источник органической ртути, и в конце концов он был найден на фабрике, сливающей жидкие отходы своего производства в бухту Минамата. К июлю 1961 г. болезнь была обнаружена у 88 человек, из которых 35 (40 %) умерли.

Менее ясна этиология нездоровья жителей местечка Лав Кэнел, возле Ниагарского водопада в США. Это место было городской свалкой, а также использовалось для захоронения химических отходов более 30 лет, до 1953 г. Впоследствии неподалеку от свалки были по-

строены жилые дома. В конце 60-х гг. XX в. начались жалобы на запахи химических веществ в подвалах домов; в районах, прилегающих к Лав Кэнел, со временем все чаще стали сообщать о химическом выщелачивании. В 70-х гг. местные жители начали опасаться того, что может возникнуть серьезная угроза их здоровью. Не осталось сомнений в серьезности социальных и психологических последствий для населения прилежащих районов, в особенности тех жителей, которые были эвакуированы.

Развивающиеся страны зачастую используют импортированные или заимствованные технологии и продукты в условиях, совершенно отличных от тех, для которых они первоначально предназначались. Это явление приобрело название «экспорта экологического ущерба». Предприятия, сталкивающиеся с усилением ограничений в промышленных странах, могут экспортировать опасные производства в регионы мира, где существуют менее строгие меры по охране окружающей среды и здоровья общества. Так было в Пакистане, где в рамках программы по контролю заболеваемости малярией в 1976 г. из 7 500 пролевых рабочих 2 800 перенесли воздействие некоторых форм токсикоза. Ежегодно насчитывалось около 500 тыс. случаев острого отравления пестицидами, которое привело к гибели 9 тыс. человек.

Возрастает относительная роль миграции агрессивных и токсичных веществ (серной кислоты, нефтепродуктов и т. д.), оставшихся в грунте после закрытия исходных производств. В результате изменения минерализации и состава грунтовых вод в значительной степени меняются и агрессивные их свойства по отношению к бетонным и стальным подземным конструкциям. Увеличение в водах содержания гидрокарбонатного и сульфатного ионов, рН приводит к появлению сульфатного вида агрессивности.

Перенос массы токсичных веществ на ограниченные участки поверхности суши (полигоны ТБО) и в ограниченные водоемы (полигоны дампинга, золоотвалы) только отодвигает во времени наступление кризисных ситуаций. В результате «хронического загрязнения» в гаванях формируется комплекс техногенных отложений с аномально высокими содержаниями нефтепродуктов, хлорорганических соединений и ПАУ, здесь практически полностью нарушены условия жизнеобитания бентосной фауны. Это черты прибалтийских портов России, Финляндии и Эстонии, играющие негативную роль в общем балансе поллютантов в восточной части Финского залива.

Одна из первых радиационных аварий произошла на предприятии по переработке ядерных материалов ПО «Маяк» (г. Озерск Челябинской обл.) в 1957 г. По международной шкале ядерных событий теперь она отнесена к высокому шестому уровню из установленных шкалой семи уровней. В результате взрыва одной из емкостей с радиоактивными отходами произошел выброс в окружающую среду большого количества радиоактивных продуктов. Возникшее при этом радиоактивное облако накрыло значительную территорию — около 23 тыс. км².

В зону радиоактивного загрязнения попали 217 сел и деревень с населением 270 тыс. человек. Из ряда населенных пунктов пришлось осуществить эвакуацию населения. И по сей день серьезную опасность для местных жителей представляет загрязненность р. Теча.

Аварии с выбросом радиоактивных продуктов деления происходили в различные годы в Великобритании (1957, 1973), США (1979), Франции (1980).

Наиболее тяжелым событием в истории атомной энергетики, а возможно и всей техногенной сферы, явилась авария на Чернобыльской АЭС 26 апреля 1986 г. В течение трех месяцев непосредственно от аварии погибли 30 человек. В наибольшей степени радиоактивному загрязнению подверглись Белоруссия, Украина, Российская Федерация. В России общая площадь радиоактивно загрязненных территорий достигла 60 тыс. км², на которых расположено 7 608 населенных пунктов, где проживало 3 млн человек. Всего радиоактивному загрязнению подверглись территории 16 областей и трех республик России.

6.3.6. Горно-металлургическое производство

Среди рассматриваемых групп промышленных объектов наибольшей вариабельностью источников и динамических факторов экологической риска выделяется *горнодобывающее производство*:

- взрывами угольной пыли и рудничных газов;
- удушьем при скоплении углекислого газа;
- обрушением горных выработок и шахтных конструкций;
- геодинамическими изменениями флюидного режима недр;
- активизацией эндогенных геодинамических процессов (выбросы метана, угля, просадки, оползни, прогибы, провалы, разогревание и пожары);
- активизацией экзогенных геодинамических процессов (просадки, оползни, прогибы, провалы, разогревание и пожары);
- развитием техногенной трещиноватости в породном массиве;
- промерзанием или протаиванием горных выработок в многолетнемерзлых породах;
- затоплением горных выработок подземными и поверхностными водами;
- разрушением металлоконструкций агрессивными минерализованными водами зоны окисления угольных и сульфидных месторождений, особенно в районах многолетней мерзлоты;
- подземными пожарами за счет возгорания пластов угля и скоплений сульфидов, пожарами в штабелях руд и отвалах вскрышных пород;
- авариями на подземном транспорте;
- нефтеразливами при бурении, транспортировке и переработке сырой нефти.

Проявление этих факторов обуславливает высокую аварийность и травматизм горного производства.

Поддержание существующих природных деформационных режимов в литосфере особенно актуально для районов интенсивного освоения минерально-сырьевого потенциала, где все большее беспокойство стали вызывать сильные и катастрофические геодинамические явления (землетрясения, сильные деформации, активизация разломов и др.), возникновение которых непосредственно связано с разработкой месторождений полезных ископаемых.

С точки зрения синергетики рудник с вмещающим его участком геологической среды является открытой динамической нелинейной самоорганизующейся ПХС, эволюция которой осуществляется чередованием стадий адаптации и бифуркации. На стадии адаптации за счет обмена с окружающей средой веществом и энергией (выемка и перемещение значительных объемов горной массы, деформирование подрабатываемых массивов, техногенические взрывы и пр.) система приспосабливается к изменяющимся внутренним и внешним условиям; при достижении некоторых параметров системы предельных (критических) значений, при которых она пребывает в неустойчивом состоянии, и при малейших флуктуациях, которых в массиве великое множество, она скачкообразно переходит в другое состояние с образованием новых структур и частичной диссипацией накопленной энергии, т.е. система претерпевает катастрофу, которая в высоконапряженных массивах горных пород может сопровождаться горно-тектоническим ударом или техногенным землетрясением.

Основу *превентивных мер* составляет *система оценок риска и сценарии возникновения катастрофических природно-техногенных явлений*, увязанная с единой нормативной базой, применение которой может в значительной мере обеспечить эколого-геодинамическую и промышленную безопасность освоения недр, целостность экосистем и среды обитания человека. Требования экономической эффективности должны подчиняться экологическим ограничениям, ориентированным на контроль и учет не только близких, но и отдаленных во времени последствий технического воздействия на среду.

В горнодобывающей отрасли переплетаются интересы государственного горнотехнического надзора, интересы собственника недр и интересы недропользователей. *Экологический риск*¹ глобально-пла-

¹ *Экологический риск* выражает вероятность экологического бедствия, катастрофы, нарушения дальнейшего нормального функционирования и существования экологических систем и объектов в результате антропогенного вмешательства в природную среду или стихийного бедствия. Нежелательные события экологического риска могут проявляться как непосредственно в зонах вмешательства, так и за их пределами.

нетарных техногенно спровоцированных тектонических катастроф — одна сторона проблемы, *сохранность месторождений* углеводородного сырья при нарушении флюидного режима — другая ее сторона. Рассеивающиеся скопления газа могут являться существенным пополнением выбросов парниковых газов, особенно на месторождениях, выведенных из эксплуатации.

Техника и технология добычи постоянно усложнялись в связи с исчерпанием полезных ископаемых в обжитых регионах и месторождениях с благоприятными условиями. На начальном этапе добыча единицы массы полезного ископаемого требовала затрат энергии порядка 0,5 — 1,0 кВт·ч/т, в настоящее время, даже при открытом способе разработки, удельные затраты энергии составляют 7 — 50 кВт·ч/т. На добычу и обогащение полезных ископаемых расходуется более 20 % всей производимой в странах СНГ электроэнергии.

Угольная промышленность является наиболее опасной отраслью, на ее долю приходится около 70 % всех аварий I и II категорий и случаев гибели людей. Травматизм на карьерах составляет около 7 %, на обогатительных фабриках около 2 %. На угольных шахтах смертельные случаи составляют 65 % от общего числа по отрасли.

Основными *видами аварий* на горных предприятиях являются *пожары* (66 %), *обрушения пород* (12 %), *взрывы газа и пыли* (10 %), *аварии на поверхностном комплексе* (7 %), *затопление выработок* (3 %). Продолжительность ликвидации аварий составляет 60 — 500 ч, трудозатраты 750 — 1 000 чел.-ч.

Горнорудная промышленность ежегодно фиксирует более 500 тыс. нарушений нормативных документов по технике безопасности: в цветной металлургии 39 %, в черной 21 %, при производстве стройматериалов 12 %, в агрохимической промышленности 7 %. Соответственно количество несчастных случаев с тяжелым исходом составляет, %: в цветной металлургии 48 — 50, в черной 21 — 24, в агрохимической промышленности 8 — 10, при производстве строительных материалов 6 — 9.

Высокий уровень травматизма и аварийности в горнодобывающих отраслях связан с объективными и субъективными причинами. К *объективным причинам* относятся все более усложняющиеся условия ведения работ (суровость климата, удаленность от центра, рост глубины разработки с повышением горного давления, проявлением газодинамических явлений и притоком вод), высокая концентрация энергопотребляющих процессов, машин и механизмов, значительные объемы рабочих зон, непостоянство рабочего места и недостаточная информация о свойствах и поведении окружающей среды.

Субъективные причины связаны с несовершенством применяемых механических средств и устаревших технологий, неудовлетворительной организацией охраны труда, неправильными действиями руководителей, нарушением правил и норм труда, недостаточным контролем за их соблюдением.

Риск травмирования шахтеров на подземных работах составляет $(3 - 5) \cdot 10^{-2}$; риск гибели достигает $3 \cdot 10^{-3}$. Подобная статистика наблюдается и в других странах, разрабатывающих месторождения в сходных с Россией горно-геологических условиях (Германия, Рурский бассейн, Китай).

Приведенные данные характеризуют наиболее сложный и явно проявляющийся показатель экологической опасности — травматизм, оставляя в тени другой — профзаболевания, проявляющиеся в более поздние сроки, а иногда и на последующих поколениях. Профзаболевания достигают 4 — 14 случаев на 1 000 работающих, и за последние четыре-пять лет этот показатель вырос в 2,5 раза (риск от $4 \cdot 10^{-3}$ до $1,4 \cdot 10^{-2}$).

Следующим переделом сырья является металлургическое производство, характеризующееся высокой водоемкостью и ядовитостью отходов и оказывающее сильнейшее воздействие на все компоненты биосферы. Хрестоматийными служат утверждения о многолетних выбросах диоксида серы, загрязнении рек и донных осадков токсичными металлами, разрастании отвалов технологических отходов, гибели лесов и т. п. (ареал выбросов Норильского комбината достигает 1 500 км, загрязнения рек — свыше 500 км, отвалы отходов — многие сотни квадратных километров).

6.3.7. Энергетические объекты

Мировой опыт показывает, что основой успешного предотвращения экологических катастроф является экологизация деятельности любой компании, тем более энергогенерирующей. Стержень экологизации составляет анализ уровня экологических рисков. При генерации энергии проблемными задачами являются:

- снижение образования загрязнений в *источнике*: рециркуляция газов, снижение коэффициента избытка воздуха, двухстадийное горение, совершенствование воздухоподачи, горелочных устройств, использование гидротоплив, снижение дисбалансов роторов, совершенствование проточных частей турбомашин;

- снижение загрязнений на *пути их распространения* (совершенствование золоуловителей, способов серо-, азото-, каталитической очистки, очистки или утилизации нефтесодержащих вод, создание эффективных амортизаторов, шумоглушителей и экранов);

- наличие адекватной *системы наблюдений* за диссипацией потоков веществ и энергии в окружающей среде, позволяющей осуществлять деятельность предприятия на уровне приемлемого риска.

При производстве 1 кВт·ч электроэнергии на ТЭС тепловые отходы в атмосферу и воду составляют соответственно 400 и 135 ккал, на АЭС — 130 и 1 900 ккал. Средняя АЭС производительностью 3 000 МВт электроэнергии, за 1 ч производит более 5 млрд ккал бро-

сового тепла. Охлаждающая способность поверхности воды варьирует в зависимости от ветра и температуры от 7 до 36 ккал/ч на 1 м² на каждый градус разницы между температурой воды и воздуха. Следовательно, для рассеивания тепла станции мощностью 3 000 МВт требуется 1 800 га водной поверхности.

Гидроэнергетика для своей работы требует создание крупных водохранилищ, под которые затапливаются большие площади плодородных земель по берегам рек. Вода в них застаивается и теряет свое качество, что в свою очередь обостряет проблемы водоснабжения, рыбного хозяйства и индустрии досуга.

Теплоэнергетические станции в наибольшей степени способствуют разрушению биосферы и природной среды Земли. При добыче угля из сельского хозяйства и других сфер изымаются огромные земельные площади. В местах открытой добычи угля образуются «лунные ландшафты». А повышенное содержание золы в топливе является основной причиной выброса в воздух десятков миллионов тонн диоксида серы (глобальный выброс ТЭС за год — до 250 млн т золы и около 60 млн т сернистого ангидрида).

В экологическом рейтинге энергетических предприятий проблемы сокращения выбросов вредных веществ обладают высшим приоритетом.

Предприятия ТЭК оказывают значительное воздействие на водные объекты, в основном в форме теплового загрязнения, которое приводит к целому комплексу как прямых, так и косвенных отрицательных последствий: в 5—6 раз увеличивается испарение воды и в результате значительно повышается минерализация вод, нарушается карбонатно-кальциевое равновесие, в подогретых водах снижается растворимость кислорода.

В существующих водоемах-охладителях повышение температуры воды обычно превышает установленные нормативы, особенно в летнее время. Причиной этого часто является некорректный расчет разбавления нагретых вод в водоеме, при котором предполагается, что в разбавлении участвует весь объем водоема, в то время как обычно теплые воды остаются вблизи поверхности водоема и не смешиваются с нижними слоями воды.

Тепловое загрязнение водных объектов стало одним из наиболее значимых воздействий при водопользовании. Термин «тепловое загрязнение водоема» получил столь же широкое распространение, как и понятие химического загрязнения воды. Разница в температуре забираемой и сбрасываемой воды летом составляет 5—7°, зимой — 12—14°.

Основные последствия теплового загрязнения водного объекта сводятся к следующим моментам:

- усиливается восприимчивость организмов к токсическим веществам;
- происходит смена обычной водной флоры синезелеными водорослями, продукты отмирания которых являются токсичными;

- уменьшается содержание растворенного кислорода и одновременно увеличивается потребность кислорода для дыхания организмов и деструкции органических веществ;
- изменяется солевой состав;
- происходит замена видового состава фито- и зоопланктона на толерантный к высокой температуре;
- на уровне сообществ изменяются функциональные характеристики, основанные на соотношении продукции к деструкции.

Предприятия ТЭК, работающие на твердом топливе, нуждаются в размещении золошлакоотвалов, что порождает самостоятельные экологические проблемы.

Все упомянутые основные воздействия необходимо учитывать при оценке рейтинга энергетических объектов. Одновременно надо помнить о достаточно широком наборе нетрадиционных источников энергии, что открывает целый ряд альтернатив. В рамках традиционных технологий невозможно справиться с тепловым загрязнением и отходами энергетической отрасли.

Основное внимание в ближне-средней перспективе при развитии ТЭК необходимо уделить, во-первых, использованию тепла недр и созданию циркуляционных геотермальных и ресурсоизвлекающих систем. Именно *геотермальная энергия* займет особое место в проблемах экономии углеводородного топлива, экологического облагораживания теплоэнергетического комплекса и освоения экологически безопасных нетрадиционных источников энергии, не потребляющих кислород и не усугубляющих парниковый эффект (геотермальные ТЭС, приливные электростанции, ветровые электростанции, биогазовые энергетические предприятия). Во-вторых, для сбережения ресурсов нефти и газа на первый план должны выйти технологии газификации и гидрогенизации твердых горючих полезных ископаемых.

6.3.8. Обращение с отходами

Одним из важнейших аспектов глобального экологического кризиса является стремительное накопление в окружающей среде отходов хозяйственной деятельности человека. По мнению многих экологов, именно отходы¹ и загрязнение окружающей среды представляют главную угрозу современной цивилизации. В настоящее время в расчете на одного жителя Земли из ее недр ежегодно извлекается и перемещается 50 т сырого вещества и только 2 т из них превращается в конечный продукт. Проведя эту гигантскую работу, человечество получает в итоге на душу населения почти столько же (48 т) отходов,

¹ *Отходы производства* — остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, образовавшиеся при производстве продукции или при выполнении работ и утратившие полностью или частично исходные потребительские свойства (ГОСТ 25916—83).

из которых 0,1 — 0,5 т опасные. В число этой группы входят отходы, содержащие тяжелые металлы, а также соединения из группы ароматических хлорированных углеводов (диоксины, бифенилы, фураны и др.). Передаваясь по трофической цепочке, они способны накапливаться в ее верхних звеньях, включая человека, в концентрациях, превосходящих исходную в тысячи раз.

Один из важнейших компонентов окружающей среды — почва — наиболее остро ощущает негативное влияние отходов, содержащих токсичные вещества. На ее поверхности размещают свалки бытового мусора, накопители жидких и твердых отходов, содержащих, в большинстве случаев, токсичные вещества. Отходы необходимо утилизировать на месте образования. Некондиционные для утилизации отходы должны переводиться в наиболее инертное агрегатное состояние.

Промышленные отходы зачастую являются химически неоднородными, сложными поликомпонентными смесями веществ, обладающими различными химико-физическими свойствами, и представляют токсическую, химическую, биологическую, коррозионную, огне- и взрывоопасность. В России по содержанию вредных веществ отходы относятся к пяти классам опасности, от чего зависят затраты на переработку и захоронение.

Утилизационные производства призваны решать проблемы сокращения ресурсопотребления и высвободить земли, занятые хранилищами отходов. Проблемы утилизации горных отходов заключаются в принципиальной переоценке рентабельности сырьевой отрасли и повышении глубины переработки горной массы.

Многие из этих отходов могут частично заменять природное сырье при производстве цемента, строительного гипса, бетона, различных силикатных и керамических изделий. В настоящее время коэффициент использования отходов не превышает 10 %. Отчетливо проявляются экологический и технологический аспекты проблемы утилизации: несоответствие качества отходов требованиям к сырью, в качестве которого они могли бы быть использованы, изменение физических и химико-технологических свойств отходов при длительном хранении.

Системы *экологической безопасности* для защиты поверхностных и подземных вод от складированных отходов должны предусматривать осуществление следующего необходимого и достаточного комплекса мер: сохранение устойчивости откосов, создание организованного стока ливневых и технических вод, предотвращение поверхностного смыва техногенных отложений и миграции загрязнителей в водоемы, создание специальных гидротехнических сооружений, регулирующих объемы и степень загрязненности дренажных вод.

Методы *экологической защиты* основаны на фундаментальных закономерностях массо-, энергопереноса в компонентах биосферы и направлены на рассеяние, разбавление или трансформацию загряз-

нения (воздействия) в безвредные соединения (до безопасного уровня). Наиболее экономически эффективны защитные мероприятия, использующие природные механизмы самоочистения — в первую очередь, разбавление, деструкцию, рециклинг.

Концепция избавления биосферы от токсичных отходов в последние десятилетия развивалась во всем мире стремительными темпами. Суть изменений, которые стали вноситься в ранее существовавшую концепцию, сводилась к тому, что значительную часть отходов нецелесообразно сжигать или подвергать нейтрализации, а необходимо захоронить или складировать в геологических формациях, являющихся природными изоляторами. Поскольку при современном уровне науки и техники невозможно исключить образование не утилизируемых, не подлежащих сжиганию и не поддающихся нейтрализации токсичных отходов, а их размещение и накопление на земной поверхности представляет серьезную угрозу жизнедеятельности человека и биосфере в целом, но в будущем возможно их использование.

Одним из наиболее распространенных вариантов ликвидации ТБО является их *термическое обезвреживание* (сжигание) в специальных котельных установках с получением тепловой и электрической энергии для городских коммунальных нужд. Мусоросжигание — наиболее сложный и «высокотехнологичный» вариант обращения с отходами. Сжигание требует предварительной обработки ТБО (с получением топлива, извлеченного из отходов). При разделении из ТБО стараются удалить крупные объекты, металлы (как магнитные, так и немагнитные) и дополнительно его измельчить. Для того чтобы уменьшить вредные выбросы, из отходов также извлекают батарейки и аккумуляторы, пластик. Сжигание неразделенного потока отходов в настоящее время считается чрезвычайно опасным. Таким образом, мусоросжигание может быть только одним из компонентов комплексной программы утилизации.

6.4. Биоопасности¹

Соотношения организмов в биоценозе могут быть легко нарушены как естественным путем, так и деятельностью человека. Например, вырубка леса, распашка целинных степей, лесные и степные пожары ведут к миграции животных в другие места; истребление отдельных зверей и птиц, особенно в периоды появления потомства, ведут к нежелательным последствиям, так как значительно изменяются условия их существования.

Особенно губительны для экосистем массовые размножения таких опасных насекомых, как саранча, шелкопряды, колорадский жук

¹ *Биоопасности* — опасности для человека, животных или окружающей среды, исходящие от биологических агентов.

и многие другие, которые повреждают посевы, луга и целые лесные массивы в огромных масштабах, а иногда и полностью их уничтожают. Еще в первые десятилетия XX в. нашествиями саранчи опустошались целые регионы и страны. Там, где прошла саранча, буквально не оставалось ни одного стебелька; только одно насекомое съедает в течение жизни 300 г зеленого корма.

Нарушение соотношения организмов в биоценозе может быть вызвано неосторожным, необдуманным *внесением в экосистему новых, ранее не существовавших в ней, видов животных и растений*. Как, например, это случилось с завезенными из Европы в Австралию кроликами, которые, не имея там естественных противников, размножились до сотен миллионов, лишив других животных травяного корма, уничтожили многие виды растений и угрожают сельскому хозяйству страны в целом. Кролики стали самой большой экологической проблемой континента. Большей угрозе Австралия не подвергалась никогда. Об инвазиях планктонных организмов с балластными водами говорилось ранее.

Вызывают тревогу факты *проникновения вредных организмов из природы в техносферу*. По сообщениям печати, южноамериканский муравей-монотриум размером всего лишь 2,5 мм, но живущий огромными колониями, проник и освоился в терминалах компьютеров, где пожирает чипы и изоляцию. В поисках пищи эти насекомые распространяются все дальше на север и могут завоевать все компьютерные системы Америки.

Биологические загрязнения вызывают также различные заболевания животных и растений, нанося колоссальный ущерб природным комплексам и сельскому хозяйству (коровья чума, бешенство лис, ржавчина пшеницы, табачная мозаика, фитофтора и др.). Некоторые заболевания животных могут передаваться человеку контактным путем или при употреблении изготовленных из них продуктов питания.

В результате *глобального потепления* (рис. 6.4) на север сдвигаются температурные условия, благоприятные для обитания:

- опасных сельскохозяйственных вредителей (саранча, совки);
- кровососущих насекомых — переносчиков трансмиссивных заболеваний человека (геморрагические лихорадки, лептоспироз, малярия, туляремия, чума, энцефалит клещевой и болезнь Лайма).

В России в последнее десятилетие отмечены эпизоотии таких опасных *болезней* домашних животных, как африканская чума свиней и высокопатогенный грипп птицы. Отмечены вспышки численности саранчовых. В Украине появился такой опасный вредитель агрикультур, как шипоноска подсолнечная, наблюдается достоверный рост численности клопа-черепашки и пшеничной мухи, прослеживается тенденция к росту количества адвентивных видов и расширения мест их распространения.

На территории Республики Казахстан имеются природные очаги карантинных или особо опасных инфекций: чумы, сибирской язвы,



Рис. 6.4. Аномалии среднегодовой температуры поверхности Земли ($^{\circ}\text{C}$) по отношению к периоду 1951 — 1980 гг. За последние 30 лет Земля нагрелась в среднем на $0,6^{\circ}\text{C}$ (по В. А. Головки, 2003)

туляремии, бруцеллеза, Конго-Крымской геморрагической лихорадки и геморрагической лихорадки с почечным синдромом, клещевого энцефалита. В последние годы в Среднеазиатском пустынном природном очаге чумы отмечено обострение эпизоотического процесса с охватом больших территорий. Из группы карантинных инфекций наиболее актуальной остается холера.

В связи с процессами опустынивания, вызванными повышением среднегодовой температуры Земли, возрастает риск *массового размножения саранчовых* (примером является Испания, где в последнее десятилетие этому вопросу уделяется значительное внимание).

Возрастает угроза массового размножения сельскохозяйственных вредителей. Так, в 1999 г. из-за массовой вспышки саранчовых уничтожено 220 тыс. га зерновых, а потери в денежном исчислении составили 15 млн долл. В 2000 г., по официальным данным, в Казахстане против саранчи пришлось обработать свыше 8 млн га.

Крайне необходимо создание межгосударственных структур по управлению популяциями саранчовых (в том числе, специальных научно-исследовательских центров), так как многие районы, в пределах которых может резко нарастать их численность, располагаются в приграничных зонах: почти вдоль всей границы России и Казахстана и в пограничных районах Казахстана, Киргизии, Узбекистана, Таджикистана и Китая. Возможность решения подобной задачи становится реальной теперь, когда Россия стала полноправным членом ФАО.

Наступающие с юга биоопасности в равной степени несут угрозу социально-экономическому развитию и здоровью населения всех государств СНГ. Поэтому для снижения этих угроз целесообразно

создание общей системы превентивных мероприятий, направленных на парирование угрозы роста биоопасностей. Первым шагом к созданию такой системы является *создание системы мониторинга биоопасностей*.

Решение этой задачи на измерительном (количественном) уровне возможно только путем организации тестовых полигонов, на которых производятся синхронные со спутниковыми съемками регулярные наземные учеты численности саранчовых. На основе этой информации верифицируются результаты спутниковых съемок и по ним строятся карты плотности числа саранчовых на всю территорию исследуемого региона. Этот же методологический подход может применяться как для других сельскохозяйственных вредителей, так и переносчиков болезней человека.

Со стратегической точки зрения необходимо тщательное изучение популяционной динамики всех стадных и нестадных видов вредителей. Систему управления популяциями следует ориентировать не на подавление вспышки, а на ее предупреждение, т. е. на превентивную стратегию контроля. Такая стратегия должна быть основана на мониторинге сообществ саранчовых, в том числе *методом дистанционного зондирования* и с использованием ГИС. Этот подход начал применяться в отношении перелетной саранчи в плавнях Амударьи. Труднодоступные участки плавней невозможно обследовать наземно, и скопления саранчи нередко остаются незамеченными в тростниковых зарослях. Отсюда неожиданные перелеты стай из плавней на посевы. Спутниковые снимки с последующим ГИС-анализом помогают оперативно определить заселенные площади и расположение тростниковых массивов, а затем — и участки, подлежащие обработке. В ближайшие годы планируется распространить дистанционное зондирование на очаги марокканской саранчи в Узбекистане и места обитания итальянского пруса в приграничных зонах Павлодарской области Казахстана, Новосибирской области и Алтайского края России.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что может быть нарушено в экосистеме в результате постоянной «накачки» в нее загрязняющих веществ и энергии в различных видах? Каковы показатели этого нарушения?
2. Приведите примеры статических воздействий техногенных систем на биосферу.
3. Перечислите основные причины экологических рисков динамической природы.
4. Как выглядит типизация аварийных ситуаций в техносфере по уровню экологических рисков?
5. Каковы социально-экономические и экологические последствия катастроф геодинамической природы?

