

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

А.А. Музалевский

ТЕХНОГЕННЫЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ РИСК В ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Учебно-методическое и справочное пособие

РГГМУ
Санкт-Петербург
2019

УДК 502.55(072+075.8)
ББК 20.18я73
М89

Рецензент: Заслуженный химик РФ, доктор хим. наук, профессор Блинов Лев Николаевич (Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого)

Музалевский А.А.

М89 Техногенный и экологический риск в природно-технических системах: учебно-методическое справочное пособие. – СПб.: РГТМУ, 2019. – 184 с.

Учебное пособие предназначено для студентов (бакалавров, специалистов, магистров и аспирантов) всех специальностей и направлений подготовки университета и может быть использовано при изучении курсов «Экология», «Охрана окружающей среды», «Рациональное природопользование», «Основы экологической безопасности», «Методы обеспечения экологической безопасности», «Вредные вещества и излучения в окружающей среде», «Экозащитная техника и технология», «Риск», «Рискология» и др. Пособие также может представлять интерес для специалистов в области риск-менеджмента и преподавателей вузов.

УДК 502.55(072+075.8)
ББК 20.18я73

ISBN 978-5-86813-490-6

© Музалевский А.А., 2019
© Российский государственный гидрометеорологический университет (РГТМУ), 2019

Предисловие

Доминирующая вот уже более двухсот лет экономическая парадигма, обеспечив невиданный ранее экономический и технологический прогресс, перевела общество в конце XX века в постиндустриальное и создала при этом огромное количество проблем, которые человечество решить не в состоянии. Эти проблемы, угрозы и вызовы продолжают нарастать и усложняться. Изменился их характер, резко возросло число источников опасности.

Согласно одной из современных социологических теорий, автором которой является немецкий ученый У. Бек, человечество вступило в новую фазу своего развития, которую можно назвать «обществом риска». Одним из признаков этого общества является продолжающаяся и все усиливающаяся поляризация общества. Она приводит к тому, что все большее количество рисков «оседают» в бедных и беднейших слоях населения. Вместе с тем нарастают риски одинаково опасные как для бедных, так и для богатых. Это риски, связанные, прежде всего, с разрушением биосферы, загрязнением мирового океана нефтепродуктами и отходами, истощением природных ресурсов, ростом числа и масштабов природных и техногенных катастроф, перенаселением, голодом, нехваткой питьевой воды, опустыниванием, обезлесиванием и другими глобальными угрозами.

Совершенно очевидно, что в сложившейся обстановке необходима активизация и объединение усилий власти и ученых, направление на разработку теории оценки и управления риском и внедрения в практику принятия решений анализа риска и планирования мероприятий по его снижению.

В последние годы увеличилось число научных публикаций, посвященных проблеме риска, его оценки и управления. Издаются и книги, рассматривающие эту проблему. Это книги разного статуса, и написаны они специалистами разных областей знаний, что не удивительно, так как проблема риска интересует практически все слои общества и власть, а также ученых практически всех направлений.

Эта книга может рассматриваться как естественное продолжение идей, представленных в учебном пособии «Экологический риск: теория и практика» (РГГМУ, 2011) и ранее вышедшей книге «Риск: анализ, оценка, управление» (РГГМУ, 2005).

Настоящая книга – это новая, переписанная книга. В ней представлен более широкий круг практически значимых вопросов и

заметно увеличена глубина их проработки. В ней учтен опыт пятилетнего преподавания автором дисциплины «Экологический риск» магистрам РГГМУ.

Книга написана в так называемом свободном стиле и является попыткой связать старые традиционные подходы к проблеме риска, с новым ее видением с точки зрения последних достижений ряда наук. В связи со сложностью темы автор к некоторым вопросам возвращается многократно и представляет картину сказанного в нескольких аспектах.

В книге собраны и сведены вместе практически все основные видения проблемы экологического и техногенного риска, начиная с определений основных понятий, толкования терминов, оценки и управления рисками. Это трудная работа, и поэтому она имеет особую ценность, потому что давно назрела необходимость это сделать. Наряду с известными подходами к оценке и управления риском, представлены оригинальное видение этой проблемы и современные разработки по этим вопросам. Подчеркивается, что индикаторам, индексам качества и риска и их взаимосвязи надо уделять серьезное внимание, так как это направление весьма перспективно и обещает обеспечить неплохую поддержку системам принятия решений в реализации процесса управления.

В книге обращено внимание на необходимость дальнейшего развития системного мышления и системного подхода. Подчеркнуто, что крупные интеллектуальные открытия не совершаются только путем медленного накопления знаний или простого добавления новых теорий в рамках известных подходов. Благодаря революционному пересмотру старое миропонимание трансформируется в новое, более просветленное. Иначе говоря, совершаются квантовые скачки на новые уровни восприятия. Это в полной мере относится и к такому феномену как риск.

Глава 1. Сложные системы, их свойства и особенности.

Моделирование сложных систем

На всех стадиях своего развития человек тесно связан с окружающим миром, из которого он черпал и черпает все необходимое для своего существования. Но с тех пор как появилось высокоиндустриальное общество, опасное вмешательство человека в природу резко усилилось, расширился его объём, оно стало многообразнее, и сейчас превратилось в глобальную опасность для человечества. Расход невозобновляемых видов сырья повышается, все больше пахотных земель выбывает из экономики, так на них строятся города и заводы. Человеку приходится все больше вмешиваться в биосферу – ту часть нашей планеты, в которой существует жизнь.

К началу XXI века технологическая мощь человека в сочетании с неумением решать экономические и социальные проблемы обернулась жестоким глобальным экологическим кризисом, реальность которого подтверждается наблюдаемыми изменениями окружающей среды. Возросли масштабы и частота техногенных и природных катастроф. Дальнейшее развитие кризиса, если оно не будет остановлено скоординированными действиями всех стран мира, может иметь только один результат – глобальную экологическую катастрофу.

Экологический кризис отнюдь не сводится к проблемам загрязнения воздуха, воды, почвы, пищи, как представляется большинству политиков и даже ученых, не говоря уже о населении. Сегодняшний экологический кризис – это нарушение биогеохимического круговорота в результате разрушения и угнетения человеком естественных экосистем и, как следствие, нарушение устойчивости окружающей среды. При этом возникает положительная обратная связь, ослабляющая устойчивость экосистем, сообществ и видов организмов (в том числе человека), что, в свою очередь, усиливает нарушение биогеохимического круговорота.

Это важнейшая особенность функционирования биосферы в условиях экологического кризиса и сам механизм его возникновения и развития выявлен и строго обоснован теорией биотической регуляции окружающей среды

Для человека экологический кризис сказывается не только в ухудшении качества окружающей среды, во всем многообразии

непосредственно связанных с этим крайне опасных текущих и потенциальных угроз, но и в «ухудшении качества» самого человека – через распад его генома. В том, что это явление имеет место, не приходится сомневаться. Непрерывный и ускоряющийся рост количества наследственных заболеваний во всех странах мира однозначно свидетельствует именно о распаде генома.

В последнее время и на Западе, и в России, все чаще используется термин «общество риска». В его формирование внесли вклад Н. Луман, У. Бек и создатель теории «нормальных аварий» Ч. Перроу. Близкие взгляды пропагандирует и ряд российских ученых. В центре этой теории стоят риски, порожденные техносферой, то есть, в конечном счете, человеком. С точки зрения этой теории в нынешнем обществе за антропогенные (техногенные) риски ответственны сами люди, фирмы, государственные учреждения и политики. Эти риски считаются предсказуемыми, следовательно, подвластными нам, людям, и такие ученые обещают нам указать способы минимизации этих рисков.

В чем опасность такой «теории»?

Во-первых, она состоит в том, что приводят нас к организованной безответственности, основанной на смешении разных времен. Иначе говоря, опасности, которым мы подвергаемся, относятся совсем к другому времени, чем меры по их устранению или минимизации, которыми пытаются их укротить. В начале XXI века мы пытаемся решить порожденные техносферой проблемы методами XX века. Эта точка зрения разрушает социальную опору оценки рисков, безопасность общества вырождается в простую технику безопасности.

Во-вторых, такая теория дает подпитку существующим на Западе двум противоречивым тенденциям в области социальной безопасности.

Первая тенденция состоит в попытках обеспечить желаемый уровень безопасности посредством введения инструмента риска, выполняющего роль средства контроля.

Вторая тенденция – в попытках предотвращения распространения старых угроз и появления новых опасностей, которые, не смотря на предпринимаемые усилия, проскальзывают сквозь все законодательные сети закона, технологии и политики.

Эти две тенденции будут сохраняться, так как чрезвычайно живучи старые постиндустриальные стереотипы рациональности и контроля.

Опора на такую «теорию» вызывает также появление социального противоречия между существованием высокоразвитых бюрократий, занятых проблемами безопасности, и открытой легализацией прежде невиданных, гигантских угроз, без всякой возможности справиться с их последствиями.

Западное общество, сверху донизу ориентированное на безопасность и здоровье, столкнулось с их диаметрально противоположностями – такими разрушениями и угрозами, которые делают беспомощными любые мероприятия против них. По сути дела, появление концепции «общества риска» означает признание своей несостоятельности в проблеме решения обеспечения устойчивого развития человеческой цивилизации.

Задача обеспечения устойчивого развития мира и России, в частности, и прежде всего в области экологической и технической безопасности состоит в том, чтобы общество XXI века не стало «тотальным обществом риска».

1.1. Системы: определение и свойства

Термин «система» получил широкое распространение, так как в настоящее время возросла необходимость изучения и исследования сложных природных и техногенных комплексов (систем). Это связано с объективной тенденцией усложнения систем, агрегирования их функций, что проявляется при решении как общих, так и специальных проблем: изучение экосистем, биологических объектов, экологический мониторинг, управление технологическими процессами, промышленными и транспортными объектами, научными исследованиями (наукометрия), медицинское и техническое диагностирование.

Имеется много определений понятия «система». Одно из них гласит: система – совокупность (множество) элементов, между которыми имеются связи (отношения, взаимодействие). Таким образом, под системой понимается не любая совокупность, а упорядоченная. Если собрать вместе (объединить) одно- или разнородные элементы (понятия, предметы, людей), то это не будет системой, а лишь более или менее случайным смешением. Считать ту или иную совокупность элементов системой или нет, зависит также во многом от целей исследования и точности анализа, определяемой возможностью наблюдать (описывать) систему.

Основная трудность состоит в том, что для полного определения этого понятия необходимо указать формальные признаки,

позволяющие отличить систему от «не системы». В качестве таких признаков наиболее часто используют: число взаимосвязанных элементов, способ описания поведения системы, отсутствие формальной математической модели функционирования и т. п. Важным свойством (признаком) системы является ее эмерджентность, то есть появление свойств, отсутствующих у каждого ее элемента в отдельности.

Существуют много точек зрения на классификацию систем. Так по **числу элементов** различают малые системы ($10-10^3$ элементов), сложные (10^4-10^7 элементов), ультрасложные (10^7-10^{20} элементов) и суперсистемы ($10^{20}-10^{100}$ элементов).

По способу описания:

- детерминированные (поведение которых описывается однозначной функцией),
- статистические (поведение которых описывается в терминах распределения вероятностей),
- нечеткие (поведение которых описывается нечеткими словесными высказываниями типа «достаточно высокий», «большой», «значительный» и т. п.).

Говоря о системе, можно выделить *три основных признака*.

1) Система – это совокупность элементов, которые сами могут рассматриваться как системы, а исходная система – часть более общей системы, т. е. система рассматривается как часть иерархии систем.

2) Для системы характерно наличие интегративных свойств, которые присущи системе в целом, но не свойственны ни одному из ее элементов в отдельности.

3) Для системы характерно наличие существенных связей между элементами (скопление разрозненных частей не является системой).

Все три признака тесно связаны друг с другом, и наличие одного из них влечет за собой наличие двух остальных.

В соответствии с **типом используемых в них величин** системы делятся на физические и абстрактные (концептуальные). К физическим относятся системы, у которых величины измеримы.

В зависимости от **типа элементов** системы можно разделить на:

- естественные,
- искусственные (созданные людьми),
- живые,
- неживые (технические),
- смешанные.

Среди задач, возникающих в связи с исследованием или проектированием систем, важное место занимает проблема сочетания **структурных и функциональных** аспектов. Один из трудных вопросов относится к проблемам проектирования иерархической организации. Любые более или менее сложные системы организованы по иерархическому принципу. Это связано с тем, что централизованные обработка информации и принятие решений часто невозможны из-за большого объема информации, задержек и искажений.

Модели сложных природных и смешанных систем, конечно, не могут учесть всех свойств объекта. Модели дают лишь приближенное знание об исследуемом объекте. Степень этого приближения связана как с уровнем развития современной науки, так и с квалификацией и пристрастиями авторов этих моделей. Следовательно, любая модель субъективна. Отметим, что **модель – это материальная или идеальная система, введенная искусственно в процесс познания (исследования) для замены изучаемого объекта и построенная так, что сохраняет и учитывает только важные для данного исследования свойства объекта.**

Можно сказать иначе: *модель – это вспомогательный объект, находящийся в определенном объективном соответствии с познаваемым оригиналом и способным замещать его на отдельных этапах познания.*

Моделирование – это разработка, исследование модели и распространение модельной информации на объект. Моделирование позволяет изучать, в том числе, такие объекты, прямой эксперимент над которыми затруднен, экономически невыгоден или вообще невозможен.

На сегодняшний день весьма актуальными оказываются задачи поиска новых показателей качества окружающей среды и оптимального представления экологической информации для оценки, контроля и прогнозирования влияния техногенной деятельности на состояние и качество экосистем, естественных и искусственных. Эти оценки необходимы для предотвращения и управления ходом развития нежелательных экологических ситуаций, в том числе экологических катастроф, когда по слабым сигналам, индуцируемым явлениям в экосистемах, необходимо упреждать чрезвычайные ситуации экологического характера и управлять качеством компонентов природной среды.

Такого рода задачи требуют введения и обоснования самых разнообразных специальных моделей, в том числе и информационных.

Немаловажным обстоятельством является тот факт, что в реальных условиях практики многие задачи сопровождаются значительной априорной неопределенностью знаний о свойствах объектов природной и антропогенной сред и ситуаций в них, разнородностью информации, ее распределенностью в пространстве и во времени, многомерностью, взаимосвязанностью влияющих факторов.

Именно поэтому решение проблемы оценки состояния и управления качеством окружающей среды связывается с реализацией системного подхода и созданием информационно-экспертных систем (ИЭС) анализа и оптимизации потоков информации, прогнозирования экологических ситуаций на основе автоматизированных информационных систем (АИС), разработке методических, алгоритмических и аппаратных средств АИС для решения многокритериальной задачи снижения уровня экологического риска.

В ответ на потребности изучения сложных систем возникла дисциплина «**Системный анализ**», и разрабатывается подход (методология), который рассматривает пути решения проблемы и принятия решений.

Это обстоятельство связано с необходимостью:

- изучения эквивалентности законов, концепций, моделей в различных областях и оказание помощи в перенесении их из одной области в другую;
- поощрения разработки адекватных теоретических моделей в областях, их не имеющих;
- минимизации дублирования теоретических усилий в разных областях;
- содействия единству науки за счет совершенствования общения между специалистами.

В России проблемами теории систем (теории организации) занимались А.А. Богданов, И.И. Шмальгаузен, В.Н. Беклемишев и др. Значительный вклад в развитие теории систем внесли работы В.И. Вернадского о биосфере и месте в ней человека, о переходе биосферы в ноосферу. В 60-х гг. XX века были сформулированы математические основы теории систем М. Месаровичем, исходя из предположения, что любую систему можно представить в виде отношения, определенного на семействе множеств.

Позднее появилось понимание того, что связанные с информацией проблемы можно изучать независимо от конкретной интерпретации. Этот подход был поддержан работами К. Шеннона по математическому исследованию понятия информации, в результате появилась

математическая теория информации. Согласно общепринятой точке зрения, можно выделить *два аспекта системного подхода*.

Первый из них отражает наметившуюся в современном мире тенденцию изучения явлений во всей полноте и взаимосвязи с другими явлениями, т. е. на основе наиболее общих принципов теории систем.

Второй применяется для обозначения системной методологии при анализе и синтезе систем, а в более общем контексте – для обозначения науки о системах.

Обычно при исследовании или создании какой-то сложной системы возникают трудности, главные из которых состоят в следующем:

- во-первых, мы должны по возможности точно сформулировать цель;
- во-вторых, описать систему с помощью конечного набора показателей;
- в третьих, измерить и сопоставить эти показатели между собой так, чтобы появилась возможность сравнивать между собой различные варианты стратегий (способов достижения поставленных целей).

Перечисленные задачи не решаются однозначно, всегда имеется неопределенность выбора целей, показателей, схем их сравнения. Поэтому сначала необходимо представить систему в виде исследовательской модели.

К искусственным неживым системам относятся технические системы.

К смешанным системам можно отнести урбанизированные территории, где всегда имеются естественные и искусственные компоненты.

Системы, свойства которых не меняются со временем, называются **статическими**, в противном случае – **динамическими**. Динамическими являются системы с изменяющейся организацией, развивающиеся системы. Урбанизированные территории и техногенные объекты относятся к динамическим системам.

С точки зрения наблюдаемых величин, используемых для описания системы, и их распределения во времени различают **дискретные, непрерывные и импульсные системы**.

К первому типу относятся системы, величины в которых имеют конечное число различных дискретных значений и могут быть определены лишь в дискретные моменты времени. В этом случае

отношения между величинами можно задать с помощью выражений (уравнений) алгебры логики, вообще говоря, многозначной. **Дискретными являются, например, технические системы.**

Ко второму типу относятся системы, в которых величины и время рассматриваются как непрерывные переменные. При этом отношения между величинами выражаются дифференциальными уравнениями. **Примерами непрерывных систем** являются процессы, происходящие в живой и неживой природе: круговорот воды, фотосинтез у растений, ассимиляция и диссимиляция у животных и человека, сама жизнь и т. п.

Импульсные системы получают при моделировании непрерывных систем. В этом случае из-за ограниченной точности измерений имеем дело, по сути, с первым случаем. Допущение о непрерывности вводится, чтобы проще выразить отношения между переменными (эти проблемы рассматриваются в теории интерполяции).

Системы с конечным числом величин, элементов и связей между ними называются **ограниченными**. Если одно из этих множеств бесконечно, то – **неограниченными**. Физические системы ограничены, абстрактные могут быть неограниченными.

С точки зрения взаимодействия между системой и окружающей средой различают **закрытые и открытые системы**. Урбанизированные территории относятся к открытым системам.

Общая классификация систем должна учитывать многие аспекты. Наиболее известные классификационные схемы принадлежат С. Биру и К. Боулдингу. Первая классификация учитывает два основных аспекта системы (сложность и способ описания) и приведена в табл. 1.

Вторая классификация (по К. Боулдингу) построена с учетом сложности организации систем. Она выглядит следующим образом.

1. Неживые системы.

1.1. Статические системы, называемые **остовами**.

1.2. Простые динамические структуры с заданным движением, присущие окружающему нас физическому миру. Эти системы называют **часовыми механизмами**.

1.3. Кибернетические системы с управляемыми циклами обратной связи, называемые **термостатами**.

2. Живые системы.

2.1. Открытые системы с самосохраняемой структурой. Уровень клеток – первая ступень, на которой возможно разделение на живое и неживое.

Таблица 1. Классификация систем по С. Биру

Система	Простая	Сложная	Очень сложная
Детерминированная	Проект ремонтных мастерских	Цифровая ЭВМ. Автоматизация.	
Вероятностная	Подбрасывание монеты. Движение медузы. Статистический контроль качества.	Хранение запасов. Условные рефлексы. Прибыль промышленного предприятия.	Экономика. Мозг.
Нечеткая		Человек. Поведение человека. Мышление. Качество жизни	Экологические и социальные системы. Социальные организации. Трансцендентальные системы или системы за пределами нашего знания

2.2. Живые организмы с низкой способностью воспринимать информацию (растения).

2.3. Живые организмы с более развитой способностью воспринимать информацию, но не обладающие сознанием (животные).

2.4. Люди, характеризующиеся самосознанием, мышлением и нетривиальным поведением.

2.5. Социальные системы и социальные организации.

2.6. Трансцендентальные системы, или системы, лежащие в настоящий момент вне нашего познания.

1.2. Особенности сложных систем

Как отмечено выше, определений сложных систем достаточно много. По одному из них сложной системой называют набор каких-либо объектов, связанных и взаимодействующих друг с другом по некоторым, не всегда нам известным, правилам.

Определим понятие «сложности». Систему можно назвать сложной, если она удовлетворяет следующим количественным критериям сложности.

1. Множественность числа переменных, привлекаемых для описания динамических состояний и качества системы. Понятно, что состояние и качество, а также динамику экосистемы невозможно описать небольшим числом параметров.

2. Большинство проблем экологии и окружающей среды не относится к единственному локальному объекту, и поэтому

приходится проводить структуризацию модели, разлагая ее на несколько пространственных компонентов. Пространственная структурированность всегда приводит к резкому возрастанию числа переменных, характеризующих состояние системы.

3. Третьим критерием сложности является число различных управляющих параметров, то есть таких, при изменении которых происходят последующие изменения в системе. «Управлением» применительно к урбанизированной экосистеме будет являться «включение» и «выключение» тех или иных источников техногенного воздействия, их компенсация и синхронизация, перераспределение их воздействия в пространстве и во времени.

4. Входами в урбанизированную экосистему являются действия человека, а самые разнообразные экологические, экономические и социальные индикаторы и индексы – ее выходами. Эти индикаторы и индексы являются четвертым компонентом, определяющим сложность урбанизированной экосистемы.

5. Пятый критерий сложности связан со способом введения времени в модель сложной системы.

Такие системы, как экосистемы, слишком сложны для современных математических методов и вычислительной техники. Условно их можно отнести к категории сложных систем, отличающихся от «простых» не только большим числом разнородных элементов, но и разнообразием структуры и характера связей между ними.

Именно число и характер связей определяют не только уровень сложности, но и основные свойства системы. Уровень сложности систем может быть очень разным. Простейшие системы состоят из немногих элементов, простым образом взаимодействующих друг с другом. Например, система из двух космических тел, связанных взаимным притяжением, два электрических заряда, взаимодействующие по закону Кулона.

Большинство взаимодействий, изучаемых в физике, относятся к достаточно простым системам. Но уже Солнечная система, в первом приближении состоящая из центральной звезды и девяти планет, связанных друг с другом гравитационными взаимодействиями, представляет собой весьма сложную систему, и расчет, например, движения в ней межпланетного корабля, – задача очень большой сложности. Только с использованием мощных вычислительных машин такая задача решается с удовлетворительной точностью.

Такие системы, как экосистемы, слишком сложны для современных математических методов и вычислительной техники. Условно их можно отнести к категории сложных систем, отличающихся от «простых» не только большим числом разнородных элементов, но и разнообразием структуры и характера связей между ними.

Именно число и характер связей определяют не только уровень сложности, но и основные свойства системы. Например, число типов нервных клеток в мозге не так уж велико, оно измеряется, даже с учетом разнообразия клеток каждого типа, всего немногими десятками. Количество типов межнейронных контактов, синапсов, многим более десятка. Все огромное богатство возможностей мозга зависит от числа нейронов и многообразия связей между ними. Это система, сложность которой превосходит современные возможности моделирования, если пытаться построить более или менее полную модель. В этом, собственно, и состоит проблема «искусственного интеллекта».

Лишь самые общие тенденции, закономерности, практически не отражающие внутреннюю структуру сложных систем, доступны формализации и исследованию на моделях. Особенно сложные системы (суперсистемы) возникают при объединении систем большой сложности и образовании между ними достаточно разнообразной структуры связей. Таковы сверхсложные системы взаимодействия экосистем и человеческого хозяйства.

Эти социо-экологические системы стали возникать и усложняться по мере развития человечества, роста его численности, энерговооруженности, совершенствования техники.

Экосистемы как сложные системы. Экосистема – симбиоз совокупности совместно обитающих организмов и условий их существования, объединенных сложной сетью прямых и обратных связей в относительно единое целое и обладающее свойствами, отсутствующими у частей (элементов или подсистем), из которых эта система состоит.

В экологии основными объектами изучения оказались экосистемы, принадлежащие к системам высокого уровня сложности. Их описание, анализ изменений, закономерности развития, например сукцессии, до сих пор не могут быть сделаны с позиций математики.

Не меньше сложность больших экосистем, состоящих из миллиардов особей десятков тысяч видов, связанных между собой пищевыми связями, изменениями общей среды, конкуренцией за убежища, свет и другие ресурсы, различными видами совместного

использования ресурсов. Даже на первый взгляд не очень сложная система, такая как, например, еловый лес, при ближайшем знакомстве оказывается состоящей из множества видов и имеет сложную структуру изменяющихся во времени связей. Столь же или более сложны большие экономические системы, в которых взаимосвязаны люди, коллективы, промышленные, транспортные, энергетические, сельскохозяйственные компоненты, при разных культурах могущие иметь различный характер внутрисистемных связей.

Высокой дискретностью обладают экосистемы. Их устойчивость к внешним воздействиям тем выше, чем больше число составляющих их видов, которые более или менее равноправны как элементы системы и могут до некоторых пределов заменять друг друга и поддерживать состояние экосистемы.

Еще одно важное свойство сложных систем – их способность изменяться, эволюционировать во времени в соответствии с условиями существования и под действием внутренних законов. Например, вид эволюционирует как система, причем система достаточно сложная, многоуровневая: ее элементами являются и отдельные особи, и популяции, и экологические типы, и многие другие составляющие вплоть до подвидов. Заметим, что одна из известных статей Н.И. Вавилова, вышедшая в 30-е годы, называлась «Линнеевский вид как система»; это ясно говорит о возникновении потребности в исследовании систем задолго до появления современной системологии.

Прогнозы состояния сложных систем, таких как суперсистема «биосфера–человечество», нужны, прежде всего, для практических целей. Лишь самые общие тенденции, закономерности, практически не отражающие внутреннюю структуру сложных систем, доступны формализации и исследованию на моделях. Особенно сложные системы (суперсистемы) возникают при объединении систем большой сложности и образовании между ними достаточно разнообразной структуры связей. Таковы сверхсложные системы взаимодействия экосистем и человеческого хозяйства.

Эти социо-экологические системы стали возникать и усложняться по мере развития человечества, роста его численности, энерговооруженности, совершенствования техники.

Цель моделирования иногда пытаются сформулировать так: как при имеющихся исходных ресурсах и некоторых ограничениях получить нужный результат. Решением подобных задач занимается теория оптимального планирования. В этой связи очень важной задачей является планирование эксперимента. Даже

лабораторные, а тем более натурные эксперименты требуют значительных затрат ресурсов различного рода. Поэтому вопрос об оптимальном числе опытов и условиях их проведения является чрезвычайно актуальным.

По способу реализации моделирование с некоторой долей условности можно разделить следующие виды (см. табл. 2).

Таблица 2. Виды (способы) моделирования

Моделирование	Краткая характеристика
Предметное	Предполагает построение моделей, отражающих основные геометрические, физические, динамические или функциональные свойства объекта. Физическое моделирование – это частный случай предметного моделирования при условии, что объект и модель имеют одну физическую природу. Обычно физическое моделирование используется для экспериментов над уменьшенными или увеличенными копиями объектов, например, модель самолета в аэродинамической трубе.
Знаковое	При таком моделировании в качестве модели могут выступать схемы, графики, чертежи, формулы, графы, слова и предложения на некотором языке, в том числе и на языке специальных символов. Одной из самых распространенных знаковых моделей является карта.
Математическое	Осуществляется средствами языка математики и логики. В отличие от реального объекта математическую модель можно трансформировать нужным образом, рассматривая, например, предельные случаи, недостижимые на практике. Одна и та же математическая модель может оказаться пригодной для описания разных по своей природе явлений, например, колебания маятника и изменения силы и направления электрического тока в колебательном контуре. В этом смысле математическая модель рассматривается как универсальная. К примеру, уравнение нелинейной теплопроводности пригодно для описания тепловых процессов, диффузии вещества, движения подземных вод, фильтрации газа в пористых средах и т. д.
Теоретические	Теоретические модели систем строятся на основе синтеза обобщенных представлений об отдельных слагающих их процессах и явлениях, основываясь на фундаментальных законах, в основном, физики, химии и биологии. Такие модели для экосистем строятся на основе обобщенных априорных представлений о структуре и механизмах связей между слагающими их элементами.
Эмпирическое	Эмпирические модели – это совокупность математических выражений, аппроксимирующих с использованием тех или иных критериев экспериментальные данные о параметрах состояния системы и влияющих на нее факторов. Для таких моделей не требуется получения никаких представлений о строении и внутреннем механизме связей в системе.

Моделирование	Краткая характеристика
Полуэмпирическое	Полуэмпирические модели являются синтезом теоретических и эмпирических моделей.
Детерминированные	Построение математических моделей природных и социальных объектов производится на основе генетических представлений об объекте с использованием известных зависимостей.
Вероятностные	Модель также строится на основе генетических представлений, но ситуация, в которой процесс проходит в природе, воспроизводится с помощью вероятностного, или стохастического подхода.
Вербальные	Представляют собой формализованный вариант традиционного естественнонаучного описания в виде текста таблиц и иллюстраций.
Схематические	Представляются в виде различного рода схем, рисунков, графиков и фотографий. Основное достоинство – наглядность, информативность, простота построения.
Абстрактное	Описание оригинала в словесной форме или посредством символов и операций над ними, отражающих исследуемые особенности оригинала.

1.3. Системный подход

В прикладном аспекте системный подход – это сочетание комплексного анализа, системного моделирования и системного управления. С этим мнением согласны далеко не все. Так, применение системного подхода, особенно для получения надежных, научно обоснованных и прогностических результатов не всегда дает ожидаемое.

Приведем мнение известных специалистов в этой области:

- американский эколог Р. Макинтош называет системную экологию **«браком под ружьем инженерии и экологии»**;
- по мнению академика В.Е. Соловьева, **«системный подход – это предвзятый подход»**;
- по мнению профессора Б.М. Миркина, **«...системный подход – понятие изрядно затасканное и стало обычным научным клише, которое приносит скорее вред, чем пользу»**;
- наконец, разработчик системного подхода А.А. Ляпунов отмечал, что, вообще говоря, **«системный подход не является строго методической концепцией, он выполняет эвристические функции, ориентируя конкретные экологические исследования в том или ином направлении»**.

Исследование реального объекта путем решения различных задач на основе построенной математической модели принято сейчас называть **вычислительным экспериментом**. Применение компьютеров заметно расширило возможности вычислительных экспериментов и позволило численно решить большое количество важных, в том числе таких, как:

- 1) уточнение представлений авторов об исследуемом объекте;
- 2) прогноз поведения объекта при изменении свойств объекта или внешних воздействий.

Особенное значение моделирования для экологии и геоэкологии объясняется, главным образом, нижеследующими обстоятельствами.

1. Природные объекты отличаются большими размерами, и это часто затрудняет их изучение. Моделирование позволяет наблюдать за их уменьшенными копиями.

2. Многие природные процессы протекают медленно. Поэтому моделирование оказывается практически единственным методом решения прогнозных задач.

3. Природные и природно-экономические объекты являются чрезвычайно сложными системами. Единственным методом, позволяющим учесть все действительно важные стороны такого объекта, является математическое моделирование.

4. В геоэкологических исследованиях лабораторное воспроизведение процессов обычно невозможно, специалист вынужден делать заключение о них по далеко неполным результатам. В этом случае моделирование становится важным инструментом анализа.

5. В экологии, социуме, экономике мы имеем дело со сложными системами – и понятно, что проблема моделирования встает здесь с особой остротой.

Когда мы имеем дело с экономическими, биологическими и социальными системами, постоянные изменения действующих условий рождают серьезные проблемы. Тот факт, что переменных слишком много, еще не означает, что мы не можем попытаться внести ясность. В конце концов, нужно же с чего-то начинать. И начинать нужно с тех переменных, которые мы можем контролировать. Таким образом, все перечисленное приводит нас к проблеме **оценки**.

При этом обычно стремятся найти ответы на нижеследующие вопросы.

– Сколько переменных участвуют в экологическом и технологическом процессе, когда и в каких сочетаниях?

- Возможно ли четко разделить эти переменные?
- Можем ли мы вообще контролировать экологические и техногенные переменные?
- Следует ли игнорировать те, которые мы не в состоянии отслеживать или классифицировать?

Уже сейчас мы признаем, что никогда не будем знать всех переменных, которые нам необходимы для описания сложных систем (закон бесконечных данных и теорема Геделя). Но, изучив современными методами все, что возможно, мы можем прийти к некоторым осторожным выводам и гипотезам. Прежде всего, надо понимать, что в процессе участвуют как **внутренние**, так и **внешние** переменные. Это означает, что любая переменная, которую нельзя определить или измерить количественно, должна игнорироваться в отдельных случаях и по возможности регистрироваться для последующего анализа накопленных результатов.

1.4. Моделирование с позиций системного подхода

Чтобы лучше уяснить методологию системного подхода рассмотрим основные принципы, которые он использует.

Принцип 1. При изучении сложного объекта главное внимание уделяется внешним связям объекта с другими системами, а на его детальной внутренней структуре, хотя последнее не исключается, то есть системный подход – это макроскопический подход.

Принцип 2. При изучении сложного объекта приоритет отдается его целям и функциям, из которых выводится структура (но не наоборот), т. е. системный подход – это подход функциональный.

Принцип 3. При решении проблем, связанных с системами, следует сопоставлять необходимое и возможное, желаемое и достижимое, эффект и имеющиеся для этого ресурсы. Иными словами, следует всегда учитывать, какую «цену» придется заплатить за получение требуемого результата.

Принцип 4. При принятии решения в системах следует учитывать последствия принятого решения для всех систем, которые оно затрагивает.

Рассмотрим один из возможных вариантов применения системного подхода (в стандартном понимании) к моделированию природных (ПС) и природно-технических систем (ПТС), основанный на системе взглядов, называемой традиционной. В этом варианте

отношения между явлениями имеют первичное, а сами явления вторичное значение. ПС и ПТС, относятся к классу сложных систем и их исследование и управление ими необходимо осуществлять с использованием междисциплинарных методов.

При этом необходимо учитывать, что в случае медленного развития процессов изменения в окружающей среде можно применять статические приближения. Прогнозирование последствий относительно быстро протекающих процессов требует отказа от статического представления и перехода к динамическому описанию с привлечением эволюционных моделей. В этом случае свойства среды могут изучаться либо по отдельным компонентам или параметрам, либо по концептуальным моделям экосистем.

Через любую экологическую и техническую систему осуществляются переносы потоков вещества, энергии и информации. Одновременно часть веществ участвует в процессах повторно, образуя замкнутые круговороты, то есть при моделировании экосистем создание сквозных математических моделей (отображающих все стороны исследуемой системы) крайне затруднено, поскольку необходимо использовать громоздкие модели с большим количеством соотношений и переменных. Из-за громоздкости таких моделей становится неосуществимым их аналитическое исследование, усложняются задачи идентификации параметров информационного обеспечения и их проверки на адекватность. В связи с этим при разработке моделей сложных систем целесообразно использовать систему частных моделей, отображающих те или иные стороны исследуемого процесса.

Для создания моделей необходимо выделить группы параметров, характеризующих состояние моделируемого объекта, структуру, связи, прямые и обратные, и процессы, протекающие в исследуемой экосистеме. Совокупность этих параметров можно разбить на следующие основные группы:

- **входные параметры**, к которым относятся параметры, воздействующие на вход системы и ограничения, наложенные в процессе моделирования;
- **выходные параметры**, отражающие реальные характеристики исследуемых явлений;
- **параметры состояния**, определяющие внутреннюю структуру экосистемы и динамику ее функционирования;
- **управляющие параметры**, оказывающие прямое воздействие на исследуемый процесс;

• **возмущающие параметры**, изменяющиеся случайным образом с течением времени и воздействующие на систему так, чтобы нарушить функциональную связь между входными и выходными параметрами.

Довольно часто в рассматриваемом подходе пользуются понятием **частные модели**, под которыми могут пониматься:

- климатическая модель региона;
- модель источника антропогенного воздействия, описывающая условия сброса, расстояние от берега, дна и естественных потоков, вариация частоты и объема сбросов и другие характеристики;
- гидротермодинамическая модель;
- гидродинамические модели антропогенного воздействия на водную среду;
- модели диффузии примесей;
- экспериментальные данные, полученные в натурных условиях.

Ограничениями, наложенными в процессе моделирования, выступают экологические стандарты, устанавливаемые комплексы норм правил и требований, обязательных для исполнения в определенных областях деятельности.

К управляющим параметрам в данном подходе относят систему природоохранных мероприятий, призванную обеспечить наиболее эффективный режим существования экосистемы. По своему назначению природоохранные мероприятия можно разделить на:

- социальные (работа с общественными организациями, подготовка специалистов, работа с населением, образование);
- законодательные (законодательные акты, управление, ограничение, регулирование, стимулирование);
- технические и технологические решения и мероприятия (создание очистных сооружений и установок, разработка новых технологий, восстановление растительности, почв, популяций животных и т. д.).

Состояния экосистемы при антропогенном воздействии считается определенным, если имеются результаты расчетов параметров моделей, включающих:

- гидробиологический блок;
- гидрохимический блок;
- блок абиогенных компонентов;
- блок расчета полей загрязняющих веществ.

Эти модели получены в результате пересчета параметров частных моделей, поступающих на вход системы. Механизм пересчета

осуществляется с использованием модели учета влияния условий. Суммируя все сказанное, можно провести, например, оценку экологического риска.

К выходным параметрам модели довольно часто относят результаты расчетов, описывающих пространственно-временные вариации биотических и абиотических компонентов экосистемы и загрязняющих веществ. Эти параметры могут быть представлены в виде слоев геоинформационной системы (ГИС).

Для оценки различных антропогенных воздействий на компоненты природной среды разработаны математические модели переноса загрязнений, позволяющие прогнозировать эволюцию загрязнений, анализировать различные сценарии развития событий, предлагать рекомендации по их ликвидации.

Предложенный вариант системного подхода позволяет целенаправленно накапливать экспериментальные и теоретические данные о значимых параметрах моделей экосистемы, а также обосновать доработку программных и технических средств анализа информации, получаемой при мониторинге различных явлений, связанных с антропогенным воздействием на компоненты экосистем.

Однако этот подход обладает весьма серьезными недостатками, что затрудняет его применение на практике. Укажем некоторые существенные возражения против такого подхода:

- отсутствие прозрачности модели, ее «многоэтажность» и громоздкость, множество «опорок и подпорок» (например, частные модели);
- специфическое толкование понятия параметра;
- нечеткое, смазанное представление о входных и выходных параметрах модели;
- отсутствие указаний на конкретные подсистемы и их функциональную связь;
- введение блоков, не являющихся обязательными с точки зрения оценки экологического состояния и качества компонентов экосистемы;
- огромное множество задач, которые разработчики пытаются решить с помощью одной модели, что означает ее нежизнеспособность;
- полное отсутствие указаний на выбранный уровень описания и применяемую степень приближения;
- отсутствие указаний о форме и типе представляемой на выходе информации;
- отсутствие оценки полноты описания.

1.5. Некоторые понятия, характеризующие модели сложных систем

Элементы являются составными частями каждой системы. Они могут быть в свою очередь, системами, тогда они называются подсистемами. Элементы систем могут быть естественными и искусственными, живыми и неживыми. Большинство систем включают и те, и другие элементы.

Процесс преобразования. В организованных системах идет процесс преобразования, в ходе которого элементы изменяют свое состояние. В процессе преобразования входные элементы трансформируются в выходные. В сложной системе полезность (ценность) входных элементов при этом увеличивается. Если же в процессе преобразования полезность элементов уменьшается, то затраты в системе увеличиваются, а ее эффективность уменьшается.

Входные элементы (входы), ресурсы и затраты. Входными называются элементы, поступающие в систему, для которых система предназначена. Различия между входами и ресурсами незначительны и зависят лишь от точки зрения и условий. В системном анализе они определяются с позиций назначения системы. Входные элементы, как правило, преобразуются в системе, а ресурсы расходуются (используются). В общем случае ресурсы подразделяются на материальные, энергетические, информационные, финансовые и физические (усилия).

Выходные элементы (выходы) представляют собой, как правило, результат процесса преобразования в системе и рассматриваются как результаты, выходы или прибыль. Например, для измерительного прибора выход – результат измерения, для компьютера – результат решения задачи (информация о решении), для автомобиля – объект перевозки (груз, пассажир), доставленный к пункту назначения.

Результаты – это то, что дает положительные последствия (политические, социальные, экономические и т. п.), то есть положительный вклад в функционирование системы. В частности, для технических систем они могут оцениваться как экономия денег, времени, усилий, положительные эмоции и т. п.

Отрицательные последствия принято относить к затратам. Например, автомобиль загрязняет среду – это тоже последствие, но отрицательное, которое относят к затратам, как дополнительный расход денег, времени, усилий на предотвращение загрязнения, либо на восстановление среды.

Выходы и результаты при оценке эффективности системы обычно относят к прибыли.

Прибыль – это количественная оценка результатов в принятых единицах (аналогично затратам), например, это оценка экономии денег, времени и усилий.

Окружающая среда. Установление границ системы совершенно необходимо. Установление границ определяет, какие системы можно считать находящимися под контролем лица, принимающего решения (ЛПР), а какие остаются вне его влияния. Однако, как бы ни устанавливались границы системы, нельзя игнорировать ее взаимодействие со средой, так как принятые решения в этом случае могут оказаться бессмысленными. Окружающая среда – совокупность систем, изменение свойств которых влияет на рассматриваемую систему, а также систем, свойства которых меняются под воздействием рассматриваемой системы.

Системы, у которых взаимодействие с окружающей средой полностью отсутствует, называются абсолютно закрытыми. Примерами таких систем являются абстрактные (модельные) системы, используемые в математике и физике. Системы, у которых это взаимодействие мало (т. е. рассматривается как малый параметр) – относительно закрытыми. Примером таких систем является большинство технических систем.

Системы, у которых взаимодействие с окружающей средой существенно, называются открытыми. К ним относятся социальные и организационно-технические системы. Открытые системы (или их части), которые подвергаются изучению, называются объектами.

Определение границ системы в целом и окружающей среды. Окружающая среда – системы, не контролируемые ЛПР. Границы, отделяющие систему от ее окружения, не совпадают с установленными организационными границами. Рассматриваемая система не завершается совокупностью всех элементов организации. Чтобы лучше уяснить это, напомним, что системный анализ применяется, когда нужно решить какую-то проблему. Система в целом включает все системы, которые, как полагают, будут влиять на рассматриваемую проблему или будут подвергаться ее влиянию, независимо от того, к какой организации они относятся. Методом исключения мы относим к окружающей среде все системы из системы в целом, не входящие в нее при решении данной проблемы. Если в системе в целом включить мало систем, то это приведет к упрощению и

неверным решениям; если же много, то усложнится описание, не хватит ресурсов, и мы не сможем найти решение.

Таким образом, установление границ системы – вопрос целей анализа, требуемой точности результата и имеющихся в наличии ресурсов. Например, при рассмотрении движения тела вблизи поверхности Земли в первом приближении можно считать систему «тело–Земля» закрытой (так как все тела падают с ускорением свободного падения). Если мы хотим уточнить результат (например, при рассмотрении движения парашюта), то необходимо учесть сопротивление воздуха, т. е. включить в систему физическую среду. Наконец, при рассмотрении траектории движения космического корабля, нужно учесть влияние. Луны, других планет, т. е. включить их в систему.

Назначение и функция. Назначение – это функция, для выполнения которой система пригодна в наибольшей степени. Неживые системы не имеют явного назначения. Они получают специфическое назначение, или наделяются функцией, когда вступают во взаимоотношения с другими подсистемами в рамках большой системы.

Для технических систем назначение очевидно, так как они создаются для выполнения определенной функции, например, измерительный прибор – для измерения, компьютер – для обработки информации, автомобиль – для перевозки и т. п. Однако когда мы переходим к более сложным системам – социальным, организационно-техническим, то ясность утрачивается. Даже назначение одного человека нам неизвестно, тем более это относится к объединениям людей, что создает неопределенность при проектировании таких систем.

Признаки системы. Подсистемы и их элементы обладают признаками (атрибутами, свойствами, характеристиками). Признаки могут быть «количественными» или «качественными». В зависимости от такого деления определяется и подход к их измерению. «Качественные» признаки труднее измерить чем «количественные».

Чем сложнее система, тем труднее измерить ее свойства точными числами. Для социальных и организационно-технических систем используются интервальные, балльные или словесные (нечеткие) оценки.

Задачи и цели. При исследовании систем первостепенное значение имеет определение задач и целей. По мере того, как мы отходим от абстрактных рассуждений, установление назначения

системы становится более четким и рабочим. Формулирование конкретной цели является очень важным при решении задачи. Цель – это назначение системы с учетом условий и ограничений задачи. Большинство систем, являются многоцелевыми, так как для любой системы можно составить несколько наборов ограничений. Формулирование цели позволяет сформировать исходное множество допустимых систем (решений) для достижения этой цели, при этом функция выбора уточняется.

Меры эффективности (критерии) показывают, в какой степени достигаются цели системы, и дают представление о количественной величине проявления признаков системы.

К *критериям первого уровня* относятся критерии полноты, качества и эффективности достижения цели.

К *критериям второго уровня* относятся показатели (факторы).

К *критериям третьего уровня* – непосредственно измеряемые величины и параметры.

Для больших систем используются все три уровня критериев, для технических систем, как правило, 2-ой, и 3-й. Для больших систем критерии 2-ого уровня включают политические, социальные, экономические, технологические факторы и т. п. Для технических, как правило, используются функциональные, технико-экономические, эргономические показатели.

Компоненты, программы, задания (работы). В целенаправленных системах процесс преобразования организуется с привлечением компонентов, программ и заданий (работ), которые состоят из совместимых элементов, объединенных для достижения определенной цели. В большинстве случаев границы компонентов не совпадают с границами организационной структуры, и это очень важно при системном подходе. Программа – это множество состояний переменных и характерных переходов между ними для достижения конкретной цели. Для больших систем используются три уровня: программы, подпрограммы, задания (работы); для технических систем – только уровень работ, связанных с различными режимами функционирования системы.

Принятие решений. Действия и решения в системе являются прерогативой лица, принимающего решения (ЛПР). Каждое решение должно направлять систему на достижение поставленных целей (результатов), поддающихся измерениям.

Структура. Понятие структуры связано с упорядоченностью отношений, связывающих элементы системы. Структура может

быть простой или сложной в зависимости от числа и типа взаимосвязей между частями системы. В сложных системах должна существовать иерархия, т. е. упорядоченность уровней подсистемы, частей и элементов. От типа и упорядоченности взаимоотношений между компонентами системы в значительной степени зависят функции системы и эффективность их выполнения.

Различают линейную структуру, циклическую, древовидную (иерархическую), матричную и сетевую

Линейную структуру имеют, например, простые измерительные устройства, измерительные каналы, производственные линии.

Циклическую структуру имеют измерительные приборы и системы с обратной связью, биологические системы, технологические циклы, многие процессы в живой и неживой природе.

Иерархическая структура характерна для высокоорганизованных систем: социальных и организационно-технических (политическая система, экономика, отрасль, фирма).

Матричной структурой обладают кристаллические решетки, интегральные схемы, некоторые технологические системы (в металлургии, полиграфии и т. п.).

Сетевую структуру имеют информационно-вычислительные системы (сети), телекоммуникационные системы и системы связи.

Состояния и потоки. Состояние характеризуется значениями признаков системы в данный момент времени. Переходы части элементов системы из одного состояния в другое вызывают потоки, определяемые как скорость изменения значений признаков системы. Поведением системы называется изменение состояний системы во времени. При теоретико-множественном подходе поведение определяется как некоторое множество инвариантных во времени отношений между величинами системы (в частности, между входами и выходами).

Уровень анализа – перечисление значений всех наблюдаемых или заданных величин вместе с перечислением интервалов времени, в течение которых они вас интересуют, либо точность, с которой мы хотим измерять эти величины и время (если величины изменяются непрерывно). Совокупность изменений всех рассматриваемых величин на данном уровне анализа называется деятельностью системы, свойствами системы, а при определенном поведении эту совокупность называют организацией системы. Организация меняется с поведением. Постоянная часть организации называется структурой, переменная – программой.

1.6. Природно-технические системы (ПТС) и их моделирование

Некоторые замечания о моделировании урбанизированных территорий.

Урбанизированные территории относятся к классу сложных систем и их исследование и управление ими необходимо осуществлять с использованием разработанных для этих целей специальных подходов.

Как отмечено выше, современное моделирование в теоретической и прикладной экологии основывается, главным образом, на системном подходе, в котором отношения (взаимосвязи) между явлениями имеют первичное, а сами явления – вторичное значение.

Моделируя урбанизированную территорию, необходимо ставить вопрос, на каком уровне описания мы хотим сформулировать исходные положения и получить конечный результат. В зависимости от ответа на этот вопрос, мы можем прийти к совершенно различным результатам в анализе состояния одной и той же системы. Разбиение на уровни может оказаться грубым, и адекватный выбор уровня – задача отнюдь не тривиальная, так как на каждом уровне мы сталкиваемся со специфической организацией или структурой. Иначе говоря, на каждом более высоком уровне сложности мы сталкиваемся с новыми свойствами системы в целом, которые отсутствовали на предыдущих уровнях.

Урбанизированная территория – это открытая система. Это значит, что через нее осуществляются переносы потоков вещества, энергии и информации и, соответственно, есть входы и выходы. Одновременно с этим часть веществ может участвовать в процессах повторно, образуя замкнутые круговороты (петли обратных связей), то есть при моделировании сложных систем создание сквозных математических моделей (отображающих все стороны исследуемой системы) крайне затруднено, поскольку необходимо использовать многомерные модели с большим количеством переменных и соотношений между ними. Из-за громоздкости таких моделей становится неосуществимым их аналитическое исследование, усложняются задачи идентификации параметров информационного обеспечения и их проверки на адекватность. В связи с этим на практике при разработке моделей сложных систем бывает целесообразно использовать систему частных моделей, отображающих те или иные стороны исследуемого процесса.

Примерами таких частных моделей являются разработанные и применяемые на практике математические модели переноса загрязнений, позволяющие прогнозировать эволюцию загрязнений, анализировать различные сценарии развития событий, предлагать рекомендации по ликвидации последствий нежелательных явлений.

В то же время, предлагаемые на сегодняшний день модели, как полагают их разработчики, позволяют целенаправленно накапливать экспериментальные и теоретические данные о значимых параметрах сложной системы, а также обосновать доработку программных и технических средств анализа информации, получаемой при мониторинге различных явлений, связанных с антропогенным воздействием урбанизированной территории на компоненты окружающей среды.

Природно-техническая система (ПТС) – это сложный единый природно-антропогенный комплекс, решающим образом преобразованный или искусственно созданный человеком, характеризующийся специфическим обменом веществ, потоков энергии и информации и вновь образованными прямыми и обратными связями. В состав ПТС, как сказано выше, входят и те прилегающие территории и объекты, которые обслуживают население как на ПТС, так и геотехнических систем (ГТС) путем производства энергии, промышленной и сельскохозяйственной продукции, водоснабжения, газоснабжения, складирования промышленных и бытовых отходов и т. д.

ПТС можно классифицировать на основе выбранных заранее признаков и распределить по группам (типам).

Особенности ПТС. ПТС коренным образом отличается от природных комплексов (экосистем), Главные отличия состоят в следующем:

1) пониженная способность к саморегуляции (самоорганизации), самовоспроизводству и самоочищению;

2) разрушение в пределах ПТС биотической составляющей ОС как главного фактора саморегуляции (самоподдержания) и самоочищения природных систем;

3) нарушение или разбалансировка информационных связей между множеством природных элементов (подсистем) ОС и искажение информации, являющейся причиной протекания процессов;

4) необходимость постоянного подвода избыточной, сверх естественного баланса, энергии для поддержания существования и функционирования ПТС;

5) первичная продукция ПТС составляет малую долю от продукции, потребляемой населением и предприятиями на данной урбанизированной территории;

6) микробиологическая деструкция различного рода органических отходов в ПТС большей частью сосредоточена на специальных полигонах и часто заменяется искусственным уничтожением и не используется для воспроизводства биотических компонентов.

Эти особенности должны учитываться при более детальном моделировании конкретной ПТС с целью дальнейшего обоснованного отбора требуемых для решения задачи индикаторов и индексов.

Следующей особенностью конкретной ПТС является существование в ней некоторого специфического (антропогенного) воздействия, способного повлиять на ее пространственную, временную или функциональную структуру. Как отмечено выше, таким специфическим воздействием являются генерированное человеком энергетическое (физическое) и химическое загрязнение ОС. Хотя в отдельных случаях заметной может стать и биотическая составляющая. Это воздействие может быть разным по интенсивности для различных (конкретных) ПТС. Причем, даже будучи слабым, оно способно существенно изменить состояние и качество ПТС, а значит и ОС. Иначе говоря, в таких системах имеет место нелинейность.

Согласно современному системному пониманию жизни, живые системы постоянно создают или воссоздают себя путем преобразования или замены своих компонентов. Все системы, созданные человеком, одновременно такими свойствами не обладает, но, тем не менее, уже на данном этапе нашего понимания управления организационными и техническими системами, возможно параметрическое и силовое воздействие на эти системы, в результате чего можно заметно улучшить их качество и экологическую устойчивость.

Становится все более очевидным, что все наши антропогенные сложные технические и организационные системы представляют собой основную движущую силу общемировой экологической катастрофы и главную угрозу выживанию человечеству. Это означает, что необходимо пересмотреть многие наши технологии и социальные институты, в том числе, науку, чтобы преодолеть зияющий разрыв между человеческими изобретениями и экологически устойчивыми природными системами.

Действительно, в последнее время мы являемся свидетелями того, что во многих развитых странах мира организационные

нововведения не приносят ожидаемых результатов. Вместо этого приходится бороться с побочными эффектами вводимых технических систем и новых технологических процессов. Эти эффекты особенно заметны в России. Дело тут в том, что в сконструированных структурах всегда участвуют живые люди и сообщества, в отношении которых планировать и предсказать перемены невозможно.

Именно поэтому необходимо уделять все большее внимание вопросам охраны окружающей среды и разработке схем и систем оценки и управления экологической устойчивостью сложных организационных и технических систем – городами-мегаполисами, крупными промышленными и производственными объектами, водохозяйственными и энергетическими системами со сложной разветвленной и многофункциональной инфраструктурой и пр.

В этой связи представляет несомненный интерес модификация и совершенствование уже известных моделей таких сложных объектов, а также способов описания их экологического состояния и качества. Важным является исследование особенностей функционирования и взаимодействия этих объектов с природной средой с экологической точки зрения в контексте экологического императива.

Необходимо получить в наше распоряжение методический аппарат, своего рода, инструмент, с помощью которого, можно, контролировать состояние сложного объекта и состояние природной среды в их взаимодействии.

В свою очередь, системы управления, как правило, располагают определенными возможностями с помощью которых, применяя силовые и параметрические воздействия, они могут изменить ситуацию в нужном направлении. Иначе говоря, вводимая методология исследования сложных систем после ее применения, на выходе должна содержать всю важную информацию, на основании которой возможно будет спланировать и применить совокупность мероприятий, способных обеспечить требуемый уровень экологической устойчивости.

Отметим, что под экологической устойчивостью штатно функционирующих антропогенных объектов и главных компонентов природной среды, в которую они вмонтированы, понимается их динамическое равновесие между собой, при котором параметры состояния возникающих природно-технических систем и компонентов природной среды, характеризующие эту устойчивость, не выходят за пределы разрешенных значений, определенных нормативными документами.

1.7. Модифицированная модель урбанизированной территории

Еще в 1992 г. была предложена модель энергетического объекта, погруженного в природную среду, получившая название природно-техническая система (ПТС). Это модель постоянно уточнялась и совершенствовалась. Доработанный ее вариант был представлен в 2007 г. Однако и этот вариант не лишен недостатков, так как предполагалось, что эта модель будет исследоваться с применением стандартных методов, традиционно используемых в прикладной экологии. Иначе говоря, в основе ее описания использовались подходы, опирающиеся на так называемую «загрязняющее-ресурсную парадигму», стержнем которой являются представления о ПДК. Эта парадигма подвергается обоснованной критике.

В этой связи нами разработана модифицированная (усовершенствованная и уточненная) модель природно-технической системы (ПТС), представляющая собой синтез модели геотехнической системы (хозяйственного или технического объекта – ГТС), вмонтированную (погруженную) в природную среду и модель преобразованной человеком природной среды – окружающей среды (ОС). Одновременно с этим под эту модель разработана методология ее исследования. В представленной методологии существенно трансформированы и обогащены методы исследования сложных систем за счет разработки и применения так называемых внешних технологий.

Процесс модификации модели начнем со следующего определения.

Область урбанизированной территории, в которой проявляется специфическое физическое, химическое и биотическое воздействие – загрязнение – на все компоненты ОС, от источников загрязнения до той области ОС, где этим воздействием можно пренебречь, назовем природно-технической системой (ПТС). Иначе говоря, ПТС – это переходная область между местами локализации источников опасности, и той границей ОС, где это воздействие несущественно. Таким образом, ПТС – это часть объема природной среды, в которой ГТС и ОС перекрываются, но в определенных самой моделью пространственно-временных границах.

Эту переходную область геометрически можно представить себе в первом приближении как сильно сплюснутую у основания (то есть на поверхности земли) сферу, в центре которой локализована геотехническая система (ГТС) и воздействие на ОС максимально,

а на расстоянии, равном радиусу этой сферы, воздействие ГТС на ОС пренебрежимо мало. При этом интенсивность загрязнения ОС внутри этой сферы совсем необязательно должна меняться линейно в зависимости от расстояния от центра загрязнения.

Источниками возникновения ПТС являются крупные города, масштабные сооружения специального назначения: водохозяйственные и энергетические системы электростанции, водохранилища, аэропорты, заводы, нефтяные платформы, системы каналов и шлюзов, береговые и промышленные зоны и пр. Именно в этих объектах сосредоточены все основные экологически опасные факторы, влияющие на состояние и качество ПТС. Экологическая устойчивость ПТС в целом, определяется нашей способностью поддерживать требуемые значения параметров, обеспечивающих эту экологическую устойчивость, а также совокупностью других факторов, среди которых заметную роль играет сам человек, его мировоззрение, культура и отношение к природе.

Подсистемы ПТС – ГТС и ОС – являются открытыми системами, находящимися в состоянии постоянного взаимодействия между собой и внешней средой, которое назовем специфическим. Специфическое оно потому, что способно привести к нарушению пространственной, временной или функциональной структуры ПТС в целом или отдельных ее подсистем, ее перестроению и последующему переходу в состояние с новыми свойствами, то есть потере ее первоначальной экологической устойчивости.

Отметим, что в отличие от ПТС, в чистых природных системах может и не быть специфического воздействия, тем не менее, эти системы всегда формируют определенную пространственную, временную и функциональную структуру. В системах же, созданных человеком, именно специфическое воздействие, то есть хозяйственная деятельность, может навязать ПТС иную структуру и иное функционирование.

Представим более подробную детализацию модели ПТС + ГТС (первый компонент) + ОС (второй компонент). Двухкомпонентная модель ПТС системы представляется нам наиболее обоснованной, так как она может быть применена при решении теоретических и прикладных задач не только экологического плана, но и многих других, связанных с наиболее интересным научными и практическими направлениями, имеющими место при осуществлении разнообразной человеческой деятельности (организационными, технологическими, управленческими и др.).

Первая подсистема – ГТС. В любой геотехнической системе (рис. 1) ядром которой является технический объект, существуют два вида потоков: центростремительные и центробежные. Центростремительные потоки в системе представляют собой сырье и местные природные ресурсы, потребляемые предприятием (земля, вода из поверхностных источников, вода из подземных источников, воздух).

Центробежные потоки – это готовая продукция и отходы производства, поступающие в поверхностные и грунтовые воды, в почву и в атмосферу. Эти отходы мигрируют в природной среде за счет взаимных обменных потоков, аккумулируются в соответствующих компонентах природной среды и трансформируются при протекании химических реакций. Стрелки на рис. 1 – это входы и выходы вещества, энергии и информации в ГТС.

Компоненты природной среды вокруг ядра ГТС вместе с ГТС образуют пограничный слой, непрерывным образом переходящий в ПТС. Как видно из схемы, технический объект комплексно влияет на все элементы окружающей среды даже в нормальном рабочем режиме. Важно отметить, что на урбанизированной территории возможно сосредоточение многих ГТС, как это наиболее часто имеет место в крупных городах, прибрежных зонах и в некоторых других случаях. Тогда мы по-прежнему будем говорить о ГТС, но более высокого уровня сложности.

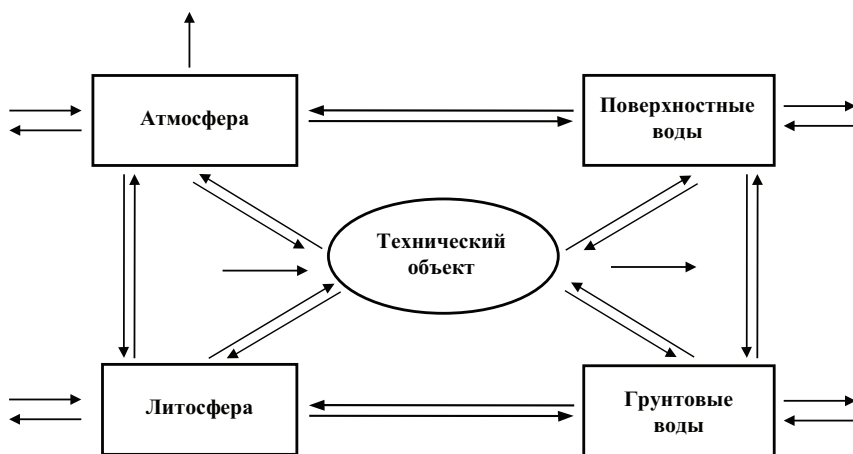


Рис. 1. Геотехническая система: «промышленное предприятие – окружающая среда»

Вторая подсистема – ОС. Наиболее адекватной моделью ОС может послужить модель ОС, предложенная автором.

В этой модели, которую можно назвать объектно-информационной, выделяется три главных компонента – *атмосферный воздух, вода, подстилающая поверхность*, плюс два дополнительных – *отходы и ресурсы*.

Далее выделим предметно три составляющие, внутри которых будет иметь смысл дальнейшее рассмотрение проблемы экологического состояния, качества и устойчивости ПТС. Такими составляющими являются: *1 – физическая, 2 – химическая, 3 – биотическая*.

В любой из этих составляющих ОС характеризуются набором разнообразных свойств, которые тесно связаны с составом системы (подсистемы). С другой стороны, в ОС протекают процессы и наблюдаются явления (эффекты), также зависящие от ее состава и свойств, но в то же время влияющие на эти свойства.

Сказанное означает, что создание инструмента исследования ПТС, то есть отыскание показателей (величин) и признаков, на основе которых возможна количественная оценка состояния и качества ПТС и ее экологической устойчивости по каждой из составляющих необходимо проводить на основе наблюдения и сопоставления контрольных (измеряемых) и эталонных (установленных) параметров внутри каждой из составляющих.

С другой стороны, современные естественные науки сосредоточены на изучении следующих 4-х направлений (аспектов), которые мы в дальнейшем будем называть **классами**. Естественно выделить следующие классы: *1 – состав, 2 – процессы, 3 – свойства, 4 – явления (эффекты)*.

Тогда схематически модель ОС будет иметь вид, представленный на рис. 2.

Следующий шаг в моделировании ОС состоит в установлении соотношений и взаимосвязи между различными макроскопическими величинами, относящимися как к системе в целом, так и к ее подсистемам, иначе говоря, выборе и обосновании требуемых индикаторов и индексов. Таким образом, структура модели задает каркас инструмента исследования, то есть тип, вид и количество вводимых индикаторов и индексов.

Завершив моделирование двух подсистем, можно представить модель более высокого уровня сложности – модель ПТС.

Схематически пример ПТС, в которой ГТС которой является энергетическим объектом, приведен на рис. 3.



Рис. 2. Организация объектно-информационной модели окружающей среды

На рис. 3 обозначены: блок «Мониторинг» и блок «Управление ПТС». Эти блоки очень важны. На данном этапе рассмотрения проблемы отвлечемся от блока «Управление ПТС», но детализируем блок «Мониторинг» (рис. 4).



Рис. 3. Пример модели ПТС с естественными и искусственно возобновляемыми энергетическими, материальными и информационными ресурсами

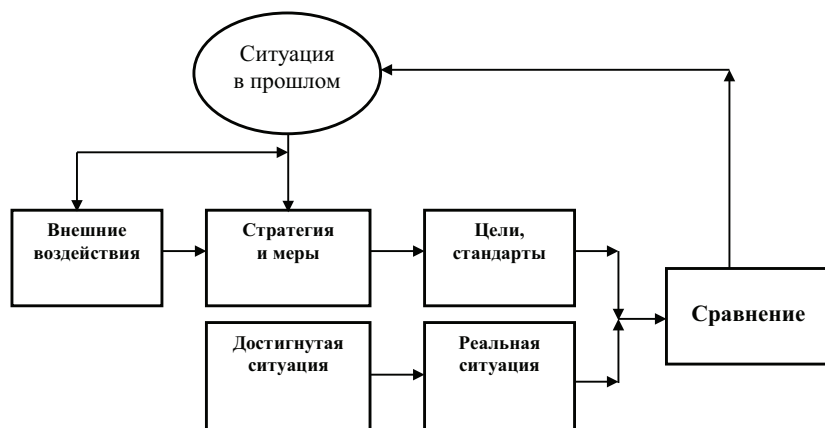


Рис. 4. Детализовка блока «мониторинг» (подсистема ПТС), информационное обеспечение которого основано на применении индикаторов и индексов

Предложенная организация мониторинга специально подстроена под модель ПТС и выбранный инструмент для ее исследования. Это означает, что благодаря такому мониторингу мы получим набор требуемых данных, на основании которых впоследствии будут

отобраны и построены нужные нам индикаторы и индексы, передаваемые затем в систему принятия решений. Опорой этому должно послужить правильно отобранная исходная информация о состоянии системы и технологических процессах, протекающих в ней, ее обработка и формирование научного и технического знания.

Глава 2. Риски. Определения.

Экологический риск

Слово **риск**, как возможный ущерб, с древнейших времен известно практически каждому человеку и на бытовом уровне применяется наиболее часто в качестве приближенной оценки опасности (вероятности) срыва или невозможности реализации задуманного действия, предприятия (мероприятия) или процесса в целом или в отдельных их частях в самых разнообразных сферах человеческой деятельности.

Не смотря на то, что понятие риска столь широко и давно известно и применяется в различных областях человеческой деятельности, до сих пор не существует общепринятого его определения. Известно более ста определений риска. Такая ситуация с определением риска обусловлена многими причинами, среди которых важное место занимает психология, так как восприятие риска и его мера для каждого отдельного человека сугубо индивидуально. То, что сопряжено с огромным риском для одного человека, для другого может оказаться забавой или легкой прогулкой. Примеров этому более чем достаточно, и каждый человек по своему личному опыту может легко смоделировать такие ситуации.

Риск – понятие сложное и включает в себя как категории последствий, так и вероятности нежелательных опасных событий. В зависимости от областей применения понятия риска различают риск общественный (социальный) и индивидуальный.

Неоднозначна также оценка роли риска как специального показателя оценки возможности реализации того или иного события. Расхождения здесь столь значительны, что, по сути дела, являются противоположностями. Так, встречаются подходы, в которых риск и его оценка играют решающую роль. В то же самое время достаточно заметное количество специалистов, в том числе в области риска

и методов его расчета, придерживаются мнения о нецелесообразности применения этого показателя для оценки возможности реализации того или иного события, считают риск малоинформативной характеристикой и не применяют риск как меру оценки экологического состояния и качества технических и естественных экосистем.

Наличие столь разных точек зрения вполне понятно, так как при расчете риска, определяемого, например, как мера вероятности нанесения заданного ущерба, конечный результат сильно зависит как от числа стартовых параметров, вводимых в расчет, так и от самого способа расчета риска. Так, например, в США существуют методики расчета риска возникновения аварий на промышленных предприятиях, в которых число стартовых параметров превышает тысячу единиц. Порой при расчете риска разными методами возникновения одного и того же события могут получиться принципиально отличные результаты.

Первые научные работы по риску, его определению и оценке появились в XIX веке. С появлением и развитием междисциплинарных наук и формированием новых отраслей знаний и новых направлений деятельности человека, особенно во второй половине XX века, термин риск стал все шире применяться в научной литературе.

Окончательное его проникновение в природоохранную терминологию можно отнести к 50-м годам XX столетия, когда впервые были смоделированы и проиграны сценарии так называемой «ядерной зимы» – последствий возможной ядерной войны между СССР и США, и даны прогнозы изменения глобального климата в связи с надвигающимся экологическим кризисом.

В научной и практической деятельности последних десятилетий наиболее активно понятие риска традиционно применяется в следующих трех направлениях.

Первое направление касается медицинской области и относится к оценкам риска возникновения эпидемий или распространения заболеваний определенного типа внутри контрольной группы людей, а также риска пользования теми или иными продуктами питания или рекреационными зонами.

Второе – относится к оценке радиационной обстановки.

Третье – связано с оценкой технического или природного риска возникновения аварий на промышленных предприятиях, на транспорте и т. д., а также с оценкой риска возникновения каких-либо природных катаклизмов, землетрясений, моретрясений и т. п.

и, главным образом, относится к сфере деятельности специальных Министерств и ведомств, например, Министерства по чрезвычайным ситуациям (МЧС) Российской Федерации.

Наряду с известными терминами, такими как: политический риск, военный риск, медицинский риск, финансовый риск и некоторыми другими, появились и прочно утвердились в повседневной практике словосочетания: техногенный риск, экологический риск, общественный риск, экономический риск, индивидуальный риск, оценки риска, уровни риска, зоны риска, снижение рисков, страхование рисков, риски возникновения нежелательных и опасных природных и техногенных явлений и многие другие виды риска.

В переносе понятия риска на экологические и хозяйственные проблемы есть свои трудности. Эти трудности связаны с огромным числом самых разнообразных источников экологической опасности и экологически опасных факторов. Подсчитать риск даже для небольшого числа однородных источников – непростая задача. Примером может служить подсчет уровня опасности, то есть риска, от атомных электростанций (радиационный риск). Авария на Чернобыльской АЭС показала ошибочность в расчете как величины нанесенного ущерба, так и числа человеческих жертв.

Отметим также, что для риска трудно предложить какую-то универсальную единицу измерения. В вероятностной интерпретации риск – безразмерная величина, в других ситуациях риск может выражаться через возможные потери и ущерб в любой форме, скажем, денежной или через число человеческих жертв.

В последние годы в странах Запада и в России в природоохранной деятельности наблюдается ярко выраженная тенденция перехода от специальных видов мониторинга к комплексному мониторингу – такому виду системы наблюдений, при котором его целью является не только оценка экологического состояния природной среды, но и оценка состояния здоровья населения в увязке с состоянием природной среды. По полученным результатам намечаются мероприятия по снижению рисков и смягчению напряженности, связанной с давлением нарушенной природной среды на состояние здоровья населения.

Сказанное иллюстрирует все возрастающую роль экологического риска как одного из приоритетных обобщенных показателей, на основе которого принимаются важные управленческие решения, на необходимость разработки новых, более совершенных и точных методов его расчета. Иначе говоря, на оценке экологического риска, особенно связанного со здоровьем человека базируется один

из важных элементов системы информационной связи человека с окружающим его миром.

К числу факторов, формирующих представление об экологических рисках, в настоящее время относят: разрушение биосферы, вредное, порой необратимое воздействие хозяйственной деятельности на экосистемы, ухудшение качества окружающей среды, связанное с ее загрязнением, повышение вероятности возникновения специфических заболеваний, отчуждение земель, нехватку питьевой воды, голод, гибель лесов, озер, рек, морей (например, Аральского) и т. п.

Экологический риск связан не только с ухудшением состояния и качества окружающей среды и 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.

Экологический риск выступает чаще всего как вектор – многокомпонентная величина, число компонентов которой, может быть достаточно большим, и варьируются в зависимости от конкретных условий. Эти компоненты могут быть классифицированы и в иерархическом плане на первом уровне наиболее часто выделяют три компонента: экономический, социальный и экологический. Тогда риск как вероятностная мера возможного ущерба от воздействия вредных факторов техногенных явлений – аварий, катастроф, а также повседневной хозяйственной деятельности, определяется соответственно показателями экономического, социального и экологического характера.

В свете сказанного целью настоящего учебного пособия является содействовать подготовке специалистов в области анализа, оценки и управления рисками, в том числе экологическими и техническими. Такой специалист должен:

1) знать особенности восприятия экологического риска разными людьми и разными социальными группами, выявлять причины неадекватного восприятия риска;

2) знать и уметь пользоваться основными методами количественной оценки риска, уметь моделировать и прогнозировать развитие опасных ситуаций, на основе чего вырабатывать правильные решения;

3) стимулировать обсуждение проблем, связанных с риском, применять на практике эффективные коммуникации риска, рассматривая их как интерактивный процесс;

4) быть способным к планированию мероприятий, направленных на снижение уровня риска, применяя различные методы управления рисками, в том числе рыночные.

2.1. Рассуждения о рисках.

Краткая история вопроса

Выше мы уже отметили, что социологические опросы показывают, что подавляющее большинство людей в разных странах мира на бытовом уровне и в повседневной жизни под риском понимает приблизительную качественную оценку уровня опасности, ущерба или неудачи, срыва или невозможности реализации задуманного действия, мероприятия или процесса либо в целом, либо в отдельных их частях, в самых разнообразных сферах человеческой деятельности. Иначе говоря, в среде не специалистов наблюдается практически полное единодушие в толковании такого феномена как риск.

Совершенно противоположная ситуация имеет место в сообществе ученых и, в первую очередь, среди специалистов в области риска. Диапазон мнений по толкованию риска необычайно широк. В определении риска многие ученые расходятся так сильно, что примирить или связать эти определения не представляется возможным.

Довольно часто риск связывается с вероятностью возможного ущерба, или развития события в нежелательном направлении. Например, в известном словаре Webster риск определяется как «опасность, возможность убытка или ущерба». Французский энциклопедический словарь Grand Larousse определяет риск как «вероятность или возможность факта или события, рассматриваемое как некое зло или некий ущерб». Можно продолжить примеры подобных определений и эта ситуация обусловлена тем, что еще не сложились представления о риске, связанном с природными и техногенными процессами и генерируемыми ими угрозами.

Надо признать, что применение подавляющим числом исследователей западного рационального подхода или, иначе говоря, методов структурно-аналитического анализа и логики Аристотеля в попытке ответа на вопрос «*а чем же является риск?*» потерпели неудачу. Отсюда и создавалась ситуация, в которой существуют одновременно несколько десятков определений риска и других, связанных с риском терминов. Значительные неопределенности имеются

и в идентификации опасностей, и в количественной оценке как собственно самого риска, так и возможного ущерба.

Главная трудность состоит в необходимости различения между реальным, объективным и измеримым риском, который, по-видимому, подчиняется формальным законам математической статистики, и лишь качественно воспринимаемым субъективным риском. Не вызывает сомнений, что проблема риска требует анализа также в социальном и культурном контексте. Это определяет ограниченную возможность использования количественных оценок, так как, то, что обычно сейчас оценивается, собственно риском не является. Количественно оцениваются только отдельные компоненты риска, и, быть может, не всегда самые значимые.

К сожалению, в современной России на государственном уровне проблеме риска, как, впрочем, и всей науке, уделяют недостаточно внимания. Симптоматично, но **термина «риск» нет ни в БСЭ**, ни в современных энциклопедических и философских изданиях России.

Одна из точек зрения на риск утверждает, что есть риски вне нас, людей, то есть «объективные» риски, и есть риски, существующие только внутри нас, то есть «субъективные» риски. Такая точка зрения характерна для традиционного подхода, в котором принято выделять внешнее и внутреннее, то есть наблюдателя и наблюдаемое. Если встать на точку зрения, что риск субъективен, то необходимо поставить вопрос о генезисе субъективизма риска, ответ на который надо искать в таких науках как психология и социология. Отсюда следует, что сама наука о риске превращается в междисциплинарную, требующую привлечения знаний из разных наук и искусств. Учитывая, что человек живет в социуме, необходимо изучать также «коллективный субъективизм» риска, так как восприятие риска отдельным индивидом, может сильно отличаться от восприятия риска группами людей, куда входит этот индивид.