6. В чем заключаются общие положения, справедливые при рассмотрении проблемы риска любого типа?
7. Охарактеризуйте основные положения методологии Форсайт при оценке экологических рисков.
8. Каковы экологические следствия Форсайта городской инфраструктуры вашего города?
9. Назовите виды и масштабы экологических воздействий транспортных систем.
10. Перечислите основные направления экологизации автотранспорта.
11. Каковы источники нефтяного загрязнения на суше и на море? Назовите наиболее загрязненные районы.
12. В чем состоит проблема «экспорта экологического ущерба»?
13. Охарактеризуйте биоопасности вашего региона.
14. В чем заключаются причины распространения биоопасностей в странах СНГ?
15. Как влияет нефтяное загрязнение Мирового океана на биологическое равновесие морских экосистем?
16. Что такое «индекс уязвимости»?
17. Каковы экологические последствия дноуглубления?
18. Какое экологическое воздействие оказывают напорные ГТС?
19. Перечислите динамические факторы экологического риска горнодобывающих предприятий.
20. Какие проблемы экологизации необходимо решать энергогенерирующим компаниям?
21. Что относится к природным механизмам самоочищения окружающей среды?
22. Перечислите требования к организации мусоросжигательных заводов.

УПРАЖНЕНИЯ

- I. Составьте описание воздействия предприятий черной металлургии на окружающую природную среду по схеме: использование природных ресурсов, источники и факторы воздействия на компоненты окружающей среды.
Следует учесть состав сырья, флюсов, режимы плавок, уровень энергозатрат, загрязнение воздуха, водоемов, отклики биоты, размещение и утилизацию отходов. Требуется знание (представление) о процессе, источниках и видах воздействий.
Достаточно воссоздать образ Череповца, Челябинска, Новокузнецка.
- II. Составьте описание воздействия предприятий цветной металлургии на окружающую природную среду по схеме: использование природных ресурсов, источники и факторы воздействия на компоненты окружающей среды.
Объект — на выбор: алюминиевый комбинат, золото-аффинажный завод. Условия выполнения аналогичны упражнению I.
Достаточно воссоздать образ Братска (Al), Норильска (Cu, Ni, Pt).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Акимова Т. А. Экология. Природа — Человек — Техника / Т. А. Акимова, А. П. Кузьмин, В. В. Хаскин. — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. — 343 с.

Башкин В. Н. Методологические основы оценки критических нагрузок поллютантов на городские экосистемы / В. Н. Башкин, А. С. Курбатова, Д. С. Савин. — М.: Изд-во НИИПИИЭГ, 2004. — 52 с.

Голицын А. Н. Промышленная экология и мониторинг загрязнения природной среды. — М.: Оникс, 2009. — 336 с.

Кондратьев К. Я. Экодинамика и экологический мониторинг Санкт-Петербургского региона в контексте глобальных изменений. — СПб.: Наука, 1996. — 443 с.

Кондратьев К. Я. Экологический риск: реальный и гипотетический // Изв. РГО, 1998. — Т. 130. — Вып. 1. — С. 13—24.

Кондратьев К. Я. Экодинамика и геополитика. — Т. 1. Глобальные проблемы. — СПб.: Изд-во НИЦЭБ РАН, 1999. — 1032 с.

Кондратьев К. Я. Природные и антропогенные экологические катастрофы / К. Я. Кондратьев, А. А. Григорьев. — СПб.: Изд-во НИЦЭБ РАН, 2000. — 688 с.

Кондратьев К. Я. Экодинамика и геополитика. Т. 2. Экологические катастрофы / К. Я. Кондратьев, А. А. Григорьев. — СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского НЦ РАН, 2001. — 684 с.

Кондратьев К. Я. Природные бедствия как интерактивный компонент глобальной экодинамики / К. Я. Кондратьев, В. Ф. Крапивин. — СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского ГУ, 2006. — 761 с.

Майлс Й. Предупреждение наводнений и защита береговых территорий // Форсайт. — 2008. — Т. 2. — № 4. — С. 50—59.

Материалы Седьмой международной конференции «Акваторра», 15—17 июня 2004 г., Санкт-Петербург. — СПб., 2004. — 236 с.

Bashkin V. N. Calculation of critical loads of air pollutants at ecosystems of East Europe / V. N. Bashkin, H. D. Gregor. — Pushchino: ONTI Publishing House — Berlin: UBA, 1999. — 132 p.

De Vries W. Manual for calculating critical loads of heavy metals for terrestrial ecosystems. DLO Winand Staring Centre, Report 166 / De Vries W., D. J. Bakker. — The Netherlands, 1998. — 144 p.

De Vries W. Manual for calculating critical loads of heavy metals for aquatic ecosystems. DLO Winand Staring Centre, Report 165 / De Vries W., D. J. Bakker, H. Scerdrup. — The Netherlands, 1998. — 91 p.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ ПОЛИТИЧЕСКОГО, ВОЕННОГО И ТЕРРОРИСТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Военная деятельность, безусловно, экологически опасна. В войсках РФ имеется большое число потенциально опасных в экологическом отношении военных объектов, таких как ядерные энергетические установки, ядерные исследовательские реакторы, хранилища жидких и твердых радиоактивных отходов, хранилища отработанного ядерного топлива, хранилища и склады боеприпасов, вооружения, военной техники, горюче-смазочных материалов, токсичных химических веществ. На этих объектах могут происходить аварии, приводящие к загрязнению окружающей среды — атмосферного воздуха, почвы, поверхностных и подземных вод, растительности и животного мира.

Однако вредное воздействие на окружающую среду оказывают не только экологически опасные объекты, но и все другие объекты, на которых эксплуатируется, хранится и утилизируется вооружение и военная техника, проводится боевая подготовка войск, иными словами, все объекты, объединяемые в понятие военных (оборонных) ПХС.

Военные ПХС оказывают существенное воздействие на окружающую среду. Суммарный эффект такого воздействия, вероятно, сопоставим с влиянием на природную среду одной из отраслей деятельности, рассмотренных в гл. 6.

7.1. Угрозы экологической безопасности России

На протяжении последних 20 лет Центр экологической безопасности Российской академии наук определяет рейтинг положения экологической безопасности по отношению к другим важным направлениям деятельности. В изменении этого показателя наметилась тенденция «остаточного принципа»: в 1989 г. экологическая безопасность стояла на третьем месте, в 2004 г. она уже была на 18-м месте и продолжает терять значение.

7.1.1. Внутренние источники экологической опасности

В гл. 1 были охарактеризованы основные экологические проблемы современной России, которые и составляют категорию внутренних угроз состоянию ее биосферы. Они связаны с разрушением в невиданных размерах естественных экосистем на суше, нарушением замкнутости глобального круговорота веществ и энергии. В результате во всех средах — атмосфере, пресных водах, почве — идут быстрые направленные геохимические *изменения окружающей среды в глобальном масштабе*:

- рост аномальных метеорологических явлений, неустойчивости к глобальным изменениям климата, опустыниванию, смещению географических зон и распространению на новые территории носителей опасных болезней;

- превращение таких возобновляемых ресурсов, как атмосферный воздух, пресная вода, почва, в невозобновляемые, так как они теперь не воспроизводятся в прежнем качестве в пределах естественных колебаний;

- быстро нарастающее исчезновение биологических видов (в том числе имеющих промысловое и хозяйственное значение), которые также перестают быть возобновляемым ресурсом;

- распад генетических программ человека;

- трансграничное загрязнение воздуха.

К глобальным экологическим угрозам добавляются *национальные, региональные, локальные*. Они включают:

- выбросы энергетических и промышленных предприятий и автомобильного транспорта;

- ухудшение качества воды в большинстве водных объектов России (эвтрофикация);

- неудовлетворительное состояние значительной части используемых в сельском хозяйстве земель России, на 60 % которых идет деградация за счет эрозии почв, снижения плодородия, накопления вредных веществ;

- резкое ослабление охраны уникальных природных объектов, в том числе заповедников и национальных парков, на обустройство которых выделяется не более 10 % необходимых средств;

- нерешенность проблем хранения и утилизации ядерных, опасных токсичных промышленных и бытовых отходов, уничтожения выведенного из боевого состава вооружения (атомных подводных лодок и кораблей, ядерных боеприпасов, жидкого ракетного топлива, запасов химического оружия) на фоне тенденций к использованию территории России в качестве места переработки и захоронения опасных для окружающей среды отходов, материалов и веществ, в том числе из третьих стран;

- подрыв минерально-сырьевой базы экономики России вследствие преобладания в экспортных поставках топливно-сырьевой

и энергетической составляющих и отсутствие эффективных государственных программ энерго- и ресурсосбережения;

- закрытие мировых рынков для российских товаропроизводителей, поставляющих продукцию, не соответствующую международным или национальным экологическим стандартам, развитие аналогичных тенденций в отношении экспорта технологий.

Все эти аспекты присущи и деятельности военных ПХС, имеющих также и дополнительные «горячие точки». В частности, мощное отрицательное воздействие оказывают производства по утилизации химического оружия, оружейного плутония, продуктов разложения взрывчатых веществ и компонентов ракетного топлива. Уничтожением обычных боеприпасов *методом взрыва* (а по международным договорам под уничтожение с российской стороны попадает около 1 млн ед. боеприпасов) может быть нанесен огромный ущерб природе. В результате, по оценке специалистов, в атмосферу выделится огромное количество вредных веществ, а содержание кислорода в воздухе снизится на территории в сотни тысяч квадратных километров.

В этих условиях ослабление государственного надзора, недостаточная развитость правовых и экономических механизмов управления и предупреждения экологической опасности постоянно ведут к ухудшению здоровья людей, росту потерь во всех отраслях хозяйства и деградации окружающей среды.

7.1.2. Внешние угрозы России в экологической сфере

Кроме перечисленных внутренних угроз существуют *угрозы глобального характера*: глобальное потепление, повышение уровня океана, сокращение площади тропических лесов, деградация земель, их опустынивание и ухудшение условий жизни людей. Нарушен естественный механизм стабилизации окружающей среды в результате все возрастающей хозяйственной деятельности человека, мощность которой в энергетическом исчислении, в основном за счет использования ископаемого топлива (90 %), достигла 10 % мощности фотосинтеза и охватила более 60 % поверхности суши.

По мнению В. Д. Писарева (2001), есть четыре группы основополагающих *источников внешних угроз национальным интересам России* в экологической сфере:

- 1) *несовершенство концепции устойчивого развития*, которая допускает возможность всеобщего недифференцированного экономического роста в условиях ограниченности ассимилирующей емкости биосферы, выхода за пределы этой емкости и нераспределенности прав на использование экологического потенциала внесударственных пространств. Комплекс сопряженных с этим опасностей для России включает угрозы экологической безопасности РФ

в результате потери устойчивости глобальной биосферой; правам РФ на использование определенной части потенциала внегосударственных пространств и их несущей емкости; несущей емкости территории РФ, бесконтрольно используемой мировым сообществом;

2) *отсутствие экологизации общественного сознания*, спроса, производства, потребления, мирового рынка товаров и особенно экосистемных услуг¹. Например, связанные с водой экосистемные услуги включают в себя предотвращение наводнений, защиту от них и смягчение их последствий; регулирование поверхностного стока и водоснабжение и т.д.; защита от наводнений является важной услугой, которую различные экосистемы, в особенности леса и сильно увлажненные земли, на деле оказывают в рамках конкретного речного бассейна.

По оценке группы экономистов, подтвержденной Мировым Банком (World Bank, 2001), предположительная экономическая ценность экологических услуг в мире оценивается от 16 до 54 трлн долл. в год.

Комплекс сопряженных угроз включает попытки некоторых западных стран воздействовать на превращение показателя экологичности в критерий конкурентоспособности государства на внешнем рынке; внедрение западных компаний в экономику СНГ под предлогом предоставления экологической помощи и их стремление использовать территорию России для захоронения отходов вредных производств²; ужесточение международных экологических стандартов как осложнение доступа РФ на мировые рынки; рост зависимости от импорта экологически чистых товаров и услуг.

Выгоды, поступающие от конкретной экосистемы, распространяются на огромные территории и распределяются неравномерно. Такая диффузия выгод накладывается на различные группы их получателей. В настоящее время из-за латентного (скрытого) характера многих выгод от экосистемных услуг, их «рассеянности» между потребителями традиционная экономика в значительной степени признает эти услуги бесплатными, их важность недооценивается, что приводит к их деградации;

3) *управление экологической взаимозависимостью в мире*. Важнейшими в перечне сопутствующих угроз являются дискриминационные положения действующих и разрабатываемых природоохранных соглашений; трансформация конвенционных инструментов в динамичные структуры, возможности российского влияния на которые ограничены;

¹ *Экосистемные услуги* являются механизмом обеспечения экономики природными ресурсами; они обеспечивают выгоды их потребителю и базируются на регулирующих функциях экосистем.

² Попытка западных стран размещать на территории России токсичные отходы, грязное производство и технологии, к сожалению, до сих пор продолжается. На территории России завозятся под видом сырья различные токсичные отходы.

4) *превращение проблемы устойчивого развития человека в стержневой элемент концепции устойчивого развития*, с акцентом на экологические права личности. Сопряженная с этими тенденциями угроза для России заключается в создании нового канала вмешательства во внутренние дела суверенных государств, включая Россию, и наложения на них санкций в случаях неисполнения обязательств по этой конвенции или нарушения экологических прав граждан других государств.

Опасность существующих внешних угроз в рассматриваемой области усугубляется низкой приоритетностью экологической проблематики в системе национальных приоритетов, а также существенным сокращением возможностей отстаивания российских экономических, социальных и экологических интересов. Эти угрозы вполне реальны, поскольку Россия, накрытая густой чередой техногенных и природных катастроф и бесчисленными проявлениями прошлого накопленного ущерба, часто связанными с оборонными ПХС и территориями военных конфликтов, демонстрирует всему миру неэффективность своей как внутренней, так и внешней политики.

Россия должна оказать целенаправленное и активное воздействие на идущее формирование международных отношений в области перехода мирового сообщества к устойчивому развитию, и в частности в экологической сфере.

Необходимо исходить из того, что все экологические решения и практические меры по их осуществлению оказывают либо прямое, либо опосредованное влияние на обеспечение экономической безопасности, оборонных интересов, социальной устойчивости и в целом национальной безопасности России. В этой связи весьма важно:

- осуществлять контроль на локальном уровне за деятельностью бизнеса, затрагивающего экологические проблемы на территории России;

- проводить целенаправленную экологизацию общественного сознания населения России;

- исходить из того, что концепция устойчивого развития открывает возможность превратить показатель экологического прогресса в наиболее динамичный критерий качества жизни;

- уделить приоритетное внимание социальным и экологическим аспектам на локальном уровне, где процесс выработки и принятия решений неразрывно связан с реальными интересами конкретных людей, озабоченных зримыми проблемами и готовых нести ответственность за такие решения.

Ранее были отмечены успехи мирового сообщества в ядерном разоружении. Аналогичные усилия прилагаются для снижения антропогенных воздействий на экосистемы прибрежных морей. Ограничение экологических угроз предусматривает множество международных договоров и соглашений, направленных на сохранение здоровья морских экосистем и биоразнообразия. Среди них:

- решения Стокгольмской конференции ООН по проблемам окружающей человека среды (1972);
- документы Конференции ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро (1992) — повестка дня на XXI век (гл. 17. Защита океанов и всех видов морей, прибрежных районов и охрана, рациональное использование и освоение их живых ресурсов);
- Конвенция о биологическом разнообразии (1992);
- Джакартский мандат по морскому и прибрежному биологическому разнообразию (1995);
- Кодекс ответственного рыболовства (ФАО, 1995) и др.

Эти международные договоры и соглашения по защите морей от экологических угроз направлены на создание механизмов, обеспечивающих переход к комплексному управлению прибрежными и морскими зонами как природно-хозяйственными системами на основе концепции экосистемных услуг. В основе механизмов лежит экологически безопасное использование морских экосистем и их ресурсов. Ратифицировав большую часть международных правовых актов по защите морей, Россия приняла на себя обязательства применения на практике закрепленных в них требований по созданию условий для экологически безопасного морепользования в морях, прилегающих к ее побережьям.

В последнее десятилетие мир переходит к более современной и эффективной форме управления морепользованием — морскому пространственному планированию (МПП), в основе которого лежит размежевание сегментов трехмерного морского пространства под конкретные виды пользования с учетом исходящих от них экологических угроз. Эффект МПП зависит от установления четких правил взаимодействия морепользователей на длительную перспективу и адекватных мер экономической и иной ответственности при нарушении этих правил. Экономическую ответственность можно определить только с использованием методов стоимостных (ценностных) оценок услуг и функций морских экосистем в системе принятия решений по комплексному морепользованию. Эти оценки предписаны решениями Конференции ООН по охране окружающей среды и развитию в Рио-де-Жанейро. Однако до сих пор большинство ценностей природы лежит вне зоны рыночной оценки, которые представляют для управленцев нулевую стоимость и игнорируются при исчислении вреда, причиняемого окружающей среде, в том числе морской.

Планируемая активизация деятельности в арктических морях России, экосистемы которых наиболее уязвимы к антропогенным воздействиям, несет большую угрозу для их здоровья. Надежная система противодействия потенциальным угрозам для живых ресурсов морей может быть выстроена только на основе положений «зеленой»¹ экономики.

¹ «Зеленая» и «низкоуглеродная» экономика (*lowcarbon economy*) — высокая энергоэффективность, минимальное воздействие на климатическую систему, существенное снижение рисков для окружающей среды и ее деградации.

По возможности научного обеспечения перехода на практике к морскому пространственному планированию на принципах «зеленой» экономики Российская Федерация отстает от развитых стран, как минимум, на два десятилетия.

Подобное отставание в знаниях по адекватной ценностной оценке природных богатств в системе национальных активов и защите их от истощения и нерационального использования с применением современного экономического инструментария, а также некритическое заимствование чужого опыта в условиях глобализации несут угрозу не только экологической, но и национальной безопасности.

Особое внимание надо также уделить поступающему с переносом воздушных масс загрязнению из Скандинавских стран, Белоруссии, Армении, Казахстана; промышленным и транспортным выбросам в государствах Западной Европы, Китае, Южной и Северной Кореи и Казахстане; загрязнению вдоль морских границ России (перенос загрязнения в северные моря России с течением Гольфстрим; выбросы промышленных отходов Украиной в Черное море; загрязнение Каспийского моря в результате разведки и добычи нефти сопредельными странами; промышленные сбросы Китая в р. Амур и через нее — в Охотское море; загрязнение, переносимое в прибрежные районы Тихоокеанского побережья России Аляскинским и Цусимским течениями).

В данном случае в политике обеспечения экологической безопасности необходимо рассчитывать не только на добрую волю соседних государств, но и на свою способность заставить их считаться с собой, признавать и уважать российские национальные экологические интересы в мире. Президент России В. В. Путин на заседании Совета Безопасности 30 января 2008 г. подчеркнул, что необходимо учиться эффективно защищать интересы России на международной арене, прежде всего парируя угрозы экологической безопасности, вызванные трансграничным загрязнением территории Российской Федерации.

7.2. Экологические воздействия оборонного комплекса

Военные объекты — это войска, находящиеся в районах дислокации, сосредоточения, на марше, на исходных огневых и стартовых позициях, аэродромы, военно-морские базы, военные корабли и транспорт, пункты управления, узлы связи, радиотехнические системы обнаружения, наведения и управления оружием, органы тыла, предприятия, образующие все разнообразие военных ПХС, которые, по определению, включают окружающую их природную среду в районах и пунктах постоянной или временной дислокации.

7.2.1. Функционирование оборонного комплекса в мирное время

Проведение полевых занятий, стрельб, вождение боевых машин, тактические учения требуют выдвигания войск на учебные центры и полигоны для выполнения учебно-боевых задач. При этом оказывается вредное воздействие на окружающую природную среду.

Крайне негативно на растительный и животный мир влияет применение огнеметно-зажигательных боеприпасов, дегазирующих, дезактивирующих веществ и растворов, других химических веществ и средств регенерации воздуха. Содержимое регенеративных патронов изолирующих противогазов пожароопасно, а при попадании в воду или на почву угнетает всю растительность и почвенные организмы.

Наиболее проблемными в экологическом отношении являются *потенциально опасные военные объекты*:

- *радиационные* (энергетические ядерные установки; склады и базы с элементами ядерного оружия; хранилища твердых и жидких радиоактивных отходов; хранилища отработанного ядерного топлива; места захоронения радиоактивных отходов);

- *химические* (хранилища и склады химических веществ и боеприпасов с боевыми химическими веществами; места уничтожения и захоронения боевых химических веществ; хранилища и склады компонентов ракетного топлива);

- *взрыво- и пожароопасные* (базы, арсеналы, хранилища и склады боеприпасов, вооружения и военной техники; хранилища, склады и базы горюче-смазочных материалов, агрессивных жидкостей, сжатого воздуха).

Функционирование таких объектов ведет к негативному воздействию на природную среду. Так, деятельность атомного флота характеризуется накоплением и хранением ядерного топлива и радиоактивных отходов на береговых технических базах и специальных плавсредствах, сбросом и захоронением радиоактивных отходов в море. Для ядерных установок характерно то, что даже при безаварийном режиме их функционирования продукты деления (газообразные и летучие изотопы криптона, ксенона, йода) через микроскопические неплотности и дефекты трубопроводов попадают во внешнюю среду.

Последствия испытаний ядерного оружия, проводившихся в атмосфере, космосе, под землей и под водой, обусловили глобальное радиоактивное загрязнение атмосферы и земной поверхности. Выпадения изотопов ^{89}Sr и ^{90}Sr после испытаний ядерного оружия в 60-е гг. XX в. на Новой Земле еще сохранились на арктическом побережье вплоть до Чукотки. Радиоактивный стронций относится к биологически значимым радионуклидам и характеризуется высокой токсичностью. Его доля в глобальном радиоактивном загрязнении окружающей среды и облучении населения значительна. Облучение

носит хронический комбинированный характер. Дозы облучения относятся к категории малых с низкой мощностью.

При годовом объеме материалов и веществ на складах ГСМ и других специальных жидкостей более 50 тыс. т утечка составляет 5—6 % от общего оборота, т. е. до 1,5—2 тыс. т, что приводит к значительному загрязнению грунтов и подземных вод. Восстановление природной среды приобретает особое значение в условиях, когда на объекте возникает аварийная ситуация, связанная с нарушением или выходом из-под контроля техногенных процессов.

Непосредственно в комплекс **мероприятий по восстановлению природной среды** при авариях на радиационно-опасных военных объектах входят *локализация* источника аварии (прекращение функционирования и исключение дальнейшего выброса радиоактивных веществ) и *дезактивация* зараженной территории (обработка пылеподавляющими композициями, химико-биологическими сорбентами; экранирование слоями чистого материала и т. д.).

7.2.2. Экологические опасности военного характера

История войн — это история уничтожения природы. В зависимости от масштабности применения вооружений и их видов они могут привести к экологической катастрофе. Сведений об отклике экосистем на военные действия в локальном и региональном масштабе накоплено предостаточно.

Военные конфликты возникают то в одном, то в другом месте. В настоящее время на первый план вышла угроза террористических актов. Не исключается возможность использования средств массового поражения, создающего очаги ядерного, химического, бактериологического заражения, которые могут возникнуть и при применении обычных средств поражения. При воздействии двух и более видов оружия массового поражения образуется *очаг комбинированного поражения*. Первичные действия поражающих факторов могут привести к возникновению взрывов, пожаров, затоплений местности и распространению на ней аварийно-химически опасных веществ. При этом образуются *вторичные очаги поражения*.

Отличительной особенностью экологических последствий военных конфликтов является их ярко выраженный динамический характер и пролонгированное проявление.

7.2.3. Ядерные вооружения

Ядерные вооружения изначально несут гигантский экологический риск. Взрыв ядерных боеприпасов обладает комбинированным действием. Поражение может быть нанесено одновременным действи-

ем ударной волны, светового излучения, проникающей радиации, радиоактивного облучения и электромагнитного импульса.

Радиоактивному облучению при ядерном взрыве может подвергаться не только район, прилегающий к месту взрыва, но и местность, удаленная на десятки и даже сотни километров. При этом на больших площадях и на длительное время может достигаться опасный уровень радиации для людей и биоценозов.

Во всем мире после трагедии Хиросимы и Нагасаки начали изучать последствия возможной ядерной войны — разрушения от мощнейших взрывов, распространение радиации, биологические поражения. Именно в радиации, в различных проявлениях лучевой болезни ученые и общественность увидели главную опасность нового оружия, но оценить ее по-настоящему человечество смогло значительно позже.

Только в последние десятилетия мировое сообщество начало осознавать, что ядерная война станет самоубийством всего человечества. Радиация не единственное и, может быть, не главное из последствий крупномасштабной ядерной войны. В 80-е гг. XX в. были предприняты исследования, посвященные и климатическим эффектам. Независимо, в США и СССР, с помощью компьютерных моделей было убедительно доказано, что главным последствием ядерной войны будет экологическая катастрофа, в результате которой произойдет изменение климата на Земле. Последнее может привести к генетическим изменениям в человеческой природе и, возможно, полному вымиранию человечества.

Существует три возможных глобальных эффекта мирового ядерного конфликта:

1) *«ядерная зима»* и *«ядерная ночь»*, когда температура на всем земном шаре резко упадет на десятки градусов, а освещенность будет меньше, чем безлунной ночью. Жизнь на Земле окажется отрезанной от своего главного энергетического источника — Солнца. Количество солнечного тепла, поступающего на земную поверхность, сократится в десятки раз и произойдет общее понижение температуры, особенно сильное — над континентами. Результаты, полученные учеными разных стран, отличались в деталях, но качественный эффект «ядерной ночи» и «ядерной зимы» очень четко обозначился во всех расчетах. Процесс очищения атмосферы будет идти многие месяцы и даже годы. Однако атмосфера не вернется в первоначальное состояние — ее термодинамические характеристики станут совершенно иными;

2) *радиоактивное загрязнение планеты* в результате разрушения АЭС, хранилищ радиоактивных отходов;

3) *глобальный голод*. Ядерная война приведет к резкому вымиранию сельскохозяйственных культур — все живое, что не сгорит в пожарах, вымерзнет.

Сама природа воздействия крупномасштабной ядерной войны на окружающую среду такова, что как бы и когда бы она ни началась, результат одинаков — глобальная биосферная катастрофа.

Политические реалии 70-е гг. XX в. и научно обоснованные сценарии ядерной войны показали, что гибель человечества не является понятием абстрактным, далеким теоретическим событием, а может произойти в пределах конкретного исторического времени, даже на глазах нынешнего поколения. Все это положило начало ограничению и сокращению ядерных вооружений на глобальном уровне: запрещение испытаний ядерного оружия в атмосфере, в космическом пространстве и под водой (1963), нераспространение ядерных вооружений (1970), бессрочный договор по ПРО (противоракетная оборона) и временное соглашение об ограничении наступательных вооружений (1972), затем последовало подписание ОСВ-1 (1972), ОСВ-2 (1979), СНВ (1991), ратификация Договора СНВ-2 (2000) и СНВ-3 (2010).

7.2.4. Химическое оружие

В ходе Первой мировой войны химическое оружие очень широко применялось в боевых действиях. В 1914—1918 гг. боевые отравляющие вещества, в основном иприт, вызвали гибель 10 тыс. человек и 1,2 млн человек сделали инвалидами.

Ко Второй мировой войне были накоплены значительные запасы химических боеприпасов. После капитуляции Германии в 1945—1947 гг. союзниками было затоплено около 300 тыс. т трофейных и собственных боеприпасов с отравляющими веществами (ипритом, фосгеном, адамситом). Операции по затоплению проводились в большой спешке и с серьезными нарушениями норм экологической безопасности. Корпуса химических боеприпасов к данному моменту сильно разрушились, что чревато тяжелыми последствиями.

К середине 40-х гг. XX в. в США были созданы и испытаны военные рецептуры гербицидов и дефолиантов для уничтожения любых видов растительности. В официальных документах армии США к гербицидам относятся любые препараты, используемые для уничтожения растений или вызывающие задержку их роста, а также средства, стерилизующие почву.

Гербициды военного назначения были широко применены армией США в течение 1961—1975 гг. на территории Вьетнама, Лаоса и Кампучии. Эта была первая в истории война, в которой в качестве объекта поражения была выбрана среда обитания целых народов: посевы сельскохозяйственных культур, плантации технических культур, огромные массивы равнинных и горных джунглей и мангровых лесов. В войне было применено свыше 100 тыс. т гербицидов, действовавших, прежде всего, на растительность.