Из анализа литературы, посвященной риску, следует, что все большее распространение получает точка зрения, гласящая, что риск многомерное понятие. В простом варианте риск состоит из двух компонентов: первый компонент учитывает вероятность события, второй – возможные последствия. В более сложном подходе считается, что существует много факторов, влияющих на восприятие риска и принятие последующих решений. Некоторые из этих факторов выявлены психологами и социологами. Таким образом, круг вопросов, связанных с проблемой риска, его оценки и управления, чрезвычайно велик.

2.2. Опасность и безопасность

Слова «опасность» и «безопасность» относятся к наиболее часто употребляемым. Ими пользуются постоянно простые люди, их затаскали политики, с экранов телевизора тоже толкуют каждый день об опасностях и безопасности. Что же при этом имеется в виду? Даже беглый взгляд показывает, что все эти люди имеют в виду, вообще говоря, разные вещи.

Нет согласия и среди ученых. Действительно, обратимся, например, к недавно принятому Государственному стандарту Российской Федерации по проблеме безопасности: «ГОСТ Р 51898-2002 Аспекты безопасности. Дата введения 2003-01-01».

В этом документе *опасность* определяется как потенциальный источник возникновения ущерба, *безопасность* – как отсутствие недопустимого риска. С точки зрения «ключевого слова», опасность идентифицируется с источником, а безопасность рассматривается как отсутствие чего-то. Кстати, выражение «недопустимый риск» также требует своего определения.

В других литературных источниках под термином «опасность» понимается ситуация в окружающей человека среде (природной и социальной), в которой при некоторых условиях (случайного или детерминированного характера) возможна реализация нежелательных событий (военного, технического, природного, экономического или социального характера: аварий, стихийных бедствий, эпизоотии, эпидемий, экономических или социальных конфликтов и т. д.) и, как следствие, возникновение в окружающей среде тех или иных угроз, способных привести к нежелательным последствиям – ущербу для личности, общества, природной среды. Опасность – это ситуация, постоянно присутствующая в окружающей среде, но характеризующаяся только потенциальной возможностью к возникновению чрезвычайной ситуации (ЧС).

Мало того, что это очень длинное определение, оно еще и малообразумительно, потому что «обставляет» этот термин многими другими, требующими также своего определения. Такого определения требует, например, слово «ситуация», которое в этом определении является ключевым.

Так как «опасность», как отмечено выше, по одному из определений трактуется как «ситуация», то вполне понятно, что многие авторы связывают опасность с чрезвычайной ситуацией (ЧС), правда при этом сторонники такого определения тут же оговариваются и

говорят о различиях в понятии опасности и понятии ситуации. Как следствие этого, при количественной оценке ЧС возникает ряд трудностей, так как необходимо учитывать не только вероятность реализации опасности, но и степень уязвимости общества к угрозам, обусловленным реализацией рассматриваемой опасности.

Есть и другие определения опасности, мы не будем их приводить. Ясно, что науке хотелось бы попробовать обобщить это понятие, сделать его общепринятым, универсальным, применимым, если не ко всем, то хотя бы к большинству сфер деятельности человека.

Затруднение с толкованием понятия опасность связаны с тем, что все, кто пытается дать это определение, сами того не ведая, рассуждают в рамках логики Аристотеля. Они всячески стремятся ответить на вопрос «*а чем же является опасность?*». Однако идентификационное «является» придает статичность этому понятию и вынуждает давать ограниченное конкретной ситуацией определение опасности. Отсюда такое обилие определений и даже отождествление опасности и ситуации.

Возможный подход в этом случае состоит в следующем. Попробуем определить *опасность как существование (в смысле глагола) угрозы от чего-то чему-то, от чего-то кому-то, от кого-то кому-то и от кого-то чему-то*. При таком определении логично подразделить опасности на три вида:

- 1) реальные (проявленные или эмпликативные),
- 2) потенциальные
- 3) мнимые (скрытые или имплекативные).

Опасности реальные – это, прежде всего, очевидные, объективные опасности, существование которых подтверждено всей практикой человеческой деятельности. Примеров больше чем достаточно.

Опасности потенциальные, а с ними мы постоянно имеем дело, – это опасности нам известные, могущие проявиться при определенных обстоятельствах. Здесь тоже каждый желающий может найти массу примеров.

Наконец, *опасности мнимые* (скрытые или имплекативные). Под мнимыми опасностями надо понимать такие, которые существуют потенциально, но нам они не известны, это не выявленные опасности, иначе говоря, мы о них ничего не знаем, но они существуют, либо опасности, о которых мы знаем, но считаем, что ими можно пренебречь. Такое определение опасности легко увязать

с понятием вероятности и ввести шкалу количественной оценки опасности посредством оценки вероятности. Такая шкала легко воспринимается человеческим сознанием и может быть представлена множеством численных значений, лежащих в диапазонах 0–1, или 0–10, или 0–100.

Обратимся теперь к определению понятия «безопасность». Термин «безопасность» любому человеку представляется вполне понятным, однако на практике это понятие каждый понимает по-своему и зачастую трактует его как ему удобнее и выгоднее. В Толковом словаре В. Даля «безопасность – отсутствие опасности; сохранность, надежность». В советскую эпоху в академическом Словаре современного русского языка это понятие трактовалось так же, но в несколько урезанном виде – «как отсутствие опасности, сохранность».

Наиболее общее понятие «безопасность» употребляется применительно ко многим процессам. Оно отражает не только присущие конкретному случаю специфические признаки безопасности субъекта и объекта, но включает в себя нечто общее, что и позволяет использовать это понятие в различных областях.

В ряде документов и законов, безопасность определяется посредством слова «состояние». Например, «Безопасность человека, общества, окружающей человека природной среды в условиях возможных ЧС – состояние защищенности жизненно важных интересов личности, общества, защищенности окружающей природной среды от угроз, присущих той или иной ЧС природного и техногенного характера». Аналогичное определение безопасности содержится в Законе об охране окружающей среды.

Слово «состояние» и в том, и в другом случае, является ключевым. Но давайте подумаем над тем, что такое «состояние». Понятие состояния применительно к сложным системам теряет четкое смысловое содержание, и возникает неопределенность.

Тогда мы вправе задать вопрос – как описать состояние объекта, который в нашем случае представляет собой сложную социально-техническую и биологическую систему? Мы берем на себя смелость заявить, что пока этого никто не знает. Чтобы описать состояние сложного объекта тоже надо привлечь параметры. Но сколько их должно быть? Какие из них главные, значимые? Какие из них внешние, а какие внутренние, каково соотношение между ними? Вряд ли у тех, кто давал определение «безопасности» есть ответы на эти вопросы. Кроме того, одна из теорем Геделя утверждает, что

состояние сложного объекта в детерминированном виде описать не представляется возможным.

Может быть, безопасность имеет смысл определить через опасность? Оказывается, такой подход имеет смысл. Попробуем, не влезая в лингвистические дебри, сформулировать понятие безопасности.

Безопасность – это совокупность условий и факторов, обеспечивающих защищенность социума и природы от природных, техногенных и социальных катаклизмов, катастроф и действий, способных нанести ущерб человеку. (Обращаем внимание на то обстоятельство, что мы обошлись без слова «состояние».)

Предложенное определение безопасности и шире, и гибче, так как говорит о том, что разные виды безопасности должны обеспечиваться разными факторами и в разных условиях.

Безопасность с момента зарождения человечества является важнейшей потребностью человека. Как философская категория она выступает формой выражения жизнеспособности и жизнестойкости объектов материального мира. Однако столь прямолинейно упрощенное, чисто лингвистическое толкование данного понятия как отсутствие опасности или как «отсутствие угроз приобретенным ценностям», или как условие жизнедеятельности личности, общества и государства, представляется неправомерным, поскольку при этом как бы подразумевается возможность достижения подобной идеальной ситуации. С точки зрения количественной оценки это означает, что безопасность должна равняться бесконечности, что конечно, недостижимо. Если обратиться к особенностям человеческого мышления и сознания, то понятно, что у безопасности есть объективная и субъективная составляющие. Поэтому категория «безопасность» – относительна и смысловое значение приобретает только в связи с конкретными условиями, факторами, объектами или действиями.

2.3. Содержание понятия «риск» в широком контексте

Решение или прояснение задачи построения понятийного аппарата предопределяет способы оценки риска и неизбежно отражается на возможности построения общей теории анализа, оценки и

управления риском. Поэтому для конструирования целостной картины риска необходимо обсудить толкование понятия «риск».

Слово «риск», как утверждают филологи, появилось в европейских языках довольно поздно, только в конце XV века. Еще позже оно проникло в Россию, и его первоначальное толкование означало «удаль», «отвагу», «действия на авось» (Словарь Даля). Основными сферами его применения стали мореплавание и торговля. Примерно с этого времени возникло интуитивное различие между «опасностью» и «риском».

Понятие риска в настоящее время не является устоявшимся, а сам термин «риск» используется в литературе в разных смыслах. Так, в страховании риском называется объект, подлежащий страхованию, а соответствующим математическим понятием является случайная величина, описывающая размер возможных убытков при наступлении страхового события или вероятностное распределение этой случайной величины. В лексиконе инвесторов риск означает дисперсию или отклонение доходности инвестиционного портфеля, то есть, с математической точки зрения, число, характеризующее неопределенность, «рискованность» вероятностного распределения доходности. Задание такого числа для каждого распределения определяет функционал на множестве вероятностных распределений. У математиков существуют схемы, в которых риском называется вероятностное распределение, а функционал, характеризующий рискованность различных распределений, называется мерой риска.

Один из современных взглядов на проблему риска можно сформулировать следующим образом: «Здесь есть две возможности. Либо возможный ущерб рассматривается как следствие решения, то есть, обусловлен принятым решением. Тогда мы говорим о риске как о риске решения. Либо же считается, что причины риска во вне, то есть вменяются окружающему миру, и тогда мы говорим об опасности».

В одном из подходов к проблеме риска исходят из предпосылки, что риск – категория объективная, которая позволяет регулировать отношения между людьми, трудовыми коллективами, организациями и другими субъектами общественной жизни, возникающими вследствие превращения возможности в действительность. Риск при этом рассматривается как понятие, представляющее собой *«возможную опасность случайного наступления отрицательных (личных и имущественных) последствий»*.

Достаточно широко распространена субъективная концепция риска. Наиболее последовательно она разработана В.А. Ойгензихтом, который исходит из того, что риск всегда субъективен, поскольку выступает как оценка человеком поступка, как сознательный выбор с учетом возможных альтернатив. Субъективная концепция ориентирована на субъект действия, учитывает осознание последствий, выбор варианта поведения, что обосновывает возложение соответствующих обязанностей или освобождение от них. Поскольку с точки зрения этой концепции проявление риска всегда связано с волей и сознанием человека, то *«риск – это выбор варианта поведения с учетом опасности, угрозы, возможных последствий»*.

Обе концепции риска имеют право на жизнь. Однако, когда речь идет о риске как специфической форме деятельности, социальном феномене, выполняющем регулирующую функцию на основе учета потребностей и интересов индивидов, социальных групп, трудовых коллективов, учреждений, организаций и т. д., более плодотворной для анализа реальной действительности представляется концепция риска, сочетающая в себе объективный и субъективный подходы.

Таким образом, сложность понятия риска определяется его комплексностью. Главная трудность по мнению академика РАН К.Я. Кондратьева состоит в необходимости различения между реальным, объективным и измеримым риском, который подчиняется формальным законам математической статистики, и лишь качественно воспринимаемым субъективным риском. Не вызывает сомнений, что проблема риска требует анализа также в социальном и культурном контексте. Это определяет ограниченную возможность использования количественных оценок.

Вернемся к проблеме определения риска, и помимо тех, что уже приведены выше, процитируем в качестве примера некоторые из предложенных нами и имеющихся в литературе.

1. Риск – это мера опасности.

2. Риск – возможность возникновения неблагоприятных последствий, вызванных антропогенными и природными факторами.

3. Риск, по мнению профессора С.Г. Харченко (Москва) – это вероятность того, что то или иное вещество или ситуация под воздействием определенных условий перейдут в категорию опасных.

Риск представляет собой комбинацию трех факторов:

– вероятность возникновения неблагоприятной ситуации (например, участвовавшие случаи заболеваний или травм определенного рода);

- последствия возникновения неблагоприятной ситуации;
- неопределенность в оценке, как вероятности, так и величины последствий.

В других определениях указывается, что риск – комбинация еще большего числа факторов. Пока остановимся и отметим, что подавляющим числом специалистов признается, что риск – понятие сложное, комплексное, многогранное и, скорее всего, риск в равной мере включает как категории последствий, так и вероятности возникновения нежелательных опасных событий.

Определений, как мы уже сказали, много, и очень часто они «подгоняются» под конкретную задачу или под конкретный вид деятельности. Что же можно предложить в такой ситуации? Можно ли найти новые формулировки, новые слова с понятным смысловым содержанием, позволяющими предложить определение риска, более общего, универсального, характера?

Чтобы ответить на эти вопросы, рассмотрим проблему определения риска сначала в теоретическом, а затем – в практическом аспекте *с разных точек зрения*.

1. Риск с позиции **процесса мышления**. Тогда риск – это одновременно денотация и коннотация.

2. Риск с позиции **логики**. Аристотелевская логика при поиске определения риска не годится. Нужна логика, содержащая «может быть».

3. Риск с позиций **математики**. Здесь следует несколько задержаться, так как именно математики «наплодили» довольно много определений риска. Рассмотрим только некоторые из них.

а) *Риск – это вероятность. Что-то, связанное с неопределенностью.*

б) *Риск – состояние вероятностной неопределенности (неполной информации) относительно некоторых событий в будущем.*

в) *Риск – это математический объект – распределение абстрактного случайного элемента (случайной величины).*

г) *Риском называется произвольная случайная величина (элемент).*

д) *Риск – это опасность потерь.*

е) *Риск – это отношение инвестора к возможности заработать или потерять деньги. Концепция Value-At-Risk (VaR).*

ж) *Риск – это вероятность неблагоприятного исхода финансовой операции.*

з) *Риск – это вероятность потери активов и образования убытков.*

и) Риск – это гипотетическая возможность наступления потерь (ущерба).

к) Риск – это измеримая неопределенность.

л) Риск – это конкретная реализация внешнего по отношению к экономическому субъекту состояния «реального мира» (real world state).

м) Риск – это возможность возникновения условий, приводящих к негативным для участника последствиям проекта.

4. Риск с позиции **физики**. Риск не физическая величина. Нет приборов или аппаратуры, позволяющей «измерить» риск.

5. Риск с позиции теории **информации**. Приведем некоторые определения риска, содержащие понятие информации или коррелирующие с ней.

а) Риск – объективное содержание связи между взаимодействующими материальными объектами, проявляющееся в изменении состояний этих объектов.

б) Риск – это запомненный выбор одного варианта из нескольких возможных и равноправных.

в) Риск – мера незнания. Отсутствие необходимой информации или ее нехватка.

Нетрудно видеть, что в этих трех примерах понятие информации и понятие риск почти совпадают. Сейчас же обратим внимание на две стороны такого совпадения. В упрощенном варианте это означает, что нам необходимо найти ответы на следующих два вопроса.

1) Какая информация нам нужна для определения риска?

2) Какую информацию нам необходимо получить, чтобы с ее помощью провести оценку риска?

6. Риск с позиций **синергетики**. Риск – это вероятность потери устойчивости на траектории движения системы к намеченной цели (к аттрактору).

7. Риск с позиции **теории размерности**. Величина, имеющая или не имеющая размерность. Риск также может выражаться в денежном исчислении, в числе человеческих жертв, в частоте событий и т. д.

8. Риск с позиции **отнесения к наукам**. Риск – это междисциплинарное понятие.

9. Риск с позиции **конкретного человека** – индивидуальный риск. Понятие, зависящее от возраста, образованности, уровня культуры, возможностей и уровня сознания человека, а также от ситуации, в которой он находится.

10. Риск с позиции **социума**. Общественный риск. Доминирующее в группе людей представление о значимости тех или иных опасностей.

11. Риск с позиции **экономической парадигмы** (выгодно – невыгодно).

Здесь также следует остановиться. Профессор Н.В. Хованов, анализируя этот вопрос, выделил 14 определений слова «риск», используемых в финансово-экономической литературе. Анализируя смысл этого слова, он удачно подчеркнул его различное понимание теоретиками и практиками.

Первые под риском понимают *меру опасности*, вторые – *объект страхования*, то есть тот предмет, который при наступлении известного события может быть разрушен, поврежден или потерян в ценности.

В книге Ф. Найта «Риск, неопределенность и доход», вышедшей еще в 1921 г., рассмотрены два типа неопределенности:

- неизмеримая неопределенность (unmeasurable uncertainty),
- измеримая неопределенность (measurable uncertainty).

Ф. Найт предложил словесное оформление этого различия в форме: *неопределенности первого и второго рода, с которым полезно согласиться в наше время*.

Неопределенность первого рода имеет место, когда вариант поведения изучаемой системы известен исследователю с точностью до фиксированного множества всех возможных вариантов, а неопределенность второго рода характеризует ситуацию, когда исследователь может адекватно описать поведение системы при помощи теоретико-вероятностной схемы, предусматривающей числовую оценку вероятностей осуществления различных вариантов поведения изучаемой системы. Таким образом, риск является неотъемлемым свойством неопределенности, т. е. ее атрибутом. Отсюда следует, что в реальной жизни риск присутствует везде.

Таким образом, риск – это образ действия в условиях неопределенности, ведущей, в конечном результате, к преобладанию успеха над неудачей. Различие в понимании риска теоретиками и практиками приводит к неопределенности первого рода, когда определить меру опасности действительно невозможно.

12. Риск с позиции **системы принятия решений**. Инструмент контроля и управления.

13. Риск как **явление**. Используется во многих естественных, гуманитарных и общественных науках.

14. Риск как **прогноз**. Попытка предсказания будущего в вероятностных терминах с учетом ущерба или потерь.

15. Риск как **результат**. Игрок. Сознательный поиск опасных ситуаций.

16. Риск как **норма морали** (нравственности). Ответственность за принятое решение.

Логика нашего рассмотрения приводит к следующему выводу. Разнообразие мнений о сущности риска объясняется, в частности, его многоаспектностью, недостаточным и неадекватным использованием этой важной категории в реальной хозяйственной практике и управленческой деятельности. Кроме того, риск – сложное явление, имеющее множество не совпадающих, а иногда и противоположных реальных оснований. Это обуславливает возможность сосуществования большого количества определений риска.

В этой ситуации, наверное, разумно было бы для каждого аспекта иметь свой термин, но, к сожалению, у нас есть один термин для обозначения множественности вещей.

2.4. Экологический риск

Как отмечено выше, существует несколько определений экологического риска. В США, например, экологический риск двухкомпонентный и включает в себя вероятность возникновения нежелательного события экологического характера, а также возможные ущербы от этого события. Последнему приписывают магнитуду (уровень) и, таким образом, риск определяется как произведение вероятности события на его магнитуду

В методологическом плане, экологический риск – это риск нарушения динамического равновесия в экологических системах, который приводит к изменению параметров характеристик их абиотических и биотических составляющих в результате природных процессов или техногенной деятельности и перестройки экосистемы в состояние с новыми свойствами.

Разновидности экологического риска. В современной научной литературе рассматривается несколько разновидностей экологического риска, каждая из которых имеет свои особенности. Можно выделить пять таких разновидностей:

- угрожающие экологической безопасности (safety risks);
- угрожающие здоровью (health risks);
- угрожающие состоянию среды обитания (environmental risks);

- угрожающие общественному благосостоянию (public welfare / goodwill risks);
- финансовые, связанные с природоохранной деятельностью (financial risks).

Риски, угрожающие безопасности, обычно характеризуются малыми вероятностями, но тяжелыми последствиями; они проявляются быстро, к ним, в частности, могут быть отнесены несчастные случаи на производстве.

Риски, угрожающие здоровью, напротив, обладают довольно высокой вероятностью и часто не имеют тяжелых последствий, многие из них проявляются с определенной задержкой.

Под рисками угрозы состоянию среды обитания понимается бесчисленное количество эффектов, мириады взаимодействий между популяциями, сообществами, экосистемами на микро- и макроуровнях, при наличии весьма существенных неопределенностей как в самих эффектах, так и в их причинах.

Ряд специалистов по риску полагают, что к настоящему времени сформировались шесть типов анализа экологического риска, обладающих следующими особенностями.

Анализ химического риска охватывает риски, вызываемые неканцерогенными химическими веществами. Характерная черта химических рисков состоит в том, что они проявляются лишь в тех случаях, когда доза токсиканта превзойдет определенную величину, называемой пороговой. Цель этого анализа – найти значения предельно допустимых концентраций токсических веществ в воде, воздухе и почвах, для чего служат эксперименты, проводимые на животных.

Анализ канцерогенного риска рассматривается отдельно от других типов в силу важности и необходимости частого использования. Развитие злокачественных образований (раковых опухолей) может быть вызвано химическими веществами (канцерогенами) или ионизирующими излучениями. Канцерогенное действие ионизирующих излучений считается беспороговым. Анализ канцерогенных рисков основан на использовании вероятностно-статистических представлений.

Эпидемиологический анализ риска призван установить корреляции (статистические зависимости) и причинные связи между свойствами источников риска и количеством индуцированных заболеваний. Этот тип анализа выполняется, как правило, при исследовании профзаболеваний людей, но из-за нехватки данных допускает экстраполяцию результатов, получаемых в процессе опытов с животными.

Вероятностный анализ риска предназначен для того, чтобы обеспечить безопасность сложных и потенциально опасных технологических процессов. Важная особенность этого типа анализа заключается в использовании так называемого метода деревьев, учитывающего все возможные отказы оборудования, технологических узлов и крупных блоков, причем каждый отказ характеризуется собственной вероятностью. Это позволяет не только рассчитать вероятности сложных событий, но и оценить их конкретные последствия (например, выброс в атмосферу определенного токсиканта или радионуклида).

Апостериорный анализ риска, в сферу которого входят как природные катастрофы (землетрясения, наводнения, оползни и т. д.), так и сопряженная с опасностью деятельность людей (аварии на транспорте, острые отравления пестицидами, заболевания раком в результате курения и т. п.). Термин «апостериорный» означает, что данный тип анализа использует результаты статистической обработки проявлений опасных событий и процессов в прошлом.

Качественный анализ риска приходится использовать в тех случаях, когда количественное рассмотрение опасного события или процесса оказывается практически невозможным. Например, очень трудно оценить количественным образом риски, обусловленные кислотными дождями или глобальным изменением климата.

Все перечисленные виды анализа риска имеют непосредственное отношение к **экологическим** рискам, под которыми следует понимать совокупность рисков, угрожающих здоровью и жизни людей, и рисков угрозы состоянию среды обитания. Понятие «**экологический риск**» включает в себя две составляющих:

- 1) *вероятность вредного воздействия на людей и среду обитания природных и техногенных факторов;*
- 2) *оценку ущерба, наносимого этими факторами здоровью людей и состоянию компонентов природной среды.*

В общем случае понятие риска для экологических систем связано с источниками внутреннего и внешнего воздействия, часть из которых связана с хозяйственной деятельностью человека. Для динамических процессов, происходящих в экосистемах, критерии экологического риска адекватны оценке степени отклонения реализуемой или ожидаемой траектории эволюции от оптимальной, то есть такой, при которой вред, нанесенный окружающей среде и человеку, равен нулю или сведен к минимуму.

Сопоставление и сравнение расхождения траекторий имеет множество интерпретаций, но по своему смыслу именно это отклонение

может быть принято в качестве меры экологического риска, если речь идет о динамической постановке задачи. Нетрудно видеть, что в такой интерпретации мера экологического риска выступает как составляющая, входящая в состав комплексного показателя, характеризующего в целом качество компонентов природной среды. С другой стороны, эта составляющая должна связываться с другими способами оценки этого состояния и качества.

2.5. Особенности экологического риска

Агентство по защите окружающей среды США (EPA) рассматривает экологические риски (ecological risks) отдельно от рисков, угрожающих здоровью людей (health risks).

В 1994 г. несколько международных организаций – Программа ООН по окружающей среде (UNEP), Организация объединенных наций по промышленному развитию (UNIDO), Международное агентство по атомной энергии (IAEA) и Всемирная организация здравоохранения (WHO) – разработали рекомендации по оценке и управлению рисками, связанными с угрозами здоровью людей и состоянию среды обитания в результате действия энергетических и промышленных комплексов.

В состав этих рекомендаций входят основные признаки экологических рисков, связанных с угрозами здоровью и жизни людей и состоянию среды обитания, они приведены в табл. 3.

Таблица 3. Основные признаки экологических рисков, связанных с угрозой здоровью людей и состоянию среды обитания

Категории	Для людей	Для среды обитания
Характер действия источника риска	Непрерывный. Разовый (Аварийный).	Непрерывный. Разовый (Аварийный).
Контингент (группы) риска	Население данной местности. Персонал предприятия.	
Продолжительность действия	Кратковременное. Средней длительности. Длительное.	Кратковременное. Средней длительности. Долговременное.
Последствия	По степени тяжести: фатальные (риск смерти), нефатальные (риск травмы, болезни и т. д.). По времени проявления: немедленные, отдаленные	По распространению: - локальные, - региональные, - глобальные. По продолжительности: - кратковременные, - средней длительности, - длительные

Таблица показывает, что экологические риски, связанные с угрозой здоровью и жизни людей, с одной стороны, и с угрозой состоянию среды обитания, с другой, характеризуются как одинаковыми, так и различными признаками. И те, и другие риски могут происходить от источников непрерывного или разового действия.

К источникам непрерывного действия относятся вредные выбросы от стационарных установок, а также от транспортных систем. К ним же следует отнести результаты использования в сельском хозяйстве удобрений, инсектицидов и гербицидов. Непрерывными поставщиками загрязнителей в среду обитания являются места сосредоточения промышленных и бытовых отходов (отвалы пород вблизи угольных шахт, хранилища горно-металлургических предприятий, городские свалки и т. п.). Разовыми источниками являются аварийные выбросы вредных веществ в результате взрывов или других аварийных ситуаций на промышленных объектах, а также серьезные дорожно-транспортные происшествия при перевозке ядовитых веществ. Причинами разовых выбросов могут быть, разумеется, и природные катастрофы (землетрясения и оползни, бури и ураганы, наводнения и вулканические извержения).

Независимо от характера действия источника опасности, результатом ее проявления последней выступает ущерб, который наносится и людям и окружающей среде. Это требует одновременного рассмотрения обоих видов экологического риска. Вместе с тем, во многих случаях экологические риски, связанные с угрозой здоровью и жизни людей необходимо рассматривать отдельно от рисков, обусловленные угрозой состоянию среды обитания.

2.6. Экологические риски в сложных системах

Жизнь каждого человека протекает в системах, слишком сложных для того, чтобы можно было надеяться на полную предсказуемость благополучия каждого из нас. Тот или иной риск для здоровья и жизни каждого человека есть всегда. Так, любой из нас может стать случайной жертвой дорожного движения, железнодорожной или авиакатастрофы, аварии на промышленных предприятиях, инфекционного или иного заболевания и умереть раньше генетически предопределенного срока.

В большинстве систем риск опасной для жизни и здоровья людей аварии может быть определен и заложен в конструкцию и технологию и, хотя он никогда не может быть нулевым, вероятность

(риск) аварии по техническим причинам может быть доведена до приемлемого уровня. Приемлемым можно, по-видимому, считать уровень биологического риска, т. е. вероятность родиться с генетическими нарушениями при фоновом уровне мутагенных факторов в природной среде, получить системное заболевание сердечно-сосудистой или иной системы организма при оптимальном образе жизни, погибнуть от молнии, землетрясения или иного экстремального природного фактора.

Вероятность преждевременной гибели (индивидуальный риск) от независимой от человека случайной причины оценивается приблизительно величиной 10^{-6} . Такой уровень риска при проектировании технических систем считается приемлемым. Вместе с тем, если, например, очень надежный автомобиль, риск опасной поломки которого доведен до минимального уровня и составляет даже 10^{-7} , движется по дороге с множеством ям, крутых закрытых поворотов и других опасных участков, да к тому же плохо оборудованной дорожными знаками, вероятность аварии уже почти не зависит от надежности самого автомобиля, а определяется наименее надежным элементом системы движения, в данном случае, качеством дороги.

Очевидно, что вероятность аварии по техническим причинам для любого технического устройства, машины – величина переменная. По мере эксплуатации вероятность аварии возрастает из-за износа деталей. Если риск аварии нового сооружения составляет 10^{-6} , это не означает, что она произойдет через миллион лет. За время эксплуатации уровень риска возрастает и через некоторое время достигает единицы. Поэтому срок эксплуатации любой технической системы должен устанавливаться не на время вероятного сохранения работоспособности, а на время, в течение которого риск уменьшается до допустимого предела.

Вероятность крупной экологической катастрофы может быть оценена в том случае, когда она может быть связана с аварией крупной технической системы, способной оказать существенное влияние на состояние природной среды на значительной территории. Например, если риск аварии на атомной электростанции составляет 10^{-5} , это означает, что в любой год из гарантийного срока ее эксплуатации авария может произойти с такой вероятностью. Понятно, что подобный чернобыльскому выброс радиоактивных загрязнений, разлив нефти при аварии крупного нефтепровода, или авария, подобная произошедшей в г. Бхопале (Индия), и множество рисков в сфере техники более или менее управляемы, и вопрос заключается

преимущественно в экономической и социальной приемлемости определенного уровня риска, которого должны добиваться создатели каждой технической системы.

Ясно, что чем больше на некоторой территории опасных производств, тем выше вероятность того, что произойдет экологическая катастрофа или более или менее существенное нарушение состояния природной среды антропогенного (техногенного) происхождения. До некоторого уровня сложности структуры территориального размещения технических систем, управление риском возникновения экологического бедствия того или иного уровня представляется осуществимым, поскольку мы имеем здесь дело с определенным риском, поддающимся количественной оценке и более или менее управляемым.

Иное дело – сверхсложные социоприродные или природно-технические системы, количество элементов которых и характер связей между ними не поддаются сколько-нибудь надежной оценке и не могут быть смоделированы. В этой ситуации количественная оценка риска невозможна, риск становится неопределенным. К сожалению, отсутствие оценки подчас воспринимается требующими точности планирующими и разрешающими органами как свидетельство отсутствия реальной опасности негативных последствий при реализации конкретного проекта. Такая точка зрения приводит к тому, что проект претворяется в жизнь.

Однако невозможность количественной оценки риска в сложных системах вовсе не означает его отсутствия. Тяжелые последствия нежелания и неумения учета неопределенных (скрытых или мнимых) рисков подчас многократно превышают доход или социальный эффект реализации крупных проектов. Так было с проектом орошения рисовых и хлопковых полей водами Аму-Дарьи и Сыр-Дарьи, что привело к ускорению падения уровня Арала и развитию в Приуралье экологической катастрофы. До сих пор никто не смог подсчитать соотношение доходов от дополнительно полученного риска и хлопка и потерь от исчезновения рыболовства на Арале, разрушения инфраструктуры поселений в Кара-Калпакии и массового ухудшения здоровья населения от разноса ветрами солей обсыхающих отмелей Аральского моря на многие сотни километров вокруг него. На ветер выброшенными оказались средства, вложенные в сооружение дамбы, отделившей залив Кара-Богаз-Гол от Каспия, падение уровня в котором сменилось подъемом в вековом цикле естественных колебаний уровней Каспия и Арала.

Многочисленные примеры подобных нарушений состояния крупных экосистем, произошедших в разных странах, не только переделали известное высказывание И.В. Мичурина: «Мы не можем ждать милостей от природы... после того, что мы с ней сделали» (вместо «...взять у нее – наша задача!»). Они убедили наиболее грамотных и дальновидных хозяйственников в том, что неопределенные риски не должны игнорироваться. Именно в них таится наибольшая опасность, и их учет необходим. Это – одна из причин того, что Закон Российской Федерации об Экологической экспертизе требует проведения наряду с официальной государственной еще и квалифицированной общественной экспертизы любого проекта, связанного с воздействием на природную среду.

2.7. Риск и неопределенность

Неопределенность – одно из центральных понятий в современной теории и практике управления. Важность этого понятия обусловлена тем, что на деятельность любой организации и любого человека влияют неопределенные факторы.

Таким образом, понятия «риск», «шанс» и «опасность» связаны с воздействием неопределенных факторов. Учитывая важность этих понятий для построения моделей принятия решений, выполним классификацию неопределенных факторов и рассмотрим основные виды неопределенности, сопровождающей процессы принятия управленческих решений.

В общем случае неопределенность в моделях принятия решений следует понимать как наличие нескольких возможных исходов каждой альтернативы. Действительно, в обыденном понимании неопределенность обычно связывается с такими характеристиками, как непредсказуемость, случайность, неоднозначность, нечеткость. Если факторы, влияющие на принятие решения, обладают этими свойствами, то нельзя говорить о каком-либо определенном исходе альтернативы. В этих условиях необходимо рассматривать все возможные исходы или хотя бы наиболее вероятные из них. Например, управленческое решение о производстве новой продукции или открытии нового вида деятельности принимается в условиях неопределенности, поскольку его последствия не определены в силу влияния таких факторов, как потребительский спрос, действия конкурентов, изменения в законодательстве и других. Следовательно, при анализе данного решения необходимо рассматривать несколько

возможных исходов, т. е. значений показателей эффективности (ожидаемой прибыли, объема продаж, доли рынка и т. д.), которые используются для принятия решения.

Таким образом, **неопределенность выступает необходимым и достаточным условием существования риска в принятии решений.**

Неопределенность человеческой среды возникает в условиях неполной информации о значениях факторов внешней или внутренней среды организации. К ним относятся такие факторы внешней и внутренней среды, значения которых неизвестны или известны не полностью. Несмотря на дефицит информации, возможное влияние неопределенных факторов на организацию должно учитываться в процессах принятия управленческих решений. Если это происходит, то говорят о принятии решений в условиях неопределенности.

1) Неопределенность среды возникает при наличии целенаправленного противодействия других лиц или организаций, способы действий которых неизвестны. В этом случае говорят о «целенаправленной» среде, а связанную с ней неопределенность, обусловленную поведением других лиц, которые преследуют собственные цели, называют поведенческой неопределенностью. Принятие рациональных решений в подобных ситуациях основано на использовании принципов теории игр. Поэтому неопределенность такого рода иначе называют игровой. Наиболее яркий пример игровой неопределенности – это поведение конкурентов.

2) Неопределенность среды возникает в силу недостаточной изученности некоторых явлений, имеющих объективный характер и сопровождающих процессы принятия управленческих решений. В этом случае имеет место так называемая объективная среда, а связанная с ней неопределенность называется *природной*. Примерами такой неопределенности служат экономические условия, политическая обстановка, поведение потребителей, социокультурные, природно-географические и другие факторы, которые являются неопределенными, однако в отличие от действий конкурентов не носят характера сознательного противодействия.

Неопределенность может быть обусловлена не только ситуацией, но и *личностью руководителя*. Дело в том, что объективно ситуация принятия решения может быть вполне определена и предсказуема, но субъективно она может выглядеть как неопределенная. Это объясняется тем, что разные люди неоднозначно воспринимают одну и ту же ситуацию, не обладают достаточными знаниями

и опытом, мыслят непоследовательно и противоречиво, нечетко оценивают последствия альтернатив и т. д. В связи с этим говорят о личностной неопределенности, которая понимается как неопределенность психических процессов, состояний и свойств личности. В частности, можно говорить о таких проявлениях личностной неопределенности, как неопределенность восприятия, представления, мышления, памяти, воображения, эмоциональных состояний. Кроме того, существенное влияние на принятие решений оказывает неопределенность психических свойств, которая обычно проявляется как неопределенность предпочтений и неопределенность притязаний лица, принимающего решение (ЛПР). В силу этого часто возникает целевая неопределенность, которая выражается в нечеткой, расплывчатой формулировке ЛПР цели принятия решения или наличии у него нескольких противоречивых целей. Так, примером целевой неопределенности является стремление руководителя фирмы получить в результате проведения операции максимальную прибыль при минимальных издержках и уровне риска, что, как известно, очень редко встречается на практике и представляет собой крайне противоречивые требования к качеству управленческих решений.

К **вероятностной неопределенности** относят влияние случайных факторов, т. е. таких неопределенных факторов, которые при массовом появлении обладают свойством статистической устойчивости и описываются некоторым законом распределения вероятности. Если закон распределения и числовые характеристики случайной величины известны, то с их помощью можно относительно легко вычислить вероятность любого события, которое этому закону подчиняется. Когда закон распределения неизвестен, то решение принимается в условиях статистической неопределенности, которая, в свою очередь, делится на два вида – с известными и неизвестными параметрами распределения (числовыми характеристиками). К параметрам распределения, как известно, относятся математическое ожидание, дисперсия и другие характеристики случайной величины. Статистическая неопределенность менее «желательна», поскольку в таких ситуациях для определения закона распределения и вычисления вероятностей требуются накопление и обработка достаточно большого объема статистической информации, что не всегда возможно осуществить на практике.

Во многих случаях, когда отсутствует объективная информация, люди часто оценивают вероятности событий субъективно

с помощью интуиции, знаний, опыта и косвенных данных о ситуации. Такие вероятности называются *субъективными*. Если они известны, то для принятия решений можно использовать аналогичные критерии, или правила, основанные на вычислении математического ожидания случайных исходов альтернатив. Однако в этом случае надо соблюдать известную осторожность, поскольку при использовании субъективных вероятностей может перестать действовать закон больших чисел. Тем не менее, эти вероятности играют важную роль в процессе принятия решений, так как субъективные оценки – это все-таки лучше, чем ничего, т. е. отсутствие каких-либо оценок вообще.

Таким образом, случайные факторы – это самый «удобный» вид неопределенности, поскольку при массовом появлении они подчиняются определенным закономерностям и становятся предсказуемыми в среднем, хотя и остаются непредсказуемыми в каждом конкретном проявлении. К случайным факторам, влияющим на процессы принятия управленческих решений, можно отнести изменения потребительского спроса, колебания курсов валют и ценных бумаг, отказы технических систем, климатические условия и другие.