В 1990 г. Ирак захватил Кувейт. Войска антииракской коалиции, образованной 32 государствами, разбили иракскую армию и освободили Кувейт. Однако, готовясь к обороне, иракцы открыли задвижки

на нефтяных терминалах и опорожнило несколько нагруженных нефтью танкеров. Этот шаг был предпринят для того, чтобы затруднить высадку десанта. До 1,5 млн т нефти вылилось в Персидский залив. Так как шли боевые действия, с последствиями катастрофы некоторое время никто не боролся. Нефть покрыла примерно 1 тыс. км² поверхности залива и загрязнила около 600 км побережий. Для того чтобы предотвратить дальнейший разлив нефти, авиация США разбомбила несколько кувейтских нефтепроводов.

7.2.5. Биологические средства поражения

Идея использования патогенных микробов в качестве средств поражения возникла очень давно вследствие того, что вызываемые ими массовые инфекционные болезни (эпидемии) приносили человечеству на протяжении всей его истории неисчислимые потери. Нередко именно эпидемии, а не военные неудачи, решали исход сражений и даже целых кампаний. Так, в 1741 г. из 27 тыс. английских солдат, участвовавших в захватнических кампаниях в Мексике и Перу, 20 тыс. погибли от тяжелой лихорадки; от этой же болезни в 1802 г. почти полностью погибла 30-тысячная армия генерала Леклерка, посланная Наполеоном на о. Гаити для подавления восстания.

С особой жестокостью применялись биологические методы и средства при колонизации американского континента. Так, в 1763 г. английский генерал-губернатор Новой Шотландии (Северная Америка) Акмерстон приказал коменданту крепости Форт-Питт полковнику Букэ распространить черную оспу среди индейских племен. Полковник Букэ распорядился взять у больных черной оспой белых колонизаторов одеяла и в качестве милостивого «подарка» переслал их местным аборигенам-индейцам. Нанесенный удар был страшной силы. Черная оспа, которой в Америке никто и никогда не болел, распространялась от племени к племени с быстротой ветра. Лишенные иммунитета к этой болезни индейцы вымирали поголовно, оставляя белым колонизаторам богатейшие земли, скот, зерно.

Блезнетворные свойства патогенных микроорганизмов и продуктов их жизнедеятельности явились основой для создания биологического оружия, предназначавшегося для поражения живой силы противника, сельскохозяйственных животных, посевов сельскохозяйственных культур, а в некоторых случаях и для порчи запасов продовольствия, нефтепродуктов, военного имущества, вооружения, военной техники и снаряжения.

Биологическое оружие — одно из самых жестоких по своим последствиям средств ведения войны. Применить его пыталась еще Германия в Первую мировую войну путем заражения лошадей противника возбудителем сапа.

Значительный ущерб экономике стран всех континентов до сих пор продолжают наносить массовые заболевания сельскохозяйственных животных (*эпизоотии*) и сельскохозяйственных растений (*эпифитотии*). Например, эпизоотия лихорадки долины Рифт в Южной Африке в 1950—1951 гг. привела к гибели более 100 тыс. голов овец и крупного рогатого скота и возникновению среди людей крупномасштабной эпидемии; эпифитотии различных видов ржавчины, корневой гнили и другие массовые болезни зерновых культур и картофеля только в США являются причиной потери части урожая, достаточной для того, чтобы прокормить 20 млн чел./год.

К числу средств, предназначенных для поражения различных видов растительности, относятся токсические химические вещества — *фитотоксиканты* (от греч. *phyton* — растение и *toxikon* — яд).

Фитотоксиканты широко применяются в сельском хозяйстве для борьбы с сорняками, для удаления листьев растительности в целях ускорения созревания плодов и облегчения сбора урожая (например, хлопка). В зависимости от характера физиологического действия и целевого назначения они подразделяются на гербициды, арборициды, альгициды, дефолианты и десинанты.

Гербициды предназначены для поражения травяной растительности, злаковых и овощных культур. Различают гербициды универсального (сплошного) действия, уничтожающие все виды растений, и гербициды избирательного действия, уничтожающие только определенные виды растений.

7.3. Экологический ущерб военных действий

С древнейших времен известен экологический ущерб, приносимый военными действиями. Еще римляне уничтожали природу на завоеванных территориях: после разгрома Карфагена они засыпали солью все плодородные земли в его окрестностях, сделав их непригодными не только для земледелия, но и для произрастания большинства видов растений. Другая распространенная с древних времен разновидность нарушения экологии в ходе военного конфликта — отравление источников питьевой воды на захватываемых территориях.

Цель нанести экологический ущерб всегда носила периферийный характер, но начиная с XX в. некоторые примененные методы можно расценивать как сознательный и специальный подрыв экосистем. Это и радиоактивное заражение Хиросимы и Нагасаки; разрушение немцами дамб в Голландии в 1944 г., в результате которого затоплено водой 200 тыс. га сельскохозяйственных земель; уничтожение посевов в Польше, Норвегии, Франции и СССР; вырубка лесов. Так, только в СССР были повреждены 20 млн га леса.

Во время Второй Индокитайской войны авиацией США было обработано до 20 тыс. км² территории Южного Вьетнама. В результате

было уничтожено 12 % джунглей, 40 % мангровых лесов и более 5 % сельскохозяйственных угодий Вьетнама; причинен непосредственный ущерб здоровью 1,6 млн вьетнамцев, более 7 млн человек были вынуждены покинуть районы применения гербицидов (экологического оружия). Массовый падеж животных и птиц имел место уже в первые дни после применения гербицидов.

Дальнейшая деградация лесов привела к разрушению сообщества животного мира. Вернуть фауну Вьетнама в исходное состояние невозможно. Естественное восстановление джунглей потребует несколько десятилетий, а восстановление мангровых лесов можно ожидать не ранее чем через 100 лет.

Вместе с фитотоксикантами в почву было внесено свыше 500 кг диоксина — самого ядовитого синтетического вещества, долговременно заразившего территорию площадью около 1 млн км². Гербициды военного назначения поражают не только флору и фауну, но и разрушают почву — материальную основу всего живого на Земле. И в этом отношении они не отличаются от ядерного оружия.

Масштабы биосферной войны, развязанной в Индокитае, с использованием ядохимикатов огромны, их воздействию подверглось около 50 % территории Южного Вьетнама, а также некоторые районы Лаоса и Камбоджи. Более 100 тыс. т различных химикатов было рассеяно на площади около 2 млн га, совершено 2 658 специальных самолетовылетов, в ходе которых было вылиты 47 969 канистр с рассевающими агентами в целях модификации погоды.

В апреле — мае 1969 г. 270 кв. миль (почти 1 000 км²) территории Камбоджи были опрысканы дефолиантами — агентами «оранжевый» и «белый». Всего в результате широкомасштабного применения дефолиантов и гербицидов уничтожена растительность на площади 360 тыс. га обрабатываемых земель, поражено 25,5 тыс. км² лесных массивов (44 % площади лесов Южного Вьетнама), 13 тыс. км² посевов риса, загублено 70 % рощ кокосовых пальм и других сельскохозяйственных угодий (3 % общей посевной площади страны).

На каждого жителя Южного Вьетнама пришлось в среднем по 3 кг ядохимикатов. Следствием этого стали гибель и тяжелые увечья свыше 2 млн местных жителей, а также «незапланированное» отравление свыше 60 тыс. американских солдат и тяжелые уродства десятков тысяч родившихся от них (уже после войны) детей.

Территориям, которые были лишены защищающих их деревьев, грозит запустение. Подсчитано, что естественного восстановления равнинных тропических лесов не произойдет в течение 100 лет. На высокогорных пространствах, покрытых в прошлом ледяными, после искусственно вызванной гибели деревьев произошел срыв практически всего почвенного слоя. Вследствие этого восстановление растительности в таких районах даже искусственным путем практически невозможно.

Анализ состояния территории Вьетнама показал, что экологический баланс страны в существенной степени нарушился. Увеличи-

лись эрозия и кислотность почвы, уменьшилась ее проницаемость. Ядохимикаты нарушили микробиологический состав почвы, привели к неблагоприятным изменениям флоры и фауны. На вновь освоенных под сельскохозяйственное пользование ранее пораженных участках лесов отмечаются низкие и нестабильные урожаи. Из 150 видов птиц остались лишь 18. Почти полностью исчезли земноводные и даже насекомые, изменился состав рыб в реках.

По данным Экологической программы ООН, в Афганистане, в результате непрекращающихся боевых действий, с 1979 г. было уничтожено около 30 % лесов, погублены многочисленные сельскохозяйственные угодья и источники воды. Многие города, в том числе и столица страны Кабул, лежат в развалинах. Засуха последних лет только усугубила ситуацию.

Во время войны в Кувейте силы антииракской коалиции во главе с США широко применяли боеприпасы с сердечником из обедненного урана. В результате у военнослужащих, которые их использовали, было отмечено ухудшение здоровья, а среди местного населения участились случаи раковых заболеваний.

События, происходившие на территории Кувейта и близлежащих территориях Персидского залива после операции «Буря в пустыне» (1991), — наиболее характерный пример экологической катастрофы. Отступая из Кувейта, иракские войска взорвали большую часть из 1 250 нефтяных скважин, свыше 700 из них горело на протяжении шести месяцев, отравляя окружающую среду газами и сажей, в сутки в атмосферу выбрасывалось около 70 млн м³ газа, в составе которого присутствовали до 50 тыс. т диоксида серы и до 100 тыс. т углекислого газа.

Оценка экологических последствий для экономики также огромна. Стоимость очистки 640 км пляжей в Саудовской Аравии от нефтяного загрязнения составила 540 млн долл. Удаление 1,6 млн противопехотных мин из Кувейта стоило более 400 млн долл. И это только два компонента экологического долга прошедшей войны.

В дельте рек Тигр и Евфрат за последние десять лет возникла катастрофическая, с экологической точки зрения, ситуация, последствия которой пока непредсказуемы. Уже сейчас низменность в дельте Тигра и Евфрата практически полностью высохла в результате намеренного сброса лиманных и дельтовых озер. Так Саддам Хусейн боролся с партизанскими действиями озерных арабов. Уничтожение исконного ландшафта грозит нарушить экологическое равновесие на берегах Персидского залива. Инженерные меры правительства Ирака по обводнению нарушенных земель осуществляются с 2009 г., но еще не достигли цели.

В результате широкомасштабного военного конфликта, применения токсичного оружия большой разрушительной силы возможно резкое увеличение числа раковых заболеваний и врожденных аномалий.

По данным специалистов, массированные бомбардировки могут спровоцировать волну землетрясений в регионе Ирака и его ге-

графическом окружении. Они не формируют очаги землетрясений, а лишь провоцируют их в тех местах, где уже есть готовые очаги и наблюдается заметное повышение сейсмоактивности. По аналогии с сейсмологической ситуацией после операции «Буря в пустыне» в 1991 г. и после бомбардировок Югославии в 1999 г., можно сказать, что землетрясения начинаются в среднем через 2—4 недели после активизации авианалетов с использованием мощных бомб. При этом подземные толчки могут ощущаться на расстоянии до 1 500 км от района бомбардировок.

Военные действия в Чечне нанесли крупномасштабный, долговременный и тяжелый ущерб лесам, плодородным земельным угодьям, пастбищам.

Не менее опасно и химическое загрязнение ландшафта, причем не только ядовитыми веществами, но и целым рядом тяжелых металлов, содержащихся в снарядах, минах и др.

Если во время первой чеченской кампании (1994—1996) использовались в основном сухопутные войска и тяжелая военная техника, применение которой связано с разрушением почвенно-растительного покрова, то во время второй военной акции основным средством нанесения ударов по террористам стала авиация. Авиаудары наносились и по криминальному топливно-энергетическому комплексу (с сетью мини-нефтезаводов), который являлся мощным источником загрязнения окружающей среды и экономической базой терроризма в регионе. В Грозном в результате многолетних и многочисленных разливов нефти из промысловых и магистральных трубопроводов и нефтехранилищ в почвах и грунтах скопилось более 2 млн т нефтепродуктов. В пределах этой территории (30 км²) образовался подземный нефтеводоносный горизонт с верхним плавающим слоем нефтепродуктов мощностью до 12 м. Иногда этот нефтяной горизонт в долине реки Сунжа выходит на поверхность, сдвигаясь в направлении Терека. Нефтеводоносный горизонт поднимается на поверхность со скоростью не менее 1 м/год. До поверхности остается всего несколько метров, а это значит, что в районе Грозного уже в недалеком будущем может возникнуть «нефтяное болото». Если нефть дойдет до Терека, то ее содержимое попадет в Каспийское море и вызовет экологическую катастрофу. В ходе боевых действий неоднократно возникали пожары мазутных и нефтяных емкостей на Грозненском нефтеперерабатывающем заводе. От нефтяного загрязнения особенно пострадал Терек, где содержание нефтепродуктов многие годы превышало 1 000 ПДК.

Во время войны на перекрестках важных дорог закладывались фугасы с бочками, цистернами, канистрами с горюче-смазочными материалами и отравляющими веществами (хлором, аммиаком, жидким азотом и т. п.). Известны факты взрыва фугасов с хлором и аммиаком.

Во время контртеррористической операции (1999—2009) поджог нефтяных скважин боевиками стал одним из средств дестабилизации

социально-экономической обстановки в республике. В ноябре 1999 г. на территории Чечни горело 6 нефтяных скважин — на каждой из них выгорало ежедневно 240 т нефти. В следующем году горящих скважин стало значительно больше, за период с января по июль 2000 г. было погашено уже 26 горящих скважин. К концу 2000 г. ежедневно выгорало до 6 тыс. т нефти и огромные объемы газа.

Один из серьезных видов экологического ущерба — материальные остатки военных действий, так называемое «эхо войны». Бедствие не кончается с наступлением мира: в земле остаются мины, неразорвавшиеся авиационные бомбы, которые боевики используют в качестве фугасов, снаряды и другие боеприпасы. По данным Международной комиссии Красного креста, в 64 странах мира, в том числе и в республиках бывшего СССР, за годы региональных, локальных и национально-гражданских войн было заложено 110 млн противопехотных мин. Ежемесячно около 2 тыс. человек, подрываясь на них, гибнут или получают тяжелые увечья. Оценка минного «эха войны» затруднена, поскольку информация об их местоположении и количестве весьма приблизительна. В период военных действий на территории Чеченской Республики в 1994—1996 гг. было установлено свыше 160 тыс. мин и фугасных зарядов.

Агрессия против *Югославии*, начатая НАТО 24 марта 1999 г., спровоцировала беспрецедентную в современной Европе экологическую катастрофу. Война разрушила естественные биогеоэкосистемы Югославии. Было использовано оружие, которое запрещено международными конвенциями (кассетные бомбы, боеприпасы с обедненным ураном и т. п.), являясь угрозой не только для военной инфраструктуры, но и для мирных граждан и окружающей среды. В период бомбардировок на Югославию было сброшено около 10 т обедненного урана. Были разбомблены баки с винилхлоридом-мономером (1 200 т), хлором, гидроксидом натрия (6 000 т), 33%-й соляной кислотой (800 т), этилендихлоридом (1 500 т). Из этого количества только в Дунай вылилось около 3 000 тыс. т гидроксида натрия, 600 т соляной кислоты, 1 400 т этилендихлорида, огромное количество нефти и нефтепродуктов, в результате чего загрязнению подверглись также и сопредельные территории (Румыния, Болгария, Украина).

В результате бомбардировки тукового завода крылатыми снарядами вместе с газами из нефтехимического комплекса образовалось общее облако, в котором концентрация винилхлорида-мономера была в 3—4 тысячи раз больше допустимых значений, концентрация оксидов азота — 10 мг/м³.

Прямые попадания ракет и бомб в хранилища топлива и нефтехимические объекты приводили к выделению в атмосферу большого количества опасных газообразных продуктов горения, имеющих длительное канцерогенное и мутагенное воздействие. Горящие резервуары с сырой нефтью, нефтепродуктами и токсичными химическими веществами загрязняли атмосферу опасными для населения

газообразными химическими веществами. Эти токсиканты нарушали естественную динамику атмосферных потоков и, выпадая с кислотными дождями на землю, загрязняли водоемы, грунтовые воды и плодородные почвы на сельскохозяйственных территориях.

Существенно пострадали водные системы Югославии. Реки и грунтовые воды загрязнены нефтью, нефтепродуктами и токсичными химическими веществами, вытекавшими из резервуаров взорванных нефтеперерабатывающих и химических заводов, хранилищ топлива, и химическими веществами, выпавшими с кислотными дождями. Нефть из резервуаров разрушенного в Нови-Саде нефтеперерабатывающего завода попала в Дунай и образовала в жизненно важной для всей Европы реке огромное нефтяное пятно шириной 400 м и длиной около 15 км.

Кроме того, массированные бомбежки Югославии (до тысячи самолетовылетов/день) привели к изменению климата этого региона: в течение 2,5 месяцев воздух непрерывно нагревался. В результате установившаяся атмосферная циркуляция над Европой нарушилась: перенос воздуха с запада на восток разделился на два потока: севернее и южнее Югославии. В результате в европейской части России установилась засуха, а в Западной Европе, наоборот, шли непрерывные дожди.

Правительство Югославии оценивает ущерб, нанесенный НАТО стране, в 100 млрд долл. США. Окружающей среде, по оценке Института окружающей среды Югославии, нанесен ущерб, который оценивается в 3 млрд долл. США. Эти данные приводит специальная исследовательская комиссия, аккумулировавшая информацию со всех районов Югославии (за исключением Косово).

Регенерация почв и водоемов, подвергшихся подобному химическому поражению, по отдельным компонентам может даже при интенсивной рекультивации потребовать многих лет, даже десятилетий. Многие загрязняющие вещества оказывают весьма жесткое воздействие на живые организмы, в том числе на человека. Мутагенным действием обладают тяжелые металлы. Это одновременно обеспечивает длительную, на 50—100 лет, неконкурентоспособность пораженных территорий на рынке продовольствия.

Летом 2008 г. при обстреле *Цхинвала* системами «Град» (полевая 122 мм дивизионная реактивная система залпового огня) происходило высвобождение опасных химических веществ — сырья, полупродуктов применяемого вооружения, что привело к превышению их концентрации в атмосфере до уровней, сравнимых с применением химического оружия.

7.4. Террористическое воздействие

Проблема терроризма, как государственного, так и осуществляемого незаконными группировками, требует особого внимания. При

этом, как правило, объектом террористических акций становится мирное население. Этому есть примеры из прошлых войн или вооруженных конфликтов: удары ФАУ-2 по Лондону, бомбардировка Дрездена, ядерные удары по Хиросиме и Нагасаки, война во Вьетнаме, рейд чеченских боевиков в Буденновск, взрыв хлорной емкости в Грозном и т. д. Все чаще целями нападения являются окружающая среда и системы жизнеобеспечения населения (теплоэнергетика, водоснабжение, газоснабжение и т. д.).

США были инициаторами и первыми исполнителями *государственного экотерроризма*, когда были предприняты попытки широкомасштабного использования различных средств (технических и химических) для изменения природных условий и воздействия на атмосферные процессы в районах боевых действий в Индокитае: искусственное образование ливневых осадков; разрушение гидротехнических сооружений для затопления низинных районов; создание пожаров и вызванных ими «огненных бурь»; изменение климата посредством целенаправленного разрушения рельефа и уничтожения растительного покрова. Мощными бульдозерами срезались под «корень» тропические леса вместе с почвой, затоплялись прибрежные территории, широко применялась зажигательная смесь (напалм) и др. Именно в этот период А. Гальфсон впервые ввел термин «экоцид» (биосферная война)¹.

Биосферный (экологический) терроризм — составная часть военного конфликта или террористического акта, заключающаяся в преднамеренном активном воздействии на окружающую среду, ее неживые и живые компоненты путем высвобождения скрытой энергии геофизических, экоцидных и техносферных процессов или подавления (искажения) жизнедеятельности биологических объектов.

В связи с преднамеренным уничтожением посевов в Малайе английскими войсками в начале 50-х гг. XX в., действиями режима Португалии совместно с ЮАР против народно-освободительного движения Мозамбика, агрессивными действиями американских военных в Индокитае, попытками США развязать «метеорологическую войну» против Кубы в начале 60-х гг. XX в. возник вопрос о роли международного уголовного права в охране окружающей среды. Поэтому в 1977 г. 33 государства, в том числе СССР, подписали в Женеве Международную конвенцию о запрещении военного или любого иного враждебного использования средств воздействия на природную среду.

Все более настойчиво заявляет о себе терроризм и в мирное время, демонстрируя подчас весьма опасные его формы: применение ОВ в токийском метро, взрывы жилых зданий в Москве, Буйнак-

¹ *Экоцид* — массовое уничтожение растительного или животного мира, оправление атмосферы или водных ресурсов, а также совершение иных действий, способных вызвать экологическую катастрофу, которые наказываются лишением свободы на срок от двенадцати до двадцати лет (ст. 358 УК РФ).

ске и Волгодонске (1999), повлекшие за собой крупные разрушения и многочисленные жертвы, угрозы взорвать АЭС и ГЭС, наконец, крупнейший теракт в Нью-Йорке (сентябрь 2001 г.).

Экологический терроризм реализуется на опасных, с точки зрения экологии, объектах. Поэтому к *опасным объектам* относятся все типы электростанций, производства ядерного топливного цикла и ядерных боеприпасов, химические, нефтехимические и нефтепергонные, металлургические, биотехнические предприятия, хранилища их сырья и продукции; нефте-, газо- и аммиакопроводы, а также военные объекты, содержащие радиоактивные и ядовитые вещества, их хранилища и свалки отходов. Основная часть таких объектов расположена в портово-промышленных зонах городов-портов, в крупных городах и густонаселенных местах, создавая постоянную угрозу экологических катастроф.

Экологический терроризм основан на запугивании людей посредством воздействия на окружающую среду. Он вбирает в себя две основные формы терроризма: посягательство на жизнь и здоровье граждан и одновременно на объекты государственного и международного хозяйства, и отличается громадным разнообразием средств и методов совершения. Очевидно, что вероятность достижения террористами своих целей: дестабилизации обстановки в стране, регионе, мире, уничтожения сотен и тысяч людей, загрязнения окружающей среды — очень высока. На данный момент отдельные государства и мировое сообщество в целом не могут обеспечить полную безопасность граждан от таких явлений.

Террористические атаки осенью 2001 г. против США подняли проблему выживания человечества, поставив задачи переосмысления терроризма как явления современности и как угрозы международной безопасности. Ситуация в мире заметно осложняется тем, что отсутствие очевидных и локализованных источников угроз лишает адресности конкретные антитеррористические меры. Это не только снижает эффективность борьбы с терроризмом, но и прибавляет к числу жертв террора не меньшее число столь же невинных жертв антитеррора. В конечном итоге это приводит к росту напряженности в обществе.

Экологический терроризм еще более опасен, чем другие преступления террористической направленности, поскольку насильственные действия применяются к гражданам или их собственности опосредованно, через природную среду, существование которой в дальнейшем будет затруднено или невозможно для всего живого. Он приводит, как правило, к необратимым и трудноустраняемым последствиям, которые зачастую имеют глобальный характер. Достаточно напомнить, что при радиоактивном загрязнении окружающая среда может остаться непригодной для жизни на многие тысячи лет.

В современной истории действий, подпадающих под экологический терроризм, совершалось не так много. Одни, на первый взгляд, типичные, экологические теракты можно, скорее, назвать примерами государственного терроризма, другие относятся к чисто экологическим преступлениям. Однако прецеденты действий эколого-террористического характера существуют. В 2001 г. террористы на территории США и других государств распространили споры сибирской язвы в конвертах обычных почтовых отправок.

В январе 2003 г. спецслужбы Великобритании объявили, что ими арестованы 13 террористов, пытавшихся наладить производство высокотоксичного отравляющего вещества рицин. Как установили британские спецслужбы, все арестованные являются членами террористической группы, связанной с группировкой «Аль-Каида», а производство рицина — часть тщательно запланированного экологического теракта сразу в нескольких странах Европейского Союза. Этот пример экологического терроризма мог закончиться глобальной катастрофой.

Повышаются материальная обеспеченность и техническая оснащенность терроризма. Поэтому основной угрозой в будущем становится не контролируемое государствами использование оружия массового поражения, которому не может не сопутствовать загрязнение окружающей среды, хотя это вряд ли осуществимо в ближайшее время террористическими организациями, если они не пользуются государственной поддержкой. Однако при этом нельзя исключать возможности заговора пособников террористов, если власть в государстве перейдет в их руки.

Ядерный терроризм предполагает использование в качестве средства террора радиоактивные материалы. При этом может быть задействовано ядерное взрывное устройство или произведено заражение местности радиоактивными веществами без проведения ядерного взрыва. Но особенно следует, по-видимому, опасаться нападения террористов на ядерные объекты, разрушение которых неминуемо приведет к радиоактивному заражению местности¹.

Однако, по оценкам экспертов, в настоящее время главные угрозы терроризма связаны с применением химического и бактериологического оружия. И то, и другое намного проще и дешевле в изготовлении, а значит, наиболее доступно террористам. И то, и другое может быть применено не только для непосредственного уничтожения людей, но и для заражения продуктов, питьевой воды, водоемов, наконец, почтовых отправок.

В России имеются закон по борьбе с терроризмом и гл. 26 об экологических преступлениях в УК РФ. Но борьба с экотерроризмом как

¹ Подобного рода попытки уже известны: в начале 2000 г. безработный японец Тацуфуми Осива пытался взорвать ядерный завод в научном центре Токаймура близ Токио.

с уголовным деянием, предотвращение новых войн требуют объединенных усилий мирового сообщества: законодательство, выявление террористов и источников их финансирования.

В заключение сделаем ряд важных выводов.

1. Преимущественное развитие топливно-энергетических отраслей промышленности, ограниченное использование природоохранных технологий, неразвитость законодательной базы природоохранной деятельности, остаточное финансирование природоохранных мероприятий, низкая экологическая культура — все это в совокупности ведет к условиям, которые можно охарактеризовать как несущие прямую угрозу экологической и национальной безопасности России.

2. Успех в борьбе с экотерроризмом во многом будет определяться глубиной проникновения в суть явления и порождающих его причин, пониманием мотивации террористических действий, логики выбора террористами объектов нападения. Для этого весьма важно обеспечить прогнозирование возможных мест и времени проведения террористических актов, заблаговременную разработку вариантов действий всех структур, обеспечивающих экологическую безопасность, выработать эффективные защитные меры, которые должны быть адекватны меняющимся угрозам.

3. Своевременное выявление внутренних и внешних угроз экологического характера и проведение мероприятий по их блокированию и нейтрализации, повышение эффективности деятельности государственных структур и общественных организаций по противодействию экологическому терроризму требуют осуществления ряда неотложных и даже экстренных мер, направленных на коренное улучшение ситуации в области охраны и развития природной среды.

В любом случае, какими бы средствами ни велись военные конфликты, их цель — нарушение экономического, экологического и социального баланса территории, против которой направлены военные действия. Самыми тяжкими являются нарушения экологического баланса территории. Если экономическую структуру можно восстановить при наличии достаточных денежных и трудовых ресурсов, то пострадавшая природная среда долгое время сохраняет отголоски военных действий, продлевая отрицательное воздействие на местное население (особенно ярко это прослеживается в случае применения ядерного, биологического, химического и других подобных видов оружия).

Академик Н. Н. Моисеев сформулировал понятие экологического императива как совокупности таких нарушений равновесия природы, которые могут повлечь за собой дальнейшие неконтролируемые человеком изменения характеристик биосферы, сделать существование человека на Земле невозможным. *Экологический императив* — это та запретная черта во взаимодействии с природой, преступать которую человечество не имеет права ни при каких обстоятельствах. Одним из примеров такого запретного рубежа может быть война с крупномасштабным применением ядерного оружия.

Рассматривая экологический императив опасной для природной среды военной деятельности, следует отметить, что, конечно, принятие решений о применении того или иного вида оружия массового поражения при ведении боевых действий — прерогатива высшего руководства страны. При этом принимаются во внимание международные конвенции и другие документы, регламентирующие деятельность мирового сообщества в области предотвращения опасных антропогенных воздействий на окружающую среду, обеспечения экологической безопасности и защиты населения от вредных факторов.

Ликвидация всех видов оружия массового уничтожения — единственно реальный путь предотвращения глобальной экологической катастрофы, связанной с военными действиями. Сейчас же оружие массового уничтожения представляет угрозу самому существованию планеты. Мощность накопленных запасов ядерного оружия в мире в 80-е гг. XX в. составляла $(16 - 18) \cdot 10^9$ т, на каждого жителя планеты приходилось более 3,5 т тритиевого эквивалента.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Охарактеризуйте экологические последствия крупномасштабной ядерной войны.
2. В чем состоит экологическая опасность применения бактериологического оружия?
3. В чем состоят поражающие факторы ядерного и химического оружия?
4. Приведите примеры биосферного оружия массового поражения.
5. Кто первым применил биосферное оружие и каков был экологический ущерб?
6. Охарактеризуйте особенности современных военных конфликтов, в частности их экологические последствия.
7. Расскажите о развитии международных договоренностей по ядерному разоружению.
8. Что такое «зеленая» экономика?
9. В чем заключается понятие экосистемных услуг?
10. Каковы экологические опасности функционирования оборонного комплекса в мирное время?
11. Перечислите экологические опасности военных действий.
12. Назовите источники внутренних угроз экологической безопасности России.
13. Каковы внешние источники экологической безопасности России?
14. Приведите примеры экоцида в XX в.?
15. Объясните фразу: «Экоцид как форма государственного терроризма».
16. Охарактеризуйте экологический колониализм в XIX — XX вв.
17. Назовите самые большие экологические ущербы военных конфликтов.

УПРАЖНЕНИЯ

I. Предложите комплекс мероприятий по восстановлению нарушенных и загрязненных сельскохозяйственных земель в долине р. Сунжа на равнинной части территории Чеченской Республики.

Схема анализа: идентификация видов экологического ущерба, оценка их рейтинга, возможные инженерные, химические и биологические решения.

II. То же, для районов низкогорья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Булатов В. И. Россия: экология и армия. Геоэкологические проблемы ВПК и военно-оборонной деятельности. — Новосибирск: ЦЭРИС, 1999. — 168 с.

Зонн С. В. Экологические последствия военных операций в Чечне / С. В. Зонн, И. С. Зонн // Энергия: экономика, техника, экология. — 2002. — № 6, 7. — С. 34—38; С. 50—54.

Моисеев Н. Н. Быть или не быть человечеству. — М.: Наука, 1999. — 288 с.

Писарев В. Д. Глобальная стратегия устойчивого развития: опасные тенденции и превентивные меры России. — М.: Ин-т США и Канады РАН, 1999. — 51 с.

Робертсон Д. На пути экономических преобразований. Задачи нового тысячелетия. — СПб., 1999. — 108 с.

Романов В. И. Опасности химического оружия России. — М.: МСоЭС, 2004. — 160 с.

Смышляев В. А. Экологическая безопасность России: теоретико-методологические основы политологического анализа. — М.: ИНИОН РАН, 2005. — 172 с.

Тисленко Д. И. Экологический терроризм: понятие и структурный анализ // Охрана окружающей среды и экологическая безопасность. Мат-лы региональной науч. экологич. студенч. юр. конф. — Тамбов, 2004. — С. 117.

ОЦЕНКА РИСКА ХРОНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ В РОССИИ

Рассматривая риск для здоровья населения, выделяют *групповой риск* заболеваний или смерти в масштабах локального участка или отдельного региона, *индивидуальный риск*, связанный с загрязнением, авариями или воздействием каких-либо вредных факторов, а также *риск*, вызываемый профессиональной деятельностью. Риск для здоровья и жизни населения, обусловленный загрязнением окружающей среды, сужая понятие, часто называют *экологическим риском*. Во время аварий и катастроф он остается в тени остальных видов ущерба, особенно среди человеческих жертв. Поэтому далее сосредоточим внимание на риске для здоровья населения, возникающем при эксплуатации ПХС в штатном режиме.

8.1. Оценка воздействия природно-хозяйственных систем на здоровье населения

Риск для здоровья человека (или экосистемы), связанный с загрязнением окружающей среды, возникает при следующих необходимых и достаточных условиях:

- 1) существование источника риска (токсичного вещества в окружающей среде или продуктах питания, либо предприятия по выпуску продукции, содержащей такие вещества, либо технологического процесса и т.д.);
- 2) присутствие данного источника риска в определенной, вредной для здоровья человека дозе или концентрации;
- 3) подверженность человека воздействию упомянутой дозы опасного фактора.

Групповой риск — ожидаемое количество пораженных в результате возможных аварий или хронических кумулятивных воздействий за определенное время (математическое ожидание людских потерь N). Так как случайная величина N может принять каждое из значений n_1, n_2, \dots, n_k с некоторой вероятностью P_1, P_2, \dots, P_k , то

$$R_{\text{кол}} = M[N] = \sum_{i=1}^k n_i P_i.$$

Индивидуальный риск — частота поражения отдельного человека в результате воздействия исследуемых факторов опасности:

$$R_{\text{инд}} = M \left[\frac{N}{U \equiv \text{const}} \right] = \frac{1}{u} M[N] = \frac{R_{\text{кол}}}{u},$$

где U — случайное число рискующих; u — общее число рискующих.

Согласно статистическим данным, в 1990 г. в СССР погибло 143 865 чел. из общего числа жителей 288 млн человек, т. е. погибло 5 человек из каждых 10 000. Вероятность гибели отдельного человека (*индивидуальный риск*) в СССР в 1990 г. составляла $5 \cdot 10^{-4}$. Аналогичные данные для РФ за 1991 г. составили $1,7 \cdot 10^{-3}$, за 2011 г. — 10^{-3} . При этом риск гибели в природных ЧС много меньше и составляет ($10^{-7} - 10^{-6}$), что сопоставимо с уровнем риска, не вызывающим особого беспокойства у общественности. Риск гибели в техногенной катастрофе в России составляет величину порядка $(1,0 - 1,5) \cdot 10^{-4}$, что заметно больше, чем в развитых странах. Уровень профессионального¹ риска сильно зависит от рода трудовой деятельности и колеблется в широком диапазоне от 10^{-6} до 10^{-2} на человека в год. Безопасными профессиями являются те, для которых риск смерти составляет менее $1 \cdot 10^{-4}$ (швейная, обувная, текстильная, бумажная, типографская, пищевая и лесная промышленность). Относительно безопасны условия труда в металлургической, судостроительной, чугунолитейной промышленности, в гончарном и керамическом производстве, а также в гражданской авиации (риск смерти $1 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-3}$).

Воздействие ПХС на компоненты окружающей среды анализируется по процедуре ОВОС, в которой здоровье персонала и окрестного населения занимает важное место. Методология оценки риска здоровью не является альтернативой ОВОС на основе действующей системы гигиенических нормативов (ПДК, ОБУВ, ПДД), а служит ценным дополнением к ней и в условиях России в значительной мере должна опираться на нее.

8.1.1. Оценка риска здоровью

Оценка риска здоровью — многоступенчатый процесс, нацеленный на выявление или прогноз вероятности неблагоприятного воздействия на человека вредных факторов, ухудшающих качество среды

¹ *Профессиональный риск* — вероятность повреждения (утраты) здоровья или смерти, связанная с исполнением обязанностей по трудовому договору (контракту) и в иных установленных законом случаях (№ 125-ФЗ, 1998).

обитания или производства при наличии какой-либо опасности. Она опирается на разнообразную информацию об уровне этого воздействия, токсических свойствах вещества, его миграции и превращениях в среде, путях воздействия на человека, особенностях подвергающейся воздействию человеческой популяции. В более узком смысле имеется в виду специальная методология «оценки риска» («risk assessment»), развитая US EPA и рекомендуемая международными организациями (ВОЗ, ЮНЕП). В РФ действуют близкие по методологии нормативные документы (см. список литературы к гл. 8).

К достоинствам этой методологии относится, прежде всего, возможность выразить складывающееся на той или иной территории санитарное и экологическое неблагополучие не только путем сопоставления наблюдаемых или расчетных уровней ее техногенного загрязнения с допустимыми, но и в величинах ожидаемого неблагоприятного ответа со стороны здоровья населения. Сравнительная оценка риска от различных факторов при разных путях воздействия на население и для разных групп этого населения создает основу для ранжирования таких управляющих воздействий.

Оценка риска для здоровья — процесс установления вероятности развития и степени выраженности неблагоприятных эффектов на основе научного анализа вредных факторов и условий воздействия на человека. Он, как и оценка экологического риска в целом (см. гл. 5), состоит из четырех основных этапов: 1) идентификация опасности, 2) оценка экспозиции (воздействия), 3) оценка зависимости «доза — ответ», 4) характеристика риска.

Идентификация опасности предусматривает установление на качественном уровне весомости доказательств способности того или иного агента вызывать определенные вредные эффекты у человека. Наиболее доступными источниками информации о вредном действии анализируемых химических соединений являются аналитические обзоры, *официальные списки токсичных веществ*, отчеты, справочники, базы данных, содержащие итоговые заключения высококвалифицированных экспертов об опасных свойствах вещества и действии вредных факторов.

Основной задачей этого этапа является *выбор приоритетных опасных факторов*, изучение которых позволяет с достаточной надежностью охарактеризовать уровни риска нарушений состояния здоровья населения и источники его возникновения. Он имеет скрининговый характер и предусматривает выявление всех источников загрязнения окружающей среды и возможного их воздействия на человека; характеристику потенциальных вредных эффектов (канцерогенез, нарушение репродуктивной функции и генетического кода у человека) и оценку доказанности возможности развития этих эффектов у человека; выявление приоритетных для последующего изучения химических соединений; установление вредных эффектов, вызванных приоритетными веществами при оцениваемых маршру-

тах воздействия (включая приоритетные загрязненные среды); продолжительности экспозиции (острые, подострые, хронические, пожизненные эффекты) и путей их поступления в организм человека (ингаляционный, пероральный, накожный).

На этапе идентификации опасности осуществляется оценка полноты и достоверности имеющихся данных об уровнях загрязнения различных объектов окружающей среды, определяются задачи по дополнительному сбору информации о фактических и/или моделируемых концентрациях химических веществ в различных средах, оценивается наличие сведений о количественных критериях, необходимых для последующего анализа риска для здоровья (референтные дозы и концентрации, факторы канцерогенного потенциала).

Оценка экспозиции¹ (воздействия) представляет собой один из важнейших и, как правило, наиболее точных из всех четырех этапов исследования риска — 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. Величина экспозиции определяется как измеренное или рассчитанное количество агента в конкретном объекте окружающей среды, находящегося в соприкосновении с так называемыми пограничными органами человека (легкими, пищеварительным трактом, кожей) в течение какого-либо точно установленного времени. Экспозиция может быть выражена в виде общего количества вещества в окружающей среде (в единицах массы, например мг) или как величина воздействия — масса вещества, отнесенная к единице времени (например, мг/день), или как величина воздействия, нормализованная с учетом массы тела (мг/(кг·день)).

Полный сценарий экспозиции, отражающий воздействие на население в реальных условиях, включает оценку поступления химических веществ в организм человека одновременно из разных сред (атмосферного воздуха, питьевой воды, воды поверхностного водоема, почвы, продуктов питания) различными путями (пероральным, ингаляционным, накожным). Такой тип экспозиции характеризуется как многосредовое и комплексное воздействие (табл. 8.1).

Количественная характеристика многосредового риска позволяет разработать оптимальные управленческие решения по его снижению на основе оценки всех контактирующих сред и путей поступления с учетом их долевого вклада в уровни воздействия на человека.

Численность экспонированной популяции является одним из важнейших факторов для решения вопроса о приоритетности охранных

¹ *Экспозиция* (воздействие) — контакт организма (рецептора) с химическим, физическим или биологическим агентом.

Таблица 8.1. Основные элементы анализа экспозиции

Элемент	Характеристика
Агент(ы)	Биологические, химические, физические, один агент, множество агентов, смеси
Источник(и)	Антропогенный/неантропогенный, поверхностный/точечный, стационарный/подвижный, внутри помещения/вне помещения
Транспорт/накопление	Воздух, вода, почва, пыль, пищевые продукты и др.
Маршрут(ы) воздействия	Потребление загрязненной пищи, вдыхание воздуха на производстве и др.
Воздействующая концентрация	г/кг (пищевые продукты), мг/л (вода), мкг/м ³ (воздух)
Пути поступления	Ингаляция, кожный контакт, глотание, множественные пути
Продолжительность экспозиции	Секунды, минуты, часы, дни, недели, месяцы, годы, на протяжении жизни
Частота воздействия	Постоянная, интермиттирующая, циклическая, редкая, случайная
Экспонируемая популяция	Производственная/непроизводственная, жители/визитеры, отдельные подгруппы, индивидуумы
Географический охват	Связь с территорией/связь с источником, локальный, региональный, национальный, международный, глобальный
Период оценки	Прошрое, настоящее, будущее, тренды

мероприятий, возникающего при использовании результатов оценки риска в целях «управления риском».

В идеальном варианте оценка экспозиции опирается на фактические данные санитарно-гигиенического мониторинга загрязнения различных компонентов окружающей среды. При их отсутствии используются различные математические модели рассеивания атмосферных выбросов, их оседания на почве, диффузии и разбавления загрязнителей в грунтовых водах и/или открытых водоемах.

На этапе оценки экспозиции проводится окончательное уточнение сценария воздействия, характеризующего движение вещества от места его образования до точки воздействия на человека. С учетом выбранного сценария осуществляется анализ имеющихся данных.

Оценка воздействия наравне с эпидемиологическими и токсикологическими исследованиями является определяющей при установлении риска для здоровья и загрязнения окружающей среды.

Оценка зависимости «доза — ответ» имеет цель установить количественные показатели опасности вредного фактора, связывающие получаемую дозу воздействия 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.

Оценка риска сугубо конкретна и определяет риск развития конкретных вредных эффектов или степень правдоподобия поражения определенных органов и систем организма человека. Ориентироваться следует на тот вредный эффект, который возникает при действии наименьшей эффективной дозы (критический эффект, критические органы/системы). Такой подход используется при установлении референтных уровней воздействия химических веществ.

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 течение всего периода жизни. Аналогичное понятие имеется 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» (рис. 8.1).

Фактор наклона имеет единицу измерения $(\text{мг}/(\text{кг} \cdot \text{день}))^{-1}$ и является мерой риска, возникающего на единицу дозы канцерогена. Например, если некто подвергается на протяжении всей жизни ежедневно воздействию канцерогена в дозе $0,02 \text{ мг}/(\text{кг} \cdot \text{день})$, то добавленный риск, получаемый умножением дозы на фактор наклона, оце-



Рис. 8.1. Зависимость «доза — ответ» для канцерогенов с беспороговым механизмом действия

нивается величиной $4 \cdot 10^{-5}$. Иными словами, признается вероятным развитие четырех дополнительных случаев рака на 100 тыс. человек, подвергающихся экспозиции такого уровня. Канцерогенные риски подчиняются правилу аддитивности, т.е. рассчитанные по каждому из веществ индивидуальные канцерогенные риски можно суммировать.

Характеристика риска — заключительный этап, включающий 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. Характеристика риска, являясь связующим звеном между оценкой риска для здоровья и управлением риском, интегрирует данные, полученные:

- при обобщении результатов оценки экспозиции и зависимостей «доза (концентрация)—ответ»;
- из рассчитанных значений риска для отдельных маршрутов и путей поступления химических веществ;
- при расчете рисков для условий агрегированной и кумулятивной экспозиции;
- в ходе выявления и анализа неопределенностей оценки риска;
- при обобщении результатов оценки риска и представлении полученных данных лицам, участвующим в управлении рисками.

Оценка риска лежит в основе принятия решения по профилактике неблагоприятного воздействия экологических факторов на здоровье населения, но не является самым решением в готовом виде. Она представляет собой необходимое, но недостаточное условие для принятия решений. Другие необходимые для этого условия — анализ факторов здоровья экосистем, установление пропорций между ними и характеристиками риска здоровью (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.

8.1.2. Модели оценки риска здоровью

Практика определения потенциальных эффектов неблагоприятного воздействия, связанного с техногенным загрязнением окружающей среды, предполагает расчет следующих *типов риска для здоровья человека*:

- *немедленных эффектов*, проявляющегося непосредственно в момент воздействия (неприятные запахи, раздражающие эффекты, различные физиологические реакции, обострение хронических заболеваний и пр., а при значительных концентрациях — острые отравления);

- *длительного (хронического) воздействия*, проявляющегося при накоплении достаточной для этого концентрации в снижении, например, иммунного статуса и т. п.;

- *специфического действия*, проявляющегося в возникновении специфических заболеваний или канцерогенных, иммунных и других подобных эффектов.

Для количественной оценки риска немедленных эффектов наиболее пригодна модель индивидуальных порогов. Риск хронической интоксикации описывается как пороговой, так и линейно-экспоненциальной моделями. Сравнение перечисленных подходов показывает, что чисто математические модели оценки техногенного влияния на ОС хорошо зарекомендовали себя в рамках проведения ОВОС для масштабных проектов или при ликвидации последствий крупных ЧС.

Схема оценки техногенного воздействия на здоровье состоит из следующих основных блоков:

- оценка *реального* риска для здоровья с использованием статистических и экспертных аналитических методов;

- оценка *индивидуального риска* на основе расчета накопленной дозы и применения методов дифференциальной диагностики.

Напряженность медико-экологической ситуации на оцениваемой территории с учетом нагрузки вредных факторов на среду обитания может устанавливаться как по суммарному показателю загрязнения территорий (по сумме приведенных показателей), так и по наиболее опасному (резко отклоняющемуся) из оцениваемых факторов риска в одном из объектов.

Управление допустимым уровнем воздействия осуществляется в рамках санитарно-гигиенического (токсикологического) нормирования. К основному объекту нормирования относится толерант-

ность человека к вредным воздействиям. Химическое воздействие на человека нормируется через ПДК веществ в средах и компонентах экосистем. Сюда же относят разработку норм СЗЗ, водоохраных и санитарных зон водоемисточников, зеленых зон городов. Зоны санитарной охраны (ЗСО) предусматриваются на всех местах забора воды как подземных, так и поверхностных вод в целях обеспечения их санитарно-эпидемиологической надежности.

Как инновационный вид управления выделяется нормирование индивидуального и группового риска при разного рода ЧС. Мерой успеха совокупности всех мероприятий по предотвращению аварий и смягчению их последствий, если они все же произошли, является индивидуальный риск смертельного травмирования людей, как вид необратимых (невосполнимых) потерь от аварий. В особенности это важно для объектов, на которых имеются источники опасности (в том числе горючие жидкости и газы), способные вызывать аварии с последствиями, выходящими за границу объекта, и быть опасными для окружающего населения.

8.1.3. Оценка рисков функционирования экосистем

С 1 января 2007 г. в России введено в действие Руководство по оценке риска в области экологического менеджмента (ГОСТ Р 14.09—2005)¹, устанавливающее правила и методику оценки экологических рисков для природоохранных зон (природных парков, заповедников) и зон, представляющих особую значимость с точки зрения их использования в качестве экологически важных объектов для реабилитации людей в зонах отдыха, на туристических базах. Фактически в этом документе содержится алгоритм оценки риска функционирования экосистем, по смыслу относящихся к охраняемым природным территориям. Именно такие малонарушенные экосистемы нуждаются как в компенсационных мерах, так и в оценке риска нанесения им экологического ущерба.

Оценка экологического риска, согласно ГОСТу, является интегрированной частью корректирующих исследований и изучения мер, предназначенных для охраны окружающей среды.

Корректирующие исследования состоят из трех частей:

- 1) характеристики природы и степени загрязнения;
- 2) оценки экологического риска;
- 3) оценки влияния риска загрязнений на здоровье человека.

Исследование природы и степени загрязнения окружающей среды направлено на определение наличия химических элементов на изу-

¹ ГОСТ Р 14.09—2005. Экологический менеджмент. Руководство по оценке риска в области экологического менеджмента.

чаемом участке, а также на область их распространения и концентрации.

Оценки экологического риска и риска загрязнений на здоровье людей обуславливают потенциальные возможности влияния неблагоприятных явлений и их последствий. Последовательность работы показана на рис. 8.2.

На схеме представлены три этапа (вертикальные колонки): сбор данных, оценка риска и принятие решения по управлению риском. Собственно оценка выполняется в 8 стадий. Содержание стадий наполнено уже подробно рассмотренными ранее исследованиями (оценка воздействия ПХС; идентификация источников и факторов риска; оценка экспозиции; определение зависимости «доза — ответ») и не нуждается в детализации.

Комментарии требуются при расшифровке специфических аббревиатур и выражаемых ими методических особенностей исследования: КТО и КМ (стадия 3) и КТИ (стадия 4).

Конечная точка оценки (КТО) — экологическая характеристика (показатель) или экологическая ценность объекта, который не должен подвергаться воздействию загрязнения.

При анализе риска устанавливают КТО в виде действительных значений экологических показателей. Конечной точкой оценки является точное описание объекта окружающей среды, которому должна быть обеспечена защита. При оценке уровня риска для здоровья человека, как правило, определяют только один вид опасности. Например, заболевание раком или другие серьезные последствия являются обычными КТО. А при оценке риска экосистем рассматривают многие виды опасных воздействий, которым подвергаются объекты.

Практически невозможно провести непосредственную оценку рисков, которым подвергаются отдельные составляющие экосистемы на объекте. Поэтому КТО должны быть ориентированы на оценку риска существенных составляющих экосистемы, на которую загрязнение могут оказать негативное воздействие.

Отдельные КТО, как правило, распространяются на группу видов или популяции, имеющие такие общие характеристики, как характер конкретного воздействия или восприимчивость к загрязнению. Иногда действие отдельных КТО ограничивается одним видом (т. е. видом, особенно восприимчивым к загрязнению на объекте). Действие КТО может также распространяться на типовую структуру и функции биологических сообществ или экосистем, характерных для объекта. Конечную точку для оценки базового экологического риска следует выбирать по результатам анализа и идентификации экосистем, сообществ и/или видов, потенциально присутствующих на объекте.

Выбор КТО зависит:

- от видов загрязнений, присутствующих на объекте, и их концентраций;

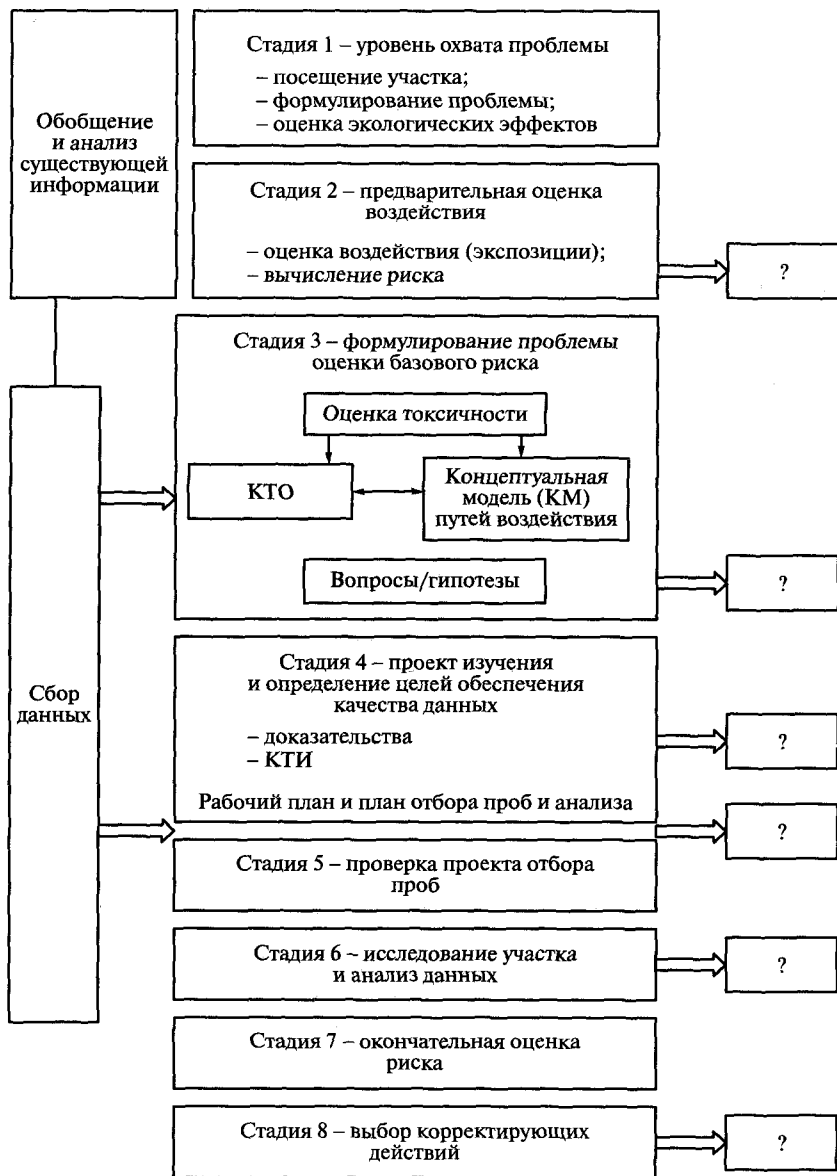


Рис. 8.2. Процесс оценки экологического риска (по ГОСТ Р 14.09–2005) (знаком «?» обозначен МПП¹ на данной стадии)

¹ МПП – момент принятия решения – момент в процедуре оценки риска, когда эксперт, определяющий уровень риска, сообщает результаты оценки менеджеру риска.

- механизмов воздействия токсичных загрязнений на различные группы организмов;
- соответствующих рецепторных групп, которые потенциально восприимчивы или подвержены воздействию загрязнения, а также от их исторически характерных признаков;
- потенциально возможных разнообразных способов воздействия загрязняющих веществ.

Необходимо определить, оказывают ли загрязнения отрицательное воздействие на организмы при непосредственном (прямое воздействие) контакте с загрязненными средами (например, при непосредственном воздействии воды, отложений, почв) или загрязнения аккумулируются в пищевых цепочках, что приводит к негативным последствиям для организмов, которые не подвержены непосредственно или подвержены в минимальной степени воздействию загрязненных сред (косвенное воздействие).

Эксперты должны решить, следует ли в процессе оценки риска обратить особое внимание на токсичность, являющуюся результатом прямого или косвенного воздействия, или необходимо оценить оба вида воздействий. Независимо от объема работ, проведенных на следующих стадиях оценки риска, идентифицированные КТО очень важны при планировании оценки экологического риска и должны рассматриваться в качестве основных данных.

Концептуальная модель (КМ) — модель, описывающая ряд рабочих гипотез действия стрессора¹ на экологические компоненты ПХС и/или окружающей среды. КМ описывает экосистему или ее компоненты, подверженные риску, соотношения между КТИ, КТО и сценариями воздействия.

Конечная точка измерения (КТИ) — измеряемая экологическая характеристика объекта, связанная с оцениваемым показателем воздействия загрязнения, выбранным в качестве конечной точки оценки. Это измеряемый биологический отклик объекта на воздействующий фактор, который может быть связан со значимыми характеристиками, выбранными в качестве КТО. Так, ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» оценивает качество подготовки питьевой воды перед подачей ее в клиентскую сеть с помощью биоэлектронного блока, где сенсором являются аборигенные речные раки. В режиме реального времени лазерной системой фиксируется кардиограмма животных, и по средней частоте сердечных сокращений судят о чистоте отпускаемой питьевой воды.

Конечные точки измерений обычно выражают как статистические или арифметические суммы наблюдений, включаемых в измерение. КТИ, как правило, является числовым выражением результатов на-

¹ *Стрессор* (загрязнитель) — любой физический, химический или биологический объект, неблагоприятное воздействие которого на организм может вызвать нежелательный эффект.

блюдений, например, испытания на токсичность, мер по обеспечению многообразия сообществ (испытуемых объектов), которые могут статистически сопоставляться с эталонным объектом в целях определения отрицательной реакции испытуемого объекта на воздействие загрязнения.

Конечные точки измерений являются мерой биологических изменений объекта под воздействием загрязнения, например воспроизводство, развитие, смертность. В свою очередь, КТИ является репрезентативной характеристикой объекта, которую необходимо измерять, чтобы сделать выводы о параметрах КТО. Например, концентрации загрязнений в воде могут сравниваться с концентрациями, описанными в научной литературе как приводящие к летальному исходу чувствительных водных организмов. На основании этого сравнения может быть сделано заключение о рисках для структуры акваторического (водного) сообщества. Как следствие, КТИ включает в себя измеряемые эффект и воздействие.

После выбора КТО проверяемые гипотезы (КМ) и КТИ могут использоваться для выявления наличия или отсутствия потенциальной опасности.