Неопределенность уверенности характеризуется влиянием неслучайных факторов, т. е. таких факторов, которые не обладают свойством статистической устойчивости. Подобного рода неопределенность возникает, когда требующие учета факторы по своей природе не описываются никаким законом распределения либо эти факторы настолько новы и сложны, что о них невозможно получить достаточно достоверной информации. В итоге вероятность того, что неопределенные факторы примут некоторое значение, невозможно получить с требуемой точностью. Другими словами, неопределенность уверенности – это неизвестность, которая обусловлена нехваткой или отсутствием информации о личностных или ситуационных факторах, не подчиняющихся законам теории вероятностей. Например, к таким факторам относятся изменчивость психических состояний лица, принимающего решения (ЛПР), его индивидуальные психические свойства, нечеткие или противоречивые цели деятельности, поведение конкурентов и поставщиков, изменение экономических и политических условий, появление новых технологий, законов и решений правительства.

В самом худшем случае, когда отсутствует вообще какая-либо информация о факторах, влияющих на принятие решений, имеет место **полная неопределенность**. Однако на практике очень немногие

управленческие решения приходится принимать в условиях полной неопределенности.

Это объясняется следующими причинами.

1. У ЛПР всегда существует принципиальная возможность получения дополнительной информации о неизвестных факторах. Этим часто удается уменьшить новизну и сложность проблемы. Например, решение о разработке нового товара принимается после проведения маркетингового исследования, в ходе которого собирается информация о предпочтениях потребителей, поведении конкурентов и других факторах.

2. ЛПР может действовать по аналогии с прошлым опытом, чтобы сделать предположения о вероятности или об ожидаемых значениях неопределенных факторов. Например, если экономическая и политическая ситуации на протяжении долгого времени оставались стабильными, то можно предположить, что в ближайшей перспективе они существенно не изменятся. Использование прошлого опыта крайне необходимо, когда не хватает времени на сбор дополнительной информации или затраты на нее слишком велики.

3. Неслучайные факторы иногда удастся перевести в разряд случайных с помощью рандомизации. Под рандомизацией понимают искусственное введение случайности в ситуацию, где она отсутствует. Например, принятие решения о разработке нового товара может зависеть от того, какую стратегию поведения на рынке выберет основной конкурент. Точная стратегия конкурента неизвестна, но и неслучайна. Однако можно выдвинуть ряд гипотез об основных вариантах поведения конкурента и предположить, что в пределах этого набора он будет применять смешанную стратегию на основе некоторого распределения вероятности, которое введено на множестве так называемых чистых стратегий. Такой прием используется, если ситуация выбора описывается с помощью игровых моделей, в частности матричных игр. Далее, после рандомизации, проблемную ситуацию можно исследовать, используя методы теории вероятностей и математической статистики.

Глава 3. Техногенный риск.

Источники опасности, связанные с хозяйственной деятельностью

Туннель реальности – это тот мир, который существует в сознании каждого человека. Туннели реальности у всех людей разные, соответственно чему восприятие мира и, в частности, риска неодинаково у каждого индивида. Конечно, у большинства людей очень много сходных точек зрения, но эти точки зрения, как правило, навязаны извне.

Отдельные группы людей, к которым можно отнести ученых, стараются систематизировать знания и на этой основе выработать общие понятия, опираясь на которые можно упорядочить наши представления о конкретном феномене, после чего, как правило, ищутся практические приложения разработанных гипотез. Этот процесс непрерывен и не имеет конца, подтверждая тем самым известный закон о бесконечности знания.

Известная фраза *«Мы не можем знать все»* прекрасно подтверждается на практике. Нарботанные знания периодически нуждаются в нашем пересмотре, и по мере накопления данных, сами ученые либо отвергают старые представления, либо их углубляют, расширяют и уточняют. В последние два столетия общество интенсивно развивается, жизнь непрерывно выдвигает новые задачи, в том числе и в такой области как риск.

Восприятие риска опасных явлений неодинаково у отдельного человека и у различных групп населения. Неодинаково оно и у систем принятия решений. Это связано с их социальным положением, образованием, информированностью и пониманием меры своей ответственности. Особенно чревато последствиями неадекватное восприятие ситуации риска у администрации города или района.

Информационный ресурс анализа экологического риска, дающий возможность реализовать задачу теоретически, базируется на совокупности сведений из соответствующих областей знаний, набора статистических данных об источниках техногенного воздействия, о состоянии здоровья населения и результатов расчета математических моделей различных процессов и явлений в рассматриваемом объекте.

Возможность взаимной трансформации информации, поступающей в систему наблюдения за состоянием контролируемого

объекта, означает, что информация должна быть конструктивной, то есть сопоставимой с оценками, получаемыми другими методами.

Тот факт, что экологический риск своим происхождением обязан, в основном, хозяйственной деятельности человека означает, что в генезисе экологического риска изначально заложено его соответствие и корреляция техническому риску.

Всего лишь за несколько десятилетий взгляды науки и общества и на риски, и на его восприятие, заметно изменились. Произошли изменения и в определении и толковании технического риска.

3.1. Технический риск. Особенности определения

Поставим вопрос так: одно и то же имеется в виду, когда говорят о *техническом риске* и об *экологическом риске*? Ответ таков: **нет, не одно и то же**. Отличий тут, по крайней мере, три.

1. Предметная область, изучающая техногенные воздействия и техногенную безопасность включает в себя и условия существования живых организмов, и взаимоотношения между живыми организмами и средой их обитания, но угол зрения, под которым рассматриваются эти вопросы, иной, чем в экологии. Содержание базы знаний в области техногенной безопасности формируется, главным образом, на основе технических наук с привлечением физики, химии и их разделов, касающихся геофизических и геохимических процессов и явлений и не связано с биологической наукой. Что касается экологических последствий техногенных воздействий, то они относятся к предметной области не техногенной безопасности, а экологической.

2. Если сопоставить определения технической и экологической безопасности, то нетрудно видеть, что они отличны и заметно. Так как безопасность и риск имеют общие корни в своем происхождении, то понятно, что смысловое содержание технического риска будет всегда отличаться от смыслового содержания экологического риска.

3. На национальном и даже на локальном уровнях вопросами обеспечения техногенной и экологической безопасности обычно занимаются разные структуры и разные ведомства. Это объективно связано с тем, что научно-технические основы мер, действий и технологий по обеспечению этих двух видов безопасности существенно отличаются.

Таким образом, определение и оценка технического риска – научное исследование, в котором факты и научный прогноз используется для оценки потенциального вредного влияния хозяйственной, техногенной деятельности, на окружающую среду и на человека.

Техногенный риск также может быть определен как многокомпонентный фактор, некоторый многомерный вектор, включающий в себя несколько показателей, оценивающих категории и вероятности последствий.

3.2. Современные концепции техногенного риска (безопасности)

Развитие представлений об экологическом и техногенном риске и его восприятии привело к последовательному формированию принципов, характеризующих отношение человека и общества к их роли в обеспечении безаварийного нормального функционирования всех объектов, созданных руками человека. Назовем эти принципы, соблюдая хронологию событий:

- **принцип нулевого риска**, то есть безусловного примата безопасности как важнейшего элемента качества жизни, сохранения окружающей среды и здоровья населения;

- **принцип последовательного приближения к абсолютной безопасности**, то есть к нулевому риску, предполагающий определенное сочетание альтернативных структур, технологий и т. п., 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**. Этот принцип базируется на анализе соотношений «затраты–риск», «выгода–риск», «затраты–выгода». Исследования в этом направлении показали, что увеличение затрат на повышение надежности технических систем приводит к уменьшению технического, но к росту социально-экономического риска. Суммарный риск имеет минимум при строго определенном

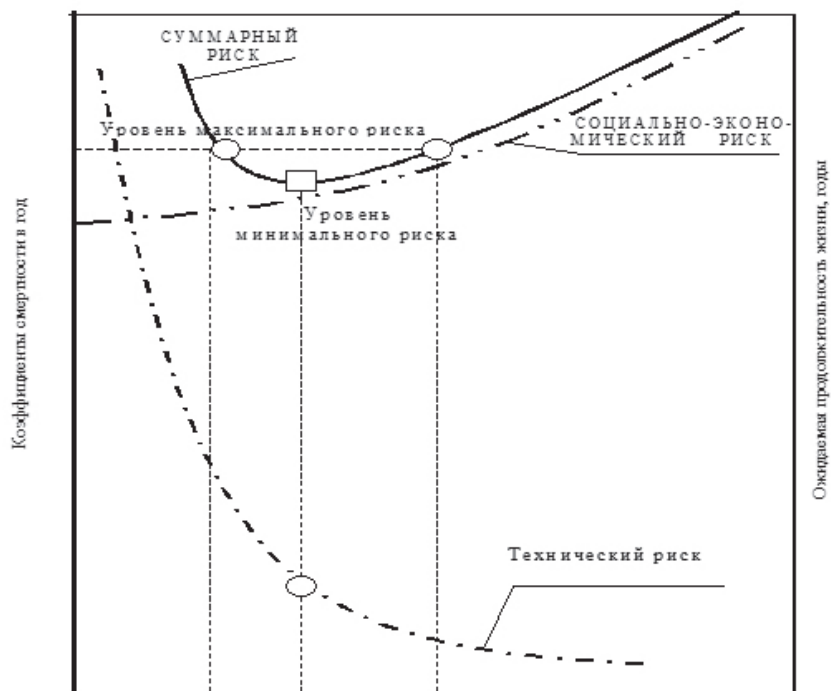


Рис. 5. Затраты на снижение риска

соотношении между инвестициями в техническую и социальную сферы (см. рис. 5).

Общество, исходя из своих возможностей, должно остановиться на некотором научно обоснованном, приемлемом уровне риска. Принцип приемлемого риска как раз и предполагает определение нижнего допустимого уровня безопасности и верхнего приемлемого уровня риска на основе соотношений «выгода–риск», «затраты–выгода».

До начала 1990-х годов в России основной концепцией по обеспечению техногенной и экологической безопасности была концепция нулевого риска. Чернобыльская авария показала неправомерность такого подхода, ввиду невозможности достижения абсолютной безопасности. На сегодняшний день концепция абсолютной безопасности признается неадекватной внутренним законам техносферы. Эти законы имеют вероятностный характер и, в соответствии с ними и законами термодинамики, нулевая вероятность

аварии имеет место лишь в системах, не обладающих запасом энергии, химически и биологически активных компонентов.

Именно по этим причинам, как и в большинстве стран мира, в России на сегодняшний день принята концепция приемлемого риска. Эта концепция формулируется, исходя из того факта, что полное исключение риска либо практически невозможно, либо экономически нецелесообразно. В соответствии с этим устанавливается рациональная безопасность, исходя из необходимости максимально возможного экономически оправданного снижения вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций и уменьшения масштабов их последствий.

В международной практике в настоящее время также принята концепция приемлемого риска, известная как принцип ALARA (As Low As Reasonable Achievable) – то есть настолько низко, насколько это достижимо в разумных пределах.

Сейчас уже хорошо известно, что обществу и отдельному человеку свойственно не только занижать риски, но и завышать их. Отдельного обсуждения заслуживают суждения, состоящие в преувеличении некоторых антропогенных воздействий на окружающую среду, в частности, таких, которые якобы приводят к глобальному потеплению.

Таким образом, за последние десятилетия туннель реальности, связанный с восприятием риска, как на индивидуальном, так и на общественном уровне, претерпел заметные изменения.

Для уменьшения риска наиболее приемлемым было бы принятие концепции неизбежности жизни с риском, активно развиваемой в настоящее время, в частности, специалистами Франции. Эта концепция отличается от рассмотренной выше теории У. Бека.

3.3. Факторы восприятия рисков

От восприятия риска, как экологического, так и техногенного, зависит его оценка, управление им, принятие мер по его предотвращению или снижению, а также выбор пути информирования людей о том и та ином риске.

Действие всех перечисленных факторов на восприятие риска можно изучать количественно, так поступают при проведении исследований, называемых психометрическими. Одновременно с этим пользуются методами факторного анализа. Каждому фактору приписывают взвешивающий коэффициент, который может

принимать дискретные значения (1, 2 и т. д.), соответствующие субъективным качественным оценкам влияния фактора («очень слабое», «слабое», «среднее» и т. д.) Затем выполняется анкетирование, в котором принимает участие несколько десятков или сотен опрашиваемых. Данные анкетирования подвергаются обработке с помощью одного из методов многомерной статистики (как правило, факторного анализа).

На рис. 6 представлены результаты факторного анализа, выполненного с привлечением методики главных компонент. Главные компоненты представляют собой первые две или три новые (обобщенные) координаты из полного списка этих координат, упорядоченного по вкладу каждой новой координаты в полную изменчивость (дисперсию) исходного массива данных.

Участникам эксперимента (опроса) предлагалось оценить собственное восприятие риска от различных событий и процессов. Были представлены как обычные события и процессы (курение, алкоголь, полеты на самолете, рентгенодиагностика и т. п.), так и экстраординарные (аварии на реакторах АЭС, действия с радиоактивными отходами, биогенетические эксперименты с ДНК, применение ядерного оружия)

В рассматриваемом случае, как следует из рис. 6, главная компонента F_1 зависит от десяти исходных факторов, а главная компонента F_2 – от пяти факторов. Перечни факторов, являющихся факторными нагрузками для главных компонент F_1 и F_2 , показывают, что в значение F_1 основную нагрузку вносят факторы **контролируемости** и **устрашения** риска а величину F_2 определяют, в основном, факторы **наблюдаемости** и **знакомства** с риском. Наибольшими положительными значениями компонент F_1 и F_2 характеризуются следующие события и процессы биотехнологии с ДНК, радиоактивные отходы, аварии на АЭС, испытания ядерного оружия. Как показывает рис. 6, соответствующим им точки расположены в той части правого верхнего квадранта диаграммы, которая отвечает большим положительным значениям величин обоих главных компонент.

Иллюстрацией того, что люди склонны легко мириться с источниками опасности, характеризуемым относительно большим риском, и в то же время часто переоценивают опасности, сопряженные со значительно меньшим риском служат результаты опроса, проведенного в США. Исследовалось восприятие риска американцами, представляющими три социальные группы. Первую группу составляли женщины (члены Лиги женщин – избирательниц),

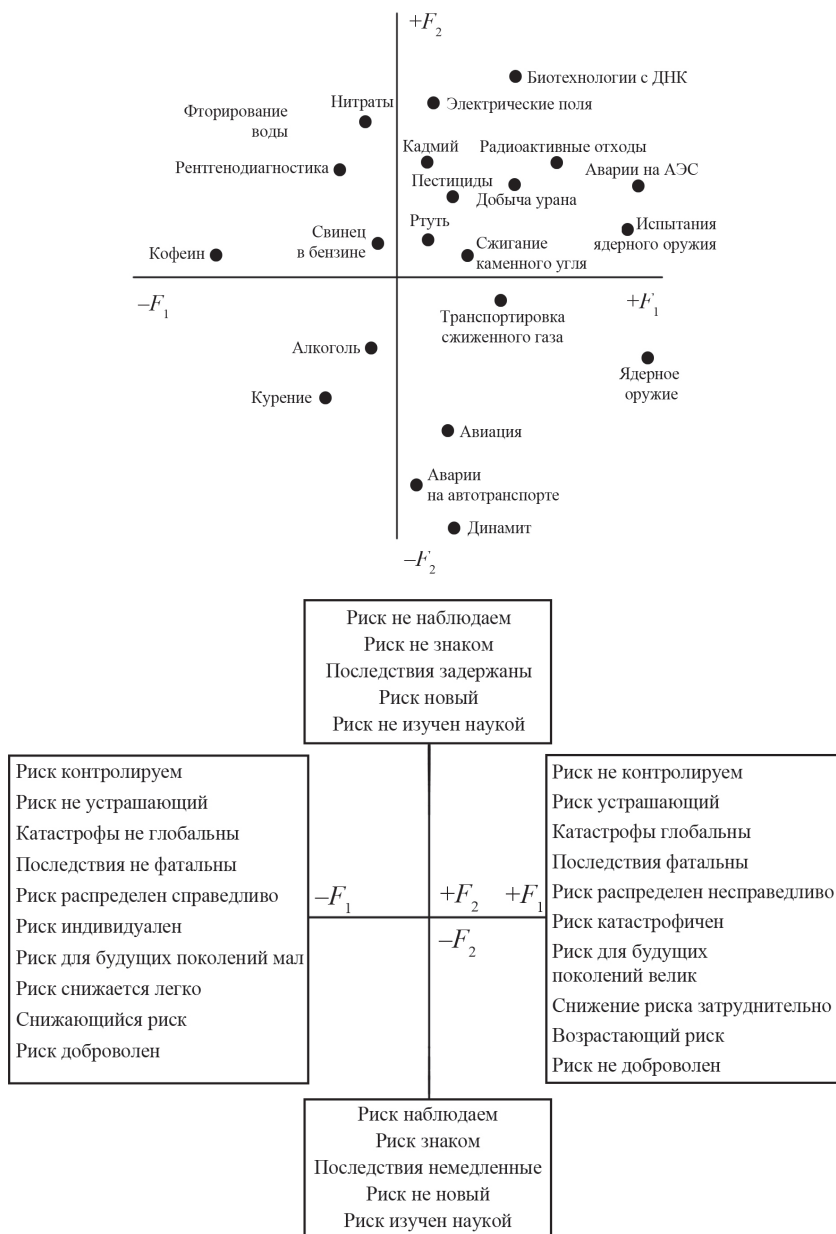


Рис 6. Результаты многомерной статистической обработки (факторного анализа) данных по восприятию рисков различных событий и процессов

вторую – студенты высших учебных заведений, третью – бизнесмены, т. е. представители деловых и промышленных кругов. Им предлагалось расположить в порядке убывания 30 возможных источников повышенной опасности. Статистические показатели по этим источникам сравнивались с усредненными результатами опроса. Результаты исследования представлены в табл. 4.

Таблица 4. Рейтинги восприятия источников повышенной опасности представителями трех социальных групп в сравнении со статистическими данными

Женщины	Студенты	Бизнесмены	Статистика
1. Ядерная энергетика	1. Ядерная энергетика	1. Огнестрельное оружие	1. Курение
2. Автомобили	2. Огнестрельное оружие	2. Мотоциклы	2. Алкоголь
3. Огнестрельное оружие	3. Курение	3. Автомобили	3. Автомобили
4. Курение	4. Пестициды	4. Курение	4. Огнестрельное оружие
5. Мотоциклы	5. Антибиотики	5. Алкоголь	5. Электричество
6. Алкоголь	6. Мотоциклы	6. Пожары	6. Мотоциклы
7. Авиация	7. Алкоголь	7. Работа в полиции	7. Плавание
8. Работа в полиции	8. Работа в полиции	8. Ядерная энергетика	8. Хирургические операции
9. Пестициды	9. Противоз. средства	9. Хирургические операции	9. Рентгеновское облучение
10. Хирургические операции	10. Пожары	10. Охота	10. Железные дороги
			20. Ядерная энергетика

Как следует из табл. 4, самые опасные с точки зрения людей события, угрожающие их здоровью и жизни, далеко не всегда являются таковыми на самом деле. Видно, что ядерная энергетика, которую женщины и студенты поставили на первое место, а бизнесмены – на восьмое место в последовательности убывания риска, занимает в действительности (по статистическим данным) двадцатое место. Таким образом, между предполагаемыми и реальными опасностями есть существенные различия, обусловленные неадекватным восприятием риска людьми.

Таким образом, на восприятие риска отдельным человеком или группой людей, в том числе и ученых, влияют довольно значительное число параметров.

Не вызывает сомнений, что восприятие опасных явлений должно быть активным, а не пассивным. Следует помнить, что опасные, в том числе катастрофические явления, – обычны для многих регионов Земли. Они являются составной частью динамики окружающей среды. К опасным явлениям нужно и, как показывает опыт, можно в значительной мере приспособиться, тем более, что почти все они приносят не только бедствия, но сопровождаются и некоторыми положительными последствиями.

Основная информация об опасных явлениях, существенно влияющих на восприятие риска, должна поступать в результате анализа данных мониторинга потенциально опасного объекта или явления. Важной составной его частью должны быть спутниковые наблюдения. Недооценка их роли некоторыми специалистами, ошибочное мнение о недостаточном разрешении изображений и отсутствие должной периодичности наблюдений объясняются лишь слабым знакомством этих специалистов с соответствующими разработками.

Продолжая тему, заметим, что **наиболее важными факторами любого типа риска**, в том числе и техногенного, влияющими на его восприятие, являются:

- 1) опасные природные и техногенные явления;
- 2) уязвимость населения;
- 3) социальный и природный фон развития опасных явлений;
- 4) реакция населения на опасные явления, степень подготовленности к ним.

Возможны, как следует из вышесказанного, и другие классификации, учитывающие, что риск от катастрофы, в том числе и техногенной, определяется двумя главными факторами:

- **самим опасным явлением (его спецификой, масштабом и т. п.);**

- **уязвимостью населения (его реакцией, организацией мер предупреждения и т. п.).**

Уязвимость населения зависит от целого ряда обстоятельств, в том числе – экономических, социальных этнокультурных психологических и др. Естественно, что все указанные факторы изменяются в пространстве и во времени. Поэтому их можно картировать. Использование карт риска позволяет спланировать меры по ослаблению последствий опасных явлений.

Таким образом, восприятие угрозы опасного явления окажется тем адекватнее (а с этим связано и снижение риска), чем полнее будут информированы население и администрация. Именно

отсутствие подобных сведений, например, о возможных сильных подземных толчках в Армении (даже сокрытие их от населения) явилось одним из факторов неподготовленности населения к встрече с катастрофой.

Поэтому, риск надлежит рассматривать как социальную конструкцию, создаваемую в конкретных социально-исторических, политических, экономических и природных (экологических) условиях.

3.4. Коммуникации технического и экологического риска

Определение и цели коммуникации риска. Коммуникация риска представляет собой целенаправленный процесс *обмена* сведениями о различных видах риска (технологического, экологического, риска для здоровья) между заинтересованными сторонами. Обмен сведениями может затрагивать:

- 1) *уровень* риска;
- 2) его *значимость* для здоровья человека и состояния среды обитания;
- 3) различные решения и действия (политические, административные, правовые, экономические), направленные на управление риском.

Заинтересованные стороны – это правительственные учреждения, промышленные предприятия, профсоюзы, средства массовой информации, ученые, общественные организации и отдельные граждане. Следует подчеркнуть, что приведенное выше определение предполагает процесс коммуникации риска не односторонним, а *интерактивным*, базирующимся на существовании и действии обратных связей, обеспечивающих взаимный обмен сведениями. В этом заключается отличие коммуникации риска от информирования о нем. По О. Ренн, основные задачи коммуникации риска состоят в следующем:

- сделать сообщения максимально простыми, чтобы все адресаты смогли понять его смысл;
- обеспечить условия для широкого обсуждения проблем риска с привлечением всех заинтересованных участников, в рамках демократического и эффективного процесса, направленного на разрешение конфликтов;
- создать предпосылки для того, чтобы убедить получателей сообщений изменить свое отношение к тому или иному виду риска.

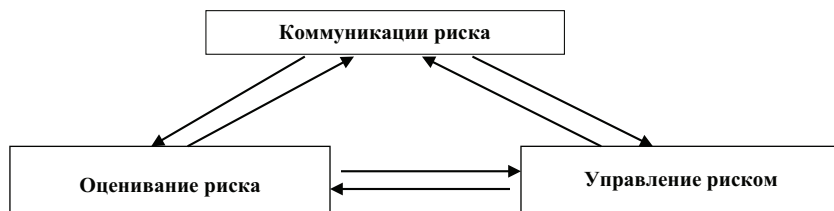


Рис. 7. Взаимосвязи между основными компонентами анализа риска и управления риском

Коммуникация риска является неотъемлемой частью более общего процесса – анализа риска. Взаимосвязь между основными компонентами анализа риска показана на рис. 7. Видно, что коммуникация риска имеет двусторонние связи с оцениванием риска и управлением им.

Инструментами управления риском выступают результаты образования (обучения), экономические и социальные мотивы, правовые ограничения. Выбор инструментов определяется уровнем риска (результатом процесса оценивания), техническими возможностями по его предотвращению или снижению, а также политическими и социальными критериями, определяющими приемлемый (допустимый) риск.

Формирование этих критериев зависит от процесса коммуникации риска. Действительно, представления о допустимом риске не могут сложиться без знаний и обмена мнениями о всех сторонах сопряженного с риском события, о его последствиях, о возможных альтернативах этому событию. Чем сложнее связанная с риском проблема, тем больше необходимо исходных сведений и больше подготовительной работы с тем, чтобы прийти к согласию и принятию соответствующего решения.

Таким образом, методология коммуникации риска позволяет аргументирование воздействовать на общественное мнение, ориентируя его на объективные, а не на эмоциональные или популистские оценки.

3.5. Технократический и социо-культурологический подходы к коммуникации риска

Научные исследования процессов, протекающих при формировании, передаче и приеме сообщений о риске, начались совсем недавно, в конце 80-х годов. Они показали, что эффективность подобных сообщений часто бывает низкой. Это обусловлено, прежде всего, тем, что люди, как правило, не понимают смысл таких выражений, как «увеличение индивидуального риска характеризуется величиной, не превышающей 10^{-6} », или «оценка частоты смертельных случаев составляет 10^{-5} в год», или «среднее сокращение ожидаемой продолжительности жизни, обусловленное данным риском, равно 60 дням». Если сообщения такого рода вполне обычны для специалистов, то для обывателей они звучат так, как будто написаны на иностранном языке. Но оказалось, что дело не только в отличии «жаргона» экспертов от обычного языка. Более глубокие различия были выявлены в самих подходах к коммуникации риска.

А. Плаф и С. Кримски выделяют два подхода к коммуникации риска – технократический и социолого-культурологический. Эти подходы сопоставляются в табл. 5.

Таблица 5. Технократический и социо-культурологический подходы к коммуникации риска (по Плафу и Кримски)

Технократический подход	Социолого-культурологический подход
Используются научные методы и доказательства.	Делается упор на демократические методы и политическую культуру.
Признается авторитет ученых и экспертов.	Признается роль опыта народной мудрости и традиций.
Границы анализа фиксированы и сравнительно узкие.	Границы анализа широки и охватывают аналогии и исторические прецеденты.
Риски деперсонифицированы, учитываются в основном статистические показатели.	Риски персонифицируются, учитывается их влияние на семью и общество.
Последствия сопряженных с риском событий могут не рассматриваться, если они не имеют четких характеристик	Непредвиденные или нечеткие риски подлежат рассмотрению

Технократический подход допускает возможность абстрактного анализа риска, вне связи с конкретными условиями и

обстоятельствами его проявления. Он оперирует с вероятно-статистическими оценками, вырабатываемыми специалистами. Сфера действия технократического подхода ограничена. Она практически закрыта для широких слоев населения. Вследствие этого чисто технократический путь коммуникации риска часто оказывается неприемлемым.

Социолого-культурологический подход, как показывает табл. 5, обладает рядом преимуществ. Главное из них состоит в том, что подвергающийся риску индивидуум рассматривается не изолированно, а ставится в центр социума. Результатом этого должно явиться чувство социальной защищенности, которое может изменить индивидуальное восприятие риска. Вместе с тем социолого-культурологический подход нуждается в услугах технократической элиты общества, поскольку лишь она способна выполнить профессиональное оценивание того или иного риска.

3.6. Коммуникации риска и средства массовой информации

Роль средств массовой информации (СМИ) в коммуникации экологического риска трудно переоценить, поскольку общеизвестно значение СМИ в жизни современного человека. Это значение непрерывно возрастает, что обусловлено рядом особенностей современных СМИ, которые характеризуются следующим.

1. Роль электронных СМИ растет при одновременном снижении значения печатных СМИ.

2. Развиваются как технические, так и организационные формы СМИ, что резко увеличивает объем передаваемой информации и сферу ее распространения.

3. Проявляется определенная «конвергенция» (сходимость) СМИ, выражающаяся в размытии прежде весьма четких границ между телевидением, радио и прессой.

4. Происходит интернационализация СМИ, включающая такие аспекты, как владение, финансирование, организация, производство, распространение продукции, содержание и объем информации, правовое регулирование.

Особое влияние СМИ на восприятие риска объясняется в рамках теории социального обучения. Согласно этой теории, последние достижения в развитии средств коммуникаций существенно повысили роль так называемого замещающего обучения, возникающего

в среде символов и базирующегося на этих символах. Это означает, что вместо непосредственных контактов с объектами с целью их изучения, люди все чаще знакомятся с представляющими эти объекты посредством образов (символов). В процессе замещающего изучения сравнительно легко происходит искажение подлинных знаний об объектах. Эффекты такого искажения широко используются в рекламе, когда требуется индуцировать явно приукрашенное представление о товаре.

Напротив, при описании какой-нибудь новой технологии довольно просто вызвать беспокойство последствиями ее применения. В результате формируется неадекватное отношение к технологическому и к часто связанному с ним экологическому риску.

В своих сообщениях о технологическом и экологическом рисках СМИ почти всегда делают упор на ущербе – в них говорится о материальных потерях, о заболеваниях, о человеческих жертвах, которые могут иметь место или уже где-то произошли. Однако эти сообщения обычно не упоминают о положительных результатах использования той же самой технологии в ряде других мест. Действительно, не бывает, чтобы информация об аварии самолета сопровождалась, например, таким дополнением: «Остальные самолеты (а их было несколько тысяч), выполнявшие свои рейсы в тот же день, благополучно приземлились в аэропортах назначениях». С точки зрения теории социального обучения, подобный сдвиг информации в негативную область будет неминуемо смещать реакцию регулярно принимающих ее индивидуумов в том же направлении.

Замещающее обучение способно внушать страх, и такое внушение будет иметь гораздо больший социальный эффект, нежели страх, возникший после непосредственного контакта с опасным событием, поскольку замещающее обучение, благодаря СМИ, затрагивает жизни огромных количеств людей

Таким образом, нельзя утверждать, что параллельно развитию СМИ происходит совершенствование процесса коммуникации риска. Ученые постоянно упрекают журналистов в том, что в их материалах есть искажения и смещены акценты, что они слишком упрощены, что это является следствием погони за сенсациями. Со своей стороны, журналисты жалуются на то, что ученые не дают им всех нужных сведений, употребляют слишком много непонятных терминов, а иногда вообще отказываются разговаривать или давать интервью.

Журналисты, представляя широкой публике информацию о риске, поднимают те вопросы, ответы на которые хочет получить большинство людей. К ним относятся вопросы о потенциально катастрофических событиях, степени их изученности, неопределенности понимания их природы и особенностей, возможности устранения научной неопределенности, распределении риска между нынешним и будущими поколениями и т. д. Все эти проблемы стоят и перед специалистами, работающими в области экологической безопасности и общественного здравоохранения. Однако анализ задач, решаемых СМИ и специалистами, работающими в области экологии и охраны здоровья, выявил ряд существенных различий.

Д. МакКоллам и Л. Сантос показали, что некоторые эти задачи противоречат друг другу, о чем говорит их сопоставление в табл. 6.

Специфика задач СМИ в процессе формирования связанных с риском сообщений приводит к неадекватному освещению событий. Известно, что СМИ склонны «сгущать краски», чтобы придать оттенок сенсации любому сообщению, если имеется хотя бы минимальный повод для этого. Помимо сенсационности, подчеркиваются разногласия между учеными в описании или объяснении сопряженных с риском событий, дефицит научных данных, их неточность и т. п.

Таблица 6. Задачи, решаемые средствами массовой информации и специалистами в области безопасности

Задачи средств массовой информации	Задачи в области безопасности
Информировать или развлекать.	Обучать.
Освещать кратковременные события.	Работать по долгосрочным программам.
Концентрироваться на наиболее «выпуклых» новостях и «жареных» фактах.	Обеспечивать понимание сложной информации.
Отражать события и процессы в обществе.	Изменять события и процессы в обществе.
Обращаться к озабоченности отдельной личности.	Обращаться к озабоченности всего общества.
Получать прибыль	Улучшать состояние окружающей среды и здоровья населения

Особый характер стоящих перед СМИ задач приводит к ограничению их возможностей в адекватной подаче информации. У этого ограничения есть свои объективные причины и состоят они в следующем.

Большинство журналистов работают в постоянном цейтноте, это лимитирует время для исследований и получения выверенных и более надежных сведений. Журналисты, за небольшим исключением, располагают слишком коротким телевизионным временем (или временем на радио) и малым объемом газетного (или журнального) текста, чтобы изложить сложность и неопределенность ситуации, связанной с риском. Понятие об объективности (истине) в журналистике и в науке не является абсолютно одинаковым.

Журналистам необходимо, прежде всего, выявить различия в противоречащих друг другу мнениях и честно осветить их, поэтому они достигают объективности путем сбалансированного представления противоположных точек зрения. Журналисты в значительной степени зависят от источников информации, они почти всегда полагаются на более доступные и склонные к открытости источники; те же источники, контакты с которыми затруднены или те, которые неохотно дают сведения, не освещаются СМИ вообще или очень мало. Наконец, среди журналистов весьма немногие имеют достаточный уровень образования, чтобы воспринять довольно сложные научные данные о риске или разобраться в дискуссиях специалистов о нем.

Д. Пауэлл и У. Лейсс отмечают существенность различий в языках, на котором говорят специалисты в области риска и обычные люди, к которым, естественно, относятся и журналисты. Эти различия характеризуются табл. 7.

Таблица 7. Различия между языком специалистов по оценке риска и обычным языком

Язык специалистов по анализу и оценке риска	Обычный язык
Опирирует с научными данными.	Базируется на интуиции.
Использует технический жаргон.	Использует простые и ясные выражения.
Рассматривает вероятности событий.	Ставит вопросы типа «ДА» или «НЕТ?».
Подразумевает, что знания о событии или процессе могут меняться.	Ставит вопросы типа «ТАК это» или «НЕ ТАК?».
Акцентирует сравнение рисков.	Делает упор на конкретные события.
Опирирует со статистическими, усредненными данными.	Имеет дело с последствиями, касающимися конкретного человека.
Руководствуется принципом «смерть есть смерть»	Руководствуется принципом «обстоятельства смерти имеют значение»

3.7. Необходимость совершенствования коммуникации риска

Очевидна необходимость повышения эффективности процесса коммуникации риска, для этого разрабатываются специальные рекомендации. Так, Д. МакКоллам и Л. Сантос полагают, что совершенствование этого процесса требует разработки особых программ, каждая из которых должна предусматривать следующие действия.

1. Понять сущность и изучить основные характеристики риска, сведения о котором будут распространяться.

2. Выявить особенности всех разновидностей аудитории (слушателей, зрителей или читателей), для которых предназначена информация. К этим особенностям относятся демографические и психологические характеристики, данные по восприятию риска и отношению к его источникам, пути и направления использования получаемых сведений.

3. Подготовить и апробировать сообщения. Последние должны быть такими, чтобы привлечь внимание всех разновидностей аудитории, стимулировать намерение изменить отношение к риску и обусловленному им поведению, указать конкретные способы и приемы изменения поведения

4. Организовать и передать сообщения. При этом необходимо точно рассчитать время передачи и ее дозировку, выбрать подходящие каналы передачи и тех лиц, которые будут непосредственно передавать информацию (телеведущие, журналисты, политические или общественные деятели, ученые, врачи и т. д.)

5. Закрепить воздействие сообщений и индуцированного ими изменение поведения. Это означает поощрение индивидуальных контактов телезрителей, радиослушателей или читателей, выявление и поддержку связанных с изменением поведения социальных сдвигов, оценку эффективности всех этапов программы

Перечисленные действия должны учитывать психологические факторы и механизмы восприятия риска, рассмотренные выше. Особое значение имеет так называемый «эффект обрамления» сведений о риске, влияние которого иллюстрируется следующим примером.

В одном из экспериментов испытуемым предлагалось представить, что у них выявлен рак легких, и необходимо выбрать один из двух методов лечения – хирургическую операцию или лучевую терапию. Участники опыта разделялись на две группы, каждая из которых получала одну и ту же информацию о методах лечения, но

подача этой информации была различной. Первую группу участников опыта знакомили с кумулятивными вероятностями, характеризующими процент выживших после лечения в зависимости от количества прошедших после него лет.

Второй группе представляли те же фактические данные, но в комментариях о них говорилось не о выживаемости, как в первом случае, а о смертности. Например, если участникам первой группы было сказано, что 68% подвергнувшихся операции проживут не менее года, то членам второй группы говорили, что после операции 32% больных умрут в течение первого года.

Аналогично переход к терминам смертности был сделан и при сообщении сведений о результативности лучевой терапии. Такое «обрамление» сведений о риске привело к тому, что число участников эксперимента, выбравших лучевую терапию, резко сократилось – с 44 до 18%. Этот пример – лишь один в ряду многочисленных исследований, показывающих, что различное (но логически эквивалентное) представление одной и той же информации о риске может вести к разным оценкам и решениям.

С 1988 г. Агентство США по охране окружающей среды использует в своей эколого-информационной политике так называемые **«семь кардинальных правил»**:

- 1) рассматривать общественность в качестве полноправного партнера и привлекать ее к участию в процессе коммуникации риска;
- 2) тщательно готовить все связанные с коммуникацией риска мероприятия и давать им оценку;
- 3) прислушиваться к мнению аудитории;
- 4) быть честными, искренними и открытыми;
- 5) сотрудничать и координировать действия с заслуживающими доверия источниками;
- 6) удовлетворять запросы средств массовой информации;
- 7) говорить ясно и с заинтересованностью.

Вводя эти правила, Агентство отмечало, что цель коммуникации риска заключается не в том, чтобы распространить беспокойство общественности или предотвратить какие-либо действия. Цель этого процесса – прийти к информированному обществу, подготовленному к диалогу и совместным действиям, заинтересованному в этих действиях, ориентированному на принятие конструктивных решений.

Сперва «семь кардинальных правил» предназначались для коммуникации химического риска, сейчас они рекомендуются для решения более общих проблем, связанным с экологическим риском.

Практика показала, что не все из перечисленных правил дают одинаковую эффективность. Так, обобщение деятельности по коммуникации риска органов общественного здравоохранения США выявило наивысшую степень эффекта у правил № 1 и № 5 при относительно слабом действии правила № 2.

Немецкие исследователи разработали собственные *рекомендации для вовлечения общественности в принятие решений, сопряженных с экологическим риском*. Они представляют собой следующее.

1. Стратегия коммуникации должна быть хорошо структурирована и тщательно подготовлена. Фактический материал, его интерпретация, мнения и выводы, а также оценки этих выводов должны рассматриваться и готовиться по отдельности, с учетом возможных изменений формы коммуникации на каждом этапе.