8.2. Методическая база оценок воздействия и ущербов

Законодательством Российской Федерации установлены требования по возмещению вреда, причиненного:

- 1) окружающей среде (ФЗ «Об охране окружающей среды» (№ 7-ФЗ), Лесной и Водный кодексы РФ, ФЗ «О недрах», «О животном мире», «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов», «Об особо охраняемых природных территориях»);
- 2) здоровью граждан (Гражданский кодекс РФ, ст. 79 № 7-ФЗ);
- 3) имуществу граждан (ст. 15 Гражданского кодекса, ст. 79 № 7-ФЗ, ст. 57 Земельного кодекса РФ).

Для оценки нанесенных экологических ущербов разработан ряд методик (перечень их приведен в списке литературы к гл. 8).

Оценка ущерба природной среде и здоровью населения выполняется путем сравнения наблюдаемых или прогнозируемых воздействий с экологическими нормативами. Соотношение различных видов хозяйственной деятельности и деловой активности определяется уровнями приемлемого риска возможных отклонений в рамках установленных экологических ограничений. Их экономическая интерпретация заключается в идентификации результатов воздействий различного рода, в том числе и чрезвычайного характера.

Материальный ущерб может выражаться в натуральных единицах или в денежном эквиваленте, ущерб здоровью измеряют в количестве летальных исходов, заболевших, травмированных. Очевидно,

что для одного и того же субъекта экологического риска возможны различные виды потенциальных ущербов (табл. 8.2).

В зарубежной практике выделяют три большие группы субъектов экологического риска: население, экосистемы и экономические ресурсы. Соответственно выделяют ущерб здоровью, окружающей среде и имуществу. В табл. 8.2 отдельно выделены в качестве субъек-

Таблица 8.2. **Субъекты экологических рисков и потенциальные ущербы**

№ п/п	Субъекты экологических рисков	Потенциальные ущербы	Единицы измерения потенциальных ущербов
1	Население	Ущерб здоровью (заболевания, увечья), смерть	Количество летальных исходов, количество заболевших, травмированных
		Экономический ущерб	Недополученный валовый внутренний продукт
2	Окружающая среда: атмосферный воздух; поверхностные и подземные воды; земли и почвы; недра; растительный и животный мир	Загрязнение, деградация, изъятие, истощение, уничтожение	Площадь деградированных земель, объем выбросов, сбросов, сокращение численности животных и растений
3	Материальные ценности, объекты движимого и недвижимого имущества: земельные участки; здания, строения, сооружения; прочие объекты основных фондов	Порча, уничтожение, убытки собственников, правообладателей	Материальный ущерб в натуральном размере или денежном эквиваленте, убытки собственников, в том числе упущенная выгода
4	Сельское и лесное хозяйство	Потеря плодородия, деградация земель, убытки сельского и лесного хозяйства	Сокращение урожая, поголовья животных, кормовых угодий, площади деградированных сельхозугодий и лесных площадей

тов риска сельское и лесное хозяйство. Земля выполняет несколько функций в современном обществе: в группе субъектов 2 (см. табл. 8.2) она оценивается как компонент экосистемы и среды обитания человека, в группе 3 — как источник дохода, объект имущественных прав, в сельском и лесном хозяйстве (группа 4) — с обеих этих сторон, причем особое ее уникальное качество — плодородие. Поэтому сельское и лесное хозяйство выделены в отдельную группу при рассмотрении субъектов экологического риска.

Экологический ущерб ($P_{\text{экол}}$) от аварий на опасных производственных объектах рассмотрен в гл. 5 как сумма ущербов от различных видов вредного воздействия на объекты окружающей природной среды (загрязнение атмосферного воздуха, водных ресурсов и почв; уничтожение биологических, лесных и минеральных ресурсов; засорение и повреждение территории). Существующие в МЧС России методики оценки ущерба при авариях¹ сведены в Блок «Ущерб» Программного комплекса «Русь», позволяющий проводить:

- расчет ущерба от ЧС;
- оценку ущерба в отраслях и сферах экономики;
- расчет ущерба здоровью физических лиц;
- расчет ущерба окружающей природной среде.

Экологический ущерб и его последствия могут проявляться в самых различных видах и областях, например:

- ухудшение здоровья человека из-за загрязнения воздуха и потребления загрязненной воды (социальный ущерб);
- снижение урожайности в сельском хозяйстве на загрязненных выбросами промышленности землях;
- уменьшение сроков службы оборудования из-за коррозии металлов.

Полный эколого-экономический ущерб — комплексная величина. Ее можно представить в виде суммы локальных ущербов для каждого вида ресурсов

$$U = \sum_{i=1}^n U_i,$$

где U_i — экономический ущерб, вызванный уничтожением или деградацией i -го природного ресурса.

Прямой эколого-экономический ущерб представляет собой денежную оценку потерь, которые несет общество в результате непосредственного изъятия или уничтожения природного ресурса, а также его деградации. Прямой ущерб может быть оценен по действующим методикам.

¹ Назначение данных программных продуктов — прогнозирование и расчет ущерба при авариях на опасных промышленных объектах, пожарах, техногенных чрезвычайных ситуациях. Разработан ООО НПП «Авиаинструмент», 2008.

Расчет экологических ущербов от загрязнения выполняется по следующим нормативным алгоритмам:

- Порядок определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами (1993);
- Методика определения размеров ущерба от деградации почв и земель (1994—2010);
- Единая межведомственная методика оценки ущерба от чрезвычайных ситуаций техногенного, природного и террористического характера, а также классификации и учета чрезвычайных ситуаций (2004).

Содержание алгоритмов расчета сводится к определению экономических показателей ущерба на основе прямых параметров загрязнений или нарушения компонента среды. Общий вид расчетного выражения — по-прежнему, сумма посредовых ущербов. Для одной среды (в частности, земли, почвы):

$$P_{\text{экол}} = \sum N_c \cdot S_i \cdot K_b \cdot K_{ai} \cdot K_{zi} \cdot K_r,$$

где $P_{\text{экол}}$ — размер ущерба; N_c — норматив стоимости сельскохозяйственных земель, тыс. руб./га (возможно использование кадастровой стоимости для муниципального образования); S_i — площадь земель, загрязненных химическим веществом i -го вида, га; K_b — коэффициент пересчета в зависимости от периода времени по восстановлению загрязненных сельскохозяйственных земель; K_{ai} — коэффициент пересчета в зависимости от степени загрязнения земель химическим веществом i -го вида; K_{zi} — коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территории i -го экономического района; K_r — коэффициент пересчета в зависимости от глубины загрязнения земель.

Таблица 8.3. Плата за ущерб от выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух при безаварийном режиме работы

Код вещества	Вещество	Выбросы ЗВ, т/год	Норматив платы, руб.	Плата, руб.
301	Диоксид азота	3,947	52	205,25
304	Оксид азота	0,641	35	22,44
328	Сажа	0,443	41	18,16
330	Диоксид серы	0,283	41	11,60
337	Оксид углерода	1,856	0,6	1,11
415	Предельные углеводороды $C_1 - C_5$	1,309	1,2	1,57
Итого				260,13

Степень загрязнения земель характеризуется пятью уровнями: 1 — допустимый; 2 — слабый; 3 — средний; 4 — сильный; 5 — очень сильный.

Схема расчета аналогична для любой среды. Например, для воздуха она представлена в табл. 8.3.

Смягчение воздействий может быть достигнуто, например, путем установки очистных сооружений или использования технологии, приводящей к меньшим выбросам, а также с помощью различных форм компенсации (например, мероприятия по благоустройству прилегающих территорий, снижение для местного населения тарифов на услуги компании — инициатора деятельности, а в некоторых случаях — непосредственная выплата компенсаций местному населению). К числу смягчающих мер относятся и предложения по программе экологического мониторинга и контроля на всех этапах реализации проекта.

8.3. Управление санитарно-гигиеническим риском

Среди *законов экологии, принципов и правил* можно отметить те, которые непосредственно имеют отношение к здоровью человека:

- слабые воздействия могут и не вызывать ответных реакций природной системы, но, накопившись, они приведут к развитию бурного, непредсказуемого динамического процесса. У человека слабые воздействия различных загрязнений вызывают незаметные разрушения в организме в течение длительного времени, которые, накопившись, через несколько лет выливаются в «пышный букет» различных заболеваний;

- биологический вид может существовать постольку, поскольку окружающая его природная среда соответствует генетическим возможностям приспособления этого вида к ее колебаниям и изменениям. Человеческий организм эволюционно не приспособлен к такому мощному воздействию антропогенных загрязнений, которое испытывает в настоящее время. В итоге — снижение иммунитета и рост заболеваемости, сокращение продолжительности жизни и др.;

- экологическая ниша, т. е. место вида в природе, обязательно заполняется (например, возникновение новых заболеваний). СПИД был предсказан учеными за 10 лет до его выявления как гриппоподобный вирус с высоким летальным исходом. Основанием для предсказания послужило то, что победа над многими инфекционными заболеваниями человека высвободила экологическую нишу;

- биосферный ответ на воздействия неминуем. В ходе эксплуатации природных систем нельзя переходить пределы, позволяющие этим системам сохранять свойства самоподдержания (самоорганизации и саморегуляции); ответная сила противодействия природы равна силе антропогенного воздействия.

Управление риском для здоровья является логическим продолжением оценки экологического риска и направлено на обоснование наилучших в данной ситуации решений по его устранению или минимизации, а также динамическому контролю (мониторингу) экспозиций и опасных факторов, оценке эффективности и корректировке оздоровительных мероприятий. Управление риском базируется на совокупности политических, социальных и экономических оценок полученных величин риска, сравнительной характеристике возможных ущербов для здоровья людей и общества в целом, возможных затратах на реализацию различных вариантов управленческих решений по снижению риска и тех выгод, которые будут получены в результате реализации мероприятий (например, сохраненные человеческие жизни, предотвращенные случаи заболеваний и др.).

Управление риском состоит из четырех элементов:

- 1) сравнительная оценка и ранжирование рисков;
- 2) определение уровней приемлемости риска;
- 3) выбор стратегии снижения и контроля риска (контроль поступления химических веществ в окружающую среду из источников загрязнения, мониторинг экспозиций и рисков, регламентирование уровней допустимого воздействия);
- 4) принятие управленческих (регулирующих) решений.

На начальном этапе управления риском (*сравнительная оценка и ранжирование рисков*) проводится установление приоритетов, т.е. выделение круга вопросов, требующих первоочередного внимания, определения вероятности и установления последствий. Этот этап управления риском включает в себя определение уровней вероятности развития нарушений состояния здоровья и анализ их причинной обусловленности, а также углубленную характеристику неблагоприятных последствий и ущербов состоянию здоровья населения.

Сравнительная характеристика *рисков* не позволяет решить вопрос об их значимости и *приемлемости*. При анализе приемлемости риска учитываются выгоды от использования конкретного вещества; расходы, связанные с регулированием этого вещества (полным или частичным запретом, заменой его другим препаратом и т.п.); возможность осуществления контролирующих (регулирующих) мер в целях уменьшения потенциального негативного воздействия вещества на окружающую среду и здоровье человека. Для установления приемлемости риска широко используется метод экономического анализа «затраты — выгода». Однако понятие приемлемости определяется не только результатами экономического анализа, но и большим числом политических и социальных факторов, включая восприятие риска различными группами населения.

Стратегия контроля уровней риска предусматривает мероприятия, в наибольшей степени способствующие минимизации или устранению риска. Такие типовые меры могут включать: ограничение чис-

ла экспонируемых лиц, сферы использования источника риска или территорий с такими источниками (например, запрет использования загрязненных участков территории для рекреационных целей); полный запрет прямого контакта человека с опасным химическим соединением, запрет производства, применения и ввоза определенного химического вещества или использования данного технологического процесса или оборудования.

В задачи управления риском входит также *выбор стратегии динамического* (периодического или постоянного) *мониторинга* экспозиций и рисков. Данные виды мониторинга выполняют следующие функции: контрольную (сравнение с предельно допустимыми или приемлемыми уровнями), сигнальную (быстрое реагирование на возникновение опасной ситуации), прогностическую (возможность предсказания уровней экспозиций и рисков на основе анализа временных тенденций), инструментальную (как средство распознавания и классификации наблюдаемых явлений).

Мониторинг экспозиций и рисков, основанный на результатах оценки риска для здоровья, является эффективным способом проведения социально-гигиенического мониторинга (выбор точек контроля, контролируемых химических веществ, установления достаточной периодичности отбора проб и др.). Для этого могут использоваться не только измерения концентраций многочисленных химических веществ, определяющих риски для здоровья населения на данной территории, но и прямые (непосредственно связанные с оцениваемыми рисками для здоровья) или косвенные (очень хорошо коррелирующие с прямыми) индикаторы качества среды обитания человека, достаточно хорошо отражающие совокупную химическую нагрузку на экспонируемое население. Применение индикаторов допустимо в случае предварительной углубленной оценки рисков на данной территории либо при наличии очень большого сходства в источниках загрязнения окружающей среды на этой территории и в ранее подробно исследованном районе.

8.4. Принципы зонирования территории по уровню экологической безопасности

Зонирование территорий направлено на обеспечение благоприятной среды жизнедеятельности и на защиту от воздействия чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, предотвращение чрезвычайной концентрации населения и производства, загрязнения окружающей среды, охрану и использование особо охраняемых природных территорий, в том числе природных ландшафтов и историко-культурных объектов.

Зонирование территорий представляет собой процесс, в ходе которого идентифицируются элементы пространства с различной интен-

сивностью какого-либо явления (в данном случае — экологической безопасности). Данный процесс является частным случаем районирования, под которым понимается система территориального деления на районы разного типа и уровня в зависимости от поставленных целей и задач. Как форма территориальной дифференциации оно опирается на систему принципов, принятых в районировании, — объективности, полной делимости, качественного своеобразия, относительной неоднородности территорий, а также принципов, присущих социально-экономическому районированию, — учету хозяйственной специализации, необходимости комплексного и эффективного развития экономики региона, целостности и открытости его ПХС, иерархии хозяйствования и управления.

Обычно при зонировании территорий по уровню экологической безопасности подразумевается степень их антропогенной нагруженности, выражаемая в пятибалльных качественных шкалах (в соответствии с «Критериями...» Минприроды России, 1992). Поскольку первенство в экологическом зонировании принадлежит градостроительной отрасли, стремящейся сохранить/создать экологический каркас урбанизированных ПХС, то дифференциация жилой среды выполняется по уровню комфортности. К этому строителей обязывают и Градостроительный, и Земельный кодексы РФ. При проведении зонирования учитывается множество показателей, определяющих уровень комфортности территории, например, таких, как наличие коммунальных удобств, близость социальных объектов, экология и другие факторы. Для каждой зоны намечают свой коэффициент относительной ценности территории и ставку земельного налога, которая позволяет избежать «уравниловки».

Цель зонирования — экономическими методами регулировать застройку. Зонирование жилой среды связано с необходимостью повышения функциональных качеств жилья. Некоторые черты экологического зонирования территорий уже начали разрабатываться и осуществляться как в России, так и за рубежом. От зон промышленной застройки экологически отделяются рекреационные и селитебные зоны, а транспортные коммуникации обеспечивают связь между ними. Для картографирования все чаще применяют дистанционные методы, в том числе многозональные сканерные снимки, которые позволяют выделить новейшие поднятия, определить интенсивность экзогенной и эндогенной геодинамики. Зонирование проводится с учетом следующих факторов:

- 1) уязвимость территории к существующей техногенной нагрузке;
- 2) народнохозяйственная ценность земель, водных, лесных, минеральных ресурсов;
- 3) исторически сложившиеся ПХС;
- 4) экологически обоснованные схемы типизации территории.

При зонировании земель до настоящего времени оказываются не решенными вопросы выбора исходных естественно-научных кри-

териев и параметров для выделения соответствующих зон на местности.

Необходимо подчеркнуть, что качественный характер оценок экологической ситуации позволяет наметить лишь самые контрастные различия. Так, на территории Волгоградской агломерации по степени антропогенной нагрузки было выявлено (Буруль Т. Н., 2005), что около 2 % территории агломерации условно не испытывают антропогенной нагрузки; около 10 % территории подвержено значительной нагрузке, примерно такой же процент территории охвачен средней антропогенной нагрузкой; незначительная антропогенная нагрузка отмечена на 37 % территории и низкая — на 41 % территории Волгоградской агломерации. В итоге сделан вывод о преобладании низкой и незначительной степени антропогенной нагрузки, хотя общий процент антропогенизированной территории составляет 98 %.

Начало попыткам такого зонирования было положено трудами основателей геохимии ландшафта А. И. Перельмана и М. А. Глазовской, а затем работами в области медицинской картографии (Келлер А. А., 1999; Касимов Н. С., 2006 и др.). Особенное внимание уделялось при этом влиянию на здоровье цветной металлургии и урбанизации (Дубов Р. И., 1988, во Владимире; цикл работ в Пермской агломерации, 1990—1992; Менчинская О. В., 2005 и др.). Естественно, что предпринимаются настойчивые попытки провести зонирование на количественной основе с помощью расчета различных интегральных показателей (экометрические индексы В. К. Донченко, 1996; индекс антропогенной нагрузки В. А. Басурова, 2002 и др.). Наиболее распространено использование суммарного показателя загрязнения (Z_c , по Ю. Е. Саету). В качестве примера воспользуемся данными С. А. Главатских по Северодвинскому промышленному району (рис. 8.3), где охарактеризована экологическая комфортность проживания населения.

Удовлетворительно комфортными условиями характеризуются территории о. Ягры, северная, западная и восточная окраины города. В центре города условия проживания неблагоприятны: критерий дискомфорта равен 5,5—13,8. Максимальные значения критерия отмечаются в южной части города, достигая 98,5—98,6. Основной вклад при этом дают почвы.

Суммирование данных по токсическим и химическим свойствам тяжелых металлов выявило чрезвычайно высокую опасность их соединений даже в малых концентрациях. Это послужило поводом для принципиальной переоценки значимости ТМ относительно других видов загрязнителей. В настоящее время тяжелые металлы занимают по этим оценкам второе место, уступая только пестицидам. В перспективе они должны стать самыми опасными загрязнителями, опережающими по степени экологического риска отходы АЭС и органические загрязняющие вещества.

По правилу трофической пирамиды органическое вещество каждого последующего звена пищевой цепи прогрессивно уменьшается

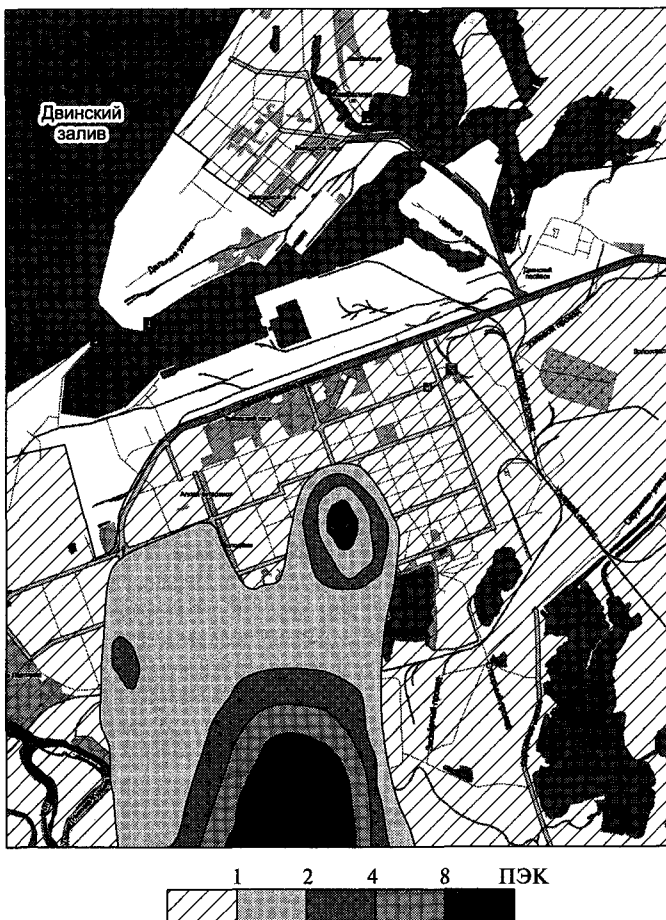


Рис. 8.3. Уровень экологической комфортности проживания (ПЭК — показатель экологического комфорта) в г. Северодвинске (по С. П. Главатских, 2005)

Значения ПЭК: до 1 — полный комфорт, от 1 до 2 — удовлетворительный, от 2 до 4 — пониженный, от 4 до 8 — низкий, свыше 8 — чрезвычайно опасный для здоровья

в объеме, количество же поглощенных ТМ сохраняется, т. е. концентрация их последовательно возрастает. Начало этого процесса связано с загрязнением почв, куда ТМ поступают с аэротехногенными выпадениями, листовым опадом, отмершей корневой системой и т. д. В большой мере почвы должны рассматриваться в качестве интегрального индикатора многолетнего загрязнения окружающей среды в целом (уровень содержания ТМ, глубина проникновения токсикантов, распространение минеральных новообразований ТМ

и т. п.). Загрязненные почвы и сами могут являться источником вторичного загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха.

Конечно, почва способна сопротивляться изменениям своего химического состава («буферная способность») путем образования труднорастворимых комплексных соединений, сорбции и т. д. С помощью этих процессов в ландшафте поддерживаются сложившиеся циклы обмена веществом и энергией. Как правило, чем богаче почва органическими веществами и тонкодисперсной минеральной фракцией, чем выше емкость катионного обмена, тем более устойчива она к химическому воздействию.

Общетокическое действие высоких концентраций тяжелых металлов на человека или животных приводит к поражению или изменению деятельности важнейших систем организма — центральной и периферической нервной системы, кроветворения, внутренней секреции и т. д. В последние годы для ряда химических элементов установлено, что наряду с общетоксичным воздействием они обладают и специфическим влиянием на репродуктивную функцию, способствуют возникновению атеросклероза, злокачественных новообразований, нарушению аппарата наследственности. Действием на половые клетки обладают Cd, Cr, Ni, Pb, Hg, Cu, V, Zn, Mn, Be, Ba. Специфические канцерогенные свойства обнаружены у Cd, Cr, Ni, Co, As. Воздействие тяжелых металлов на популяцию может проявиться через много лет и даже десятилетий, а также в последующих поколениях.

Результаты зонирования важны не только для управления экологическим риском при работе ПХС в штатном режиме. Не меньшее значение они приобретают при прогнозировании ЧС для выделения уязвимых участков и предупреждения ущербов здоровью населения в нештатных ситуациях.

На рис. 8.4 изображены поля потенциального территориального риска в связи с линейной частью опасного техногенного объекта. Рассчитана частота реализации (от 10^{-4} до 10^{-8}) смертельно поражающих факторов аварии в определенной зоне пространства.

Вопросы оценки и анализа риска аварий на опасных производственных объектах наиболее подробно в настоящее время излагаются в декларации промышленной безопасности (ДПБ). Например, для площадочных объектов Балтийской трубопроводной системы (БТС) анализ риска аварий был проведен с использованием тех же традиционных методических подходов («дерево отказа», метод балльной оценки частоты аварии, «дерево событий», моделирование развития аварийных процессов, совместно с моделями «доза — эффект» и критериями поражения человека), на которых основаны нормативно-методические документы.

Оценка риска аварий на площадочных объектах БТС показала, что вероятность аварий, связанных с наличием поражающих факторов, находится в пределах $9,5 \cdot 10^{-6}$ — $2,2 \cdot 10^{-3}$ и определяется в основном

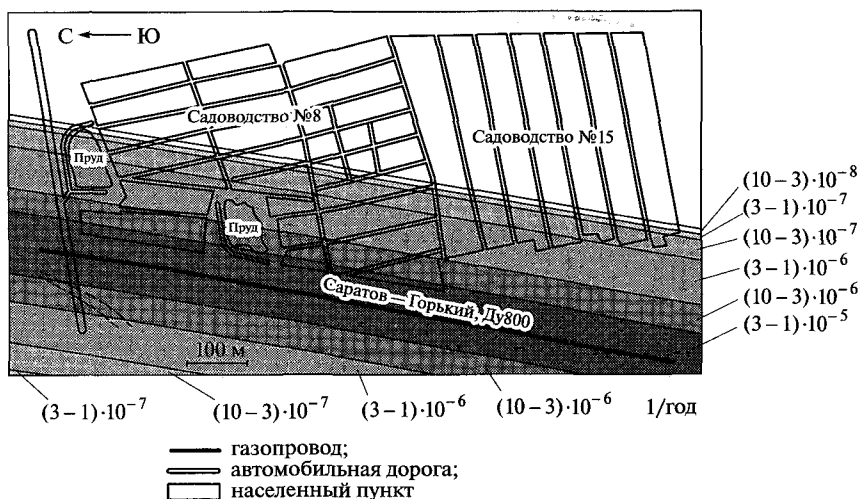


Рис. 8.4. Зоны риска смертельного поражения человека при аварии на 475-м км газопровода «Саратов — Горький» (по А. И. Гражданкину, 2009)

количеством и типом оборудования, показателями его надежности и безопасности. Ожидаемые потери нефти от аварий на площадочных объектах БТС оцениваются в 0,083 — 39 т/год.

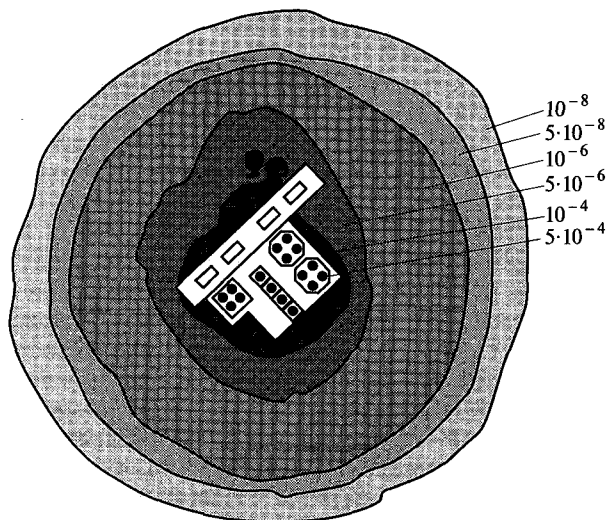


Рис. 8.5. Зоны риска смертельного поражения человека при аварии на одном из площадочных объектов БТС (по М. В. Лисанову, 2002; в соответствии с РД 03-418-01)

Индивидуальный и коллективный риск гибели людей при авариях на площадочных объектах БТС составил $9,3 \cdot 10^{-7} - 2 \cdot 10^{-5}$ и $9,3 \cdot 10^{-5} - 3,55 \cdot 10^{-3}$ чел./год соответственно. На рис. 8.5 представлены результаты зонирования территории по риску смертельного поражения человека при возможных авариях на одном из наиболее крупных площадочных объектов с резервуарным парком (поле потенциального территориального риска).

В состав резервуарного парка входят 8 железобетонных заглубленных емкостей проектной вместимостью по 30 тыс. м³ каждый и 8 вертикальных стальных резервуаров.

Результаты анализа риска аварий на площадочных объектах показали, что зоны действия поражающих факторов (в том числе при сгорании облака паров нефти с воздухом) практически не выходят за пределы установленных санитарно-защитных зон.

8.5. Прогнозирование экологических рисков как элемент управления

Находившаяся долгие годы на вооружении экологическая политика «реагировать и исправлять» бесплодна и повсеместно завела в тупик. «Предвидеть и предотвращать» — единственно реалистичский подход. К середине 80-х гг. XX в. имелось более 15 глобальных прогнозов, получивших название «моделей мира». Самые известные и, пожалуй, наиболее интересные из них — это «Мировая динамика» Дж. Форрестера, «Пределы роста» Д. Медоуза с соавторами, «Человечество у поворотного пункта» М. Месаровича и Э. Пестеля, «Латиноамериканская модель Баричоле» А. О. Эрреры, «Будущее мировой экономики» и «Мир в 2000 году» В. Леонтьева и др. Основоположником и идейным отцом глобального прогнозирования на основе системного анализа по праву считается американский ученый Дж. Форрестер, несомненной заслугой которого является попытка использовать математические методы и компьютеры для создания варианта модели экономического развития общества с учетом двух важнейших факторов — численности населения и загрязнения среды. Значение своей работы Дж. Форрестер видел в том, что она «будет содействовать возникновению ощущения необходимости безотлагательного решения существующих проблем и укажет на эффективное направление работы для тех, кто решится исследовать альтернативы будущего».

Основная задача автоматизированного компьютерного прогнозирования взаимодействия человека и биосферы состоит в том, чтобы обеспечить наиболее оптимальные условия объединения усилий экологов, социологов, экономистов и других специалистов «для оценки и выбора возможных вариантов международных решений» на междисциплинарном уровне. Известный кибернетик У. Р. Эшби писал: «Ценность системного подхода заключается в том, что он применим

для анализа объектов особой сложности, понимание которых с помощью традиционных методов исследования затруднено, а иногда и невозможно. Системный подход, основанный на компьютерах, отвергает смутные интуитивные идеи, извлекаемые из обращения с такими простыми системами, как будильник или велосипед, и дает нам надежду на создание эффективных методов для изучения систем чрезвычайной внутренней сложности и управления ими»¹.

Компьютеризация комплексного исследования взаимодействия человека и биосферы — исторический рубеж, которого достигла наука на основе создания математических моделей живой природы. Экология смогла оперировать не только простыми динамическими теориями популяций, но и всеми средствами теории динамических систем. Математические методы проникли в самые разные области теоретической и прикладной экологии: в анализ взаимоотношения видов в сообществе, в исследование процессов миграции, территориального поведения, в анализ потоков вещества и энергии в экосистемах, в изучение проблем сложности и устойчивости сообществ, а также оценок влияния различных антропогенных факторов на природные системы, в исследование проблем оптимального управления природными ресурсами и эксплуатации популяций и т. д. Компьютеризация привела к конструированию так называемых имитационных моделей взаимодействия человека и биосферы, принципиальная сложность которого требует учета большого числа как биологических, так и социальных переменных.

Экологическое прогнозирование — это непрерывное, специальное, имеющее свою методологию и технику исследование, проводимое в рамках управления, для повышения уровня его обоснованности и эффективности. Целью его является научное предвидение возможного состояния природных экологических систем, определяемое естественными и антропогенными факторами, включая чрезвычайные ситуации экологического характера. Последнее составляет важную часть государственной системы социально-эколого-экономического управления.

Исследование будущего разделяется на два качественно различных направления — поисковое (исследовательское) и нормативное прогнозирование. *Поисковое прогнозирование* выполняет анализ перспектив развития существующих тенденций на определенный период и определение на этой основе вероятных состояний объектов управления в будущем при условии неизменного состояния этих тенденций или проведения тех или иных мероприятий с помощью управленческих воздействий. *Нормативное прогнозирование* (иногда его называют прогнозированием наоборот, так как в данном случае исследование идет в обратном направлении: от будущего к настоящему) представляет собой попытку рационально организованного анализа возможных путей достижения целей оптимизации управ-

¹ Эшби У. Р. Введение в кибернетику. — М., 1959.

ления. Этот вид прогнозов как бы отвечает на вопрос: «Что можно или нужно сделать для того, чтобы достичь поставленных целей или решить возникшие задачи?».

На этапе создания ОВОС проектируемых объектов на первый план выступает нормативное прогнозирование — это процесс получения данных о возможном состоянии исследуемого объекта и природно-антропогенных ландшафтов в зоне его влияния на заданный период времени. Прогнозирование экологического риска проектируемых ПХС также относится к этому виду исследований. А вот прогнозирование ЧС или их последствий является комбинацией обоих направлений: для местных ЧС опираются на нормативы конкретных возможных воздействий, а для более крупных и сложных ЧС привлекают приемы поискового исследования.

Методы прогнозирования делятся на интуитивные (экспертные) и формализованные. *Экспертные оценки* применяются в случае, если об объекте оценивания нет достоверных сведений и неизвестны количественные зависимости между прогнозируемыми процессами и явлениями. Экспертные оценки применяют при построении ранжированных шкал оценок воздействия, они могут быть качественными, количественными, либо воздействие выстраивается по мере убывания или возрастания, и выявляются сопутствующие ему состояния компонентов, ландшафтов, социума других видов деятельности. Экспертные оценки широко применяют при анализе альтернативных решений, нахождении неопределенности экологического риска и отдаленных последствий воздействия.

Среди прогнозных методов отметим *экстраполяцию* и *метод прогнозирования по аналогиям*. Экстраполяция применяется при наличии статистических рядов (пространственно-временных рядов).

Наибольшее развитие в 70—80-е гг. XX в. в прогнозировании получил *метод географических аналогий*, особенно при оценке последствий создания крупных водохранилищ и мелиоративных систем. Прогнозирование по аналогии предусматривает экстраполяцию закономерностей, найденных на существующих объектах, на проектируемые при условии сходства природных условий районов и технологии производства. Метод аналогий, по существу, представляет собой совокупность методов (картографического, геохимического, геофизического, расчетных и др.), использование которых подчинено одному стратегическому замыслу. Объектом прогноза выступают крупные (обычно региональные) ПХС.

Прогнозирование по аналогиям наиболее эффективно с использованием ГИС-технологий. Оно позволяет:

- определить размеры зон и поясов влияния технического сооружения на отдельные компоненты и на природные комплексы в целом;
- наметить основные тенденции в изменении отдельных компонентов природы по сезонам года и в зависимости от специфики функционирования технического объекта;

- выявить временные стадии развития процесса влияния.

Это, в свою очередь, создает основу для проведения оценки последствий (экологических, экономических, технологических и социальных).

Различают, как минимум, пять основных взаимодополняющих методов прогнозирования воздействий. К числу часто применяемых относятся системы измеряемых природных параметров (характеристик). Причинно-следственные связи между возможными воздействиями на объекты устанавливаются матричным методом.

Широко распространен *метод сопряженного анализа карт*, позволяющий определять и демонстрировать масштабы распространения воздействия. Суть метода заключается в том, что исследуемая территория делится на участки (исходя из топографических характеристик, типов землепользования и т. п.) и по каждому участку собирается информация о компонентах окружающей среды и потенциальных воздействиях на них. Для каждого из показателей и каждого варианта проекта строятся поля изменений, при совмещении которых выявляются как интенсивность нарушений среды, так и факторы природного и социально-экономического характера, затрудняющие осуществление проекта. С помощью метода совмещения оценивают воздействия линейных сооружений (автомобильных дорог, ЛЭП и т. п.), определяют свободное пространство для застройки, обосновываются границы охраняемых территорий, регионов со сложной экологической ситуацией. Пространственно-временные рамки воздействия устанавливают с учетом интенсивности воздействия в рамках ландшафтной, бассейновой организации территории или ее административного деления. Оценочные ячейки также можно выявить при наложении сетки бассейнов и административного деления на ландшафтную структуру территории, в итоге вычленяется интегральная территориальная единица оценивания, для которой можно производить различные виды оценивания — от природных до социальных, производя балансовые и прогнозные построения.

Перечни типов воздействия, либо списки компонентов природной среды, изменяющихся под воздействием, служат основой *простых* (матрица Леопольда) и *сложных контрольных листов*, где проводится ранжирование воздействия по интенсивности (придается вес или балл интенсивности) и значимости изменений в экосистемах (определяется значимость изменения под воздействием объекта, испытывающего воздействие). Агрегированные показатели рассчитываются при перемножении веса воздействия и значимости изменений в экосистемах, затем эти значения суммируются по горизонтали и по вертикали матрицы, таким образом определяются наиболее интенсивные воздействия и выявляются наиболее чувствительные или наиболее изменяющиеся объекты, испытывающие воздействие.

Хорошо зарекомендовала себя *система потоковых диаграмм*, описывающая природные системы как сложные структуры массооб-

мена. *Метод экспертных групп* служит для определения граничных параметров воздействия. Особенности выбора и применения методов прогнозирования при проектировании выходят за рамки экологического риск-анализа и изложены в учебно-методической и нормативной литературе, касающейся процедуры экологической оценки последствий хозяйственной деятельности (например, в учебных пособиях по ОВОС и экологической экспертизе).

Прогнозирование опирается на данные мониторинга окружающей среды и производственного контроля ПХС. Сущность и назначение мониторинга при прогнозировании ЧС — в наблюдении, контроле и предвидении опасных процессов и явлений природы и техносферы, являющихся источниками чрезвычайных ситуаций, динамики развития чрезвычайных ситуаций, определения их масштабов в целях предупреждения и организации ликвидации бедствий.

Деятельность по мониторингу и прогнозированию чрезвычайных ситуаций осуществляется многими организациями (учреждениями), при этом используются различные методы и средства. Например, мониторинг и прогноз событий гидрометеорологического характера осуществляются учреждениями и организациями Росгидромета, который также организует и ведет мониторинг состояния и загрязнения атмосферы, воды и почвы.

Прогнозирование ЧС — опережающее отражение вероятности возникновения и развития ЧС на основе анализа возможных причин ее возникновения, ее источника в прошлом и настоящем. Оно может носить долгосрочный, краткосрочный или оперативный характер.

Прогнозирование аварий на опасных промышленных объектах, прогнозирование техногенных чрезвычайных ситуаций может выполняться программным комплексом «Русь» с помощью блока «Аварии», куда входят Программа-конструктор «Разработка и формирование плана локализации и ликвидации аварийных ситуаций (ПЛАС)», Программа-конструктор «Разработка и формирование плана по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов (ПЛАРН)», Программы по оценке рисков и ущербов.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как классифицируют риски, связанные с загрязнением окружающей среды?
2. Какие факторы определяют район оценки рисков?
3. Как ранжируют экологические проблемы (риски) с точки зрения принципов управления окружающей средой?
4. Что понимают под риском для здоровья и какие процедуры входят в анализ рисков для здоровья?
5. Как соотносятся методология анализа рисков для здоровья и современная система гигиенического нормирования?

6. Каковы основные задачи этапа идентификации опасности для здоровья?
7. Каковы критерии приоритетности химических веществ в процессе идентификации опасности?
8. Какой биологический смысл имеет коэффициент распределения в системе «октанол — вода»?
9. Как классифицируют канцерогены?
10. Охарактеризуйте оценку зависимости «доза — ответ» как этап оценки риска.
11. Перечислите количественные критерии, используемые для оценки канцерогенных рисков.
12. Какие зависимости используют для описания неканцерогенных эффектов? Назовите неканцерогенные риски хронических и острых эффектов.
13. Какие количественные критерии используют для оценки неканцерогенных рисков?
14. В чем заключается оценка экспозиции как этап оценки риска. Назовите основные элементы анализа экспозиции.

УПРАЖНЕНИЯ

- I. Подсчитайте реальный риск R гибели человека на производстве в России за 1 год, если известно, что ежегодно погибает около 14 тыс. чел., а численность работающих составляет примерно 138 млн человек.
- II. На территории «А» с повышенным загрязнением атмосферного воздуха в течение 1 года диагностировано заболевание бронхиальной астмой у 1 527 чел. (n) при общей численности 8 760 (N) человек. На контрольной территории «В», расположенной в зеленой зоне, заболели астмой в течение того же года 518 чел. (n) при численности населения 7 780 человек (N). Необходимо определить суммарные показатели заболеваемости. Показатели заболеваемости рассчитывают как отношение числа зарегистрированных больных к численности населения на 1 000 человек.
- III. Выполните расчет платы за пользование водным объектом при добыче железомарганцевых конкреций в Выборгском заливе.
Исходные данные: ставка платы в год за 1 км² площади использования морской акватории — для плательщиков, осуществляющих добычу полезных ископаемых (в соответствии с Постановлением Правительства РФ «О ставках платы за пользование водными объектами, находящимися в федеральной собственности» от 30.12.2006 г. № 876 (ред. от 01.12.2007 г.), Постановлением Правительства РФ «Об утверждении Правил расчета и взимания платы за пользование водными объектами, находящимися в федеральной собственности» от 14.12.2006 г. № 764, Постановлением Правительства РФ «О порядке подготовки и принятия решения о предоставлении водного объекта в пользование» от 30.12.2006 г. № 844 (ред. от 04.03.2009 г.), Приказом Минприроды РФ № 71 «Об утверждении методики исчисления размера вреда, причиненного

водным объектам вследствие нарушения водного законодательства», Приказом Минприроды РФ от 14.09.2011 г. № 763 «Об утверждении Административного регламента по предоставлению органами государственной власти субъектов Российской Федерации государственной услуги в сфере переданного полномочия Российской Федерации по предоставлению водных объектов или их частей, находящихся в федеральной собственности и расположенных на территориях субъектов Российской Федерации, в пользование на основании решений о предоставлении водных объектов в пользование».

Число рейсов — 111, площадь залежи — 6,7 км².

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Евстафьев И. Б. К вопросу об оценке фонового уровня риска / И. Б. Евстафьев, С. Г. Григорьев // Проблемы безопасности при ЧС, 1993. — № 3. — С. 3—19.

Келлер А. А. Медицинская экология / А. А. Келлер, В. И. Кувакин. — СПб.: Изд-во «Петроградский и К», 1999. — 256 с.

Киселев А. В. Оценка риска здоровью. Подходы к использованию в микробно-экологических исследованиях и практике управления качеством окружающей среды. — СПб.: Дейта, 1997. — 104 с.

Онищенко Г. Г. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду / Под ред. Ю. А. Рахманина. — М.: НИИ ЭЧ и ГОС, 2002. — 408 с.

Современные глобальные изменения природной среды: В 2 т. / Под ред. Н. С. Касимова, Р. Г. Клите. — М.: Научный мир, 2006: Т. 1 — 696 с.; Т. 2 — 776 с.

НОРМАТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

ГОСТ Р 14.09—2005. Руководство по оценке риска в области экологического менеджмента. — М.: Стандартиформ, 2010. — 76 с.

Методики прогнозирования последствий чрезвычайных ситуаций, вызванных эпидемиями, эпизоотиями, эпифитотиями. — М.: ВНИИ ГОЧС, 1993. — 118 с.

Методические рекомендации. Применение факторов канцерогенного потенциала при оценке риска воздействия химических веществ. — М.: Санэпидмедиа, ГУ НИИ ЭЧ и ГОС им. А. Н. Сысина РАМН, ММА им. И. М. Сеченова, Центр госсанэпиднадзора в г. Москве, 2003. — 44 с.

Методические рекомендации по обработке и анализу данных, необходимых для принятия решений в области охраны окружающей среды и здоровья населения. Утв. руководителем Департамента Госсанэпиднадзора Минздрава России от 27 февраля 2001 г. № 11-3/61-09. — М.: Министерство здравоохранения РФ, 2001.

Методические рекомендации. Критерии оценки риска для здоровья населения приоритетных химических веществ, загрязняющих окружающую

среду. — М.: Санэпидмедиа, ГУ НИИ ЭЧ и ГОС-им. А. Н. Сысина РАМН, Центр госсанэпиднадзора в г. Москве, 2003. — 56 с.

Методические рекомендации. Критерии установления уровней минимального риска здоровью населения от загрязнения окружающей среды. — М.: Санэпидмедиа, ГУ НИИ ЭЧ и ГОС им. А. Н. Сысина РАМН, Центр госсанэпиднадзора в г. Москве, 2003. — 40 с.

Методические рекомендации. Расчет доз при оценке риска многосредового воздействия химических веществ. — М.: Санэпидмедиа, ГУ НИИ ЭЧ и ГОС им. А. Н. Сысина РАМН, ММА им. И. М. Сеченова, Консультационный Центр по оценке риска. Центр госсанэпиднадзора в г. Москве, 2003. — 28 с.

РД 03-496-02. Методические рекомендации по оценке экономического ущерба от аварий на опасных производственных объектах. — Госгортехнадзор РФ, 2002. — 24 с.

Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. — М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. — 143 с.

МЕТОДИКИ ПО ОЦЕНКЕ УЩЕРБА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

«Порядок определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами» (утв. Роскомземом 10.11.1993, Минприроды России 18.11.2003 г.).

«Методика определения размеров ущерба от деградации почв и земель» (утв. Минприроды России 29.07.1994 г.).

Приказ Минприроды России «Об утверждении методики исчисления вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды» от 08.07.2010 г. № 238.

Приказ Минприроды России «Об утверждении методики исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства» от 13.04.2009 г. № 87.

Постановление Правительства Российской Федерации «Об исчислении размера вреда, причиненного лесам вследствие нарушения лесного законодательства» от 08.05.2007 г. № 273.

Приказ Минприроды России «Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного объектам животного мира, занесенным в Красную книгу Российской Федерации, а также иным объектам животного мира, не относящимся к объектам охоты и рыболовства и среде их обитания» от 28.04.2008 г. № 107.

Приказ Минприроды России «Об утверждении такс для исчисления размера вреда, причиненного объектам растительного мира, занесенных в Красную книгу Российской Федерации и среде их обитания вследствие нарушений законодательства в области охраны окружающей среды и природопользования» от 01.08.2011 г. № 658.

Постановление Правительства Российской Федерации «Об установлении размера ущерба, который причинен водным биологическим ресурсам и который можно считать крупным» от 18.08.2008 г. № 625.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКОМ

Управление риском представляет собой сложную научно-техническую задачу, далекую от своего разрешения. Широко используются инструменты управления рисками — страхование, разделенное партнерство, технологические и социальные механизмы, другие подходы. Хотя они и не позволяют полностью устранить неудачи, аварии и катастрофы, но помогают уменьшить их число, сократить финансовые потери, повысить устойчивость соответствующих социально-технологических систем.

В настоящей главе рассматриваются нормативно-методические и научно-практические направления, на которые возлагаются в этой связи определенные надежды: общая теория систем, геоинформационные технологии, теория катастроф и нелинейная термодинамика.

Исследование экологических рисков начинается еще на стадии проектирования при анализе типовых технологических процессов и производств на территории будущего объекта деятельности. Подготовка экологических обоснований проектов сопровождается внедрением экологически ориентированных технологий.

В названии обсуждаемой учебной дисциплины в явной форме содержится указание на применимость ее к объектам материального мира, обладающим признаками техногенных систем. Ранее приводилось описание их свойств, раскрывалось понятие ПХС и обсуждались следствия системного подхода для анализа экологического риска (см. гл. 3 и 5).

Покажем возможности системных представлений для управления риском.

9.1. Общая теория систем

Системный подход очень популярен среди исследователей риска. Существует даже точка зрения, что он является единственно действенным в исследованиях экологической безопасности (Владимиров В. А., 2000). Следует отметить, что общая теория систем является не столько

теорией, сколько методологией научного исследования. Совокупность взглядов, входящих в «общую теорию систем», появилась как реакция на многочисленные неудачные попытки физиков в начале XX в. объяснить процессы, происходящие в экологических системах, в живых организмах и т. п. на основе физических и химических законов.

Существует семейство понятий «система». Наряду с отличиями у каждого есть и общее — это *завершенность* внутреннего строения — понятие, имеющее отношение к той среде, в которой система функционирует. Система дифференцируется относительно среды по характерному набору признаков (свойств), оставаясь с ней связанной. Устойчивое сохранение признаков при возмущающем воздействии среды определяется внутренней активностью системы. Эта активность называется *самоорганизацией*.

Наиболее общим определением понятия «система» является следующее: *целостная совокупность множества связанных элементов, обладающая различными свойствами и сохраняющая их некоторое время*. При этом свойство самой системы не сводится к сумме свойств составляющих ее элементов. Пока речь идет о системе как материальном объекте.

В то же время использованные при этом понятия: элемент, связь, граница и цель системы являются результатом аналитической деятельности человека. От того, что мы понимаем под системой, в значительной степени зависит решение вопроса о специфических признаках системного подхода и системного анализа, а также в целом системных исследований. В наше время слово «система» стали применять слишком широко. Это и система здравоохранения, и система образования, и нервная система, и Солнечная система и т. п.

«Системный бум» не только не уменьшил, но даже увеличил неопределенность толкования понятия «система». Значительно возросло число его трактовок. Привычка отождествлять систему и объект, по поводу которого строится последовательность рассуждений, приводит к ряду трудностей. Чтобы их избежать, необходимо использовать понятие «система» как теоретический инструмент исследования объекта, а не как сам объект. Для реальных объектов, как советует И. В. Крайнюченко (2005), лучше использовать понятие «*организованность*». Понятия «организованность» и «система» относятся как объективное и субъективное. Организованность существует в природе независимо от сознания. Система — это способ отражения организованности в сознании.

Итак, понятия «элемент, связь, граница и цель» системы являются результатом аналитической деятельности человека. Каждый исследователь видит то, что его интересует. Для преодоления такого субъективизма в контексте изучаемой учебной дисциплины ограничимся только системами материальных объектов.

Очевидно, что любой объект человеческого сознания умеет выделять только на фоне окружающей среды. Выделение осуществляется по некоторым отличительным признакам. Это могут быть свойства,

форма, функции. Если сознание его идентифицировало, следовательно, объект отличается от среды какими-то интегративными свойствами. Если объект не отличим от среды, то для сознания он отсутствует, следовательно, не может быть представлен в виде системы. Только после выделения объекта из среды его начинают расчленять на элементы, связи, отношения.

Предметом изучения общей теории систем являются системы вообще, безотносительно к их конкретному виду, природе составляющих их элементов, а также к типу связей и отношений между элементами. Связи между элементами системы могут быть чрезвычайно разнообразными. Простейшими типами связей являются положительная и отрицательная *обратные связи*. Обратная связь означает, что существует влияние результатов функционирования системы на характер этого функционирования. Если влияние обратной связи усиливает результаты функционирования, то такая обратная связь называется положительной; если ослабляет — отрицательной. Типичным примером положительной обратной связи может служить популяционная динамика — возрастание численности популяции приводит к увеличению рождаемости. Поэтому действие обратной положительной связи заканчивается либо разрывом связи, либо исчерпанием ресурсов и ограничением роста популяции. По мере приближения численности популяции к предельному значению возникают быстро увеличивающиеся отрицательные обратные связи и рост популяции замедляется. Приблизительно так в настоящее время замедляется рост численности населения Земли. В отличие от положительной обратной связи отрицательная обратная связь ведет к устойчивому равновесию или колебаниям вокруг некоторого среднего положения.

Наличие связей между элементами порождает совершенно новые свойства системы, которыми не обладают элементы ее составляющие. Эти новые свойства можно сформулировать следующим образом:

- элементы, объединенные в систему, выступают как единое целое;
- система не сводится к сумме своих элементов (эмерджентность);
- сами элементы вне системы — другие;
- связь элементов внутри системы значительно сильнее, чем связь этих элементов с элементами других систем.

Поведение экологических систем. Экологическая система — совокупность организмов, населяющих общую территорию и способных к длительному сосуществованию. Цель любой экологической системы и ее подсистем состоит в выживании. Основные пути достижения этой цели — адаптация и отбор. *Адаптация* — это стремление экологической системы эволюционировать таким образом, чтобы свести к минимуму эффект внешнего воздействия. Этот принцип называется *обобщенным принципом Ле Шателье*. Какие-то элементы системы быстрее и лучше приспосабливаются к внешним условиям. Эти элементы отбираются для воспроизведения, и способность к адаптации всей системы увеличивается.

Эволюция экологической системы определяется изменчивостью, наследственностью и естественным отбором организмов. *Устойчивость* обеспечивается за счет многочисленных обратных связей, вытекающих из принципа Ле Шателье. При изменениях воздействий система обычно переходит из одного устойчивого состояния в другое. Смена состояний экологической системы называется *кризисом* — эволюционный этап развития сменяется революционным. Минимальный отрезок времени, в течение которого происходит смена состояний системы, называется характерным временем развития системы. Более глубокие изменения, когда система не может прийти к новому устойчивому состоянию, называются *катастрофой*.

Развитие системы. Развитие — это необратимое, направленное, закономерное изменение системы, ее универсальное свойство; в результате развития возникает новое качественное состояние системы — ее состава или структуры. Различают две формы развития — *эволюционную*, связанную с постепенными количественными изменениями системы, и *революционную*, характеризующуюся быстрыми качественными изменениями в структуре системы. Постепенное эволюционное изменение некоторых параметров в течение заметного времени сопровождается соответствующим постепенным изменением состояния системы, но в определенный момент происходит разрыв постепенности: состояние системы меняется скачком, система переходит на новый качественный уровень, количество переходит в качество. Развитие может быть *прогрессивным* и *регрессивным* (например, увеличение численности вида или уменьшение численности вплоть до полного исчезновения).

Устойчивость системы — свойство системы возвращаться к исходному состоянию после прекращения воздействия, которое вывело ее из этого состояния. Устойчивость системы определяется свойствами элементов и связями между ними. При появлении внешнего воздействия некоторые элементы первыми начинают реагировать на это, еще малое, воздействие. Такие элементы называются *чувствительными*. Если воздействие не прекращается и растет, наступает момент, когда какие-то элементы системы начинают выходить из строя, т.е. терять свои первоначальные свойства. Такие элементы называются *уязвимыми*. Чувствительным и уязвимым может быть один и тот же элемент.

Все перечисленные особенности систем материальных объектов могут быть использованы для управления экологическим риском.

9.2. Последовательность действий по управлению экологическим риском

Сформулированные на этапе обоснования инвестиционного замысла экологические ограничения служат в дальнейшем источником выявления пробелов в данных и основой планирования получения недостающего материала.

Источниками исходной информации могут быть (табл. 9.1):

- материалы специально уполномоченных государственных органов по вопросам окружающей среды и их территориальных подразделений;

- опубликованные и фондовые материалы научных организаций и ведомств;

- данные статистической отчетности и экологического мониторинга;

- данные о проводимых ранее инженерных изысканиях и полевых обследованиях;

- технико-экономические и экологические данные объектов-аналогов;

- расчеты и модели прогнозов;

- результаты расчета рисков (выполняются в составе Декларации безопасности предприятия);

- результаты математического прогнозирования условий без применения средств аварийного реагирования;

- данные справочной литературы и т. д.

Наряду с природными условиями и компонентами окружающей природной среды должны быть определены и описаны наиболее важные составляющие социально-экономической обстановки в районе осуществления проекта. Это связано с тем, что при проведении ОВОС «окружающая среда» рассматривается как единая природно-социальная система. Значимость изменений в окружающей среде в большой степени определяется последствиями социально-экономического характера.

При анализе современного состояния окружающей среды и тенденций ее изменения можно использовать фондовые материалы, литературные источники, а также проводить изыскания, собирать собственные данные в зависимости от наличия средств и необходимой глубины изучения. Для характеристики экодинамики компонентов окружающей среды может производиться сопоставление показателей с кларком, характеризующим среднее содержание химического эле-

Таблица 9.1. Некоторые источники экологической информации в РФ

Природные условия и компоненты окружающей среды	Источники информации
Климат	Роскомгидромет
Состояние окружающей среды	Ежегодные Государственные доклады
Почвенно-растительные условия	Минсельхоз, Рослесхоз, Росрегистр
Функциональное использование	Росрегистр, Госкомстат
Социально-экономические аспекты и состояние здоровья	Статотчетность, центры Роспотребнадзора

мента в литосфере, атмосфере и т. п., с фоновым уровнем (в стране, регионе), с рядами многолетних данных и санитарными нормативами (ПДК, ПДВ). Природные условия в районе размещения объекта рассматриваются как основа функционирования сложившихся природно-территориальных комплексов, наземных и водных экосистем.

9.2.1. Схема управления экологическим риском

Управление рисками состоит в уничтожении источника загрязнения или (и) в управлении передвижением загрязнителя по путям распространения. Разрыв цепочки «источник — путь распространения — рецептор» (рис. 9.1) может быть достигнут:

- устранением источника, что включает технологии, направленные на обработку источника загрязнения;
- прерыванием пути распространения, для чего требуются технологии, затрудняющие утечки и дальнейшее распространение загрязнений;
- созданием препятствий для того, чтобы загрязнитель достиг рецептора; это может потребовать изменения вида землепользования.

Напомним, по определению, экологический риск — понятие многофакторное (см. гл. 5), что предполагает возможность раздельной оценки его составляющих. Такое представление очень важно для управления риском, так как не на все его составляющие можно эффективно влиять. Например, при оценке риска землетрясения вероятность события и вероятность размера импульса плохо поддаются оценке и не могут быть существенно изменены. В то же время вероятность разрушения зданий можно уменьшить, увеличивая устойчивость зданий к подземным толчкам. Поэтому, уменьшая в данном случае составляющую R_3 в формуле (5.2), можно уменьшить экологический риск R и довести его до приемлемых значений.

В свою очередь, процесс менеджмента экологических рисков состоит из трех основных этапов: 1) идентификация экологических рисков; 2) оценка экологических рисков; 3) управление рисками.