2. Стратегия коммуникации должна ориентироваться на диалог. Аудитория должна иметь возможность не только высказывать свое отношение к рассматриваемым проблемам, но также принимать участие в подготовке соответствующей программы и иметь доступ к тем, кто ответствен за экологическую политику.

3. В процессах всестороннего оценивания риска и последующего управления им должны учитываться трудности, стоящие перед теми, кто вырабатывает и принимает решения (администраторы, юристы и т. п.). Это подразумевает наличие доверия к властным структурам.

О том, насколько важна информированность людей о риске, связанным с производством ядерной энергии, можно судить на примере Франции. В настоящее время в этой стране три четверти всей электроэнергии вырабатывается на АЭС, ядерная энергетика стала здесь жизненно необходимой. На ряде французских АЭС ведется широкая просветительская работа с населением, проживающим в данной местности – устраиваются экскурсии и «дни открытых дверей», издаются популярные брошюры и буклеты, которые распространяются бесплатно. В результате удается формировать адекватное восприятие ядерного риска, о чем свидетельствуют результаты социологического опроса, проведенного во Франции в 1996 г.

Респондентам предлагалось оценить риск различных источников повышенной опасности. Обработка ответов позволила определить рейтинги этих источников, которые распределились следующим образом (см. табл. 8).

Таблица 8. Меры риска, вызываемые различными источниками

№ п/п	Источник риска	Мера риска	Примечание
1	Дорожные аварии	0,8	
2	Алкоголь	0,77	
3	Лесные пожары	0,74	
4	Курение	0,7	
5	СПИД	0,64	
6	Городские опасности, в т. ч. уличная преступность	0,62	
7	Озоновая «дыра»	0,58	Мера риска спорна
8	Бытовые аварии	0,52	
9	Изменение климата	0,52	
10	Химические заводы	0,46	
11	Транспортировка опасных веществ	0,42	
12	Промышленные аварии	0,33	
13	Ядерная энергетика	0,32	
14	Авиация	0,26	
15	Железные дороги	0,24	
16	Землетрясения	0,24	
17	Пожары в производственных помещениях	0,19	
18	Пожары в жилых помещениях	0,13	

Видно, что в списке рейтингов ядерная энергетика занимает тринадцатое место, ее показатель значительно ниже, чем у химических заводов, что отражает реальное соотношение между соответствующими факторами риска.

Глава 4. Оценка (оценивание) экологического и техногенного риска

Существует подход, согласно которому теория риска и теория управления риском должны рассматриваться как единое целое. Сторонники такой точки зрения считают, что это позволяет:

1) оценить, в какой степени современная наука готова исследовать проблемы безопасности в рамках соответствующей этой сфере деятельности самостоятельной научной дисциплины с присутствием только ей предметом исследования;

2) правильно отобрать идеи и расположить их в нужном порядке до того, как они будут изложены.

Есть еще одна точка зрения, заключающаяся в том, что при формировании концепции безопасности человека и окружающей его среды необходимо как обязательное условие учитывать, что теория риска является частью более общей концепции, определяющей общую стратегию развития общества.

Первые научные работы по отдельным элементам теории риска, его определению и оценке появились в XIX веке. Они уже содержали теоретическую систематизацию объективных знаний о действительности, но не позволяли описывать, объяснять и предсказывать процессы и явления действительности в области риска. Разработчики теории хорошо понимали, что для дальнейшего необходимо:

1) сформулировать концепцию, определяющую способ трактовки, понимания явлений и процессов в рассматриваемой сфере деятельности;

2) ввести термины и их определения, иначе говоря, разработать понятийный аппарат;

3) на основе сформулированной концепции построить методологию научного познания;

4) разработать методы практического или теоретического освоения действительности.

Двигаясь по этому пути, можно подойти к пониманию того, что называют критериями применительно к методологии риска. Это означает попытку построить теорию риска на основе разработки и обоснования набора критериев безопасности. Тогда центральным разделом теории должно явиться обоснование критерия безопасности.

Наиболее широко используемый сейчас главный критерий такой теории – это ожидаемая продолжительность жизни, определяемая как функционал от распределения частоты смертности по возрасту. Этот критерий учитывает условия жизни, включая безопасность, за длительный отрезок времени.

Таким образом, критериальный подход связывает вместе проблему безопасности и проблему риска. Одна из идей в данном случае состоит в том, что здесь просматривается междисциплинарный подход и модель множественности источников и, соответственно этому, множества рисков. И на этом пути нас поджидают следующие трудности:

1) различные источники опасности со своими распределениями вероятности по масштабу и скорости развития события;

2) различные объекты защиты со своими функциями чувствительности по отношению к данному виду воздействия;

3) различные методы предотвращения неблагоприятных событий, противодействия последствиям, методы их локализации, смягчения, ликвидации и т. п.

Из сказанного следует, что ни общей теории риска, ни теории оценки и управления риском в той степени, которые требуются для применения разработанных положений на практике, пока нет. Есть некая «лоскутная» картина, над которой предстоит еще много работать.

Подходы к оцениванию экологического и технического риска весьма разнообразны. Здесь, точно так же, как и в определениях, исходные позиции принципиально отличаются. Такая ситуация приводит к тому, что каждая область знания или деятельности, определяя риск «под себя», пытается разработать свои собственные методы его оценки. Подобного рода «отраслевой» подход малопродуктивен и не эффективен с точки зрения унификации наших знаний о риске.

Рассмотрим этот вопрос в двух аспектах:

1) общий взгляд на проблему;

2) наиболее распространенные подходы к оценке экологического и техногенного риска.

Выскажем следующее почти очевидное утверждение: условием успешной оценки рисков является *одновременный учет технических, природных и социальных компонентов*. К сожалению, на практике произвести этот учет в полной мере пока не удастся. Нет готовых универсальных формул, как, например, в механике Ньютона, в которой, взяв уравнения движения и разрешив их, мы получили бы требуемый результат.

Крупный специалист в области риска А. Адамс как-то сказал: «Если бы мы научились считать риски точно, то мы бы изобрели формулу человеческого счастья». Как известно, это невозможно.

«Подправим» Адамса и скажем, что в отдельных относительно простых случаях, риски можно весьма точно оценить. Проще всего это сделать в отношении технического риска, а при некоторых условиях и в некоторых других ситуациях, экологический риск можно подсчитать довольно точно.

Риски пытаются оценить практически все люди. Делают это они, опираясь на собственный опыт, имеющиеся знания, интуицию и т. д. При этом речь идет о качественной оценке. Для практики во многих случаях для людей вполне достаточно оказывается оценок

на уровне «*риск большой*», «*риск невелик*», «*а этим риском можно пренебречь*», либо «*риски выше*», либо «*риски ниже*».

Наука не отвергает качественных оценок и сама часто ими пользуется, но стремится также к получению количественных оценок. Есть ли количественные методы или процедуры подсчета риска и насколько они точны? Ответ тут утвердительный. Да, есть. Хотя достигаемая при этом точность во многих случаях оставляет желать лучшего. Но универсальных методов, приложимых для расчета любых видов риска, конечно, нет.

Объяснение состоит в том, что число ситуаций, в которых хотелось бы количественно оценить риск чрезвычайно велико, и они могут заметно отличаться друг от друга, так что, для каждой ситуации приходится рассчитывать риск по какой-либо подходящей методике. Иначе говоря, общих подходов к оценке риска пока не имеется.

За время существования науки о риске не было разработано методического аппарата, с помощью которого можно было бы количественно оценить его действенность и адекватность существующим угрозам и опасностям для населения, территорий и экономики и для отдельного человека. В практику теории риска вошла оценка неопределенности, полноты, достаточности и научно-технического уровня решения тех или иных конкретных задач. Однако методики таких оценок носит в основном качественный характер. Приведем **5 факторов, от которых может зависеть мнение людей.**

1) *Значимость последствий.* Ответы на вопросы, какие потребности будут удовлетворены и чем грозит неблагоприятный исход.

2) *Распределение угрозы во времени.* Люди терпимее относятся к мелким авариям, чем к крупным катастрофам, которые происходят гораздо реже.

3) *Контролируемость.* Человек готов идти на высокую степень риска в ситуации, когда он может предпринимать какие-то действия по снижению негативных последствий.

4) *Добровольность.* Люди готовы примириться с высокими рисками, если они приняты добровольно.

5) *Новизна.* Человек с большим доверием относится к старым, проверенным технологиям, чем к новым, о которых он ничего не знает.

Таким образом, на восприятие риска отдельным человеком или группой людей влияют довольно значительное число параметров.

4.1. Четыре основных метода оценки риска

1. *Инженерный метод* представлен, в основном, так называемым логико-вероятностным рассмотрением возможного сценария развития событий (ЛВ – теория, базирующаяся на применении Булевой алгебры, или алгебры логики). При этом пользуются понятием «дерева» событий.

2. *Модельный метод* представлен в литературе наиболее широко. В последние годы в этих моделях стали пользоваться термином «мерность». Имеется в виду одномерные, двумерные и даже трехмерные модели оценки рисков, например, при распространении загрязнений в атмосфере. Очень много моделей по оценке риска связаны с радиацией, или влиянием экологически опасных факторов на здоровье людей. Некоторые из этих моделей чрезвычайно громоздки и сложны, и определить их эффективность не представляется возможным.

3. *Метод экспертных оценок* оставляет много лазеек для получения «требуемого» результата при оценке. Здесь все зависит от честности ученых, проводящих такую оценку. Конечно, точность этой оценки невелика, потому что она является качественной, а не количественной и представляет собой некую сумму отдельных мнений.

4. *Метод социального опроса* тоже может только качественно определить доминирующее в этой группе людей отношение к риску и его величине. Тем не менее, этот метод имеет достаточно широкое распространение. Метод социального опроса может дать совершенно противоположные результаты в зависимости от постановки вопроса и групп людей, участвующих в опросе. Особенно ярко это проявляется при опросе мужчин и женщин.

Существуют оригинальные и мало известные методы оценки риска, а также методы, применяемые только для каких-то отдельных конкретных случаев. Разрабатываются и новые методы.

Наличие разных точек зрения вполне понятно, так как при расчете риска, сам риск определяется по-разному, о чем мы подробно говорили выше. Например, если риск определен как мера вероятности нанесения заданного ущерба, то конечный результат расчета будет сильно зависеть как от числа стартовых параметров, вводимых в расчет, так и от самого способа расчета риска.

В США существуют методики расчета риска возникновения аварий на промышленных предприятиях, в которых число входных параметров превышает тысячу единиц. При такой постановке вопроса на выходе можно получить любую желаемую величину. Это открывает путь манипуляции общественным сознанием.

Таким образом, при анализе и оценке риска могут использоваться самые разнообразные методические приемы. Каждый метод оценки риска разрабатывался под определенные виды задач и, конечно, не является универсальным. Поэтому каждый метод имеет свои преимущества и недостатки, что предопределяет ограниченные области их применения.

Для справки в следующих двух таблицах приведены некоторые экологические понятия, их смысл, размерность и диапазоны изменения, а также соответствие состояния технической системы с состоянием экосистемы. Эти понятия оказываются весьма полезными при оценке риска.

Таблица 9. Некоторые экологические понятия, их величины, характеристики и диапазоны изменения численных значений

Величина	Смысл	Размерность	Диапазоны изменения
Опасность источника воздействия	Вероятностный	Отсутствует	0–1
Экологическая безопасность	Относительный	Отсутствует	1–100
Экологический риск	Вероятностный	Отсутствует	0–1
Экологический риск в абсолютном смысле	Смысл состоит в указании возможных потерь	Денежное выражение либо число человеческих жертв, отнесенное к единице времени	Произвольные
Энергия	Мера движения и взаимодействия	$M L^2 T^{-2}$	Произвольные
Энтропия	В применении к оценке – мера неопределенности	В термодинамике размерность энтропии $M L^2 T^{-2} \theta^{-1}$. В оценке неопределенности энтропия – безразмерная величина.	Произвольные
Экологическая информация	Набор инструментальных и вычисленных данных (сведений) о состоянии и качестве окружающей среды	Размерность определяется размерностью рассматриваемых данных	Произвольные
Интенсивность воздействия источника экологической и техногенной опасности	Мощность	Энергия или масса в единицу времени через единицу площади	Произвольные

Таблица 10. Состояния технической системы и искусственной экосистемы и их соответствие

№ п\п	Состояние технической системы	Состояние экосистемы
1	Отсутствие техногенной деятельности	Экологически устойчивое состояние (ЭУС)
2	Штатное безаварийное функционирование промышленного предприятия	Экологическое возмущение первого порядка (ЭВ-1)
3	Аварийная ситуация	Экологически напряженное состояние (ЭНС)
4	Критическое состояние	Стресс
5	Аварии	Экологическое возмущение второго порядка (ЭВ-2)
6	Техногенные катастрофы	Экологическое возмущение третьего порядка (ЭВ-3)

Возрастание номера позиции в таблице 10 (1–6) соответствует росту уровня экологического риска от нуля до единицы.

Таблица 10 иллюстрирует также прямую связь между состоянием технической системы и угрозой возникновения экологических нарушений в природной среде. Аналогичная связь существует между понятиями технического и экологического риска.

Уровень экологических нарушений определяет порядок и значимость соответствующих членов в уравнениях, описывающих эволюцию экосистем, а значит, напрямую влияет на вид полученного решения.

Обычно расчет уровня экологического и техногенного риска ведется в определенной последовательности (расчетные этапы или шаги).

4.2. Количественная оценка зависимости «доза–эффект»

Модели. Как уже указывалось выше, дозозависимая реакция организма обычно определяется экспериментально на уровне достаточно высоких, явно действующих доз, а оценка реального уровня загрязнения осуществляется методом экстраполяции. В то же время, знания о характере поведения таких веществ на уровне малых доз часто являются не результатом научного доказательства, а следствием принятия той или иной научно-теоретической концепции.

По мнению ряда авторов, задача описания всего многообразия и сложности процессов, протекающих в организме, может быть решена на основе фундаментальных закономерностей, которым подчиняются биологические системы.

Гипотетическая схема взаимоотношений между дозой токсиканта и его воздействием показана на рис. 8.

Существуют два типа реакции организма на поступление химических веществ:

а) на поступление вещества, необходимого для жизни (биофилы – жизненно важные элементы);

б) вещества, не требуемого для жизнедеятельности (небиофилы – нежизненно важные элементы).



Рис. 8. Гипотетическая схема взаимоотношений между наблюдаемым эффектом (воздействием) и концентрацией поступающего вещества: а – биофилы; б – небиофилы

В случае (а) гомеостазис (оптимум) наблюдается между дозами C_2 и C_3 .

Ниже уровня C_2 существует дефицит питательного вещества, а в концентрациях выше C_3 вещество выступает уже в роли токсиканта. Необратимые изменения и смерть могут произойти ниже уровня C_1 и выше C_4 . В случае (б), когда поступают химические вещества, не требуемые для жизни, они выступают в качестве токсикантов при концентрациях выше C_3 , представляющих собой предельно допустимую концентрацию (ПДК).

«Доза–эффект»-модели применяют для описания взаимосвязи между дозой, концентрацией вещества в компонентах окружающей среды и ответом организма на поступление токсиканта. Это взаимодействие строится на разумных допущениях, основанных на том, что наблюдаемый эффект вызывается известным токсическим агентом, или же вводится характеристика вероятности на появление этого эффекта в ответ на поступление химического вещества. Численное и графическое выражение взаимосвязей в системе «доза–эффект» основывается на следующих предположениях:

- 1) эффект (ответ) есть функция концентрации токсического агента в зоне воздействия;
- 2) концентрация токсиканта в зоне воздействия есть функция дозы;
- 3) эффект и доза причинно зависимы.

В токсикологических исследованиях и биопробах принят **индекс токсичности**, который определяет меру чувствительности организма на поступление токсиканта и связан прямо или косвенно с биохимическими, физиологическими или поведенческими функциями, уже установленными или реально предполагаемыми. Одним из таких индексов является квантальный (количественный), ответ типа «*все*» или «*ничего*». Например, смерть организма или количество смертей в популяции под воздействием поступления загрязняющего вещества. Такой подход используется в случаях, когда количественная характеристика эффекта затруднена или невозможна. На практике летальность представляет собой действительно точную и несомненную меру токсичности, и этот показатель широко используют для оценки «доза–эффект»-взаимосвязей в популяциях организмов.

Если эффект квантальный, то должен существовать определенный уровень доз или концентраций, ниже которых (при постоянных условиях окружающей среды) эффект не проявляется, а выше – обязательно проявляется. Этот уровень обычно определяется как

уровень толерантности. Более полезно, однако, рассматривать распределение уровней толерантности для всей популяции тест-организмов. Такая ситуация может быть представлена в виде распределения уровней толерантности, $f(D) dD$ наряду с соответствующим кумулятивным распределением $P(D)$ при воздействии на популяцию токсиканта в дозе D_1 :

$$P(D_1) = \int_0^{D_1} F(D) dD.$$

Функция $P(D)$ отражает взаимоотношения в системе «доза–эффект» для всех популяций при условии, что эффект является квантовым по своей природе, а воздействие определяется как отсутствие эффекта.

Учитывая ограниченность существующих к настоящему времени знаний о механизме процессов, протекающих в организме, а также сложность математического аппарата, применяемого для описания токсических эффектов, становится очевидным, что получить точное и в то же время достаточно простое математическое выражение, которое связывает величину эффекта с уровнем и продолжительностью воздействия (зависимость «доза–время–эффект»), можно лишь в рамках определенных ограничений – как по механизму, так и по экспериментальным условиям.

Так, при относительно длительном воздействии токсического вещества в стабильных уровневых условиях зависимость «доза–время–эффект» выражается следующим уравнением:

$$E = E_m - \exp[-k^n A C^n (t_{\text{общ}} - t_{\text{равн}})], \quad (1)$$

где E – токсический эффект при данной концентрации и данном времени воздействия;

E_m – максимальный эффект;

n – стехиометрический коэффициент биологической реакции;

k – константа скорости лимитирующей реакции;

$t_{\text{общ}}$ – общее время воздействия ксенобиотика;

$t_{\text{равн}}$ – время установления равновесия между концентрациями ксенобиотика во внешней среде и в организме;

A – коэффициент распределения организм – окружающая среда;

C – концентрация токсического вещества в окружающей среде.

Это уравнение применимо для веществ общетоксического действия. Для химических веществ, обладающих избирательной токсичностью, необходимо ввести в экспоненциальный множитель дополнительный коэффициент, учитывающий эту специфичность.

Для практического применения системы оценки риска пользуются более простыми формулами, основными из которых являются следующие:

1) Линейная или линейно-экспоненциальная модели.

$$Risk = UR \times C \times t; \quad (2)$$

$$Risk = 1 - \exp(-UR \times C \times t), \quad (3)$$

где *Risk* – риск возникновения неблагоприятного эффекта, определяемый как вероятность возникновения этого эффекта при заданных условиях;

C – реальная концентрация (или доза) вещества, оказывающая воздействие за время *t*,

UR – единица риска, определяемая как фактор пропорции роста риска в зависимости от величины действующей концентрации (дозы).

2) Пороговая модель предполагает наличие порога, ниже которого изучаемый фактор практически не действует.

$$Risk = H(C - Ct), \quad (4)$$

где *H* – функция Хевисайда ($H(x) = 0$ при $x < 0$ и $H(x) = 1$ при $x > 0$);

C – концентрация воздействия;

Ct – пороговая концентрация.

3) Модель индивидуальных порогов действия (нормально-вероятностное распределение частоты эффектов) впервые использована и с успехом применяется для определения острой токсичности химических веществ. Однако может быть использована и в ряде других случаев.

Фактически, выбор модели зависит от той концептуальной системы, которая принята для оценки риска. На территории России применяются следующие:

- система гигиенического регламентирования (система предельно допустимых концентраций – ПДК);
- метод оценки риска, разработанный Агентством по окружающей среде США (EPA US);
- методы оценки риска, основанные на отечественных принципах гигиенического регламентирования вредных факторов окружающей среды.

Система ПДК:

- принцип пороговости распространяется на все эффекты неблагоприятного воздействия;
- соблюдение норматива (ПДК и др.) гарантирует отсутствие неблагоприятных для здоровья эффектов;

– превышение норматива может вызвать неблагоприятные для здоровья эффекты, при этом отсутствует практический механизм определения конкретных форм этих эффектов и их количественного выражения.

В качестве примера приведем подходы к оценке загрязнения атмосферного воздуха, основываясь на «Санитарно-гигиенических нормативах загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест и правилах их применения» (М., 1990).

Основные примеси, которые разрешены к использованию в промышленности и выбросу в атмосферу, обеспечены соответствующими медико-экологическими регламентами (ПДК). Если содержание вредных примесей не превышает указанные регламенты, то это расценивается как ситуация, при которой риск неблагоприятных для здоровья эффектов отсутствует. В том случае, когда загрязнение превышает эти нормативы, то вычисляется суммарный показатель загрязнения (Р), а степень медико-экологического неблагополучия оценивается в соответствии с табл. 11.

Таблица 11. Оценка загрязнения атмосферного воздуха

Оценка загрязнения воздуха	Величина индекса Р при числе веществ, загрязняющих воздух			
	2–4	5–9	10–20	>20
Допустимая	≤ 2	≤ 3	≤ 4	≤ 5
Слабая	> 2–4	> 3–6	> 4–8	> 5–10
Умеренная	> 4–8	> 6–12	> 8–16	> 10–20
Сильная	> 8–16	> 12–24	> 16–32	> 20–40
Очень сильная	> 16	> 24	> 32	> 40

4.3. Общий взгляд на проблему оценки риска здоровью населения

Отдельно стоит вопрос об оценке риска здоровью человека в различных ситуациях. Оценка риска здоровью является естественной поведенческой реакцией человека и сопровождает его с первых дней и до смерти. Поведение человека, как сознательное, так и рефлекторное, основано на оценке ситуации во взаимосвязи с возможными отрицательными последствиями. На оценке риска здоровью базируется вся система информационной связи человека с окружающим его миром.

Рассмотренные выше понятия опасности и безопасности связаны, прежде всего, с информацией о риске нашему здоровью.

Принято считать, и к этому есть весьма веские основания, что загрязнение окружающей среды создает опасность для здоровья человека. Основанием для такого суждения служат:

1) многочисленные жалобы населения, проживающего в условиях загрязненной окружающей среды, на неприятные запахи, головные боли, общее плохое самочувствие и другие дискомфортные состояния;

2) данные медицинской статистики, свидетельствующие о тенденции к росту заболеваемости на загрязненных территориях;

3) данные специальных научных исследований, направленных на количественное определение связи между загрязнением окружающей среды и его влиянию на организм.

В связи с этим, оценка риска здоровью человека, который обуславливается загрязнением окружающей среды, является в настоящее время одной из важнейших медико-экологических проблем.

Успех многих проектов, реализуемых в практике госсанэпиднадзора и других медицинских и экологических организаций, во многом зависит от того, насколько они обеспечены информационно и методически. В настоящее время, в связи с бурным развитием современных информационных технологий, мы довольно часто сталкиваемся с парадоксальной ситуацией, когда специалист, занимающийся решением конкретной профессиональной задачи, довольно легко может получить большое количество информации по интересующему его вопросу и при этом остаться без каких-либо определенных знаний.

Постановление «Об использовании методологии оценки риска для управления качеством окружающей среды и здоровья населения в Российской Федерации» № 25 от 10.11.97 и ряда других нормативно-методических документов МЗ РФ, является методологически важным и практически необходимым решением.

Однако существует значительная неопределенность в том, что собственно входит в понятие риска для здоровья, и как можно установить и количественно охарактеризовать воздействие загрязняющих веществ на человека. Так, например, если Рекомендации Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ, 1978) определяют риск как «ожидаемую частоту нежелательных эффектов, возникающих от заданного воздействия загрязнителя», то Американское Агентство Охраны Окружающей Среды (EPA US) характеризует его как «вероятность повреждения, заболевания или смерти при определенных обстоятельствах».

Иначе говоря, проблема заключается в определении того, что следует вкладывать в понятие риска для здоровья человека.

В Уставе ВОЗ указывается, что здоровье населения следует понимать как «состояние полного физического, духовного и социального благополучия, а не только, как отсутствие болезни или физических дефектов». Универсальные критерии оценки здоровья человека до настоящего времени, к сожалению, не разработаны, а его характеристики оцениваются достаточно широким кругом известных показателей.

Действующая в России государственная система нормирования факторов окружающей среды сориентирована на то, что медико-экологическое регламентирование должно не только обеспечивать предупреждение появления заболеваний среди населения, но и создавать наиболее комфортные условия жизни. Именно поэтому, например, более 60% загрязнителей атмосферного воздуха имеют ПДКм.р, обоснованные по порогу запаха, а нормирование примесей для питьевой воды невозможно без определения ее органолептических свойств. Это значит, что и в системе оценки риска следует, в первую очередь, ориентироваться на вероятность нарушения здоровья, к факторам которого относятся и вышеуказанные эффекты, а не только появление заболеваний.

Основой для установления безопасных уровней воздействия загрязнителей окружающей среды является концепция пороговости вредного действия, постулирующая, что для каждого агента, вызывающего те или иные неблагоприятные эффекты в организме, существуют и могут быть найдены дозы (концентрации), при которых изменения функций организма будут минимальными (пороговыми). Как известно, пороговость всех типов действия – ведущий принцип отечественной гигиены. Под порогом понимается порог вредного действия, как правило, на организменном уровне.

В целостном организме проходят процессы приспособления и восстановления биологических структур и повреждение развивается только тогда, когда скорость процессов деструкции превышает скорость процессов восстановления и приспособления.

В действительности величина пороговой дозы будет зависеть от следующих моментов:

- индивидуальной чувствительности организма;
- показателя, выбранного для ее определения;
- чувствительности использованных методов и т. п.

Кроме того, разные люди по разному реагируют на одни и те же воздействия, и индивидуальная чувствительность каждого человека также подвержена значительным колебаниям.

Таким образом, одни и те же уровни загрязнения окружающей среды дают часто далеко неоднозначную реакцию как у населения в целом, так и у одного и того же человека. С другой стороны, чем выше чувствительность методов, тем ниже порог. Теоретически даже незначительные количества биологически активных веществ будут вступать в реакцию с биосубстратами и, следовательно, будут действующими. Основной вопрос заключается в оценке вредности таких реакций – являются ли они действительно вредными или не выходят за пределы колебаний, встречающихся в нормальной жизнедеятельности.

Исходное предположение заключается в том, что вероятность неблагоприятного для здоровья эффекта зависит от уровня воздействующей концентрации (или дозы) загрязнителя.

Оценка воздействия может осуществляться по принципу гарантированного отсутствия неблагоприятного эффекта (максимальные недействующие концентрации или дозы) или по принципу обнаружения начальных признаков токсического эффекта (минимальные действующие концентрации или дозы). Между порогами, определенными этими способами находится зона неопределенности, размер которой весьма различен для разных веществ.

Для ряда загрязнителей, обладающих, например, специфическим действием (канцерогенным, иммунотоксическим, эмбриотропным и т. д.), практически невозможно определить порог воздействия, так как даже незначительные его количества уже способны вызвать этот эффект. При этом дозо – зависимая реакция организма обычно определяется экспериментально на уровне достаточно высоких, явно действующих доз, а оценка реального уровня загрязнения осуществляется методом экстраполяции. В то же время, знания о характере поведения таких веществ на уровне малых доз часто является не результатом научного доказательства, а следствием принятия той или иной научно-теоретической концепции или экстраполяции.

Значительные проблемы возникают при попытке оценивать опасность загрязнения окружающей среды по уровню заболеваемости на территории этого загрязнения, так как не все население реагирует в равной степени на эти загрязнения. Всегда имеются более или менее чувствительные группы населения. Обращает на

себя внимание тот факт, что, чем выше значимость влияния, тем для меньшей доли населения она характерна. С другой стороны, чем менее ярко проявлен эффект, тем больше размер группы риска. Иными словами, численность группы населения, которая имеет функциональные изменения, выходящие за пределы физиологической нормы, всегда больше по размеру, чем численность группы, заболевшая от неблагоприятного воздействия.

Изучение механизмов реакции организма на воздействие загрязнения окружающей среды показывает, что рост уровня заболеваемости при этом носит нелинейный характер. Первоначальная реакция организма проявляется в стимуляции выведения и обезвреживания вещества, что практически никак не сказывается на статистике заболеваемости. В дальнейшем, в силу перенапряжения защитных систем этого уровня, происходит торможение данных процессов, что сопровождается почти скачкообразным ростом уровня неспецифической патологии. По мере роста воздействия включаются механизмы адаптации, что приводит к стабилизации уровня заболеваемости и иногда даже к ее снижению. Далее происходит срыв механизмов неспецифической адаптации и очередному скачку уровня заболеваемости. Картина биологических ответов на еще более высоких уровнях воздействия аналогична.

Таким образом, можно сделать вывод, что по мере загрязнения окружающей среды качественно меняются биологические механизмы противостояния этому воздействию и это сопровождается скачкообразным изменением уровня заболеваемости. При этом изучение заболеваемости населения хотя и помогает определить риск неблагоприятного влияния загрязнения окружающей среды, однако результаты такого изучения не могут служить его полноценной мерой. Медико-экологическое регламентирование должно не только обеспечивать предупреждение появления заболеваний среди населения, но и создавать наиболее комфортные условия жизни.

Практика проведения медико-экологических инициатив в области охраны окружающей среды предполагает учет, как минимум, двух типов риска:

1) риск загрязнения, рассматриваемый как вероятность загрязнения окружающей среды в результате плановой или аварийной деятельности промышленных предприятий (экологический и техногенный риск);

2) риск для здоровья, который характеризует собой вероятность развития у населения неблагоприятных для здоровья

эффектов в результате реального или потенциального загрязнения окружающей среды.

Последний из указанных типов риска является предметом изучения специалистов в области медицинской экологии. И тот, и другой риск по традиции в области медицинской экологии подразделяют на *реальный и потенциальный*.

Реальный риск – это количественное выражение ущерба общественному здоровью, связанного с загрязнением окружающей среды, в величинах дополнительных случаев заболеваний, уменьшения продолжительности жизни, смерти и др. Обычно определяется эпидемиологическими методами при оценке существующих ситуаций или при ретроспективных исследованиях.

Потенциальный риск – риск возникновения неблагоприятного для человека эффекта, определяемый как вероятность возникновения этого эффекта при заданных условиях. Может выражаться в процентах, долях единицы или в случаях на 1000, 10000 и т. д. человек.

Хорошо известно, что установление причинно-следственных связей в системе «среда–здоровье» требует проведения весьма объемных исследований в течение достаточно длительного периода даже в случае изучения влияния единичного фактора. При комбинированном действии различных агентов решение задачи усложняется и требует еще больших усилий.

В связи с этим принятие оперативных управленческих решений в области охраны окружающей среды на основе лишь установления причинно-следственных связей является не всегда возможным. Кроме того, значительное количество исследований, проведенных в области разработки методов установления такого рода связей, выполненных авторитетными специалистами, не позволяют, как правило, использовать их результаты в практике государственного санитарного надзора, так как они сложны, слабо сориентированы на реальные возможности практических врачей и не предлагают четкого алгоритма использования этих рекомендаций в практике. Вместе с тем длительное наблюдение и анализ факторов среды обитания человека и его здоровья в рамках единого информационного пространства, как это осуществляется в системе социально-гигиенического мониторинга, способны создать основу для использования результатов этого вида работ и для решения перспективных задач.

Расчет потенциального риска, на наш взгляд, наиболее успешно может быть использован для оперативной медико-экологической

оценки качества окружающей среды. В этом аспекте оценка потенциального риска имеет свои преимущества, так как она сориентирована на конкретный «управляемый» (известный и измеряемый) фактор среды. По сути дела, практическое использование расчета потенциального риска в нашей стране началось достаточно давно, с внедрением концепции ПДК, когда врач-гигиенист получил возможность, опираясь на цифры содержания вредных примесей в объектах среды обитания человека, судить о допустимости тех или иных ситуаций.

Дальнейшее развитие такого подхода позволило ранжировать уровни загрязнения на несколько степеней – от допустимой (или приемлемой) до чрезвычайно опасной, ориентируясь на кратность превышения норматива. В современных условиях специалисту необходимо отвечать на более сложные вопросы, что требует дальнейшего развития концепции риска. Так, система оценки риска здоровью должна органично вливаться в систему общего управления и принятия решений в административной практике, риск должен измеряться, иметь стоимость, быть понятен по смыслу чиновникам и общественности, позволять проводить сравнения (а, следовательно, выбор решений) и нормирование.

4.4. Сценарии расчета риска: Сценарий первый

Нормирование качества природной среды заключается в установлении пределов допустимых изменений ее свойств. Нормы должны устанавливаться по реакции самого чувствительного организма-индикатора, но практически наиболее часто устанавливают санитарно-гигиенические или экономически целесообразные нормативы.

В качестве количественной меры загрязнения природной среды в России и ряде других стран используются предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, воде и почве, устанавливаемые санитарно-гигиеническими методами. Разработаны и утверждены ПДК химических веществ в воздухе рабочей зоны производственных помещений и населенных мест (среднесуточные и максимально разовые), для рыбохозяйственных и культурно-бытовых водоемов и почвы. Качество природной среды по уровню загрязнения считается удовлетворительным при соблюдении двух основных условий: концентрации индивидуальных загрязняющих веществ C_i должны быть меньше их ПДК:

$$C_i \leq \text{ПДК}_i. \quad (5)$$

При наличии группы веществ однонаправленного действия, одновременно присутствующих в воздушной среде сумма отношений их концентраций должна быть меньше единицы:

$$\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \leq 1. \quad (6)$$

Это условие для водохранилищ определяется исходя из лимитирующих показателей вредности (ЛПВ), которые могут быть: общесанитарными (ОС), санитарно-токсикологическими (СТ), органолептическими (ОЛ) и токсикологическими (Т).

В сопоставлении со значениями ПДК, экологическую обстановку характеризуют по степени неблагоприятия в соответствии с табл. 12.

В настоящее время количество загрязняющих веществ, поступающих в природную среду, превысило возможности методов прогнозирования эффектов их комбинированного действия, что требует разработки и введения интегральных показателей, отражающих отклик наиболее чувствительных элементов системы.

Таблица 12. Классификация экологической обстановки

Обстановка	Критерии оценки обстановки
Относительно удовлетворительная	$C_i \leq \text{ПДК}_i$ для всех i веществ
Напряженная	$C_i \approx 10 \text{ ПДК}_i$
Критическая	$C_i \approx (20-30) \text{ ПДК}_i$
Кризисная (чрезвычайная экологическая ситуация)	$C_i > 50 \text{ ПДК}_i$ Устойчивые отрицательные изменения в природной среде. Исчезновение отдельных видов животных и растительности. Угроза здоровью человека
Критическая (экологическое бедствие)	Глубокие необратимые изменения в природной среде. Нарушение равновесия, деградация флоры и фауны, потеря генофонда. Ухудшение здоровья людей

В то же время необходимо отметить, что ПДК строго ориентированы на человека, обеспечивая, на уровне современных научных воззрений, сохранение здоровья настоящего и будущих поколений. Это не значит, что таким же образом сохраняется нормальная

жизнедеятельность биоты. Достаточно сопоставить допустимые уровни загрязнения атмосферного воздуха для человека ПДКм.р. и растений для наиболее часто встречающихся в урбанизированных регионах загрязняющих веществ, табл. 12.

Из данных табл. 13 видно, что растительность оказывается значительно чувствительнее к химическому загрязнению воздуха, чем человек. Эти данные подтверждаются и исследованиями по сохранности хвойных лесов в окрестностях Санкт-Петербурга. Так, если принять величину предельно допустимой экологической нагрузки, отвечающей за 90% сохранности хвои за норму, то она достигается лишь на расстоянии около 60 км от центра города.

Таблица 13. Концентрации химических веществ в атмосферном воздухе, безопасные для человека и растений

Вещество	ПДКм.р для человека	ПДК для растений	Кратность превышения
Оксиды серы	0,5	0,02	25 : 1
Оксиды азота	0,4	0,02	20 : 1
Аммиак	0,2	0,05	4 : 1
Метанол	1,0	0,20	5 : 1
Бензол	1,5	0,10	15 : 1

ПДК не отражают и токсикологическую нагрузку на экосистему в целом, так как не учитывают процессы аккумуляции вещества в биологических объектах. Например, при концентрации ДДТ в воде 0,004 млн долей, в конце трофической цепи на 1 кг веса бакланов приходится уже 26,4 млн долей. Значит, отклик экосистемы на загрязнение воды не адекватен первоначальной оценке. ПДК устанавливаются для различных компонентов природной среды и не коррелируют между собой. В результате даже специалисту трудно ответить на вопрос, что будет опаснее для биоты: выброс загрязняющего вещества в атмосферу или искусственный перевод его в жидкую фазу. Такой «односредовый подход» стимулирует «игру в токсичные оболочки» путем применения мокрой очистки выбросов в атмосферу с образованием загрязненных сточных вод; реагентной очистки стоков с образованием токсичных шламов; сжигание осадков, сопровождающееся загрязнением атмосферы, в том числе высоко токсичными диоксинами.

Таким образом, нормирование, то есть процедура поддержания экологического риска на приемлемом уровне с помощью ПДК не стимулирует ограничение выделения токсичных отходов любого

агрегатного состояния, а направлено на локальную защиту отдельных компонентов природной среды, а не всей экосистемы в целом.

И еще один аспект необходимо отметить. ПДК не учитывают региональные климатические условия. Они едины для всей страны и для любого времени года, что не отвечает физико-химическим закономерностям поведения вещества в природной среде. Величина ПДК определяется химической активностью, реакционной способностью вещества, которые, в свою очередь, зависят от температуры, влажности, наличия катализаторов и связаны таким образом с региональными условиями и временем года.

На основании вышеизложенного напрашивается вывод, что ПДК и производные от них нормативы ПДВ – предельно допустимый выброс в атмосферу, ПДС – предельно допустимый сброс в водные объекты, ПДРО – предельно допустимое размещение твердых отходов недостаточно корректно отражают реальную техногенную нагрузку на природную среду. ПДК – сугубо санитарно-гигиенические, антропоцентрические нормативы, которые не могут адекватно оценить уровень техногенного и экологического риска и экологической безопасности. Назрела необходимость разработки новых методов, базирующихся на более адекватных критериях.

Однако, в настоящее время концепция ПДК не только является общепринятой в России, но и заложена во все нормативно-правовые документы. Таким образом, при всей обоснованности критики в ее адрес, эта концепция пока остается основной, хотя и не препятствует применению других методов для оценки экологического риска и управления экологической безопасностью.