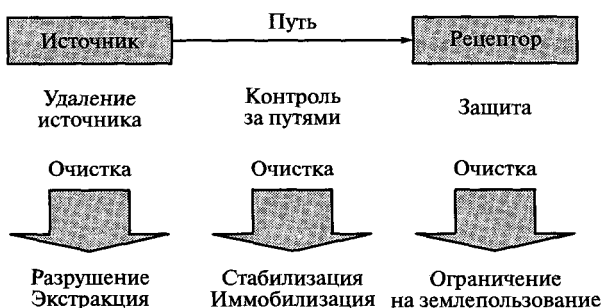


Рис. 9.1. Схема управления экологическим риском загрязненной территории

Согласно ГОСТ Р 51897—2002. Менеджмент риска. Термины и определения, *идентификация риска* — это процесс нахождения, составления перечня и описания элементов риска. Элементы риска могут включать в себя источники или опасности, события, последствия и вероятность.

Для начала необходимо определить субъекты экологического риска. *Субъект экологического риска* — это физическое или юридическое лицо, группа людей, население, государство, общество, которые потенциально могут понести тот или иной ущерб. Далее определяются виды и единицы измерения *потенциальных ущербов*.

При *оценке риска* определяются вероятность его возникновения и величина возможных неблагоприятных воздействий.

Оценка экологических рисков различается: 1) для хронических продолжительных воздействий (работа ПХС в штатном режиме) и 2) для острых залповых воздействий при аварийных ситуациях.

В первом случае анализ и оценка рисков производится по следующей схеме:

- 1) идентификация источников рисков, загрязнителей;
- 2) моделирование распространения загрязнителей;
- 3) оценка возможного воздействия загрязнителя на реципиента по методу «доза — эффект»;
- 4) оценка риска;
- 5) сопоставление риска с выбранными критериями риска (допустимым риском).

Во втором случае анализ и оценка рисков ограничивается этапами идентификации источников опасностей и моделирования возможных аварийных ситуаций. Для моделирования аварийных ситуаций используют различные методы, в частности широко распространено моделирование с помощью «дерева событий», «неисправностей», «отказов», т. е. исследуются в основном технические риски. Экологическое наполнение они получают при анализе изменений качества компонентов биосферы, при расчете ущербов окружающей среде.

После проведения такого анализа, сопоставления вероятности возникновения риска с возможными последствиями риски классифицируют по степени приоритетности для рассмотрения. Их можно разделить на неприемлемые, приемлемые и незначительные. *Неприемлемые риски* могут привести к катастрофическим последствиям для проекта, либо же они слишком сложны и дорогостоящи в устранении (и управлении). Например, при реабилитации промышленной территории стоимость необходимых рекультивационных мероприятий может оказаться слишком высокой, а предлагаемый проект освоения не окупит затраты. В данном случае ставится вопрос о целесообразности реализации проекта. *Приемлемые риски* подлежат менеджменту в приемлемых границах. *Незначительные риски* не представляют в данной ситуации серьезной опасности. Их необходимо регистрировать и они могут быть отложены для их рассмотрения в дальнейшем, но при этом остается необходимость их постоянной переоценки через определенные периоды времени.

9.2.2. Методы управления рисками

После того как проведена оценка рисков и определены риски, подлежащие менеджменту, проводится анализ и выбор предпочтительных методов управления рисками.

Среди *методов управления* рисками обычно выделяют:

- превентивные;
- репрессивные;
- коррекцию последствий негативных событий;
- компенсационные решения.

Превентивные методы управления рисками включают уклонение от риска, его снижение или передачу риска третьим лицам. К превентивным методам снижения риска можно отнести проведение инженерно-экологических изысканий и мониторинговых наблюдений на территории в целях получения подробного представления о существующем ее состоянии. Проведение специальных исследований снижает риски, обусловленные непредвиденными загрязнениями.

Сюда же попадают методы, направленные на исключение потенциальных экологических рисков (например, устранение аварийных утечек опасных веществ, выдача рабочим при проведении рекультивационных мероприятий индивидуальных средств защиты), а также отказ от освоения данной территории при невозможности осуществления по другим причинам (уклонение от риска).

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, поручение опасной работы за плату наемному работнику.

Репрессивные методы управления рисками задают правила выполнения работ 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.

Борьба с последствиями негативных событий — это рекультивация территории, восстановление нарушенных качеств в зоне влияния источника негативного воздействия.

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 рисков и ответственности инвестора;
- самострахование;

- возмещение ущерба окружающей природной среде;
- компенсации по искам пострадавших от прошлой хозяйственной деятельности;
- государственная помощь.

Страхование по своей сути является разновидностью метода передачи риска третьему лицу, но по форме осуществления — компенсационным механизмом. Возмещение при работе ПХС в штатном режиме осуществляется при невозможности снизить экологический риск организационными или технологическими приемами. Частый случай — при работах на акватории ихтиологические риски компенсируются выплатой средств на рыбозаведение. Иное дело аварийные риски, которые компенсируются только при наступлении страхового случая, после оценки фактического ущерба и сравнения его с условиями страхования. Самострахование предусматривает создание собственных страховых фондов, в которые отчисляются соответствующие суммы страховых платежей. Расходование средств из этих фондов возможно только при заранее предусмотренных аварийных случаях.

Для управления экологическими рисками существуют различные методы и в каждом конкретном случае целесообразно применять тот или иной в зависимости от условий ситуации. При выборе методов управления рисками необходимо учитывать такие факторы, как стоимость, время, техническая осуществимость, мнения заинтересованных сторон, целевые показатели проекта восстановления и пр. С учетом всех значительных факторов выбирается наиболее подходящий вариант и производится его экономическая оценка.

9.3. Методы прогноза рисков

В ходе риск-анализа в соответствии с Техническим заданием, в общем случае, должно быть обеспечено (Питулько В.М. и др., 2010):

- выявление контрастных экологических обстановок и зон повышенных мезоклиматических потенциалов, определяющих аномальные аэротехногенные выпадения загрязняющих веществ;
- зонирование (и картографирование) территории по этим признакам;
- выявление приоритетных природных и техногенных факторов, нарушающих безопасное функционирование инфраструктуры и способных вызвать катастрофический ущерб хозяйству района и здоровью людей;
- выделение незащищенных участков и уязвимых узлов инфраструктуры: транспорт (рельсовый, нерельсовый, воздушный, морской), структура грузо- и пассажиропотоков, АЗС), предприятия ТЭК, инженерные коммуникации (тепло, вода, силовые, осветительные, газовые сети), строительный комплекс, промышленные зоны, жилой

фонд и т. д.; анализ состояния их технологического контроля и превентивного мониторинга;

- разработка системы ранжирования территории по уровню экологической безопасности на региональном уровне для выявления нарушений конкретных компонентов природно-территориального комплекса при проектировании, строительстве и реконструкции транспортных путей;

- создание рекомендаций по предупреждению крупных аварий на территории и прилегающей акватории.

При риск-анализе необходимо выделить, по меньшей мере, две категории потенциально опасных зон: 1) приемлемого экологического риска; 2) повышенного экологического риска (уязвимые территории и объекты).

В этих зонах в дальнейшем и организуется профилактическая работа. Установление таких зон имеет важное практическое значение для обеспечения экологической безопасности.

Достаточно эффективные методологии риск-анализа разработаны в странах Западной Европы (Косариков А. Н. и др., 2002). Многие из них используются и в нашей стране (Акимов В. А. и др., 2002):

1. Методология оценки риска **HAZID** основывается на простых методах определения опасностей, таких, как:

- анализ «Что произойдет, если...?»;
- карты (карточки) контроля безопасности;
- проверка концепций безопасности;
- предварительный анализ опасностей.

2. Методы выявления уязвимости **HAZOP** — системный подход, ориентированный на изучение производственного оборудования как неких систем и на оценку того, вероятен ли отказ оборудования или его неправильное использование, могут ли возможные отказы приводить к чрезвычайным ситуациям.

3. Методология исследований «деревя отказов» **FTA**, основанная на графическом логическом описании механизма отказов системы.

4. Метод обследования типов отказов и анализ их последствий **FMEA** используется, когда требуется анализ небольшого участка крупного процесса или единицы оборудования, например реактора.

Методологии оценки риска непрерывно совершенствуются. Стоит упомянуть, например, вероятностный подход, который позволяет учесть вариабельность распределения загрязнителя в окружающей среде. Этот подход может прийти на смену оценкам детерминированного экологического риска, рассмотренного ранее.

Экологический риск реализуется в чрезвычайных ситуациях, сопровождаемых негативными последствиями, которые выражаются в форме ущерба. Экономическими показателями ущерба (*экономический риск*) являются утрата материальных ценностей, необходимость финансовых, порой значительных, затрат на восстановление потерянного и т. д.

В число социальных показателей (*общественный риск*) входят: заболеваемость, ухудшение здоровья людей, смертность, вынужденная миграция населения, связанная с необходимостью переселения групп людей, и т. п.

К экологическим показателям (*экологический риск*) относятся: разрушение биоты, вредное, порой необратимое, воздействие на экосистемы, ухудшение качества окружающей среды, связанное с ее загрязнением, повышение вероятности возникновения специфических заболеваний, отчуждение земель, гибель лесов, озер, рек, морей (например, Аральского) и т. п.

Экологический риск связан не только с ухудшением состояния и качества окружающей среды и здоровья людей, но и с воздействием техногенной деятельности на эколого-экономические и природно-хозяйственные системы, изменением их свойств, нарушением связей и процессов, имеющих место в этих системах. В понятие «экологический риск» может быть вложен различный смысл: вероятность аварии, имеющей экологические последствия; величина возможного ущерба для природной среды, здоровья населения или некоторая комбинация последствий.

В прикладной экологии (геоэкологии) понятие риска связано с источниками опасности для экологических систем и процессов, в них протекающих. Оно служит основой для выработки решений по целенаправленному управлению величиной этого риска.

Прогнозирование риска осуществляется по параметрам (место, сила, время, частота) и времени упреждения (долгосрочный, краткосрочный, среднесрочный). Долгосрочные прогнозы, как правило, основаны на оценке вероятности, а краткосрочные и среднесрочные — на использовании различных динамических моделей.

Прогноз на ближайшую и среднюю перспективу осуществляется *методами экстраполяции*, возможное влияние отдельных факторов исследуется *методами предельных переходов*. Если необходимо учитывать пространственное распределение риска, используются методы *частного и комплексного физико-географического прогноза воздействия на природу* (Жучкова В. К., Раковская Э. М., 2004).

9.4. Принятие решений и выбор альтернатив для минимизации риска

Управление риском природно-хозяйственных систем основывается на системном подходе. До сих пор оно опиралось на экономический и социальный анализ, а также на законодательную базу, которые не нужны и не используются при оценке риска (Акимов В. А. и др., 2003).

Современные методы управления риском предполагают широкое использование информационных технологий и, прежде всего, си-

стем поддержки принятия решений (СППР) и геоинформационных систем (ГИС).

Информационные системы, ориентированные на поддержку принятия решений, принято называть системами поддержки принятия решений (*Decision Support System*). В научном плане такие системы базируются на теории принятия решений (Орлов А. И., 2004). Решение базируется на структурировании множества альтернатив — классификации, ранжировании и т. п. Эти методы реализуются в системах поддержки принятия решений.

Термином СППР обозначают очень широкий класс систем, целью которых является помощь лицам, принимающим решение в различных областях — от управления собственным бюджетом до управления государством. В действительности нет общепринятого определения для СППР. Считается, что СППР должна обладать следующими основными характеристиками:

- использует и данные, и модели;
- обеспечивает помощь менеджерам в принятии решений для слабоструктурированных и неструктурированных задач;
- поддерживает, а не заменяет выработку решений менеджеров;
- ориентирована на повышение эффективности решений.

Нет ни только общепринятого определения для СППР, но и общепринятой классификации. На уровне пользователя СППР обычно подразделяют на пассивные, активные и кооперативные. *Пассивной* СППР называется система, которая помогает процессу принятия решения, но не может вынести предложение, какое решение принять; *активная* СППР может сделать предложение по выбору решения; *кооперативная* СППР позволяет изменять или улучшать решения, предлагаемые системой, посылая затем эти изменения в систему для проверки.

В зависимости от задач, которые решает система, и от данных, с которыми она работает, СППР условно можно разделить на *оперативные* (СППР первого класса) и *стратегические* (второго класса). Оперативные системы предназначены для текущего управления предприятиями и организациями, стратегические ориентированы на стратегическое управление, основанное на анализе значительных объемов разнородной информации, собираемых из различных источников.

Системы поддержки принятия решения первого класса (иногда их называют «информационные системы руководства) сравнительно просты по устройству. Они основаны на отчетах, которые функциональные подразделения предоставляют руководству и на основе них принимаются решения. Отчеты, как правило, базируются на стандартных для организации запросах, причем число последних относительно невелико (рис. 9.2).

Отчеты могут строиться на заказной базе, т. е. руководитель запрашивает отчет, и на регулярной, когда отчеты строятся по достижении некоторых событий или времени. Отчеты, которые подразделения

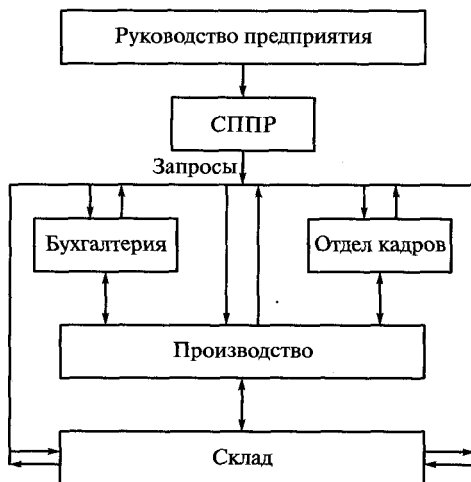


Рис. 9.2. Упрощенная схема оперативной СППР первого класса

предоставляют руководству, как правило, содержат ошибки и являются не полными для полноценного анализа и принятия на этой основе стратегических решений. Они ориентированы на применение в стандартной ситуации производственного цикла предприятия и позволяют руководителю оптимизировать процесс производства. СППР первого класса достаточно распространены — в той или иной форме они встречаются практически в каждом предприятии и организации.

Системы поддержки принятия решения второго класса ориентированы на проведение полноценного анализа и принятия стратегических решений. Соответственно устроены они неизмеримо сложнее (рис. 9.3). На первом этапе осуществляется формирование хранилища данных. Данные, которые находятся в этом хранилище, могут анализироваться на трех разных уровнях детализации: структурирование, агрегирование и поиск закономерностей.

Можно выделить две основные трудности при создании хранилищ данных, ориентированных на поддержку принятия решений. Во-первых, неопределенность задачи — не всегда ясно, какая именно информация может понадобиться для поддержки принятия решений в постоянно и быстро меняющемся мире, какие цели и задачи будут актуальными завтра и т. п. Во-вторых, неоднородность информации — разные и зачастую плохо описанные форматы файлов данных, полученные на разных приборах, и не стыкующиеся между собой результаты измерений. Во многих случаях легче повторить дорогостоящий эксперимент, чем пытаться извлечь результаты из архивных данных предыдущего аналогичного эксперимента.

Поэтому первым этапом создания хранилища данных является их *интеграция*. При интеграции исходных данных в хранилище необ-

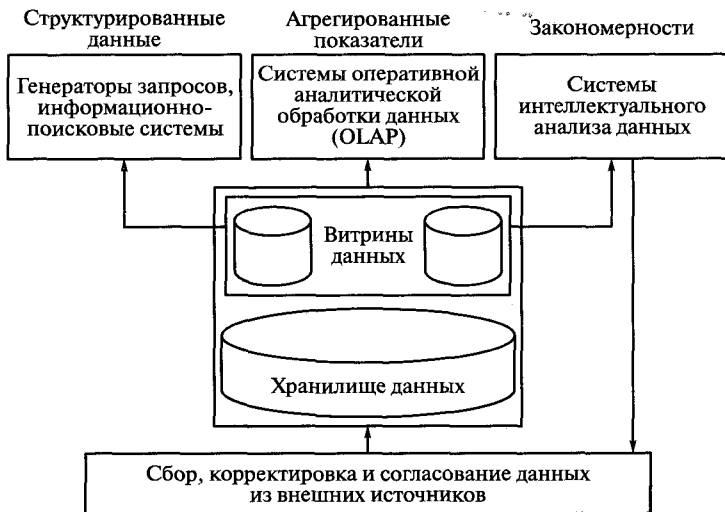


Рис. 9.3. Упрощенная схема стратегической СППР

ходимо обеспечить единые правила наименования, унифицированные единицы измерения для однотипных объектов, единую систему представления (атрибуты) для таких объектов и т. п. Кроме того, для интеграции данных о состоянии окружающей среды важна единая система географических координат.

Сформированное хранилище данных должно представлять собой неизменяемый набор данных, т. е. конечным пользователям данные будут доступны в режиме «только для чтения». Это простейший способ сохранения целостности данных при одновременном обеспечении высокой скорости доступа к ним. При необходимости изменять данные можно воспользоваться витриной данных (Data Mart). Это сравнительно небольшой набор данных, чаще всего являющийся выборкой из хранилища данных, свободно изменяемый и дополняемый пользователем. Обычно витрины данных используются для агрегирования данных из хранилища с тем, чтобы повысить скорость анализа данных.

Структурирование данных характерно для информационно-поисковых систем. Наиболее известными примерами таких систем являются поисковые машины сети Интернет — Yandex, Google и т. п. Для поиска информации формируются базы данных, включающие ключевые слова и адреса, по которым они были найдены. Запросы к таким базам данных обычно осуществляются на языке SQL. Аналогичные базы данных могут быть сформированы и над хранилищем данных.

Интеллектуальный анализ данных (ИАД) (англ. *data mining*) обычно определяют как метод поддержки принятия решений, основанный на поиске и анализе зависимостей между данными. Иногда

как синоним используется понятие «обнаружение знаний в базах данных» (knowledge discovery in databases). Следует отметить, что интеллектуальный анализ данных основывается на целом комплексе методов прикладной статистики, как традиционных, так и нетрадиционных. В *традиционных методах*, таких как *регрессионный анализ*, пользователь сам выдвигает гипотезы относительно зависимостей между данными. Традиционные методы, основанные на использовании статистических моделей и априорных предположений о свойствах этих моделей, достаточно широко используются в ИАД, но существенно большие надежды в настоящее время возлагаются на *нетрадиционные методы*. Достаточно часто именно эту группу методов связывают с понятием «интеллектуальный анализ данных». Основопологающая идея, лежащая в основе таких методов, состоит в установлении зависимостей между рядами данных без необходимости предварительного формулирования гипотезы о виде этой зависимости. При этом искомые зависимости далеко не всегда выражаются математическими уравнениями и в таких случаях точнее говорить о взаимосвязях между данными. Следует также отметить, что большинство так называемых нетрадиционных методов ИАД довольно давно разрабатывались прикладными статистиками. При этом их эффективность при решении достаточно сложных эконометрических задач подтверждена результатами большого числа исследований.

Существует несколько методов, позволяющих находить взаимосвязи между данными без необходимости предварительного формулирования гипотезы о виде этой зависимости: поиск ассоциаций, поиск последовательностей (шаблонов), классификация, кластерный анализ, прогнозирование. *Поиск ассоциаций* означает поиск связанных между собой событий, когда наступление одного события, с высокой степенью вероятности, означает наступление другого. События, связанные во времени, обычно называют *последовательностями*, и выявление таких последовательностей позволяет прогнозировать будущее. *Классификация* означает распределение данных на некоторое количество групп по некоему набору признаков. Одним из весьма перспективных методов классификации является *нейрокомпьютинг*, который предполагает обучение системы (программы) для решения поставленной задачи на ограниченном числе примеров. *Кластеризация* отличается от классификации тем, что сами группы заранее не заданы. Основой прогнозирования являются временные ряды. Возможность анализа временных рядов связана с использованием индикаторов и индексов. Если удастся выявить закономерности, адекватно отражающие динамику поведения индексов во времени, на этой основе можно, с некоторой вероятностью, предсказывать будущее экологических систем (Чубукова И. А., 2008).

Системы поддержки принятия решений как первого (оперативные), так и второго (стратегические) класса широко используются для управления риском в природно-хозяйственных системах. Очень

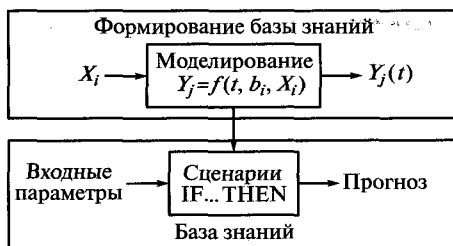


Рис. 9.4. Структурная схема оперативной СППР

упрощенная схема СППР для планов ликвидации аварий представлена на рис. 9.4.

На основе моделирования просчитываются особенности распространения поражающего фактора в пространстве при различных метеорологических условиях. Затем в зависимости от реальной метеорологической ситуации выбирается сценарий, который служит основой для поддержки принятия решений по эвакуации людей и тому подобным мероприятиям. В последнее время мощность компьютеров стала настолько большой, что отпала необходимость предварительного моделирования — необходимые расчеты можно успеть произвести после возникновения ЧС.

Большое внимание в последнее время уделяется и созданию стратегических СППР управления рисками ПХС или, как их все чаще называют, *ситуационных центров*. Примером такого центра может служить информационно-аналитический комплекс «Экологический паспорт территории Санкт-Петербурга» (Вишняков А. П., Франк-Каменецкий Д. А., 2008). Комплекс состоит из нескольких информационных систем, ориентированных на решение различных задач экологической безопасности Санкт-Петербурга:

- Автоматическая система государственного экологического контроля (АСГЭК);
- Автоматизированная система государственного водного контроля «Водопользование»;
- Информационная система «Атмосферный воздух» и др.

Следует обратить внимание, что подавляющее большинство систем поддержки принятия решений для управления риском ПХС основано на геоинформационных технологиях.

Геоинформационные системы обладают всеми необходимыми возможностями для реализации требований, предъявляемых к СППР. В этой связи следует упомянуть модули геоинформационного анализа.

Объектом анализа ГИС в задачах экологического менеджмента являются пространственные данные, представляемые либо в *векторной* (карта в виде точек, линий и плоских замкнутых фигур), либо в *растровой модели* (карта с регулярной сеткой одинаковых

по форме и площади элементов). Соответственно различаются методы географического анализа данных.

Кроме того, в этой связи следует упомянуть еще один специфический способ географического анализа. Это *математико-картографические модели*, которые определяются как построение и анализ математических моделей по данным, снятым с карты (карт), создание новых производных карт на основе математических моделей. Для математико-картографического моделирования характерно системное сочетание математических и картографических моделей, при котором образуются цепочки и циклы: карта \Rightarrow математическая модель \Rightarrow новая карта \Rightarrow новая математическая модель и т. д. (Тикунов В. С., 1997).

Существует очень большое число ГИС, ориентированных на поддержку принятия решений. Здесь в качестве примера будет рассмотрено два таких пакета — «Эколог» и Cardinal.

Пакет «Эколог» (<http://www.integral.ru/shop/cargo/1.html>). Пакет разработан фирмой «Интеграл» и ориентирован на решение широкого круга экологических задач: охрана атмосферного воздуха, безопасное обращение с отходами, оценка загрязнения водных объектов, санитарно-гигиенический мониторинг и т. д. Программы применяются при разработке проектной природоохранной документации: проектов нормативов предельно допустимых выбросов, проектов нормативов образования отходов и лимитов на их размещение (ПНООЛР), раздел проекта «Перечень мероприятий по охране окружающей среды», проект организации санитарно-защитной зоны (СЗЗ) предприятия и т. д. Наиболее известной является унифицированная программа расчета загрязнения атмосферы (УПРЗА) «Эколог».

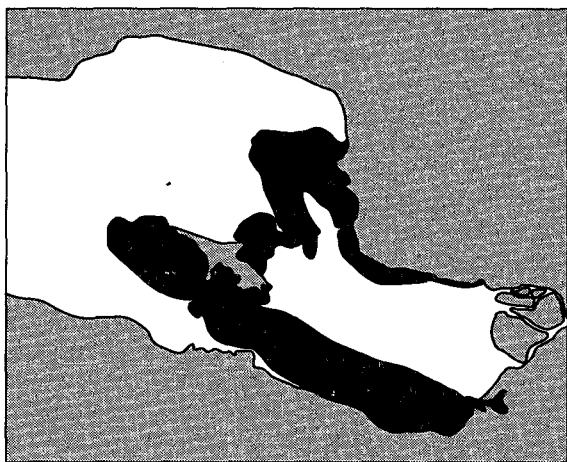
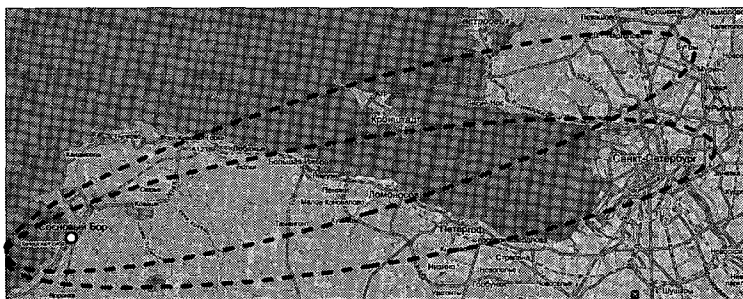


Рис. 9.5. Расчет распространения загрязнения при залповом сбросе в Невской губе



--- Существующая зона возможного разового радиоактивного заражения (загрязнения) при аварии на Ленинградской АЭС в зависимости от направления ветра

Рис. 9.6. Пример отображения на картах Генплана Санкт-Петербурга зоны возможного радиоактивного заражения при аварии на ЛАЭС

Программа CARDINAL (<http://cardinal-hydrosoft.com>). Программа распространяется ООО «КАРДИНАЛ СОФТ» (автор К. А. Клеванный). Программа позволяет создавать гидродинамические модели произвольных водных объектов в двух- и трехмерных приближениях расчета течений, штормовых нагонов, распространения растворенных и взвешенных веществ (включая распространение нефтепродуктов), расчетов полей температуры воды и ее солености, транспорта донных наносов, прорыва плотин.

Пример расчета распространения загрязнения при залповом сбросе в Невской губе показан на рис. 9.5.

На рис. 9.6 показан фрагмент карты, представляющей границы территорий, подверженных риску возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного характера.

Следует отметить, что к настоящему времени разработано большое число ГИС, ориентированных на управление риском.

9.5. Теория катастроф

Теория катастроф возникла первоначально как чисто математическое приложение. Существуют достаточно простые математические функции, которые при как угодно малых изменениях своего вида кардинально меняют свое поведение. Сравним поведение функций: 1) $y = x^4$ и 2) $y = x^4 - 0,01x^2$ (рис. 9.7).

Функция 1 монотонно растет от минимума в точке $x = 0$. Функция 2 при изменении аргумента от точки $x = 0$ сначала убывает и, только пройдя через минимумы, начинает возрастать. Коэффициент при x^2 можно сделать как угодно малым, но качественно характер поведения функций не изменится. Точка $x = 0$, в которой характер

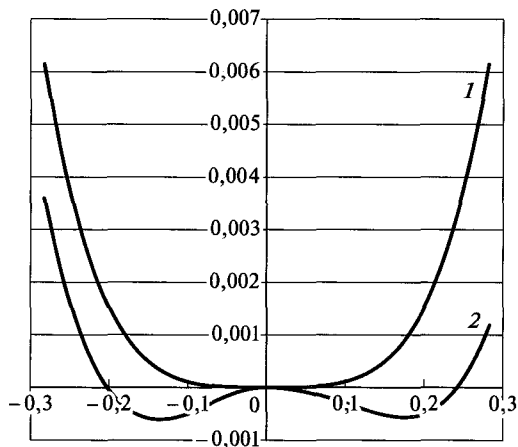


Рис. 9.7. Пример точки бифуркации:

$$1 - y = x^4; \quad 2 - y = x^4 - 0,01x^2$$

поведения функций меняется, называется *точкой бифуркации*. Термин «*бифуркация*» буквально означает раздвоение, но применяется обычно в более широком смысле для обозначения точек (значений параметров), в которых начинается качественная перестройка поведения системы при изменениях параметров (Арнольд В.И., 1990). Скачкообразная перестройка поведения системы при малых изменениях параметра называется *катастрофой*. В качестве примера катастрофы можно привести потерю устойчивости морского судна. В системе катастрофа обычно возникает при возникновении положительных обратных связей (гибель развивающейся популяции при исчерпании пищевого ресурса).

В 60 — 70-е гг. XX в. в работах Р. Тома, В. И. Арнольда и других ученых была создана математическая *теория катастроф*, которая нашла применение во многих прикладных задачах. Приложения теории катастроф к социологическим, экологическим и подобным задачам менее впечатляющие. Однако она выявляет некоторые общие черты скачкообразных изменений поведения системы в ответ на плавное изменение внешних условий. В частности, из теории следует, что потеря устойчивости происходит очень быстро, и это объясняет, почему так трудно бороться с катастрофой, когда она началась. К катастрофической потере устойчивости могут приводить попытки жесткого планирования, оптимизации и интенсификации производства. Например, в книге В. И. Арнольда показано, как теряется устойчивость для простейшей модели рыболовства: $X' = X - X^2 - C$ (X — количество рыб в популяции).

Оптимизация квоты отлова $C = 1/4$ приводит к катастрофе — уничтожению популяции малыми случайными колебаниями. Для того

чтобы избежать катастрофы, в систему необходимо вводить отрицательные обратные связи, о которых шла речь ранее.

Из теории катастроф следуют некоторые качественные выводы применительно к нелинейным системам, находящимся в установившемся устойчивом состоянии. Такие системы характерны для моделирования процессов, происходящих в природе и обществе. Если характеристики таких систем пытаются улучшить (перевести в более предпочтительное устойчивое состояние), то обычно наблюдаются следующие *последствия*:

- постепенное движение в сторону лучшего состояния сразу же приводит к ухудшению;
- по мере движения от худшего состояния к лучшему сопротивление системы изменению ее состояния растет;
- максимум сопротивления достигается раньше, чем самое плохое состояние, через которое нужно пройти для достижения лучшего состояния;
- по мере приближения к самому плохому состоянию на пути перестройки сопротивление, начиная с некоторого момента, уменьшается, и как только самое плохое состояние пройдено, не только полностью исчезает сопротивление, но система начинает притягиваться к лучшему состоянию;
- величина ухудшения, необходимого для перехода в лучшее состояние, сравнима с финальным улучшением и увеличивается по мере совершенствования системы. Слабо развитая система может перейти в лучшее состояние почти без предварительного ухудшения, в то время как развитая система, в силу своей устойчивости, на такое постепенное, непрерывное улучшение неспособна;
- если систему удастся сразу, скачком, а не непрерывно, перевести из плохого устойчивого состояния достаточно близко к хорошему, то дальше она сама собой будет эволюционировать в сторону хорошего состояния.

Исследования по теории риска привели к пониманию роли нелинейных моделей в изучении окружающей среды.

Нелинейные системы обладают внутренней неустойчивостью, которая, однако, не разрушает их, а приводит к сложному поведению с ограниченной предсказуемостью (*хаос*). Для таких систем существует горизонт прогноза. Это касается и прогноза погоды, и операций на бирже, и многого другого. Состояния системы, описываемой нелинейными уравнениями, в которых может быть сделан достоверный прогноз, принято называть *руслами*, а состояния, в которых прогноз сделать трудно или даже невозможно, — *джокерами* (Владимиров В. А. и др., 2000).

Рассмотрим подробнее, как это происходит, на примере гражданской авиации, основываясь на документах ICAO (International Civil Aviation Organization) (Doc9422, 1984; Doc9859, 2006).

Для техногенных систем в руслах обычно работает автоматика, например самолет управляется автопилотом. Но в ситуациях, когда

прогноз не надежен (взлет, посадка, грозовой фронт и т. п.), к управлению приходится подключаться летчику. От его правильных решений зависит судьба экипажа и пассажиров. Человек, в отличие от компьютера, обладает уникальными способностями выбирать правильное решение в неоднозначной ситуации. Но, к сожалению, в таких ситуациях люди часто ошибаются, и это становится причиной многих техногенных катастроф. Обычно авиационные катастрофы происходят в результате нескольких взаимосвязанных причин. Взятые по отдельности, эти причины могут показаться несущественными, но в совокупности составляют последовательность событий, которые приводят к катастрофе (рис. 9.8).

На рисунке стрелкой показано русло, а связанными овалами — область джокера (цепочка взаимосвязанных событий). Начало этой цепочки еще не означает неизбежную катастрофу — при правильных действиях летчика можно выйти из этой области и войти в новое русло. Но неправильные действия в сочетании с другими причинами (неполадки оборудования, погодные условия и т. п.) постепенно подводят к точке неизбежности.

Например, в рейсе Анапа — Санкт-Петербург самолета Ту-154 бортовой номер 85185 события вошли в область джокера, когда перед самолетом возник грозовой фронт. У командира корабля были возможности выхода из этой области — вернуться в Анапу, попытаться облететь фронт сбоку. Командир выбрал ошибочное решение — облетать фронт сверху. В сочетании с тем, что граница грозового фронта видимо была выше, чем ожидалось, это привело к попаданию «... самолета при полете в штурвальный режим на закритические углы атаки и режим сваливания с последующим переходом в плоский штопор ...» (Расследование катастрофы, 2007). После сваливания в плоский штопор был очень маленький шанс вывести самолет из штопора и экипаж, судя по записям «черного ящика», боролся до конца. Но чуда не случилось, и под Донецком самолет разбился. Техническая комиссия Межгосударственного авиационного комитета по расследованию катастрофы, кроме всего прочего, сделала вывод о «... невозможности отработки навыков пилотирования самолета

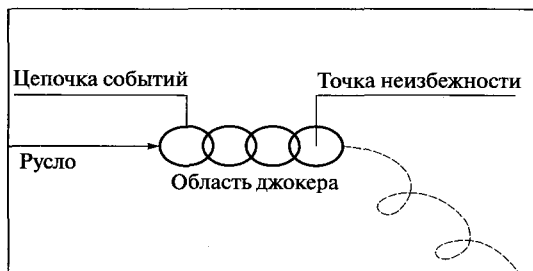


Рис. 9.8. Русло и область джокера



Рис. 9.9. Доля причин авиационных происшествий, обусловленных человеком и машиной (Дос 9422)

в штурвальном режиме на больших высотах и углах атаки из-за отсутствия пригодных для этого тренажеров...».

Самолеты и другое летное оборудование непрерывно совершенствуется и его надежность увеличивается. События, связанные с авиацией, развиваются все стремительней, так как очень возросли скорости самолетов и их число. Поэтому доля человеческого фактора в причинах авиакатастроф непрерывно растет (рис. 9.9). Причем фатальные ошибки совершают не только пилоты, но и члены экипажа, диспетчеры и др. Так, столкновение в воздухе самолета «Башкирских авиалиний» с Боингом-757 1 июля 2002 г. произошло по вине швейцарского диспетчера, который слишком поздно заметил, что два воздушных судна опасно сближаются, и дал ошибочную команду.

Возвращаясь к рис. 9.8, следует обратить внимание, что при анализе летного происшествия надо исследовать не только действия пер-

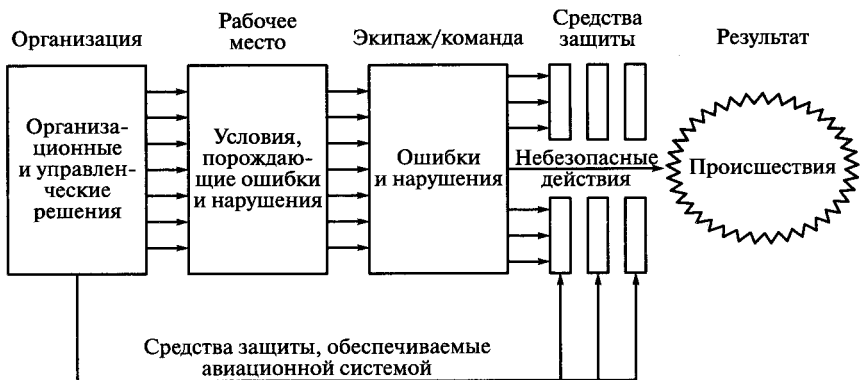


Рис. 9.10. Установление причин авиационных происшествий (Дос 9859)

сонала в момент происшествия, но и всю цепочку событий, которая привела к нему (рис. 9.10).

Очень часто причины летного происшествия кроются в организационных и управленческих решениях — недостаточная обученность персонала, экономия на важных для обеспечения безопасности моментах и т. п. Далее идут ошибки и нарушения на предполетной стадии, например состояние усталости или алкогольного опьянения экипажа служат предпосылками для ошибок и нарушений во время полета.

Противостоит ошибкам система безопасности самолета. Как и в любой сложной технической системе, в самолет встраивается множество «защит от дурака», препятствующих очевидным ошибкам и блокирующих опасные действия персонала. Однако современные самолеты — слишком сложные технические системы, а условия их эксплуатации весьма разнообразны, поэтому сложно полностью автоматизировать все процессы для помощи пилоту в любых ситуациях и при недостаточной обученности экипажа неизбежно будут случаться такие катастрофы, как та, которая произошла 14 сентября 2008 г. в городе Перми с авиалайнером Боинг-737.

В настоящее время становится ясным, что управление риском требует комплексного подхода (хотя многие вопросы еще далеки от разрешения). Очевидно, что риск следует отдельно оценивать в руслах и в зонах джокера. Особое внимание для зон джокера следует уделять оптимальному взаимодействию оператора с системами управления. Оператор должен быть хорошо обучен и подготовлен к возможности возникновения нештатных ситуаций. Современная компьютерная техника позволяет создавать эффективные тренажеры, которые необходимы для сложных техногенных систем, таких как атомные реакторы, химические заводы, самолеты и т. п. Именно это направление должно стать основным в работах по совершенствованию методов управления риском для сложных технических систем.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем заключаются особенности риск-анализа?
2. Каковы правила учета экологического риска?
3. Каким образом проводят экологический риск-анализ проекта?
4. В чем состоит оценка рисков и трансграничных воздействий?
5. В чем состоит оценка экологического ущерба на момент завершения строительства, в период эксплуатации, в чрезвычайных ситуациях?
6. В чем заключаются европейские методологии оценки экологического риска для населения?
7. Как составляется прогноз на ближайшую и среднюю перспективу?
8. В чем суть системы поддержки принятия решений?
9. Охарактеризуйте программные средства для управления риском: «Эколог», Cardinal и др.

10. В чем состоит системный подход как методология получения знаний?
11. Назовите элементы систем и подсистем.
12. Опишите структуру системы и ее развитие.
13. Как связаны точки бифуркации и катастрофы?
14. Что такое обратные связи и какова их роль в сложных системах?
15. Охарактеризуйте поведение систем при переходах из одного устойчивого состояния в другое.
16. «Сложная система» — что это такое?
17. Охарактеризуйте парадигмы нелинейной динамики.
18. Опишите понятия «горизонт прогноза», «русло» и «джокер».

УПРАЖНЕНИЯ

- I. Составьте выражение для модели экологического риска дноуглубительных работ в акватории условного морского порта в виде произведения вероятностей различных ущербов (загрязнение воды, облако мутности, гибель популяции бентоса и планктона, утрата нерестовых и кормовых ресурсов, сброс грунта на морской отвал и т. п.). Исследуйте поведение факторов риска и предложите набор методов по его снижению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Арнольд В. И.* Теория катастроф. — М.: Наука, 1990. — 128 с.
- Донченко В. К.* Практика моделирования в экологическом менеджменте / В. К. Донченко, В. В. Растоскуев. — СПб.: Изд-во «РЕНОВА», 2011. — 45 с.
- Жучкова В. К.* Методы комплексных физико-географических исследований / В. К. Жучкова, Э. М. Раковская. — М.: Издат. центр «Академия», 2004. — 368 с.
- Крайнюченко И. В.* Системное мировоззрение. Теория и анализ / И. В. Крайнюченко, В. П. Попов. — Пятигорск.: ИНЭУ, 2005. — 218 с.
- Косариков А. Н.* Экологическое страхование и оценка рисков / А. Н. Косариков, А. В. Иванов, Ж. А. Шевченко. — Н. Новгород, 2002. — 170 с.
- Надежность технических систем и техногенный риск / [В. А. Акимов и др.]. — М.: ФИД «Деловой экспресс», 2002. — 368 с.
- Орлов А. И.* Теория принятия решений. — М.: Изд-во «Март», 2004. — 656 с.
- Расследование катастрофы* самолета Ту-154 бортовой номер 85185 авиакомпании «Пулковские авиалинии» и выводы комиссии. Колонка редактора сайта — AVIA.RU. URL: <http://www.avia.ru/editor/?id=174> (2007).
- Дос 9422.* Руководство по предотвращению авиационных происшествий, 1984.
- Дос 9859.* Руководство по управлению безопасностью полетов (РУБП).

Итак, для того чтобы обеспечить безопасность объектов технической сферы, необходимо, конечно, прежде всего рассчитывать риски. МЧС России в настоящее время занимается этим вопросом, стремясь составить реестр рисков со стороны климата, окружающей среды, отраслей хозяйственной деятельности. Риск — это произведение двух вероятностей: вероятности опасного явления и вероятности ущерба, который выражается в относительных единицах.

Что касается природных бедствий — это полностью задача Роскомгидромета. Что касается уязвимости, то МЧС вместе с инженерами выработают критерии, которые помогут определить все виды потенциальной уязвимости. При этом необходимо принимать во внимание концепцию допустимых, чрезмерных и пренебрежимых рисков (напомним, допустимым считается риск $10^{-4} - 10^{-5}$).

Аналогично, уязвимость, устойчивость и ресурсы самовосстановления экосистем должны быть оценены экологами (геоэкологами), специалистами в области экодинамики. Следует опасаться односторонних оценок как рисков аварий, так и приносимых ими ущербов. И в этом отношении весьма полезной оказывается концепция природно-хозяйственных систем, где в едином комплексе связаны устойчивость (надежность) технических объектов и устойчивость (ассимиляция возмущений) экосистем. В структуре ПХС всегда имеется управляющий элемент, с помощью которого можно регулировать антропогенные нагрузки: сначала — виртуально, на стадии проектирования, расчетным путем, а затем — реально, на стадии эксплуатации, путем измерения уровней воздействий.

Управление экологическим риском закладывается даже не на стадии проектирования, а еще при формировании инвестиционного замысла. Инвестор должен знать, какую нагрузку на компоненты биосферы можно запроектировать при существующем их состоянии. При этом может оказаться, что полученные оценки превысят уже достигнутые значения стрессоров. Это случай «отказа от намечаемой деятельности». В современной российской практике он чрезвычайно редок, но сравнение с ним должно стать непреложным правилом. Нельзя ограничиваться сравнением с нормативными нагрузками и воздействиями, которые не могут учесть сочетанные влияния всех ПХС, функционирующих на участках, которые примыкают к территории проекта.

На всех стадиях, этапах, операциях должен осуществляться расчет и контроль риска, в нашем случае — экологического (оценка здоровья человека и окружающей его среды обитания).

Риски можно вычислять разными способами: эмпирическим, эвристическим (по экспертным оценкам) и вероятностным (с помощью теории Байеса или путем моделирования методом Монте-Карло). Это известные, широко используемые методы. Но в последнее время в технике применяются так называемые «размытые», или нестрогие, множества, используемые при наличии ряда неопределенностей в величине ущерба, особенно для прогностической информации на будущее. Прогноз всегда имеет массу неопределенностей.

Несомненно, даже эффективные методы оценки и расчета не обеспечат успешного решения задач прогнозирования, предупреждения и минимизации экологического ущерба чрезвычайных ситуаций без обеспечения на государственном уровне приоритетной экологической политики:

- произвести всестороннюю инвентаризацию экологического потенциала РФ, включающую оценку состояния, размеры и динамику изменения природных систем (почвы, леса, воды, воздуха, биосферы в целом);

- осуществить переход от экологической парадигмы, основанной на борьбе с загрязнениями и контроле состояния окружающей среды, к парадигме, основанной на предвидении, оценке и предотвращении экологического ущерба;

- разработать общегосударственную программу экологизации экономики России, охватывающую все этапы ее функционирования — от добычи сырья и производства продукции до ее потребления, переработки и утилизации отходов;

- исходить из объективной необходимости учета экологических факторов при формировании нормативно-правовой базы развития экономики, а также обеспечения взаимосвязи нормативов качества окружающей среды и показателей, определяющих уровень и качество жизни населения;

- разработать меры государственной поддержки регионов в области решения экологических проблем, предусматривающие ассигнования и инвестиции из федерального бюджета, бюджетные дотации (субсидии, субвенции), а также льготные инвестиционные кредиты и финансовые гарантии государства;

- способствовать постановке национальной экономики на рельсы технологии XXI в. и с этой целью принять и начать осуществление государственной программы создания и использования экологически безопасной и ресурсосберегающей технологии с упором на развитие прерентивной, контролирующей и восстанавливающей технологии, а также средств и аппаратуры экологического мониторинга;

- взять курс на совершенствование политики в области налогов, регулирования, закупок и торговли, которая поощряет техно-

логические разработки и снимает барьеры на пути инновационных экологических технологий, ориентированных на сокращение риска, повышение эффективности затрат и создание экологически благоприятной продукции;

- способствовать разработке и внедрению методов экосистемного управления природными ресурсами в процессе развития экономики России. При этом исходить из того, что такое управление позволит сохранить продуктивность и биологическое разнообразие экосистем, а также предотвратить отрицательные последствия для одних видов ресурсов в результате принятия мер эколого-экономического характера в отношении других ресурсов;

- использовать зарубежный опыт по внедрению в системы счетов национального дохода всех видов экологических услуг, количественных и качественных показателей использования природных ресурсов, а также по применению методов экономической оценки экологической деградации качества воздуха, вод и почв. Такой подход позволит количественно определить реальные экологические издержки и осуществить адекватный подсчет ВВП государства, в котором будет отражена роль общественных экологических ценностей, до настоящего времени остающихся вне учета;

- начать процесс реформирования системы налогообложения, исходя из того, что эта система должна способствовать накоплению капитала, увеличению занятости и экономическому росту России. Решению этой проблемы будет способствовать постепенный перенос центра тяжести налогового бремени с видов деятельности, лежащих в основе экономического роста (занятость, доходы, инвестиции, сбережения), на коммерческую деятельность и формы потребления, которые с экологической и экономической точек зрения вредны для общества (неэффективные производства, отходы, загрязнения).

Экологические ценности и их сохранение (чистая вода, почва, воздух, биоразнообразие) во многих развитых странах составляют ядро социально-экономических и политических программ, призванных обеспечить национальную безопасность. Однако такая трактовка безопасности при всей ее прогрессивности и научной обоснованности не учитывает системных связей, управляющих развитием биосферы планеты в целом, и поэтому практические действия по защите национального ресурсного потенциала обречены в ближайшей перспективе (100 — 200 лет) на неудачу. Утверждение о том, что природа не знает административных границ и что разрушение ее, происходящее на территории, например, России или Бразилии, чрезвычайно опасно для человечества в целом, давно уже стало общим, но до создания системы коллективной экологической безопасности по-прежнему очень далеко, хотя альтернативы этому подходу не существует.

Мотивация концепции выживания — развитие цивилизации, сохранение человека, сохранение генофонда планеты — предопределяет разработку международных соглашений о разумном ограничении

антропогенных нагрузок на природные экосистемы и о допустимых объемах использования природных ресурсов.

Основная задача экономических моделей — выявление тенденций и последовательная упорядоченная оценка развития обсуждаемых технологических направлений, что позволит подготовить обоснованные государственные решения. Примерами могут служить весьма интенсивные общественные обсуждения проблем озонового слоя и парникового эффекта, в ходе которых рассматривается диапазон решений от «ждать и наблюдать» до «стабилизации выбросов озоноразрушающих препаратов (или углекислого газа, во втором случае)» через всемирный соответствующий налог. Последнее должно серьезно изменить набор технологий и всемирную экономику в будущем.

Арсенал решений: совершенствование нормативной базы экологического права, технологий производства и технологий очистки, международные ограничения на объемы выпускаемой продукции и т. п.

Завершая обсуждение проблемы техногенных систем и экологического риска, проведем параллель между врачеванием и прогнозами опасностей. Обеими проблемами люди занимались с древнейших времен, не добиваясь гарантированных успехов. Однако на каком-то этапе в развитых государствах возникла система здравоохранения (профилактика, прививки, санитарно-гигиеническое просвещение, высокие технологии), и возможности предупреждения, прогнозирования, диагностики и лечения заболеваний стали приобретать детерминированные характеристики.

Земная цивилизация подвержена грозному процессу — антропогенному разрушению биосферы. Одним из главных средств борьбы с ним является оценка и управление экологическим риском. Повидимому, на современном этапе должна появиться **система комплексного управления рисками**, основные составляющие которой были рассмотрены в этой книге.

Список аббревиатур	3
Введение	5
Глава 1. Окружающая среда как система	9
1.1. Общая характеристика планетарной природной системы	9
1.1.1. Строение и состав биосферы	9
1.1.2. Живое вещество биосферы	12
1.1.3. Круговороты вещества и энергии в биосфере	13
1.2. Опасные природные явления и процессы	16
1.2.1. Стихийные природные бедствия и катастрофы	17
1.2.2. Чрезвычайные ситуации природного характера	19
1.3. Прогнозирование и предупреждение природных чрезвычайных ситуаций	28
1.4. Экологические проблемы современности	31
Глава 2. Техногенные факторы дестабилизации окружающей среды	39
2.1. Нарушение устойчивости биосферы	40
2.1.1. Дестабилизация прочностных и флюидных режимов литосферы	41
2.1.2. Вмешательство техносферы в природные циклы водных ресурсов	49
2.1.3. Антропогенные изменения биосферы	50
2.2. Техногенные опасности и чрезвычайные ситуации	55
2.2.1. Техногенные факторы опасности	55
2.2.2. Чрезвычайные ситуации техногенного характера	59
2.3. Классификация аварий и техногенных катастроф	62
Глава 3. Техногенные системы и их воздействие на человека и окружающую среду	74
3.1. Свойства систем	74
3.1.1. Свойства, связанные со строением систем	74
3.1.2. Свойства, связанные с функционированием систем	77
3.1.3. Динамические системы	79
3.1.4. Особенности систем биосферы и техносферы	82
3.2. Природно-хозяйственные системы	84
3.2.1. Специфические признаки природно-хозяйственных систем	85
3.2.2. Систематизация природно-хозяйственных систем	88

3.3.	Устойчивость природно-хозяйственных систем и экологические последствия их деятельности	94
3.3.1.	Экологические последствия крупных аварий	94
3.3.2.	Восстановление нарушенных экосистем	98
3.4.	Реабилитация загрязненных территорий	105

Глава 4. Экологическая безопасность и рациональность природопользования

4.1.	Формирование национальной политики экологической безопасности	121
4.1.1.	Организационные основы государственного управления в сфере охраны окружающей среды	121
4.1.2.	Современная экологическая политика России	123
4.2.	Принципы рационального природопользования	124
4.3.	Научные основы оценки техногенных воздействий на окружающую среду	127
4.4.	Экологическое нормирование	130
4.4.1.	Виды экологического нормирования	131
4.4.2.	Критические нагрузки	133
4.5.	Концепция экологического мониторинга	137
4.5.1.	Мониторинг и контроль объектов окружающей среды	137
4.5.2.	Система экологического мониторинга	139
4.5.3.	Критериальная база экологического мониторинга и контроля	141
4.6.	Экологические бедствия	147

Глава 5. Риск и экологический риск

5.1.	Понятие и свойства риска	155
5.1.1.	Факторы и определение риска	156
5.1.2.	Критерии оценки экологического риска	158
5.2.	Экологический риск-анализ	161
5.2.1.	Место риск-анализа в техническом проектировании	162
5.2.2.	Ошибки при проведении риск-анализа	164
5.2.3.	Задачи экологического риск-анализа	166
5.2.4.	Модели оценки риска	168
5.2.5.	Уровень приемлемого экологического риска антропогенных воздействий	170
5.3.	Процедура оценки экологического риска	171
5.3.1.	Использование данных мониторинга и контроля	173
5.3.2.	Экотоксикологические исследования рисков	175
5.3.3.	Собственно оценка экологического риска	180
5.4.	Российское законодательство о риске	181
5.4.1.	Законодательная база риск-анализа	181
5.4.2.	Процесс принятия решений в условиях риска	184
5.4.3.	Методическое обеспечение исследований риска	186
5.5.	Нормативная оценка риска аварий и катастроф	190
5.5.1.	Анализ риска опасных производственных объектов	190
5.5.2.	Экологический мониторинг при чрезвычайных ситуациях ..	193

5.5.3.	Поля потенциального риска	195
5.5.4.	Оценка ущерба от аварий на опасных производственных объектах.....	197
5.6.	Принципы обеспечения промышленной безопасности	201
Глава 6. Экологические риски негативного воздействия хозяйственной деятельности		206
6.1.	Источники масштабных экологических рисков	206
6.1.1.	Статические воздействия природно-хозяйственных систем на окружающую среду.....	207
6.1.2.	Динамические воздействия природно-хозяйственных систем на окружающую среду.....	211
6.2.	Типизация аварийных ситуаций по уровню экологического риска ...	215
6.2.1.	Методология Форсайт при прогнозировании экологических рисков.....	215
6.2.2.	Экологические следствия Форсайта городской инфраструктуры Санкт-Петербурга	221
6.3.	Экологические последствия воздействия наиболее аварийных отраслей хозяйственной деятельности	225
6.3.1.	Воздействие транспортных систем	225
6.3.2.	Нефтяное загрязнение	234
6.3.3.	Воздействие гидротехнических сооружений.....	241
6.3.4.	Аварии на пожаро- и взрывоопасных объектах	244
6.3.5.	Экологический риск химических производств.....	246
6.3.6.	Горно-металлургическое производство.....	250
6.3.7.	Энергетические объекты	253
6.3.8.	Обращение с отходами	255
6.4.	Биоопасности.....	257
Глава 7. Экологические риски политического, военного и террористического воздействия		263
7.1.	Угрозы экологической безопасности России.....	263
7.1.1.	Внутренние источники экологической опасности.....	264
7.1.2.	Внешние угрозы России в экологической сфере	265
7.2.	Экологические воздействия оборонного комплекса.....	269
7.2.1.	Функционирование оборонного комплекса в мирное время.....	270
7.2.2.	Экологические опасности военного характера	271
7.2.3.	Ядерные вооружения.....	271
7.2.4.	Химическое оружие	273
7.2.5.	Биологические средства поражения.....	274
7.3.	Экологический ущерб военных действий	275
7.4.	Террористическое воздействие	280
Глава 8. Оценка риска хронического воздействия на окружающую среду и здоровье населения в России.....		287
8.1.	Оценка воздействия природно-хозяйственных систем на здоровье населения.....	287
8.1.1.	Оценка риска здоровью.....	288

8.1.2. Модели оценки риска здоровью.....	294
8.1.3. Оценка рисков функционирования экосистем	295
8.2. Методическая база оценок воздействия и ущербов	299
8.3. Управление санитарно-гигиеническим риском.....	303
8.4. Принципы зонирования территории по уровню экологической безопасности	305
8.5. Прогнозирование экологических рисков как элемент управления ..	311
Глава 9. Современные методы управления риском	319
9.1. Общая теория систем	319
9.2. Последовательность действий по управлению экологическим риском	322
9.2.1. Схема управления экологическим риском.....	324
9.2.2. Методы управления рисками.....	326
9.3. Методы прогноза рисков.....	327
9.4. Принятие решений и выбор альтернатив для минимизации риска	329
9.5. Теория катастроф.....	336
Заключение	343

Учебное издание

**Питулько Виктор Михайлович,
Кулибаба Валерий Викторович,
Растоскуев Виктор Васильевич**

Техногенные системы и экологический риск

Учебник

Редактор *Л. В. Честная*
Технический редактор *Н. И. Горбачева*
Компьютерная верстка: *Д. В. Федотов*
Корректор *Г. Н. Петрова*

Изд. № 101116092. Подписано в печать 21.06.2013. Формат 60 × 90/16.
Гарнитура «Newton». Бумага офсетная № 1. Печать офсетная. Усл. печ. л. 22.
Тираж 1 000 экз. Заказ № 1958

ООО «Издательский центр «Академия». www.academia-moscow.ru
129085, Москва, пр-т Мира, 101В, стр. 1.
Тел./факс: (495) 648-0507, 616-00-29.

Санитарно-эпидемиологическое заключение № РОСС RU. АЕ51. Н 16476 от 05.04.2013.

Отпечатано с электронных носителей издательства.

ОАО «Тверской полиграфический комбинат», 170024, г. Тверь, пр-т Ленина, 5.
Телефон: (4822) 44-52-03, 44-50-34. Телефон/факс: (4822) 44-42-15.

Home page — www.tverpk.ru Электронная почта (E-mail) — sales@tverpk.ru