4.5. Сценарии расчета риска: Сценарий второй

В этом методе нормирование техногенных воздействий, а значит поддержание экологического риска на приемлемом уровне, на природную среду при помощи санитарно-гигиенических нормативов ПДК реализуется через их производные: предельно допустимые выбросы в атмосферу (ПДВ) и предельно допустимые сбросы в водные объекты (ПДС). Этот вид нормирования основывается на обеспечении значений ПДК на границе санитарно-защитной зоны предприятия или в расчетном створе водного объекта. Нормы образования и размещения твердых отходов определяются на основе комплексного анализа технологических процессов и региональных характеристик природной среды.

При проектировании технологических процессов (видов хозяйственной деятельности) в обязательном порядке разрабатывается специальный раздел «Оценка воздействия на окружающую среду» (ОВОС), в котором обобщаются данные об источниках образования газопылевых, жидких и твердых отходов, способах их отведения в природную среду, составе и эффективности работы очистных сооружений. В ОВОС приводится также перечень мероприятий по защите природной среды при нормальных условиях эксплуатации и при неблагоприятных метеоусловиях; защите атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, почвы, недр, флоры и фауны.

Главное достоинство такого подхода состоит в создании научно обоснованной системы принятия решений об экологическом риске, связанном с реализации проектов, хозяйственной деятельности, которая может негативно воздействовать на природную среду. ОВОС является основным документом, содержащим в обобщенном виде все материалы, необходимые для проведения государственной экологической экспертизы.

Для действующих предприятий и хозяйственных объектов оценка их экологической опасности производится методами экологического аудирования и на основе специальных исследований.

Так для оценки риска загрязнения поверхностных водных объектов используется методика, основанная на том положении, что опасность хозяйственного воздействия на водный объект измеряется объемом свежей воды необходимой для восстановления, вызванного этим нарушением естественного баланса водной системы. Этот объем складывается из потребного количества воды для разбавления сточных вод и пополнения безвозвратно изъятых вод, скорректированных соответствующим коэффициентом экологической значимости воздействия. В основе расчетов лежит следующая формула:

$$Q_i = K_i V_i + (M_i / N_i), \quad (7)$$

где Q_i , тыс. м³/час – опасность i -го вида нарушения; K – коэффициент экологической значимости i -го вида нарушения; V , тыс. м³/час – объем стока i -го вида нарушения или объем безвозвратного водопотребления; M_i – величина i -го вида нарушения; N_i – нормативное значение. M_i / N_i , тыс. м³/час – кратность разбавления, то есть расход воды в водном объекте, необходимой для разбавления M_i до N_i .

Из всех видов опасности хозяйственных воздействий, нарушающих естественный режим водных объектов, для оценки уровня экологического риска из табл. 8 выбираются соответствующие данные.

В качестве примера применения метода рассмотрим химическое загрязнение водного объекта промышленными сточными водами, отводимыми после заводских очистных сооружений в количестве 4078 м³/час.

Химический состав сточных вод по ингредиентам, контролируемым заводской лабораторией и расчет потребности в воде для разбавления стоков в водоеме O_i по формуле (24), а также значения приоритетов загрязняющих веществ представлены в табл. 14.

Таблица 14. Виды хозяйственных воздействий и их характеристики

Виды воздействий	Коэффициент экологической значимости K_i	Величина M_i	Нормативное значение N_i
Механическое загрязнение, взвеси	0,002	мг /дм ³	25 мг /дм ³ (без учета фона)
Термическое загрязнение	0,080	градус С	°С
Безвозвратное водопотребление	0,200	тыс. м ³	(0,3 речного стока 95% обеспеченности)
Биологическое загрязнение	0,300	колли-индекс	50 ед. /дм ³
Химическое загрязнение	0,400	мг / дм ³	ПДК _и , мг /дм ³

Таблица 15. Характеристика сточных вод (мг/дм³), потребность в разбавлении (тыс. м³/час) и приоритеты загрязняющих веществ

Состав	M_i	ПДК _и	O_i	Приоритет
Взвешенные вещества	111,8	25	4,480	6
Сухой остаток	490,0	1000	2,121	11
ХПК	496,0	30	18,164	4
БПК _п	82,33	3	28,663	3
Нефтепродукты	2,504	0,05	51,711	2
Азот аммонийный	0,983	0,5	3,597	9
Фенол	0,109	0,001	110,631	1
Метанол	0,769	0,1	9,241	5
Фурфурол	0,023	1,0	3,931	8
Фосфаты	1,393	3,5	2,029	12
Нитриты	0,192	0,08	4,031	7
	1,130	40	1,659	13
	0,406	0,5	2,443	10

Воздействие неблагоприятных факторов оценивается по беспороговому принципу вне зависимости от оцениваемого эффекта и типа воздействия. При этом норматив (ПДК и пр.) рассматривается

как определенный компромисс, связанный с приемлемым риском, когда для большинства людей отсутствует видимая или скрытая опасность для здоровья.

Риск канцерогенных эффектов оценивается с использованием подходов, аналогичных методам EPA US.

Поскольку в настоящее время отсутствует доступная для широкого использования отечественная база данных рекомендуемых (или нормативных) референтных доз и величин для расчета риска, Департамент Госсанэпиднадзора рекомендовал использовать в этом случае нормативную базу EPA US. Это значит, что предлагается определять риск немедленного воздействия, который оценивается по моделям с использованием максимальных разовых концентраций.

При этом в качестве эффекта оценивается не только (и не сколько) риск появления заболеваний, но и вероятность рефлекторных реакций (ощущение раздражения, неприятного запаха и пр.) или эффектов психологического дискомфорта, что также расценивается как факт нарушения здоровья. В пользу этого суждения свидетельствует ряд соображений практического свойства. Так, с одной стороны, основной поток жалоб населения в органы Госсанэпиднадзора вызывает такое изменение качества окружающей среды, которое фиксируется населением органами чувств. С другой стороны, вредные примеси и другие факторы, обладающие свойствами вызывать такие ощущения, нормируются с учетом этих эффектов. При этом, как правило, в экспериментах используется беспороговая модель интенсивности нарастания тех или иных эффектов при увеличении уровня воздействия, а норматив определяется как вероятностная величина.

Так, при нормировании допустимого содержания вредных примесей, обладающих рефлекторным эффектом, для атмосферного воздуха обосновывается ПДК_{м.р}, служащая для предупреждения развития немедленных токсических эффектов. В соответствии с «Временными методическими указаниями», ПДК_{м.р} определяется как:

$$ПДК_{м.р} = EC_{.16} / K_3, \quad (7)$$

где $EC_{.16}$ – концентрация вещества, принятая за пороговую при однократном воздействии и вызывающая токсический (рефлекторный, раздражающий и др.) эффект с вероятностью 16%;

K_3 – коэффициент запаса, определяемый в соответствии с углом наклона графика зависимости «концентрация–эффект», который на логарифмически-пробитной сетке аппроксимируется прямой.

Значения K_3 и tg угла наклона графика служат основанием для отнесения рассматриваемого вещества к одному из четырех классов опасности.

Как уже указывалось выше, математически график, аппроксимирующийся прямой, описывается уравнением общего вида:

$$Y = a + b \times X. \quad (9)$$

Для конкретизации этого уравнения применительно к нормативам атмосферного воздуха следует принять во внимание, что коэффициент b – это тангенс угла наклона графика зависимости «концентрация–эффект», а коэффициент a – это логарифм концентрации с эффектом действия 0% – $EC.o$, который соответственно может быть определен как:

$$\lg EC.o = (\text{tg}(a) * \lg K_3) - l. \quad (10)$$

Несложные математические преобразования позволяют показать применимость следующих формул для прогнозирования риска возникновения рефлекторных эффектов при загрязнении атмосферного воздуха:

$$1 \text{ класс Prob} = -9.15 + 11.66 * \lg (C/\text{ПДК}_{m.p.})$$

$$2 \text{ класс Prob} = -5.51 + 7.49 * \lg (C/\text{ПДК}_{m.p.})$$

$$3 \text{ класс Prob} = -2.35 + 3.73 * \lg (C/\text{ПДК}_{m.p.})$$

$$4 \text{ класс Prob} = -1.41 + 2.33 * \lg (C/\text{ПДК}_{m.p.}) \quad (11)$$

Другим подходом является метод, основанный на умножении вероятностей. Основанием для такого суждения служит следующее. Хорошо известно, что для оценки комбинированного действия нескольких примесей, обладающих эффектом суммации, используют метод расчета приведенной концентрации (C_{np}):

$$C_{np} = C_1 + C_2 \times \text{ПДК}_1 / \text{ПДК}_2 + \dots + C_n \times \text{ПДК}_1 / \text{ПДК}_n. \quad (12)$$

При этом риск комбинированного действия такой смеси может быть легко определен с использованием подходов, изложенных выше, где C_{np} принимается как биологический эквивалент суммарного воздействия примесей, входящих в смесь. Вместе с тем, учитывая, что риск по своей сути является величиной вероятностной, мы не исключаем возможность определения риска комбинированного действия в соответствии с правилом умножения вероятностей, где в качестве множителя в соответствии с правилом умножения вероятностей, где в качестве множителя выступают не величины риска здоровью, а значения, характеризующие вероятность его отсутствия:

$$Risk_{\text{сум}} = 1 - (1 - Risk_1) * (1 - Risk_2) * \dots * (1 - Risk_n), \quad (13)$$

где $Risk_{\text{сум}}$ – риск комбинированного действия примесей, $Risk_1$ – $Risk_n$ – риск действия каждой отдельной примеси.

Оказалось, что суммарный риск появления неблагоприятных для здоровья эффектов, рассчитанный как по первому, так и по второму уравнениям, дают совершенно идентичные результаты.

В качестве примера приведем следующий расчет.

Пример расчета риска комбинированного действия

Примеси	Концентрация	ПДК	Риск
Примесь 1	2,0	1,0	0,075
Примесь 2	4,0	1,5	0,098
Примесь 3	0,25	0,1	0,092
Приведенная к первой примеси)	7,17	1,0	0,243
Риск, определенный по правилу умножения вероятностей			0,243

Это наблюдение дает основание для использования второго из предложенных уравнений как универсального способа определения риска комбинированных и комплексных эффектов различных факторов одностороннего биологического действия.

На основании сказанного можно предложить следующую схему расчета суммарного риска.

1. Определяется потенциальный риск здоровью (немедленного, хронического и специфического действия) для каждой отдельной примеси в каждом из анализируемых факторов (воздухе, воде и т. д.) окружающей среды

2. Для веществ, обладающих односторонним или комбинированным действием, проводится определение суммарного риска.

3. Для каждого типа риска (немедленного, хронического и специфического) определяется максимальный риск, создаваемый отдельной примесью или группой, что и рассматривается как итог данного расчета.

При использовании данной схемы следует обратить внимание на то обстоятельство, что люди наиболее подверженные воздействию одних примесей, также оказываются более чувствительными и к другим. В связи с этим, потенциальный риск немедленного действия при комбинированном воздействии чаще всего определяется максимальным риском отдельной примеси среди всех воздействующих ингредиентов.

Хроническое воздействие химических веществ на уровне малых концентраций (1–15 ПДК) характеризуется однотипными

неспецифическими эффектами, что заставляет думать о необходимости обязательного использования уравнения расчета суммарного риска для всех примесей, являющихся потенциальными токсикантами хронического действия.

Таким образом, суть третьего этапа оценки риска применительно к практической деятельности врача-гигиениста, заключается в том, что здесь необходимо выявить количество людей, способных проявить негативные реакции на воздействие конкретного неблагоприятного фактора, действующего с определенной силой и в заданный промежуток времени.

4.6. Обзор методов оценки экологического и техногенного риска

Следует обратить внимание на общие рекомендации, которых имеет смысл придерживаться при выборе и построении схемы количественной оценки риска. Они таковы:

- 1) определение и четкая формулировка целей при разработке способа оценки риска;
- 2) определение основных структурных уровней в общей схеме расчета риска;
- 3) определение основных подсистем общей схемы расчета риска;
- 4) предлагаемые схемы расчета рисков не должны быть громоздкими;
- 5) количество подсистем и количество элементов системы расчета должно быть минимальным;
- 6) каждый элемент и каждая подсистема общей схемы оценки риска должны иметь четкое функциональное назначение;
- 7) между элементами и подсистемами общей схемы должны существовать четко определенные и действенные прямые и обратные связи;
- 8) жизнеспособность схемы расчета риска должна быть обеспечена достаточным количеством необходимых данных;
- 9) в систему расчета риска должны входить только такие элементы, работоспособность и эффективность которых проверена практикой;
- 10) в расчетную схему оценки риска целесообразно вводить процедуру итерации.

4.7. Отдельные методы оценки риска

А) Метод оценки риска для редких событий. В тех случаях, когда речь идет о редких опасных событиях и явлениях техногенного или природного характера, вероятностный подход к оценке риска неприемлем.

Альтернативным вероятностному является подход, основанный на субъективной логике. В этом случае в рассмотрение вводится определенная мера субъективных мнений и убеждений. Обращение мнений в критерий экологического риска предусматривается с использованием метода экспертных оценок и проведением расчетов, например, по формуле Байеса. В таком подходе неизбежно могут возникнуть нетривиальные, а порой противоречивые суждения и выводы. Противоречия снимаются с привлечением аппарата правдоподобных рассуждений.

В одной из предлагаемых методик экологически опасную ситуацию предлагается характеризовать показателем «значимости–тревожности», непосредственным образом связанным с возможной тяжестью рассматриваемого события и вероятностью реализации последствий. Под этой вероятностью и понимается уровень техногенного и экологического риска. Показатель «значимость–тревожность» имеет смысл численной характеристики возможных затрат на ликвидацию последствий ЧС.

Суть дальнейшего анализа в этом методе сводится к следующему. Для каждого из классифицированных событий или вида последствий производится экспертная оценка риска в смысле шанса возникновения или реализации события. Результаты оценки выражаются в процентах. При данной величине риска по мнению эксперта событие возникает так часто, что ситуация характеризуется как значимая–тревожная.

На основе статистической обработки данных, полученных от экспертов, строится графическая зависимость уровня риска от степени опасности события или тяжести последствий. Эта зависимость носит, как правило, характер, близкий к экспоненциальному. Далее вводится показатель неопределенности реализации рассматриваемого экологически опасного события H , определяемый по формуле $H = -k \ln R$, в которой k – коэффициент, определяемый по экспертным данным, R – риск.

Этот метод может быть уточнен, если ввести в рассмотрение нечеткие (размытые) множества:

- множества интенсивности, выражающие степень опасности события (тяжесть последствий): 1 – нулевая, 2 – исключительно слабая, 3 – очень слабая, 4 – слабая, 5 – не слабая, не сильная, 6 – сильная, 7 – очень сильная, 8 – исключительно сильная, 9 – предельно сильная;

- множества, выражающие возможность возникновения экологически опасного события реализации последствий определенной степени тяжести: 1 – никогда, 2 – исключительно редко, 3 – очень редко, 4 – редко, 5 – не редко, не часто, 6 – часто, 7 – очень часто, 8 – исключительно часто, 9 – всегда.

С использованием этих категорий интенсивности проводится дальнейший экспертный анализ, представляемый в виде графиков, относящихся к различным уровням показателя «значимость–тревожность». Из этих графиков уровень техногенного и экологического риска представляется не в численных оценках, а в шкале типа: очень низкий, низкий, средний, высокий, очень высокий.

Следует отметить, что правомерность такого подхода оспаривается достаточно большим количеством специалистов. Однако подавляющее большинство из этих специалистов ничего не предлагают взамен. В этой связи рассмотренный кратко метод оценки техногенного и экологического риска следует рассматривать как дискуссионный.

Б) Энергетическая оценка техногенной и экологической опасности. Любой технологический процесс реализуется путем приложения энергии к перерабатываемому веществу. При этом изменяются не только форма, размеры исходного материала, но зачастую его физические свойства и химический состав. Изменяется химическая активность, реакционная способность, а, следовательно, и токсичность продукта и отходов, контактирующих с природной средой. Можно утверждать, что чем больше энергии прикладывается к единице перерабатываемого вещества, тем большую опасность представляют готовая продукция и отходы для биоты.

Применительно к потокам отходов, поступающих в окружающую природную среду, можно выделить две составляющие энергии – тепловую и химическую. Первая из них быстро диссипируется в окружающей среде, стремясь к нулю. Однако не учитывать ее влияния нельзя, так как она может активизировать необратимые химические реакции между ингредиентами отходов производства и природной среды в соответствии с уравнением Аррениуса:

$$k = k_0 \exp\left(-\frac{E}{RT}\right), \quad (14)$$

где k и k_0 – константы равновесия реакции, протекающей при исходной температуре и T соответственно; R – универсальная газовая постоянная.

Поясним это таким примером: нагрев сточных вод химического производства (цех получения аммофоса) от 22 °С до 80 °С приводит к изменению рН с 8,36 до 7,85, что соответствует увеличению концентрации ионов водорода в растворе в 3,32 раза и вызывает повышение химической активности и реакционной способности стоков.

Что же касается химической энергии, она может проявляться как сразу после поступления отходов в природную среду, так и в течение длительного времени их контакта с атмосферными осадками, грунтовыми водами, при реакции с горными породами или при включении в трофические цепи и непосредственном контакте с живыми организмами.

Таким образом, любой техногенный объект выступает как генератор энтропии, поставляющий ее в окружающую природную среду.

На основании изложенного оценка экологической безопасности и уровня техногенного риска может быть выполнена путем анализа общего потребления энергии.

Если за время $\Delta\tau$ (принимаем 1 год) вырабатывается $\Delta E_1(\tau)$ энергии, то критерий достигнутого уровня технического прогресса определяется как:

$$P' = \alpha'(\tau) \frac{\Delta E_1(\tau)}{\Delta\tau}, \quad (15)$$

где $\alpha'(\tau)$ – средний критический коэффициент полезного действия, характеризующий долю энергии, использованную для достижения конечного результата с учетом потерь и затрат на преобразование энергии.

Чтобы учесть состояние источников энергии, вводится множитель $\Delta E_2(\tau)$, выражающий реальные запасы энергии:

$$P''(\tau) = \alpha'(\tau) \frac{\Delta E_1(\tau)}{\Delta\tau} \Delta E_2(\tau). \quad (16)$$

Дальнейшее уточнение критерия требует учета социального аспекта путем введения коэффициента общественно полезного действия $\alpha''(\tau)$:

$$P'''(\tau) = \alpha'(\tau)\alpha''(\tau) \frac{\Delta E_1(\tau)}{\Delta \tau} \Delta E_2(\tau). \quad (17)$$

Практическая реализация энергетического метода осложняется неопределенностью численных оценок.

Интегральная оценка фактического и допустимого потоков загрязняющих веществ может быть выполнена с помощью ресурсного и отраслевых контаминационных эквивалентов энергии (КЭЭ), расходуемой в технологических процессах:

$$КЭЭ = \frac{E(\tau)}{M(\tau)}. \quad (18)$$

Здесь $E(\tau)$ – годовое потребление энергии объектом, $M(\tau)$ – годовой выброс загрязняющих веществ в атмосферу.

Значения КЭЭ для некоторых отраслей промышленности России с учетом токсичности выбросов (в кг/ГДж) следующие:

Теплоэнергетика – 2,40
 Добывающая промышленность – 4,36
 Металлургия – 7,90
 Машиностроение – 1,36

Исследования, выполненные в промышленном узле города Тольятти, показали, что преобразование энергии растительностью в пригородных биоценозах до 1967 г. не отличалось от региональных значений. При этом значения предельно допустимых выбросов всеми промышленными предприятиями было в пределах установленных нормативов. За последующие тридцать лет выбросы возросли в пять раз, что привело к снижению суммарной биопродуктивности наблюдаемых биоценозов вдвое.

При анализе и оценке риска могут использоваться самые разнообразные методические приемы. Каждый метод расчета риска разрабатывался под определенные виды задач и, конечно, не является универсальным. Поэтому каждый метод имеет свои преимущества и недостатки, что предопределяет ограниченные области их применения.

4.8. Оценка риска на основе стандартной матрицы риска

По содержанию все матрицы идентичны, разница лишь в форме, количестве анализируемой информации и числе применяемых

градаций. Матрица – это прямоугольная система координат, По одной оси матрицы показывается вероятность, по другой – последствия. Вероятность и последствия делятся на несколько категорий. Для каждой категории вероятности и последствий формируются соответствующие критерии.

На пересечении категорий вероятности и ущерба определяется величина риска. Для каждого уровня риска устанавливаются действия и срочность мероприятий по минимизации возможных последствий рисков ситуации.

Стандартная матрица рисков и пояснения к ней представлены на рис. 9 и в табл. 15.

Вероятность и последствия нежелательного или опасного события условно разделяются на пять категорий, каждая из которых

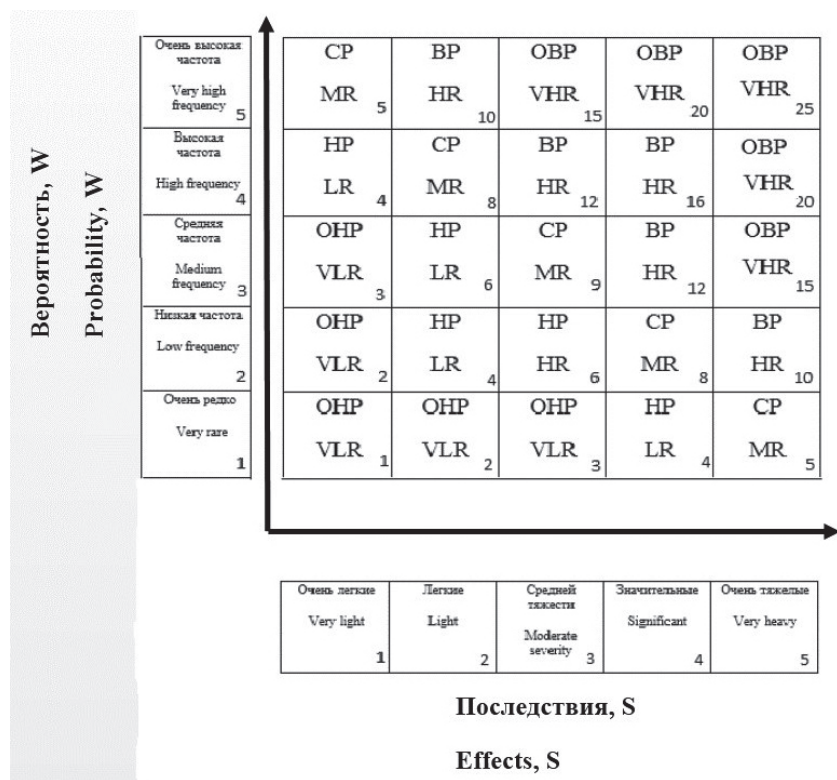


Рис. 9. Матрица вероятности и тяжести последствий нежелательного события для оценки его риска

характеризуется качественными характеристиками: очень низкая, низкая, средняя, высокая и очень высокая (категорий может быть и три и десять в зависимости от поставленных целей и желательной точности оценки риска). Вспомогательная табл. 15, устанавливает действия и срочность мероприятий по минимизации возможных последствий рисков ситуации.

Таблица 15. Пояснения к стандартной матрице риска

Уровень (категория) риска Level (category) of risk	Величина риска The magnitude of the risk	Что надо делать What to do
ОНР (очень низкий риск) VLR (very low risk)	1–3	Выполнение текущих процедур. Implementation of current procedures.
НР (низкий риск) LR (low risk)	4–6	Выполнение специфических процедур ответственным исполнителем. Execution of specific procedures by the responsible executor.
СР (средний риск) MR (medium risk)	5–9	Требуется соответствующий мониторинг и выполнение специальных процедур и требований. Requires appropriate monitoring and implementation of special procedures and requirements.
ВР (высокий риск) HR (high risk)	10–16	Требуется плановые действия, информирование высшего руководства для принятия решений. Planned actions are required, information of senior management for decision-making.
ОВР (очень высокий риск) VHR (very high risk)	15–25	Требуется незамедлительные действия Immediate action is required

Как видим, по осям матрицы показаны категории вероятности последствий, по полю матрицы расположены величины рисков, полученные как произведение соответствующих компонентов $R = W \times S$.

Вероятность и последствия опасного события условно разделяются на пять категорий, каждая из которых характеризуется качественными характеристиками.

Данный подход представляется несколько упрощенным, потому что не учитывает человеческий фактор. Присутствие субъективного фактора в системе «человек–машина–среда» обуславливает

введение в матрицы риска дополнительного параметра при оценке техногенного риска.

В настоящее время матрицы риска все шире применяется на практике.

Таблица 16. Некоторые методы оценки источников опасности и риска

№ п/п	Метод оценки риска	Характеристика метода
1	Метод материальных балансов	Этот метод основан на системе дифференциальных уравнений, описывающих движение масс вещества внутрь системы и из нее, решение которой дает возможность получить нормированные величины концентраций и интенсивности поступления j -го загрязняющего вещества в i -й компонент системы.
2	Эконометрический метод оценки техногенного воздействия на природную среду	Основы этого метода были заложены в СССР в начале 80-х гг. путем введения индекса относительной токсичности загрязняющего вещества и расчета величины относительной токсичной массы отхода производства, что, позволило составить приоритетные ряды загрязняющих веществ, источников их образования и отведения в природную среду независимо от генезиса и места расположения.
3	Энергетическая оценка техногенной и экологической опасности	На основании изложенного оценка экологической безопасности и уровня техногенного риска может быть выполнена путем анализа общего потребления энергии. Практическая реализация энергетического метода осложняется неопределенностью численных оценок.
6	Метод оценки техногенного и экологического риска основанный на исследовании эколого-экономической эффективности производства	В качестве основного критерия технической и экологической безопасности, а значит и уровня риска используется коэффициент эколого-экономической эффективности (оптимальности) технологических процессов. Выводы относительно степени экологической безопасности (а значит уровня экологического риска) производства могут быть сделаны при помощи специальных таблиц. Эти таблицы разрабатываются на основе анализа и экологического аудита нескольких сотен промышленных объектов, расположенных в различных природных условиях и относящихся к разным отраслям промышленности.
7	Метод энергетической оценки техногенного и экологического риска.	Уровень риска может быть определен путем оценки предельно допустимой техногенной нагрузки на основании энергетического подхода. Для урбанизированных регионов с разнообразными природными объектами и хозяйственными функциями

Таблица 17. Характеристики методов оценки рисков

Название метода оценки уровня рисков	Преимущества	Недостатки
Статистический метод	Разрешает математически выразить вероятность наступления рисков событий и размеров финансовых потерь.	Возможно использование при условии проявления риска в деятельности конкретного предприятия или на предприятиях-аналогах. Отсутствие достоверной информации о количестве рисков событий и их финансовых последствиях.
Метод Монте-Карло	Анализ рисков связанный с возможностью работы с той же моделью, что и при обычных расчетах, а учет риска происходит с помощью многократного расчета модели. Есть возможность анализировать и оценивать разные ситуации и учитывать разные факторы рисков в рамках одного похода.	Невозможно осуществить учет зависимости факторов, что входит в модель. За счет того, что факторы считаются независимыми, происходит занижена оценка уровня риска. Большая вычислительная трудоемкость.
Метод анализа целесообразности затрат	Зная статью затрат, в которой риск максимален, можно найти путь его снижения.	Предприятие не анализирует источники возникновения риска, а принимает риск как целостную величину, таким образом, игнорируя его составляющие.
Метод экспертных оценок	Возможность применения в условиях неполноты информации или при выявлении того уровня риска, который не имеет аналогов.	Данный подход разрешает получить относительную оценку риска, но не дает представления об абсолютной величине возможного ущерба при реализации некоторого решения и вероятность получения этого ущерба. В основе лежат субъективные оценки экспертов, которые зависят от их отношения к риску.
Аналитический метод	Объединяет в себе как возможность пофакторного анализа параметров, которые влияют на риск так и выявленные возможные пути снижения его уровня путем влияния на них.	Существенные ограничения к своему использованию и используются только для оценки некоторого круга рисков предприятия.

Название метода оценки уровня рисков	Преимущества	Недостатки
Метод анализа чувствительности	Требует минимальной стартовой информации	Не учитывает, насколько вероятны или реальны ожидаемые изменения отдельных факторов проекта, а также то, насколько изменение параметров проекта могут иметь совместный, а не изолированный характер.
Метод анализа сценариев	Предвидит одновременное изменение нескольких переменных параметров проекта.	Разрешает только определить вероятностный (с точки зрения эксперта) диапазон изменений финансового результата проекта при наиболее неудачном (пессимистичном) или наиболее удачном (оптимистичном) изменении параметров проекта.
Метод «дерева решений»	Предвидит одновременное принятие нескольких решений в условиях неопределенности, которые зависят от последствий предыдущего.	Необходимость в разработке всех возможных альтернатив развития для больших проектов может существенно повысить трудоемкость расчетов. Оценить вероятность всех возможных вариантов развития проекта достаточно сложно. Поэтому субъективное отношение экспертов будет всегда присутствовать в таких расчетах.
Метод использования аналогов	Дает возможность обнаружить уровень риска по любому направлению деятельности предприятия, когда отсутствует четкая база для сравнений	В случае неучета прошлых и современных показателей в границах одной стадии очень высока вероятность получения ошибки

Мы привели некоторые методы оценки риска, а теперь попробуем сделать некоторые обобщения. В таблице 17 мы собрали только наиболее распространенные методы оценки рисков. Существуют оригинальные и малоизвестные методы оценки риска, а также методы, применяемые только для конкретных случаев. Разрабатываются и новые методы. Наиболее перспективными из них представляются методы синергетики, нейросети, так называемые «русла», «джокеры» и другие.

В заключении этой главы представляется целесообразным обратить внимание на общие рекомендации, которых имеет смысл

придерживаться при построении схемы количественной оценки риска. Это следующие рекомендации:

- 1) определение и четкая формулировка целей при разработке способа оценки риска;
- 2) определение основных структурных уровней в общей схеме расчета риска;
- 3) определение основных подсистем общей схемы расчета риска;
- 4) предлагаемые схемы расчета рисков не должны быть громоздкими;
- 5) количество подсистем и количество элементов системы расчета должно быть минимальным;
- 6) каждый элемент и каждая подсистема общей схемы должны иметь четкое функциональное назначение;
- 7) между элементами и подсистемами общей схемы должны существовать четко определенные и действенные прямые и обратные связи;
- 8) жизнеспособность схемы расчета риска должна быть обеспечена достаточным количеством необходимых данных;
- 9) в систему расчета риска должны входить только такие элементы, работоспособность и эффективность которых проверена практикой.

Глава 5. Управление экологическим и техногенным риском

Наука об управлении риском появилась во времена Колумба и Бернулли и активизировалось в конце XIX века, когда началась разработка актуарной математики. Предметом ее рассмотрения являются риски и их управление, что связано с теорией страхования жизни и построения пенсионных схем. В этой теории продолжительность жизни рассматривается как случайная величина и целевой функцией является *функция выживания*. Зная эту функцию, можно эффективно строить работу страховых компаний и управлять рисками.

Затем, когда появились первые автоматы, появилась теория автоматического управления, которая к настоящему времени является хорошо разработанной наукой. Но жизнь выдвигала все новые и новые задачи, кроме того, усложнялись условия, в которых надо

осуществлять это управление. Усложнялись также объекты и системы, а значит и риски, которыми надо управлять.

Спустя сто лет в конце XX века возникли принципиально новые проблемы, обусловленные экономическими, экологическими и демографическими факторами, что вновь обостряет и делает актуальной задачу управления рисками.

Мир изменился и мы перешли в новую информационную реальность, то есть мы перешли от индустриального общества к «обществу риска». Многими специалистами этот переход связывается с изменением *системных свойств* нашего мира и возникновением *системного кризиса*. В этот системный кризис вносит заметный вклад глобальный экологический кризис, существование которого признается многими учеными в разных странах мира.

Системный кризис означает невозможность решить возникающие проблемы в одной области и на одном уровне. Поэтому в настоящее время исчисление рисков, необходимое для построения эффективной системы управления рисками, включая математическое моделирование, технологии принятия решений, анализ статистики рассматривается как важнейшая область деятельности. Эта область деятельности служит связывающим звеном между естественными, точными и гуманитарными науками. Иными словами, в отношении рисков и управления ими мы находимся в области параметров, с которыми ранее человечество не встречалось.

Сказанное означает, что со стратегической точки зрения на проблему управления рисками можно посмотреть с двух позиций.

1) Создавать все заново. На это нет ресурсов.

2) Максимально использовать все имеющееся наработки, одновременно отказавшись от старых взглядов «отраслевого», фрагментарного подхода к проблеме управления рисками и традиционного толкования системного подхода.

В проблеме управления рисками методом, который может быть истолкован как системный подход, пока нет единства мнений относительно того, что должно быть положено в качестве исходных принципов. Это обусловлено, в частности, тем, что задача многомерна и приоритеты динамичны, то есть непрерывно меняются. Есть специалисты, считающие, что надо придерживаться «стратегии нормальных аварий», а есть специалисты, считающие, что основой должна служить «стратегия реагирования на изменения свойств системы». Есть еще «стратегия гарантированной надежности», а также «стратегия с идеальным мониторингом».

Выбор есть, но он не так прост, и на практике приходится пользоваться, либо модификациями этих стратегий, либо их комбинациями, либо придумывать нечто другое, подходящее для решения данной конкретной задачи.

Как отмечено выше, практическое понимание проблемы управления риском носит сегодня, и не только в России, «отраслевой» и иерархический характер. Каждое министерство или ведомство по-своему понимают эту проблему и стараются выработать соответствующие нормативные документы, регулирующего характера. Между этими структурами, как правило, отсутствует согласование и стремление к совместному решению проблем.

Активная хозяйственная деятельность человека создает новые потенциально опасные производства и технологии. Растет число опасных объектов. В соответствии с этим растет число аварий и катастроф. Велики потери как в человеческом, так и в материальном измерении. Уже сейчас на ликвидацию последствий природных и техногенных катастроф – чрезвычайных ситуаций (ЧС) в России отвлекается от 10 до 15% всех ресурсов страны. На фоне все увеличивающегося роста числа природных катаклизмов наблюдается общее снижение уровня безопасности для жизни человека.

Особенности риска существенно зависят от того, каково явление по генезису (извержение вулкана, взрыв на химическом предприятии, разрыв дамбы и т. п.), в чем проявляется его воздействие на окружающую среду (затопление территории водой или погребение ее под лавой и т. д.), какие вторичные разрушения оно порождает.

Риск опасных явлений и связанных с ними возможных ЧС в некоторых случаях может быть снижен в результате таких превентивных мер, как создание сооружений и специальных средств защиты человека и природы только с учетом их социально – экономических аспектов. Более значимую роль в снижении риска должна играть информация о нем, которая должна включать сведения о природе и особенностях опасного явления, необходимых действиях во время его развития. Своевременная информация об угрозе и развитии опасного явления, знание о том, как вести себя в период критической ситуации, могут минимизировать риск.

В регионах Земли с повышенным риском основополагающим принципом жизнедеятельности должна быть концепция «жизни с риском». Риск должен рассматриваться как неотъемлемый компонент жизнедеятельности. К нему нельзя подходить как к феномену редкого или случайного характера в цепи событий.

Внедрение этой концепции в сознание людей и ее реализация на практике означает, что учет риска должен стать составной частью обеспечения всех видов жизнедеятельности населения, роль которого отчетливо осознается экономическими, социальными, в том числе образовательными, культурными и политическими институтами общества.

Как показывает опыт, угрозы можно упредить и предотвратить, а в некоторых случаях предсказать, последствия можно минимизировать, что оправдывает затраты на исследования различных видов рисков с целью принятия первоочередных мер при планировании мероприятий направленных на управление риском.

5.1. Проблема управления рисками

Традиционно, во многих странах мира, в том числе в России и, особенно в США, в последние десятилетия XX века процесс управления риском основывался на использовании командно-административных методов, которые зачастую требовали соблюдения природоохранных стандартов за счет применения специальных технологий, а непосредственно управление было сфокусировано на осуществлении контроля за отдельными источниками опасности и загрязнений и тем воздействием, которое они оказывают на человека и природу.

Наряду с этим достаточно активно разрабатывались методы управления рисками в сложных системах, и собственно самим сложным системам уделялось повышенное внимание. К таким сложным природно-социальным системам относятся, в первую очередь, урбанизированные экосистемы – человеческие поселения, промышленные и береговые зоны и т. д. Все они, являясь источниками повышенной экологической опасности, порождают многочисленные риски.

Эти риски растут, так как процессы урбанизации набирают силу. Прогнозируется, что через 8–10 лет 80% населения Земли будет жить в городах. Это и есть одна из причин все нарастающей тенденции перехода человечества к «обществу риска». Соответственно этому возрастает потребность в разработке новых и совершенствовании известных методов оценки и управления экологическими рисками в новых условиях.

Сам термин «управление» тесно связан с понятием доминирования, контроля и возможностью влияния на события, феномены

или процессы. Часто управление понимается как способ воздействия, побуждающий людей к упорядоченному поведению, выполнению требуемых действий, соблюдению законов.

Политика – это тоже управление, с помощью которого обеспечивается решение трех главных задач: 1) задача доминирования; 2) задача контроля; 3) задача подавления.

Иначе говоря, имея в виду управление, мы хотели бы обеспечить развитие феномена или процесса в требуемом для нас на данном этапе направлении.

В общем плане, в проблеме управления можно выделить, по крайней мере, три основных компонента:

1) объект, система, процесс, явление, феномен, которым мы желаем управлять;

2) человек или группа людей, которые желают или должны управлять;

3) набор методов, средств, приемов, способов, структур, схем, систем, с помощью которых мы, воздействуя на то, чем мы управляем, реализуем доминирование и контроль и достигаем поставленных целей.

Одним из возможных инструментов реализации п.3 является методология применения системного подхода, использующая инструмент риска. В последние годы использование риска для целей оценки и управления ситуацией, а также краткосрочного прогноза ее эволюции, заметно активизировалось.

Детальный анализ публикаций, посвященных этой проблеме, показывает, что в нашем распоряжении не так уж много возможностей. Связано это, в первую очередь с тем, что универсальных методов оценки и управления риском пока не разработано. То, что существует, как правило, относится к частным задачам и разрабатывалось для конкретных ситуаций. Однако следует заметить, что некоторые из методов оценки и управления риском могут быть применены к достаточно большому кругу задач. К этим методам можно с полным правом отнести статистический метод Бернулли и метод Колумба, который можно назвать «методом выделения главного риска». Для целей, связанных с проблемой обеспечения экологической безопасности метод Колумба может быть рекомендован, когда речь идет о явных, хорошо известных экологических рисках, которые мы хотим устранить или хотя бы уменьшить.

Возвращаясь к п. 3, отметим, что в качестве набора методов, средств, приемов и т. д., можно выделить следующие:

- 1) *организационные;*
- 2) *технические;*
- 3) *технологические;*
- 4) *экономические;*
- 5) *командно-административные;*
- 6) *информационные;*
- 7) *интеллектуальные.*

Ни один из этих методов, взятый в отдельности, проблему управления риском не решает. Кроме того, по тем или иным причинам чаще всего, не все они применимы в данной конкретной ситуации.

Исходной позицией при постановке задачи об управлении рисками должна быть формулировка цели, выбор и обоснование способов достижения этой цели.

В соответствии с этим определим цель управления риском, в том числе и экологическим, как поиск и принятие научно-обоснованных, экономически эффективных, интегрированных мер, призванных снизить или предотвратить риск возникновения в естественных и искусственных экосистемах опасных феноменов с учетом социальных, культурных, этических, политических и правовых особенностей.

В качестве наиболее адекватных способов достижения сформулированной цели могут быть указаны следующие способы.

1. Управление как функция. В БСЭ (т. 27, с. 99) сказано: «Управление – это элемент или функция организационных систем различной природы, обеспечивающая сохранение их определенной структуры, поддержание режима деятельности, реализацию программы, цели деятельности». В этом определении ключевым словом выступает слово «функция». Восприятие управления как функции – это классический пример «субъективного подхода». Субъективный подход изобрел Бернулли и область его применения достаточно обширна. Позже было показано, что субъективный подход довольно часто не работает, даже в экономике, для которой он был придуман.

2. Управление как процесс. Управление, понимаемое как процесс, – одна из наиболее распространенных точек зрения. В качестве примера приведем несколько определений.

1) «Управление риском есть процесс идентификации, оценки, отбора и реализации совокупности действий, направленных на снижение величины риска причинения вреда здоровью человека и окружающей среде».

2) «Сущность управления риском заключается в деятельности различного уровня органов управления, действующих на основе современных научных достижений в области риска, обеспечивающих информационно-аналитическую поддержку принятия решений».

Нетрудно видеть, что первое определение процесса управления риском заметно конкретнее второго, традиционного, которое используется до настоящего времени и сводится к рассмотрению процесса оценки альтернативных регулирующих мероприятий или действий и выбора оптимального среди них.

Ниже мы рассмотрим некоторые новые способы управления, разрабатываемые в рамках системного подхода и контекста системного мышления.

Задача управления риском тесно связана с этапом подготовки принятия решений, то есть понятием планирования деятельности органов власти.

Под планированием понимается целенаправленный, организованный и непрерывный процесс выделения различных элементов и аспектов организации, определения их состояния и взаимодействия в данное время, прогнозирования их развития на некоторый период в будущем, а также составления и программирования набора действий и ресурсов для достижения желаемых результатов.

Планирование рассматривается также как процесс, но процесс несколько иного рода. Тем не менее, вдумчивое чтение того и другого определения показывает, что корреляция налицо, но процессы разнесены во времени, то есть планирование, сосуществуя рядом с управлением, обязательно должно предшествовать управлению, либо осуществляться одновременно.

5.2. Административные методы управления рисками в природоохранной деятельности

Системы управления природоохранной деятельностью различных стран развивались под воздействием исторических, политических, этнокультурных и других факторов. Поэтому в разных странах используются различные инструменты управления природоохранной деятельностью.

Общим во всех применяемых на сегодняшний день методов управления природоохранной деятельностью является опора на так называемую «загрязняюще-ресурсную» парадигму. Это означает, что все эти методы решают только часть общей проблемы

сохранения природы и ее биоразнообразия. Выше мы уже обсуждали этот вопрос.

Анализ мирового опыта, а также изучение предложений по развитию механизма управления охраной окружающей среды позволяют систематизировать эти методы и дать краткую характеристику каждому из них.

Существуют три основные группы методов управления:

- 1) *административное регулирование;*
- 2) *система экономических стимулов;*
- 3) *формирование рыночных отношений в сфере природопользования.*

Административное регулирование предполагает введение соответствующих нормативных стандартов и ограничений, а также прямой контроль и лицензирование процессов природопользования, указывающих производителю рамки, которые он должен соблюдать.

Экономические механизмы предполагают внедрение системы платежей за загрязнение, экологических налогов, субсидий, а также использование других экономических стимулов, чтобы заинтересовать производителя в рациональном природопользовании.

Создание рынка в этой сфере через распределение прав на загрязнение, компенсационных платежей и т. д. объединяет третью группу методов.

Все три группы методов могут применяться на различных стадиях производственного процесса, рассмотренного в контексте его возможного воздействия на окружающую среду. Это воздействие зависит от состава первичных ресурсов, специфики производственного процесса, применяемых природоохранных технологии, формирующих выбросы в окружающую среду.

Рассмотрим подробнее элементы всех трех основных природоохранных стратегий.

В административном регулировании главное место занимают нормативы или стандарты.

Стандарты качества окружающей природной среды регламентируют допустимое состояние воздушного и водного бассейнов, почв и других ее составляющих. Обычно для каждого из загрязнителей предусмотрена предельно допустимая концентрация его содержания (ПДК). Считается, что наличие загрязняющих веществ в количествах, не превышающих эти концентрации, не оказывает негативного воздействия на здоровье человека, на экосистему.

Нормативы ПДК бывают среднесуточные, устанавливающие среднюю концентрацию вредных веществ, и максимально разовые, фиксирующие предел допустимого роста концентрации загрязнителя в течение суток.

Стандарты воздействия на окружающую среду определенного производственного процесса устанавливают уровень сбросов или выбросов из данного точечного источника (трубы) после применения очистного оборудования. Данный стандарт может базироваться на показателях потока (количество выбросов в единицу времени) или запаса (количество выбросов за определенный период). Стандарты воздействия на окружающую среду определяются на основе ПДК. Для каждого предприятия выбросы не должны превышать таких величин, при которых по всей территории, подверженной воздействию, соблюдаются нормативы ПДК. Обычно расчеты таких стандартов, называемых предельно допустимыми выбросами (ПДВ), проводят с учетом рассеивания выбросов и наложения их на фоновое загрязнение. Также учитывается суммарное воздействие нескольких источников загрязнения.

На практике концентрация измеряется в контрольных точках. Если норматив ПДК превышен, то исходное значение выбросов уменьшается и расчеты проводятся снова. Если он меньше, то исходное значение может быть увеличено. Формально эта процедура может быть представлена в виде функциональной схемы (рис. 10).

Часто приходится сталкиваться с ситуацией, когда предприятие ни при каких условиях не может быстро сократить свои выбросы до уровня ПДВ. Закрывать же предприятие по экологическим причинам согласны немногие и у нас, и за рубежом. Достаточно привести хотя бы пример с Байкальским целлюлозно-бумажным комбинатом. О том, что его надо немедленно закрыть, знали с момента, как он был пущен в эксплуатацию, но Байкальский комбинат работает до сих пор.

Конечно, имеются и другие предприятия, чьи выбросы выше ПДВ. В качестве компромисса для них были установлены нормативы временно согласованных выбросов (ВСВ). Установления нормативов ВСВ предполагало разработку долгосрочной программы снижения выбросов на предприятиях. Эти нормативы устанавливались убывающими во времени в процессе реализации программы с таким расчетом, чтобы в результате прийти к уровню ПДВ.

Для сбросов в водные источники предусмотрены нормативы предельно допустимых сбросов (ПДС) и временно согласованных

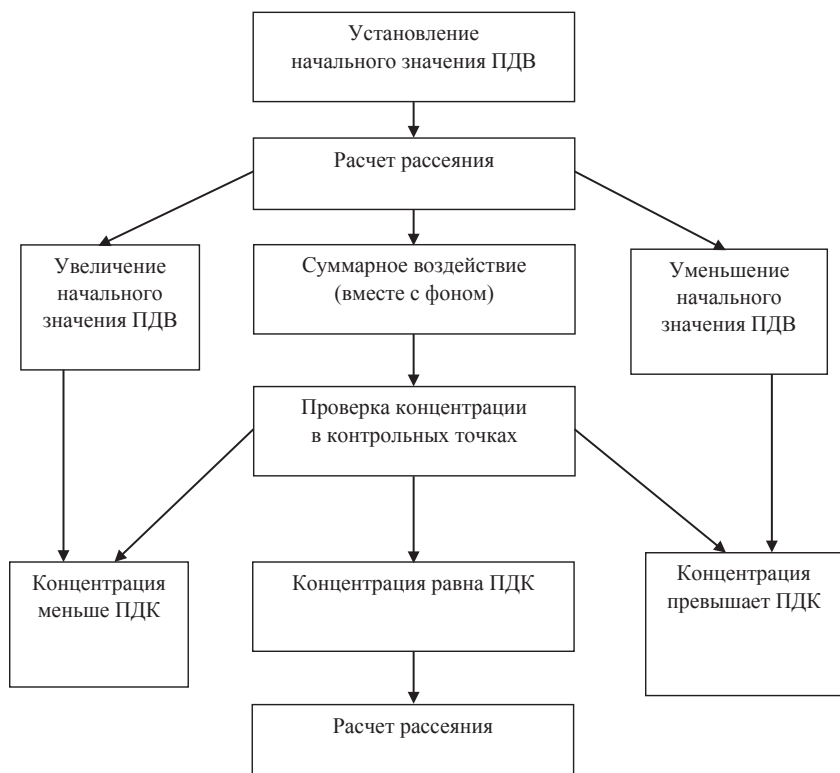


Рис. 10. Функциональная схема процедуры определения уровня выбросов из данного точечного источника

сбросов (ВСС). Механизм их расчета в идейном плане совпадает с механизмом расчета ПДК и ПДВ.

Расчет показателя ПДВ можно представить как итеративный процесс. Сначала для источника выбросов определяют базовое значение норматива, т. е. для предприятия устанавливается начальное значение ПДВ. Затем в контрольных точках проверяется концентрация вредных примесей. В качестве контрольных точек обычно рассматриваются наименее благополучные. Проверка концентрации осуществляется на основе расчетов. При помощи специальных моделей проводится имитация рассеивания выбросов. Выбросы от нового источника суммируются с фоновым загрязнением, а затем проверяется концентрация загрязнения в контрольных точках. Концентрации в контрольных точках рассчитывают с учетом воздействия различных источников выброса.

Если концентрация в контрольных точках равна ПДВ, то начальное значение ПДВ утверждается предприятию в качестве стандарта. Если хотя бы в одной контрольной точке концентрация выбросов превышала ПДК, то начальное значение ПДК уменьшается, и все расчеты повторяются до тех пор, пока не будет соблюдаться ограничение на концентрацию во всех контрольных точках. Если же первоначальное значение ПДВ было очень жестким, то оно может быть увеличено и процесс расчетов будет опять повторен.

Технологические стандарты устанавливают определенные требования для процесса производства или очистной технологии.

Например, в США используются стандарты так называемой наилучшей из доступных технологии. Этот стандарт означает, что для предприятий, к которым он применен, должно соблюдаться следующее требование – природоохранная технология должна соответствовать некой эталонной технологии.

Стандарты качества продукции. Наиболее показательный пример – стандарт содержания вредных примесей в продуктах питания, питьевой воде и т. п.

Выше мы привели основные типы стандартов, остановившись подробнее на наиболее важных из них. Далее речь пойдет о непосредственных мерах административного воздействия на виновников загрязнения.

Прямые запреты. Эта мера применяется, если определенные производства или первичные ресурсы оказывают настолько неблагоприятное воздействие на окружающую среду (пестициды, высокотоксичные материалы), что эффективным становится только их полное запрещение. Например, было запрещено применение ДДТ. С 1 января 1996 г. вводится запрет на производство и потребление хлорфторуглеродов, разрушающих озоновый слой. Подобных примеров можно привести немало.

Если же мы лишь ограничиваем общие масштабы воздействия (потребление какого-либо вещества или его производство, вылов рыбы, заготовка леса и т. п.), то вводятся лимиты или квоты. Они могут иметь одну из нескольких форм: предельное число выпасаемых на 1 га животных, ограничение нагрузки на почву, лимит выпуска конечной продукции за определенный временной промежуток.

Иногда введение таких лимитов предшествует введению полного запрета. Примером опять может служить производство озоноразрушающих веществ. Мировое сообщество приняло решение поэтапно отказаться от их применения, поэтому в каждом из государств, присоединившихся к соответствующему соглашению,

выпуск этих веществ год от года должен сокращаться, а выпуск некоторых из них прекратиться вообще. Для последних применяются запреты, а для тех веществ, производство которых пока еще разрешено, используются лимиты.

Сертификаты. Сертификаты на использование земель и воды даются для ранжирования потенциально конфликтующих пользователей в целях обеспечения максимальной эффективности природопользования. Они служат вместе с системой стандартов для защиты от незапланированных выбросов. Сертификаты, или лицензии, как правило, выдаются природопользователям, как только для них определены лимиты воздействия. Обладание таким сертификатом дает право на использование, временное или постоянное, конкретного участка земли, леса, забор определенного объема воды, выбросы некоторого количества вредных веществ и т. п.

Оценка воздействия на состояние окружающей среды (ОВОС). Служит для организации сбора и предоставления информации о потенциальных экономических издержках проектов. Например, в США первоначально она применялась только для оценки федеральных проектов. Теперь она используется и для проектов штата или муниципалитета, а также частных. Обычно процедура ОВОС включает информацию о масштабах антропогенного воздействия вследствие реализации проекта, о возможностях и издержках на очистные технологии, об альтернативах проекта, элементах устойчивого развития в нем с указанием невозобновимых потерь ресурсов. В основном, процедура ОВОС позволяет оценить уникальные крупномасштабные проекты развития ресурсного потенциала, строительство химических комбинатов и других проектов, сопряженных со значительным воздействием на окружающую среду.

Разрешения и лицензии. Необходимы для фирм, желающих активизироваться в сфере, подлежащей лицензированию, или легально осуществлять выбросы. Чаще всего они привязаны к технологии реализации проекта или стандартам качества окружающей среды. Выдачу или возобновление разрешения тоже можно увязать с экологической стратегией фирмы. Лицензии и разрешения выдаются на определенный период и возобновляются через установленные промежутки времени. Если производство предполагается расширить, то нужно получить новое разрешение.

Подобный инструмент увязывается с установленными стандартами воздействия или лимитами производства (использования) экологически опасных веществ. Таким образом, разрешения и

лицензии сочетаются с другими сертификатами на использование земель, требованиями осуществить ОВОС как условие предоставления разрешения. Также они могут быть дополнены платой за загрязнение, налогами, платежами пользователей при комбинированной экономической стратегии

Именно такая система существует сейчас в России. Для предприятия сначала устанавливаются нормативы воздействия на окружающую среду. Затем на их основе определяются лимиты выбросов.

Эти лимиты положены в основу разрешений на комплексное природопользование и договора на комплексное природопользование, заключаемого между предприятиями-загрязнителями и природоохранными органами. В том же договоре устанавливаются размеры и порядок внесения предприятием платы за выбросы (сбросы) вредных веществ и размещение отходов.

Таким образом, как же действует система административных методов в целом? Сначала определяется, какую нагрузку может выдержать окружающая природная среда. На этой основе определяются значения ПДК. При этом некоторые вещества или способы деятельности оказываются под запретом. По ним издаются постановления или законодательные акты, полностью запрещающие их использование. Затем определяются возможности каждого предприятия. Устанавливаются индивидуальные стандарты воздействия ПДВ (ПДС). Зная эти стандарты, предприятию можно выдать лицензию на выбросы, которая узаконит его право осуществлять воздействие на окружающую среду.

5.3. Экономические методы управления рисками в природоохранной деятельности

Среди экономических рычагов и стимулов основное место занимают *платежи и налоги за загрязнение*. Они представляют собой косвенные рычаги воздействия и выражаются в установлении платы на выбросы или сбросы. Уровень платежа соответствует социально-экономическому ущербу от загрязнения или какому-либо другому показателю, например экономической оценке ассимиляционного потенциала природной среды. Налоги на загрязнение и платежи хороши потому, что эта система предоставляет максимальную свободу загрязнителю в выборе стратегии сочетания степени очистки и платы за остаточный выброс, позволяющую минимизировать издержки на превращение внешнего фактора загрязнения

во внутреннюю статью издержек для них (интернализацию экстернальных издержек).

Если природоохранные издержки низки, то фирма значительно сократит выбросы (вместо того, чтобы платить налог). В теории она сократит их до оптимального уровня, когда прирост затрат на дополнительную очистку становятся равными ставке платежа.

Налогами могут быть обложены также первичные ресурсы, конечная продукция или технологии. Хотя чисто внешне по воздействию на предприятие налоги и платежи эквивалентны, необходимо все же провести грань между этими двумя инструментами.

Когда мы произносим слово «налог», то подразумеваем, что:

- 1) он направляется в бюджет;
- 2) нет особых причин, кроме пополнения казны, чтобы его вводить.

Когда говорится о платеже, то уже сразу подразумевается, что плательщик оплачивает что-то. В данном случае платеж за загрязнение – это плата за право пользования ассимиляционным потенциалом природной среды. Пользователь этого ресурса платит за него так же, как он платит за приобретаемое сырье, электроэнергию и т. д.

Платежи пользователей на покрытие административных расходов могут включать плату за получение разрешения или лицензии, а также другие номинальные платежи, соответствующие величине выбросов и покрывающие издержки на раздачу разрешений и лицензий. Эти платежи, в целом, меньше платежей за загрязнение и имеют ограниченное воздействие на уровень выбросов фирмы. Скорее всего, их надо рассматривать как лицензионный сбор, который сопровождается выдачей лицензии. По сути, этот платеж не имеет самостоятельного значения.

Субсидии представляют собой специальные выплаты фирмам-загрязнителям за сокращение выбросов. Среди субсидий наиболее часто встречаются инвестиционные налоговые кредиты, займы с уменьшенной ставкой процента, гарантии займов, обеспечение ускоренной амортизации природоохранного оборудования, средства на регулирование цен первичных ресурсов и конечной продукции.

Системы обязательной ответственности. Если считать, что права собственности на окружающую среду принадлежат всему обществу в целом, то фирмы-загрязнители должны нести ответственность за причиненный ущерб. Если налог на загрязнение или плата за выбросы отражает предельный ущерб от загрязнения,

определенный до акта выброса, то ущерб в системе обязательной ответственности рассчитывается по факту выброса (после него) конкретно для каждого случая.

Иначе говоря, нанеся ущерб фирма обязана его либо каким-то образом компенсировать, либо провести очистку нарушенного природного объекта, либо выплатить компенсации пострадавшим, либо сделать еще что-то. Такая система предполагает использование документов, закрепляющих обязательства на осуществление природоохранной деятельности под соответствующий залог.

Этот подход особенно эффективен, если число загрязнителей и их жертв ограничено, а размер загрязнения и его состав легко отслеживать. Необходимо различать аварийные выбросы и восстановление экосистемы после осуществления определенной деятельности (рекультивация земель).

В первом случае фирма может лишь прогнозировать будущий ущерб и принимать все меры, чтобы его не допустить. Но если такой ущерб будет нанесен, виновник полностью компенсирует его. В качестве гарантий здесь могут выступать активы фирмы, в том числе страховой полис и т. п.

Во втором случае примерные масштабы будущего ущерба известны, например, если речь идет о добыче полезных ископаемых. В качестве гарантий здесь выступает денежный депозит, вносимый фирмой. Если фирма сама проведет рекультивацию земель, она получит свой депозит обратно, если нет, то суммы депозита должно хватить, чтобы рекультивацию провел кто-нибудь другой. Свою ответственность по компенсации ущерба загрязнитель может переложить на посредника, например, внося плату за загрязнение по ставкам, соответствующим экономической оценке ассимиляционного потенциала. Он, как мы говорили раньше, в том числе оплачивает и ущерб. В этом случае получатель платы должен рассчитаться с жертвой загрязнения.

Система целевого резервирования средств на утилизацию отходов (залогов) используется для создания в этих целях стимула у потребителей на осуществление дополнительных издержек. В момент покупки товара, предопределяющей предстоящее загрязнение, осуществляется вклад, который возвращается с процентами после утилизации отходов, например покупка батареек, напитков в жестяных банках и т. п. Известны случаи применения данной системы для стимулирования восстановления и утилизации отработанных масел, рециклирования озоноразрушающих веществ.

Информационные системы в виде обеспечения полноты информации и свободы ознакомления с ней играют роль, подобную экономическим стимулам. Если фирмы предоставляют всю информацию, то потребители или жители близлежащих территорий оповещены о размерах загрязнения или вредных веществах в продукции. Информированность (антиреклама) ведет к изменению спроса на продукцию, обеспечивая сокращение загрязнения, использование соответствующих первичных ресурсов или типа технологии.

Таким образом, система экономических методов отличается от административной тем, что предприятие-загрязнитель не сковывается жесткими стандартами. Предприниматель может выбирать свою стратегию, опираясь на анализ затрат и результатов. Тем не менее, все экономические параметры, являющиеся для него внешними (ставки платы за выбросы, налоги, размеры субсидий), жестко фиксируются. Они являются объектами централизованного регулирования. Таким образом, как и в предыдущем случае, фиксируется желаемое состояние окружающей среды, но предпринимателям дается возможность выбора: стратегия, позволяющая достичь этого состояния, не навязывается предпринимателю, но, тем не менее, посредством экономических мер он поставлен в жесткие экономические рамки.

5.4. Рыночные методы управления рисками в природоохранной деятельности

Создание рыночных отношений в экологической сфере предполагает формирование рынка для единиц загрязнения, разрешая фирмам покупать, продавать, торговать или перераспределять права на загрязнение. Этот подход базируется на первоначальном распределении разрешений на загрязнение, которыми затем обеспечиваются фирмы. Естественно, рыночные отношения в рыночной сфере предполагают создание основных элементов рыночной инфраструктуры, обслуживающей и обеспечивающей сделки по торговле правами на выбросы. В то время как под воздействием стандартов фирмы просто определяют удовлетворяющую их с наименьшими затратами комбинацию первичных ресурсов, технологию и очистное оборудование, рынок прав на загрязнение дает дополнительные возможности варьировать затратами. Фирмы могут сильно снизить загрязнение, за что они получают компенсацию, обеспечив соблюдение стандарта частично использованием очистного оборудования, а частично покупая у других фирм права на выбросы.

Принцип «пузыря». Концепция «пузыря» – это трактовка множества источников загрязнения как единой регулируемой системы. Объем выбросов устанавливается для всего региона, а находящиеся на его территории предприятия могут совместно найти наиболее выгодный для них способ обеспечить этот объем. Если для очистного оборудования существует эффект экономии издержек при увеличении масштаба, то за счет больших предприятий можно достичь требуемого сокращения выбросов, которое будет финансироваться за счет других фирм, находящихся в «пузыре», не вкладывающих средств в собственное очистное оборудование. На этом пути можно получить существенную экономию природоохранных издержек при заданном качестве окружающей среды.

Например, если на одной территории расположены крупная электростанция и ряд мелких котельных, то бывает выгоднее улавливать окиси серы и азота именно на крупном источнике, а не пытаться бороться с выбросами от каждого мелкого источника. В таком случае средства расходуются экономно, они не распыляются по мелким объектам. Принцип «пузыря» создает внешние рамки для торговли правами на загрязнение на уровне региона

Разрешения на выброс распределяются между отдельными заводами. От фирмы требуется выполнение стандарта либо через инвестиции в очистные технологии, либо приобретение разрешения у тех предприятий, которые достигли большего сокращения выбросов, чем это предусмотрено было после первоначального распределения разрешений.

Данный подход создает стимулы двух типов:

1) для фирм, предоставляющих права на загрязнение на продажу, становится выгодным использовать экономию от масштаба осуществления природоохранных инвестиций и достигать установленного стандарта наиболее эффективным способом, фактически получая компенсацию у других фирм за сэкономленные права;

2) фирмы, у которых издержки на утилизацию отходов очень велики, могут достигнуть стандарта, покупая права на выбросы, а не делая инвестиции в природоохранное оборудование, также минимизируя свои издержки на требуемое сокращение выбросов. Этот метод развивает торговлю правами на загрязнения, фактически создавая рынок таких прав.

Банки прав на загрязнение представляют собой развитие предыдущего подхода. Фирмы, чрезмерно сокращая выбросы, экономят права на загрязнение. Они могут вкладывать их в специальный

банк для будущего использования или продажи. Банк становится посредником, имеющим запас «прав», продающим и покупающим их. Эти банки выполняют и учетную функцию, обеспечивая процесс погашения израсходованных прав и не допуская их повторного использования.

Банки могут также предоставлять предприятиям-загрязнителям эмиссионные кредиты, т. е. временные права на увеличение выбросов. Предприниматель не должен платить столь значительную сумму, какую он платит, покупая права на выбросы. С точки зрения природы это тоже хорошо, так как предприниматель знает, что очень скоро (по истечении срока предоставления кредита) ему надо сократить выбросы. Если же он купит разрешение на загрязнение, то стимулов сократить свои выбросы у него будет меньше.

Биржи прав на загрязнение. При расширении рынка прав на загрязнение возникает необходимость в посреднических организациях типа бирж, где бы осуществлялись сделки по купле-продаже прав на выбросы.

Таким образом, по своей сути рыночные методы управления природоохранной деятельностью направлены на обеспечение рационального использования ассимиляционного потенциала природной среды. Все начинается с того, что общество определяет допустимые масштабы воздействия на природу, затем распределяет лицензии (разрешения) между заинтересованными сторонами. А затем в отличие от административной и экономической систем регулирования предпринимателям дается полная свобода перераспределять, перепродавать лицензии.

Органы управления лишь следят за эквивалентностью сделок (т. е. за тем, чтобы общее воздействие на природу не увеличилось) и способствуют созданию рыночной инфраструктуры, что выражается в двух позициях:

- закрепление прав собственности и организации, обеспечивающие реализацию этих прав (в том числе выдача лицензии или сертификатов собственности);

- контроль за деятельностью экологических банков и бирж.

Рыночные методы являются наиболее перспективным направлением развития механизма управления природоохранной деятельностью. Но они не могут заменить другие методы полностью. Каждый из методов имеет свои положительные и отрицательные стороны, а значит, каждый из методов имеет свою сферу применения.

5.5. Модифицированный системный подход к управлению риском с традиционных позиций

Системные подходы начали развиваться с начала XX века. Они не привели к созданию формальной математической теории, но выработали определенную форму мышления, язык, новые понятия и способствовали значительным научным открытиям. Особенно важно отметить, что вместо формальной теории систем появился ряд успешных системных моделей.

Существует несколько определений системного подхода как научного метода в традиционном понимании. Системный подход может, в частности, пониматься как определенная конфигурация и порядок в наших умозрительных построениях, организованных в единое целое и рассматриваемое как система. Системный подход может также связываться с объектом исследования, рассматриваемым как система. Если речь идет об управлении, например, риском, то оно может осуществляться с помощью *системы управления*. Такой системой может быть, в том числе, отдельно взятый человек или группа лиц, принимающих решение, системы власти соответствующего уровня и ответственности, организационные структуры и специально разработанные умозрительные построения, называемые схемами. Иногда схему управления можно рассматривать как основной элемент, а иногда как вспомогательный. Возможно рассмотрение схемы управления в качестве своего рода инструкции или методических рекомендаций.

Возможность и целесообразность создания таких схем управления риском многими исследователями ставится под сомнение. Их аргументы понятны. Вряд ли можно выявить и идентифицировать все источники экологической опасности и установить все значимые внутренние и внешние связи. Очень трудно расставить приоритеты. А если этого не сделать, то говорить о риске некорректно. И тогда просто неясно, чем надо управлять. Но это вовсе не значит, что не надо пытаться сформулировать некоторые исходные положения, с помощью которых мы можем надеяться на решение поставленной задачи. Такие схемы активно разрабатываются и уже действуют в ряде стран, как в Европе, так и в США. При этом их функционирование обеспечивается командно-административными методами.

Как же может выглядеть такая схема, и каким требованиям она должна отвечать? Эта схема должна быть достаточно проста и понятна, она не должна быть громоздкой, так как сложность и

громоздкость приведут к потере ее работоспособности. Схема должна быть гибкой, чтобы обеспечить универсальность управления конкретным видом риска, позволяющую применять ее в самых разнообразных ситуациях. Такая схема должна содержать возможность применения широкого спектра мероприятий, видов и объемов привлекаемых средств и ресурсов. Последние могут варьироваться в зависимости от степени важности проблемы и возможных экономических последствий наступления опасной ситуации. Схема также должна быть согласована с системами принятия решений в соответствии с уровнем их ответственности. Ее можно представить в виде ряда последовательных шагов, например:

- 1) *целеполагание, то есть четкая формулировка цели;*
- 2) *анализ источников экологической опасности и связанных с ними рисков;*
- 3) *исследование возможных методов и подходов по снижению уровня существующей и потенциальной опасности;*
- 4) *планирование мероприятий и принятие решения о реализации того или иного мероприятия;*
- 5) *первая проба реализации принятого решения;*
- 6) *осмысление и оценка полученных результатов, принятие решения о целесообразности повтора применения спланированных мероприятий.*

Эти шесть шагов можно рассматривать как своего рода программу, к которой необходимо добавить два важных момента:

- 1) *возможность привлечения заинтересованных сторон;*
- 2) *возможность повторения необходимых шагов в случае появления новых данных, меняющих саму схему управления риском или ставящих под сомнение процесс управления в целом.*

Этот пункт говорит о том, что в процесс управления рисками в условиях множественности источников риска необходимо включить, как обязательный элемент, итерирование (метод последовательных приближений).

Итерирование необходимо, потому что новая ценная информация может появиться на любой стадии процесса управления рисками. Представленная выше возможная схема управления риском позволяет неоднократно повторить любой шаг программы (алгоритма) при появлении новых данных, ставящих под сомнение сделанные ранее выводы, что обуславливает гибкость управленческого процесса и открывает возможность рассматривать каждую конкретную ситуацию в широком контексте ее окружения.

При этом надо учитывать следующие данные.

1) Данные об экологических рисках, источником которых могут быть не один, а много источников. Подвержены ли объект и население воздействию одних и тех же факторов от одного из источников экологической опасности, или имеются и другие, исходящие из других источников?

2) Данные об опасностях, исходящих от объектов, которые создал человек. Может ли строительство технических сооружений привести к возникновению феноменов и процессов, приводящих к появлению новых, ранее отсутствующих, экологических рисков?

3) Данные о вредных воздействиях объекта на окружающую среду и человека, производимых совокупностью источников опасности. Взаимодействуют ли эти источники между собой? Обладают ли оказываемые воздействия кумулятивным эффектом?

4) Данные о воздействиях, производимых в результате наступления иного рода опасных ситуаций и их последствий. Насколько велика опасность, исходящая из конкретного объекта в сравнении с другими рисками?

Сам процесс исследования проблемы в рамках конкретной ситуации включает в себя оценку различных источников опасности, способных создать дополнительную угрозу безопасности, рассмотрение схожих рисков, а также экспертное определение вклада (весовых множителей) различных источников в создание опасной ситуации. В качестве конечной цели сформулированного подхода можно назвать создание модели, на основе которой будет:

1) возможен краткосрочный прогноз наиболее вероятных последствий принятых управленческих решений,

2) оказание помощи в направлении сил и ресурсов в ту область, где их использование могут дать заметные результаты.

Участие заинтересованных сторон (т. е. тех, кого непосредственно затрагивают существующие проблемы, факторы опасности и выбранные альтернативы их устранения) также является важной составляющей на пути принятия и успешной реализации научно-обоснованных и экономически эффективных решений в области управления экологическим риском.

В таких схемах каждый шаг представляет собой довольно сложную структурную и смысловую конструкцию, и каждый шаг, в свою очередь, может включать в себя множество элементов. Оценивая сказанное, можно сделать вывод, что для эффективного проведения оценки уровня риска с целью дальнейшего управления им

можно применить системный подход, один из вариантов которого изображен графически на рис. 11.

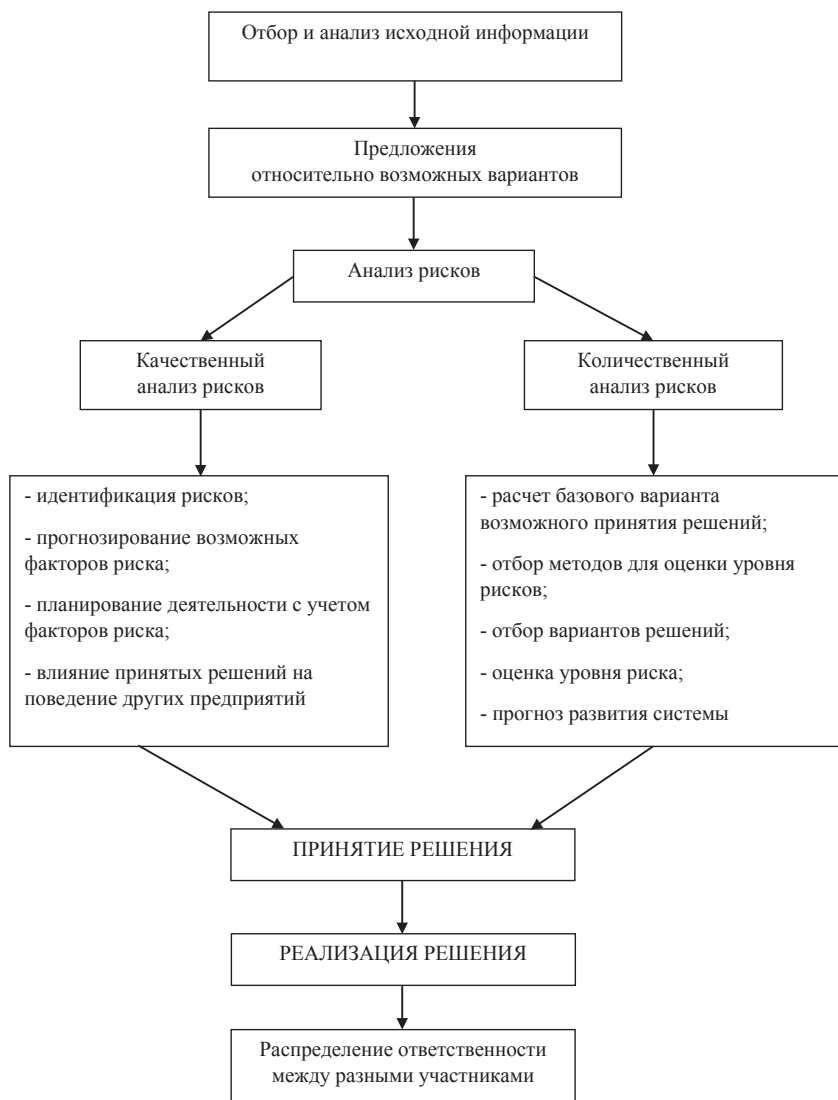


Рис. 11. Одна из возможных моделей системного подхода к анализу и управлению риском

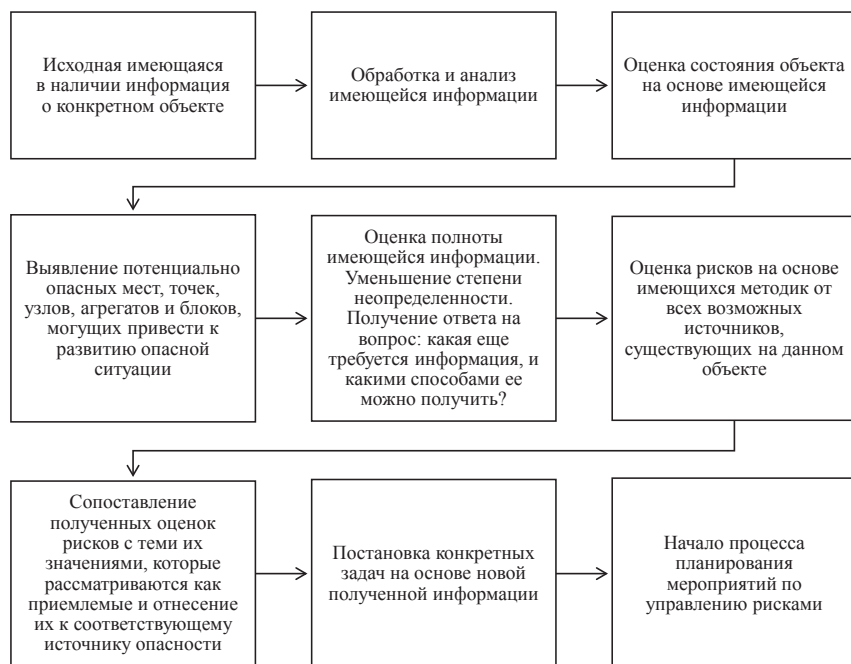


Рис. 12. Вариант системного подхода как предварительный этап (планирование) на пути решения задачи управления риском

Вариант системного подхода к процедуре планирования, о которой говорилось выше, может иметь вид, представленный схематически на рис. 12.

Представляется, что изложенные соображения по применению органами, ответственными за проведение экологической политики, системного подхода в традиционном толковании с некоторыми модификациями, как научного метода решения проблемы управления экологическими рисками, позволят уменьшить число ошибок и понизить уровень неопределенности в процессе принятия решений.

5.6. Системный подход к управлению рисками в новом контексте

Выше рассмотрены возможные варианты системного подхода к проблеме управления экологическими рисками в сложных системах в традиционном его толковании. Это означает, что по существу

применяется разновидность аналитического метода в его общепринятом понимании с некоторыми модификациями. В основе этого лежало убеждение в том, что свойства целого могут быть выведены из свойств отдельных частей. Иначе говоря, на первое место поставлена структура системы и представление о том, что часть системы менее важна, чем она сама как целое.

Новый контекст рассматривается как область знания, содержащая набор методов, способов и приемов, а также идей и представлений, объединенных в понятие «системный подход» в новой интерпретации. Появление этой новой интерпретации связано с тем, что настоящим шоком для науки XX века стал тот факт, что систему нельзя понять с помощью системного анализа. Свойства отдельных частей системы не являются их внутренними свойствами, но могут быть осмыслены лишь в контексте более крупного целого. Это означает, что изменилось представление о взаимоотношениях части и целого, а значит, и наше понимание того, что такое системный подход. Новое понимание означает, что при системном подходе свойства частей могут быть выведены только из организации целого.

Системное мышление. Системное мышление контекстуально и являет собой противоположность аналитическому мышлению. Анализ означает отделение чего-либо для того, чтобы понять его. Системное мышление означает помещение чего-либо в более обширный контекст целого.

Согласно системному мышлению новые свойства системы как целого возникают вследствие взаимосвязи и взаимодействия между его частями. Эти свойства нарушаются и даже могут исчезнуть, если система рассекается на изолированные элементы. Всегда надо помнить, что природа целого отличается от природы его частей. Возникновение и развитие системного мышления стало важной вещью в развитии науки.

Системный подход с не традиционной точки зрения. Важнейшей концепцией системного подхода в новом толковании является понимание конфигурации взаимоотношений в системе. Можно сказать и иначе. Конфигурация взаимоотношений – это паттерн организации системы. Или, паттерн – это форма системы в смысле включения качества, то есть свойств системы в целом. Отношения связано со структурой, а структуры, рассматриваемые изнутри – это отношения. Отношение – это то, что связывает объект в целое. Это очень важный момент, так как в традиционном системном подходе, использующем модель структуры системы, структура включает

количества (например, энергии, массы и информации). Вторым важным моментом системного подхода является понятие организованной сложности. На каждом уровне сложности наблюдаемые явления обладают свойствами, которые не существуют на более низких уровнях. В силу сказанного в системном подходе должны задаваться пороговые уровни сложности, которые на данный момент мы в состоянии понять и описать.

Управление как отношения. Сейчас можно подойти к проблеме управления как к отношениям между управляемой системой и управляющей, так как системный подход в новом толковании означает, что обе эти системы входят в состав системы более высокого уровня сложности. Отношения – это проявления взаимосвязи феноменов. Выделяют отношения: 1) *пространственные, временные*; 2) *причинно-следственные (локальные)*; 3) *беспричинные (нелокальные)*; 4) *внешние*; 5) *внутренние*; 6) *логические*; 7) *существенные*; 8) *целого и части*; 9) *особенного и общего*.

Отношения выступают как признаки, принадлежащие нескольким объектам, входящим в состав системы.

В соответствии с новым подходом, перед традиционным определением альтернатив, большое внимание уделяется идентификации проблемы в целом и анализу всех связанных с ней рисков. Таким образом, задача управления риском требует выявления и предварительной проработки отдельных ее частей (элементов) всей схемы управления, объединенных общей целью, стоящей перед системой более высокого уровня сложности.

Под информационным управлением понимается механизм, когда управляющее воздействие носит неявный, косвенный, информационный характер, и объекту управления дается определенная информационная картина, ориентируясь на которую, он самостоятельно выбирает линию своего поведения.

Информационное управление существует очень давно, но оставалось в тени долгое время, не только потому, что его роль была незначительной по сравнению с другими методами управления, но и потому, что информационные технологии были весьма несовершенны. Положение резко изменилось с появлением и массовым внедрением в повседневную жизнь новейших компьютерных и коммуникационных технологий.

В настоящее время информационное управление широко применяется для формирования в широких слоях населения требуемой истеблишменту картины реальности бытия и так называемых

«ценностей», якобы имеющих огромное значение для каждого отдельного человека. Делается это в основном через убеждение, внушение и заражение.

К достоинствам информационного управления относятся:

- 1) высокая избирательность воздействия;
- 2) конкретность и оперативность;
- 3) быстрая перестройка методов и средств воздействия в зависимости от меняющейся обстановки;
- 4) возможность оперативной концентрации усилий на том или ином объекте, регионе, социальной группе;
- 5) возможность комплексного применения различных методов и средств информационного управления;
- 6) сравнительно небольшие затраты на разработку и реализацию управленческих решений при высокой эффективности их внедрения в сознание человека.

Благодаря этим преимуществам и с учетом сказанного выше именно посредством организации соответствующих отношений между управляемой управляющей системами, можно достичь тех целей, которые ставит перед собой управление.

Объект управления. Урбанизированные территории, к которым относятся человеческие поселения, города-мегаполисы, промышленные и береговые зоны, являются сложными многокомпонентными системами и содержат в себе различные уровни сложности, которые подчиняются, вообще говоря, разным законам функционирования. Это означает, что на каждом уровне необходимо применять свои законы. В этой системе всегда присутствуют, по крайней мере, три основных компонента – природный, техногенный и человеческий.

Природная компонента имеет много уровней сложности, включая такие, которые современная наука пока рассматривать не в состоянии – нет соответствующих моделей, методов и инструментов.

Вторая компонента – все то, что создано человеком, по сравнению с первой имеет несравненно более низкие уровни сложности.

В качестве третьей компоненты можно выделить систему управления.

Поэтому, если речь идет о системе в целом, то необходимо при описании первой компоненты применять модели, коррелирующие с моделями второго и третьего компонента. Иначе говоря, уровни сложности трех основных подсистем должны быть согласованы как по вертикали, так и по горизонтали. Критерием такого согласования могут быть свойства, которыми должна обладать система в целом.

Целеполагание. С учетом сказанного, сформулировать цель можно так: обеспечить управление всей системой в целом таким образом, чтобы не был превышен верхний уровень приемлемого экологического риска (или нижний допустимый уровень экологической безопасности). Это означает необходимость поддержания значения параметров, описывающих свойства системы, в пределах их заданных значений. Так как фактор риска в данном случае рассматривается как инструмент, то цель содержит в качестве основной подцели задачу управления риском.

Способ достижения цели. В развиваемой методологии достижение цели возможно путем идентификации, оценки и управления рисками, имеющими отношение ко всем подсистемам, в том числе к системе управления.

Общее понимание проблемы управления рисками. В общем плане, под управлением риском будем понимать идентификацию и оценку рисков, отбора, обоснования и реализации совокупности действий и мероприятий, направленных на снижение величины рисков возникновения неблагоприятных ситуаций, причинения вреда здоровью человека и окружающей среде на основе конфигурации взаимоотношений и структуры системы в целом.

Два основных подхода к управлению рисками. Методологически оправданным будет совместное применение двух основных подходов – «объективного» и «субъективного».

«Объективный подход» к управлению риском начинается с рассмотрения существа проблемы и далее восходит к человеку, к принимаемым решениям. В рамках этого подхода осмысливаются цели, формулируются соответствующие им принципы и предлагаются методы оценки и управления рисками. Эти «правила игры» могут закрепляться в соответствующих нормативных документах, стандартах, законах и т. д. Объективный подход обычно применяется на государственном уровне, а также на уровне крупных фирм, корпораций, когда речь идет о типичных, достаточно часто встречающихся рисках, решениях и ситуациях. *Объективный подход можно назвать «внешним».*

«Субъективный подход» идет от человека и восходит к принимаемым решениям, к возникающим в их результате, рискам. Этот подход тесно связан с моделированием и психологией людей. Суть подхода состоит в том, чтобы предложить формальные процедуры, критерии, методики, которые дают примерно тот же результат в стандартных ситуациях, что и человек, принимающий решение.

Область применения этого подхода чрезвычайно велика. *Субъективный подход можно назвать «внутренним».*

Способы изменения состояния системы. Существует два основных способа изменения состояния системы – силовой и параметрический. В развиваемой методологии системе управления рекомендуется применять оба способа воздействия, так как система управления находится «внутри» общей системы и является ее частью.

Параметры объекта и управляющие параметры. Параметры системы – это совокупность величин разной природы, точности и размерности, с помощью которых можно адекватно отобразить взаимосвязи и взаимоотношения между частями системы, а также свойства системы в целом. Важно, чтобы в интервале времени осуществления процесса управления рисками эти величины могли рассматриваться как постоянные или незначительно меняющиеся. Степень изменения должна быть такова, чтобы влияния изменений на конечный результат либо не было, либо было пренебрежимо малым.

Переменные параметры – это такие, изменения которых влияют на конечный результат. Управляющими параметрами будут те, которые способны с наименьшими затратами привести систему в состояние с заданными свойствами.

Вышеизложенное можно рассматривать как формулировку новых интеллектуальных, информационных и технологических принципов, работоспособных в новых экономических и правовых условиях, в которых командно-административные и технические методы управления либо неработоспособны, либо малоэффективны.

Приведенные выше, как примеры, методы оценки и управления экологическими рисками в контексте системного подхода, являются дополнительными инструментами, с помощью которых можно обеспечить жизнеспособность системного подхода в его новом толковании. Эти методы и те, которые находятся сейчас в стадии разработки, убеждают нас, что возможность управления экологическим риском, в том числе рисками природных и антропогенных аварий и катастроф – не утопия. Необходимо наращивать наши усилия в этом направлении.

5.7. Элементы системы управления качеством окружающей среды урбанизированных территорий

Управление динамикой и качеством окружающей среды современного ландшафта требует знания ее состояния и способов воздействия на это состояние. Управление при этом надо рассматривать как целенаправленное воздействие на объект, сформированное на основе информации о его фактическом состоянии.

Экологическое управление – это деятельность соответствующих органов, предприятий, организаций или лиц по планированию, осуществлению, контролю и оценке работы, организованная таким образом, чтобы были решены поставленные задачи и достигнуты сформулированные цели.

Под системой управления будем понимать группу лиц с определенной организационной структурой и распределением обязанностей, ответственных за проведение экологической политики на соответствующем уровне, разрабатывающих и реализующих определенную методологию, включающую общую стратегию, комплекс планов, программ, процедуры и инструкции, измерения и регистрации, которые помогают вести и контролировать выбранное направление развития.

Некоторые части системы управления требуют специального внимания и выделения в самостоятельную подсистему, как, например предлагаемая схема управления качеством главных компонентов природной среды урбанизированной территории, базирующаяся на рассмотренной нами системе контроля.

Цели и задачи управления должны быть сформулированы таким образом, чтобы обеспечить упорядочение рассматриваемой экосистемы, уменьшение или нейтрализацию негативного воздействия на окружающую среду путем минимизации вещественных и энергетических потоков между техногенными объектами и главными компонентами природной среды.

Поставленные цели могут быть достигнуты только при наличии связующего звена между учеными и лицами, принимающими решения. Процесс укрепления согласованности между учеными и политиками подразумевает перенос задач, поставленных в планах экологической политики, в территориальные планы. С другой стороны, понятно, что стратегия развития, заложенная в планах, составляет основу экологических мер.

Построение системы управления качеством главных компонентов конкретного ландшафта можно представить в виде этапов. Детализация этих этапов возможна для каждого конкретного случая.

Чтобы предлагаемая система управления была жизнеспособна, необходимы тщательная подготовка и проведение целого ряда мероприятий. К ним могут относиться следующие.

1. Отбор на основе экспертного подхода контрольных показателей (параметров, констант и т. д.) внутри каждого направления (состав, свойства, процессы, явления).

2. Разработка и обоснование пространственно-временного расположения измерительной техники с учетом особенностей конкретного ландшафта.

3. Проведение измерений всех отобранных параметров на неурбанизированной территории с аналогичными географическими и климатическими условиями, которая может рассматриваться как база для отсчета.

4. Полученные значения параметров взять в качестве основы формирования базовых признаков качества процессов, свойств, явлений и состава, с помощью которых возможно проведение сравнения с аналогичными показателями в таких же точно процессах, явлениях, свойствах, измеренными в контролируемой экосистеме.

Вышеприведенные позиции могут рассматриваться как первый этап формирования системы управления. Следующим важным этапом должен быть этап, связанный со сбором, обработкой и генерализацией полученной информации, а также ее организацией и структуризацией. Этот блок должен содержать:

- информацию об отношениях в пространстве или во времени;
- по масштабам в пространстве или во времени (в рамках рекомендованной ЮНЕП шкалы Тиллера);
- по типам отношений, то есть по направлениям и их взаимодействию;
- по ведущим объектам, являющимся источниками специфического воздействия, если таковое имеется;
- по главному аргументу, то есть основному показателю, выбранному внутри одного направления;
- по подчиненному аргументу;
- по множеству аргументов и показателей;
- по отображению прямых и обратных связей;
- о достаточности исходной информации.

Таким образом, первые два этапа задают исходную, стартовую позицию, с которой начинается планирование и приведение в действие механизма управления состоянием и качеством главных компонентов рассматриваемого ландшафта.

На третьем этапе для системы управления необходимо обеспечить следующие действия.

1. Для получения информации о состоянии и динамике главных компонентов природной среды произвести обработку имеющейся и полученной информации одним или несколькими применяемыми методами, известными в теории динамических систем.

2. Выявить отклонения измеренных показателей от базовых, провести анализ этих отклонений и установить их причину.

3. На основе разработанного метода представить соответствующие данные в виде индикаторов, индексов качества или составляющих экологического риска и передать в соответствующий блок информационной системы.

4. Преобразовать информацию в форму, доступную для интерпретации и передачи в систему поддержки принятия решений.

5. Приступить к планированию мероприятий по обеспечению требуемого уровня экологического риска на данной территории.

Предложенная схема управления может быть уточнена и дополнена только в результате практической работы.

В плане генеральной экологической стратегии могут быть рекомендованы в систему управления два принципа:

- 1) *компенсации;*
- 2) *синхронизации.*

Принцип компенсации можно интерпретировать не только как уменьшение выбросов тепловой энергии и загрязняющих веществ в главные компоненты рассматриваемой экосистемы, но и как перераспределение нагрузок на окружающую среду с целью «дать отдохнуть» и восстановиться отдельным объектам окружающей природной среды (например, озеру, участку леса или парка и т. д.), а также замене либо отдельных технологий, либо производственных циклов, с целью уменьшения техногенного давления на окружающую среду. Принцип синхронизации означает необходимость согласованных, одновременных действий при решении комплекса поставленных экологических задач всеми организациями, предприятиями и лицами, ответственными за обеспечение приемлемого уровня экологической безопасности.

5.8. Управление рисками проекта

Управление финансовыми ресурсами на открытых рынках приводит к возникновению различных видов риска. Поэтому проблема принятия эффективных управленческих решений в условиях риска занимает одно из центральных мест в современной теории и практике финансов.

Чаще всего «риск» интерпретируется как «опасность потерь». Эта интерпретация, согласуясь с бытовыми представлениями о риске как о возможности наступления неблагоприятного события, приводящего к потерям, не решает вопроса об измерении риска. Еще более запутывают ситуацию определения риска вида «Риск – это отношение инвестора к возможности заработать или потерять деньги». В таком определении риск становится субъективной величиной, которую нельзя измерить.

Начиная с 1990-х гг., с появлением концепции *Value-At-Risk*, риск начали определять через вероятность потерь. Соответственно, измерение риска было сведено к измерению размера потенциальных потерь. Приведем ряд примеров определений риска, встречающихся в литературе. Согласно ряду авторов, риск – это:

- «вероятность неблагоприятного исхода финансовой операции»;
- «вероятность потери активов и образования убытков»;
- «вероятность возникновения потерь, убытков, недопоступлений планируемых доходов, прибыли».

Определение риска содержит в себе три ключевые компоненты, которые неявно объединены в широко распространенном «бытовом» понимании риска.

Во-первых, риск связан с событиями – причинами, хотя это обычно опускают.

Во-вторых, события наступают или не наступают – т. е. они не достоверны, а лишь возможны (вероятны).

В-третьих, сами по себе события ни нежелательны, ни благоприятны – в каждом конкретном случае требуется оценка их последствий для пользователя управляемой системы, т. е. оценка качества состояний, в которые может попасть система в результате реализации риска.

Все сказанное приводит к тому, что все чаще раздаются голоса критиков старых взглядов на оценку и управление риском. Основной акцент делается на сравнительном анализе преимуществ

и критике недостатков классических парадигм принятия решений в условиях риска. Суть критики состоит в двух тезисах:

1) практика показывает существенное и систематическое отличие человеческих решений, основанных на субъективных эвристиках, от решений, предписываемых распространенными концепциями оптимальности и рационального выбора;

2) рыночные механизмы несовершенны, рынок неэффективен, рыночное равновесие зависит от событий – рисков во внешней среде, риски не случайны и подчиняются определенной логике.

Меры риска – это:

1) мера возможности риска;

2) мера нежелательности состояния, в которое попадает объект управления при реализации риска.

В одном из вариантов новых взглядов на указанную проблему рассуждения сводятся к следующему.

Причиной возникновения рисков являются неопределенности, существующие в каждом проекте. Риски могут быть «известные» – те, которые определены, оценены, для которых возможно планирование. Риски «неизвестные» – те, которые не идентифицированы и не могут быть спрогнозированы. Хотя специфические риски и условия их возникновения не определены, менеджеры проекта знают, исходя из прошлого опыта, что большую часть рисков можно предвидеть

Реализуя проекты, имеющие высокую степень неопределенности в таких элементах, как цели и технологии их достижения многие компании уделяют внимание разработке и применению корпоративных методов управления рисками. Данные методы учитывают как специфику проектов, так и корпоративных методов управления.

Американский Институт управления проектами (PMI), разрабатывающий и публикующий стандарты в области управления проектами, значительно переработал разделы, регламентирующие процедуры управления рисками. В новой версии РМВОК описаны шесть процедур управления рисками.

Согласно подходу PMI **управление рисками** – это процессы, связанные с идентификацией, анализом рисков и принятием решений, которые включают максимизацию положительных и минимизацию отрицательных последствий наступления рискованных событий. Процесс управления рисками проекта обычно включает выполнение следующих процедур.

1. Планирование управления рисками – выбор подходов и планирование деятельности по управлению рисками проекта.

2. Идентификация рисков – определение рисков, способных повлиять на проект, и документирование их характеристик.

3. Качественная оценка рисков – качественный анализ рисков и условий их возникновения с целью определения их влияния на успех проекта

4. Количественная оценка – количественный анализ вероятности возникновения и влияния последствий рисков на проект

5. Планирование реагирования на риски – определение процедур и методов по ослаблению отрицательных последствий рисков событий и использованию возможных преимуществ.

6. Мониторинг и контроль рисков – мониторинг рисков, определение остающихся рисков, выполнение плана управления рисками проекта и оценка эффективности действий по минимизации рисков.

Все эти процедуры взаимодействуют друг с другом, а также с другими процедурами. Каждая процедура выполняется, по крайней мере, один раз в каждом проекте. Несмотря на то, что процедуры, представленные здесь, рассматриваются как дискретные элементы с четко определенными характеристиками, на практике они могут частично совпадать и взаимодействовать.

Целью мониторинга и контроля является выяснить, было ли следующее:

- система реагирования на риски внедрена в соответствии с планом;

- реагирование достаточно **эффективно или необходимы изменения**;

- риски изменились по сравнению с предыдущим значением;
- наступление влияния рисков;
- необходимые меры приняты;
- воздействие рисков оказалось запланированным или явилось случайным результатом.

Контроль может повлечь за собой выбор альтернативных стратегий, принятие корректив, перепланировку проекта для достижения базового плана. Между менеджерами проекта и группой риска должно быть постоянное взаимодействие, должны фиксироваться все изменения и явления. Отчеты по выполнению проекта должны формироваться регулярно.

В заключении этой главы сделаем *краткое резюме*.

Решение проблемы управления безопасным функционированием сложных систем требует создания эффективной информационной технологии для ее внедрения в системы мониторинга

окружающей среды и интересующих нас объектов. Эта технология должна включать:

- 1) планирование измерений;
- 2) развитие алгоритмов комплексной обработки данных из различных предметных областей знания;
- 3) создание методов принятия решений на основе анализа динамической информации;
- 4) оценки риска от реализации этих решений.

Реальное воплощение описанных выше идей требует сосредоточения интеллектуальных, экономических и технических ресурсов в едином информационно-аналитическом центре мониторинга. Его функционирование должно обеспечить получение информации по следующим направлениям:

- о влиянии глобальных изменений на окружающую среду региона;
- о роли происходящих или планируемых в регионе изменений природной среды и связанных с ними изменениях окружающей среды и в прилегающих регионах;
- о состоянии атмосферы, гидросферы и почвенно-растительных формаций на территории региона;
- о наличии необходимых данных об экологических, климатических, экономических и демографических параметрах любого региона;
- об уровне экологической безопасности на данной территории;
- о появлении опасных для человека и окружающей среды явлений;
- о тенденциях в изменениях состояния лесов, болот, пастбищ, сельскохозяйственных посевов, морских, речных и озерных систем и других природных комплексов;
- о риске тех или иных мероприятий по изменению окружающей среды.

Такой информационный центр поможет системам принятия решений, ответственным за управление устойчивым функционированием сложных объектов и систем, обеспечить:

- 1) своевременное научно-обоснованное планирование и управление хозяйственной деятельностью с учетом ее экологической целесообразности и разработки стратегии рационального природопользования и обеспечения экологической безопасности;
- 2) оперативное оповещение и предупреждение о появлении внутри и за пределами конкретной территории событий, явлений и процессов, могущих повысить риски для природы и человека.

Рассмотренный подход нацелен на создание требуемой технологии. Для успешного продвижения к достижению этой цели требуется провести ряд фундаментальных исследований и решить множество организационно-технических задач. Среди первоочередных задач следует указать на необходимость ранжированной систематизации природных и техногенных явлений с выделением их характерных признаков, что является принципиальным условием реализации этапов предложенной выше процедуры принятия решения.

Оценка риска смертельных исходов при возникновении природной или техногенной ЧС как функции параметров региона также является одним из приоритетов будущих исследований.

Литература

1. Авалиани С.Л., Андрианова М.М., Печенникова Е.В., Пономарева О.В. Окружающая среда. Оценка риска для здоровья (мировой опыт). – М., 1996.
2. Альгин А.П. Риск и его роль в общественной жизни. – М., 1989. – 180 с.
3. Андрианов Ю.М., Субетта А.И. Квалиметрия в приборостроении и машиностроении. – Л.: Машиностроение. Ленинградское отделение, 1990. – 216 с.
4. Атрашенко В.П., Вдовиченко В.Д., Масликов В.И. Экспертная оценка влияния полигонов ТБО на окружающую среду и здоровье человека // Межд. экологический конгресс «Новое в экологии и безопасности жизнедеятельности». Санкт-Петербург, 14–16 июня 2000 г. Доклады. – С. 592–593.
5. Биненко В.И., Донченко В.К., Растоскуев В.В. Риски и экологическая безопасность природно-хозяйственных систем. – СПб., 2012. – 352 с.
6. Ваганов П.А. Риск смерти и цена жизни // Правоведение. – 1999.
7. Ваганов П.А. Человек. Риск. Безопасность. – СПб.: Изд-во С.-Петербургского Ун-та, 2002. – 159 с.
8. Ваганов П.А., Ман-Сунг Им. Экологический риск: учебное пособие. – СПб.: Изд-во С.-Петербургского Ун-та, 1999.
9. Ваганов П.А., Ман-Сунг Им. Экологические риски. – СПб.: Изд-во С.-Петербургского Ун-та. 2001. – 152 с.
10. Воробьев Ю.Л. Основы формирования и реализации государственной политики в области снижения рисков чрезвычайных ситуаций. – М.: Деловой экспресс, 2000. – 247 с.
11. Воробьев О.Г., Реут О.Ч. Геотехнические системы: генезис, структура, управление. – Петрозаводск: ПетрГУ, 1994. – 82 с.
12. Воробьев О.Г., Шамшин А.В., Музалевский А.А. О применении эксергетического анализа для оценки взаимодействия промышленного объекта с окружающей средой // Экологическая химия. – Т. 7. – Вып. 2. – 1998. – С. 110–115.
13. Григорьев А.А., Кондратьев К.Я. Экодинамика и геополитика // Экологические катастрофы. – Т. 2. – СПб., 2001. – 687 с.
14. Григорьев А.А., Кондратьев К.Я. Глобальные изменения: проблема индикаторов устойчивого развития // Изв. РГО. – 1996. – Т. 128. – Вып. 4. – С. 26–37.

15. Измалков В.И., Измалков А.В. Техногенная и экологическая безопасность и управление риском / под ред. В.А. Манилова. – М.–СПб., 1998. – 482 с.
16. Исидоров В.А., Музалевский А.А. Индексы и составляющие экологического риска в оценке качества городской экосистемы // Вестн. С.-Петербург. ун-та. – 1998. – Сер. 4. – Вып. 2. – (№ 11). – С. 74–83.
17. Колбин В.В. Анализ и оценка риска: учебное пособие. – СПб.: Изд. СПбГУ, 2005. – 70 с.
18. Колбин В.В. Управление риском: учебное пособие. – СПб.: Изд. СПбГУ, 2005. – 99 с.
19. Кузьмин И.И. и др. Безопасность и риск. – М., 1997. – 164 с.
20. Музалевский А.А. Индикаторы и индексы экодинамики // Методологические аспекты проблемы экологических индикаторов и индексов устойчивого развития. 3-я Межд. Конф. по мягким вычислениям и измерениям SCM-2000. 27–30 июня 2000 г. Санкт-Петербург. Сб. докладов. – Т. 1. – С. 36–46.
21. Музалевский А.А. Индикаторы и индексы устойчивого развития береговой зоны // Основные концепции современного берегопользования / под ред. Л.Н. Карлина, В.В. Денисова, М.Б. Шилина. – СПб., 2009. – С. 170–213.
22. Музалевский А.А. Риск: анализ, восприятие и управление // Риски в современном мире: идентификация и защита. Материалы Международных научных чтений «Белые ночи-2004». Санкт-Петербург. – С. 14–17.
23. Музалевский А.А. Экология: учебное пособие. – СПб.: РГГМУ, 2008. – 604 с.
24. Музалевский А.А., Воробьев О.Г., Потапов А.И. Экологический риск: учебное пособие. – СПб.: Изд. СЗТУ. 2001. – 110 с.
25. Музалевский А.А., Карлин Л.Н. Экологические риски: теория и практика. – СПб.: РГГМУ, 2011. – 448 с.
26. Музалевский А.А., Яйли Е.А. Риск: анализ, оценка и управление. – СПб.: РГГМУ, 2005. – 226 с.
27. Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций: уч. пос. для органов управления РСЧС / под общей ред. Ю.Л. Воробьева. – М., 2002. – 340 с.
28. Руководство по анализу и управлению риском в промышленном регионе. – Т. 1: Концепция и процедура оценки риска в промышленном регионе. – М.: ГКЧС РФ, 1992.
29. Руководство по анализу и управлению риском в промышленном регионе. – Т. 2: Методологический аппарат, физические и математические модели для оценки и анализа риска. – М.: ГКЧС РФ, 1992.
30. Руководство по анализу и управлению риском в промышленном регионе. – Т. 3: Банки данных для анализа и оценки риска. – М.: ГКЧС РФ, 1992.
31. Федоров М.П., Масликов В.И. Принципы создания природно-технических систем в возобновляемой энергетике // Труды СПбГТУ. – 2007. – № 502. – Строительство. – СПб.: Изд. Политехнического университета. – С. 306–316.
32. Швыряев А.А., Меньшиков В.В. Оценка риска воздействия загрязнения атмосферы в исследуемом регионе: учебное пособие для вузов. – М.: Изд-во МГУ, 2004. – 124 с.
33. Экологические основы управления природно-техническими системами: учебное пособие / под ред. Академика РАН М.П. Федорова. – СПб.: Издательство Политехнического университета, 2007. – 504 с.
34. Muzalevsky A.A. A Systems Approach to the Problem of Environmental Indicators and Sustainable Development Indices. Terms, Definitions, Dimensions, Units. Structurization and Classification // Abstract book «INDEX» – 99. St.-Petersburg, Russia. July 11–16, 1999. – P. 95–97.

35. *Muzalevsky A.A.* The Urban Ecosystem and the Method of its Description in Terms of Quality Indices // Environmental Indices Systems Analysis Approach. – EOLSS Publishers Co. Ltd. Oxford, UK, 1999. – P. 466–475.
36. Principles and Recommendations for the Integrated Management of Technological Risks // IAEA, Austria, 17.07.95.CT-2436. – 104 p.
37. SCOPE 58. SUSTAINABILITY INDICATORS. Report of the project on Indicators of Sustainable Development // edited by B. Moldan and S. Billharz. UNEP. By John Wiley and Sons. – New York, 1997. – 415 p.
38. Интернет-ресурсы. Все ИСО.
39. Журнал «МЕНЕДЖМЕНТ», 2019.

Глоссарий

Аварийная ситуация – процесс перехода объекта из нормального состояния в аварийное обычно называют критическим, а состояние объекта при этом переходе – аварийной ситуацией. Снижение вероятности возникновения аварийной ситуации, а, следовательно, и уровня техногенного риска, может быть достигнуто путем повышения надежности, живучести и технической безопасности оборудования и объекта в целом.

Авария – экстремальное событие техногенного характера, проявляющееся в резком отклонении от условий нормального функционирования, в выходе из строя, в повреждении и/или разрушении технических устройств, транспортных средств, зданий, сооружений, сопровождающееся формированием факторов вредного воздействия на здоровье человека и окружающую среду.

Анализ риска – процедуры определения и оценки опасностей источников риска; систематическое использование информации для выявления опасности количественной оценки риска.

Антропогенный объект – объект, созданный человеком для обеспечения его социальных потребностей и не обладающий свойствами природных объектов.

Аспект научный (дословно – «угол» научный). Конкретное направление, дисциплина, тезис, положение, точка зрения и т. д., выделяемое в научном исследовании.

Ассоциация – связь или корреляция между двумя и более предметами, ведущая к формированию схемы.

Безопасность – отражение в человеческом сознании условий его существования. Совокупность условий и факторов, формирующих состояние защищенности человека от угроз разного характера. Отсутствие недопустимого риска.

Безопасность – отсутствие недопустимого риска.

Благоприятная окружающая среда – окружающая среда, качество которой обеспечивает устойчивое функционирование естественных экологических систем, природных и природно-антропогенных объектов.

Ввод – способ интерпретации или классификации поступающих данных.

Вероятность – числовая характеристика степени возможности наступления какого-либо определенного события в тех или иных условиях, могущих повторяться неограниченное число раз. Из этого определения следует, что теория вероятности оперирует большими числами. Это же следует и из основной теоремы теории вероятности. Для расчета вероятности возможности возникновения редкого события, например, аварии типа Чернобыльской, применение теории вероятности неправомерно, и такая вероятность должна рассчитываться иными методами.

Виды безопасности – государственная, национальная, военная, экономическая, информационная, экологическая, продовольственная и т. д.

Виды деятельности. Считается, что на сегодняшний день можно выделить почти 200 000 видов человеческой деятельности, многие из которых весьма опасны. Примеров больше, чем достаточно. Вождение и движение любых видов транспорта, работа на горно-обогатительном, металлургическом, химическом предприятии, работа в шахтах и т. д. На уровне отдельного предприятия или организации – это процессы, происходящие в области деятельности этой организации (например, обращение с опасными материалами, сжигание топлива в большом количестве, перекачка больших объемов жидкостей и газов и пр.).

Возможное предсказуемое неправильное использование. Использование продукции, процесса или услуги не предназначенным поставщиком образом, а вследствие предсказуемого поведения человека.

Восприятие – ощущение плюс классификация.

Вред окружающей среде – негативное изменение окружающей среды в результате ее загрязнения, повлекшее за собой деградацию естественных экологических систем и истощение природных ресурсов.

Время – период протяженности (длительности), обуславливающий существование и продолжительность действий, процессов или

условий. Чтобы описать любое действие или движение, необходимо пользоваться понятиями «пространства» и «времени». На самом деле никто не знает, что такое время, и существует ли оно объективно. Впрочем, никто не знает, что такое пространство, движение, вещество и энергия. Все это формулируется во взаимно обусловленных терминах, а, в конечном счете – в терминах человеческого восприятия. «Фундаментальные» понятия относительны.

Вызывающее ущерб событие – событие, при котором опасная ситуация приводит к ущербу.

Геотехническая система – открытая система, в которой промышленный объект обменивается массой и энергией с окружающей средой. Можно сказать и иначе. Это совокупность природных объектов и технических сооружений, находящихся в тесной взаимосвязи и взаимозависимости за счет обмена веществ, энергии и информации. В таком определении отдельно взятая, например, малая энергетическая установка и даже просто мотор могут быть также названы геотехнической системой. Геотехнические системы можно рассматривать как частный случай (подсистемы) искусственных экосистем.

Гиперзнание – сверхбыстрое мышление с использованием данных, полученных путем эктрасенсорного восприятия, обычно на подсознательном уровне. Результат проявляется в виде «вспышки озарения» или «догадки». Общий термин для ретропознания и предпознания.

Гипотеза – научный термин для безумной догадки или идеи.

Деятельность в сфере природопользования – любой технический, промышленный или хозяйственный проект, законодательное положение, программа или разработка, касающееся окружающей среды.

Диверсификация – распределение ресурсов (например, инвестиционного капитала) по нескольким направлениям с целью уменьшения рискованности получающегося портфеля. В теориях второго порядка рискованность измеряется в терминах математического ожидания и дисперсии портфеля. В более современных теориях измерение рискованности основано на мерах риска.

Дисперсия – дисперсия случайной величины – характеристика рассеяния ее значений относительно среднего значения. Иногда дисперсию называют стандартным отклонением.

Допустимый риск – риск, который в данной ситуации считают приемлемым при существующих общественных ценностях.

Естественная экологическая система – объективно существующая часть природной среды, которая имеет пространственно-территориальные границы, и в которой живые (растения, животные и другие организмы) и неживые ее элементы взаимодействуют, как единое функциональное целое, и связаны между собой обменом веществом, энергией и информацией.

Жаргон – техническая терминология или характерные идиомы, используемые в различных областях знаний. Часто претенциозные или нарочито туманные.

Живучесть – способность системы сохранять свои свойства при наличии воздействий, не предусмотренных условиями нормальной эксплуатации.

Загрязнение окружающей среды – поступление в окружающую среду вещества, тепловых, акустических, электромагнитных или микроволновых излучений и энергии, свойства, местоположение или количество которых оказывают негативное воздействие на окружающую среду.

Закон – определение частного или общего принципа, действующего в природе.

Защитная мера – мера, используемая для уменьшения риска.

Знак – система сенсорных стимулов.

Зона риска – территория (область), на которую могут повлиять нежелательные проявления несчастного случая.

Индексы – величины описывающие отклонения рассматриваемых параметров от уровня, принимаемого за базовый.

Индивидуальный риск – вероятность гибели индивида в результате несчастного случая при нахождении в определённой географической точке по отношению к опасному объекту.

Индивидуальный экологический риск – риск, который обычно отождествляется с вероятностью того, что человек в ходе своей жизнедеятельности испытает неблагоприятное экологическое воздействие. Индивидуальный экологический риск характеризует экологическую опасность в определенной точке пространства, где находится индивидуум, т. е. характеризует распределение риска в пространстве.

Индикатор – указатель, метка, сигнал, мера величины, мера свойства, мера параметров процесса, удовлетворяющая специальным требованиям, а также определенным правилам отбора. Информационный показатель, используемый в интересах процесса управления.

Инфо-психология – психология постиндустриального общества.

Информационная пространство – наш мир, Галактика, Вселенная, определяемая и измеряемая информационно. Мир сигналов, битов, цифровых элементов, записываемых, накапливаемых, обрабатываемых и передаваемых при помощи человеческого мозга и его электронных расширений.

Информация – степень непредсказуемости сообщения. Грубо говоря, информация – это то, что вы не ожидаете услышать. Информация в этом смысле может быть «истинной» и «ложной», но всегда непредсказуемой. По степени сопротивления новой информации судят о степени фундаментализма в культуре, субкультуре или отдельном человеке.

Информация (от лат. «разъяснение, изложение»):

- 1) сообщение о чем-либо;
- 2) сведения, являющиеся объектом обработки, хранения и передачи;
- 3) в математике и кибернетике – количественная мера устранения неопределенности (энтропии);
- 4) в синергетике – причина протекания процессов; информация связывается как с источником сигнала, так и с приемником, ей приписывается смысл и степень значимости;
- 5) в квантовой психологии под информацией понимается все то, что нам на данный момент неизвестно, и наоборот – все известные сведения (данные) не рассматриваются в качестве информации.

Инцидент – такое событие или последовательность событий, которое может привести к несчастному случаю, если не будет остановлено.

Источник риска – технический объект, социальное или природное явление, которое при определённых обстоятельствах может привести к несчастному случаю.

Классификация – включение чего-либо в рамки установленной схемы посредством ассоциации.

Количественные меры оценки опасности – величины, численные значения которых отражают уровень опасности. Такой величиной может быть риск.

Компоненты природной среды – земля, недра, почвы, поверхностные и подземные воды, атмосферный воздух, растительный, животный мир и иные организмы, а также озоновый слой атмосферы и околоземное космическое пространство, обеспечивающие

в совокупности благоприятные условия для существования жизни на Земле.

Междисциплинарный подход – использование сведений и методов из различных наук и искусств для анализа естественных феноменов.

Мера риска – величина, численно выражающая размер соответствующего риска, то есть «количество риска», заключенное в данном риске. Функционал на пространстве рисков. Примером мер риска могут служить ожидаемая полезность, значение под риском (VaR, Value-at-Risk), возмущенная вероятность. В классических задачах теории риска в качестве мер риска использовалась также дисперсия. Частным случаем мер риска является цена риска. Каждая мера риска задает свое понятие детерминированного эквивалента.

Мероприятие – конкретное действие (действие) органов управления, одного человека, или группы лиц.

Моделирование – выбор, обоснование и построение модели.

Модель – адекватное, упрощенное, абстрактное представление о рассматриваемом объекте (явлении, процессе, сущности и т. д.), созданное человеческим разумом. Изготовленная руками человека физическая конструкция, предназначенная для научного эксперимента, игры или украшения.

Надежность – способность оборудования, объекта в целом, в широком смысле слова – системы, сохранять свои свойства, необходимые для выполнения заложенных заданий, при нормальных условиях эксплуатации в течение требуемого промежутка времени.

Наилучшая существующая технология – технология, основанная на последних достижениях науки и техники, направленная на снижение негативного воздействия на окружающую среду и имеющая установленный срок практического применения с учетом экономических и социальных факторов.

Неблагоприятное воздействие на окружающую среду – воздействие хозяйственной и иной деятельности, последствия которой приводят к ухудшению качества окружающей среды.

Неопределенность – отсутствие точных знаний о стартовых, начальных значениях параметров, вводимых в исходные уравнения. Неполнота знаний. Существуют и другие определения. В математике различают несколько видов неопределенности. (Подробнее см. в тексте.)

Неполнота описания объекта, события, процесса, явления – нехватка наших знаний, вследствие приближенности выбираемых

моделей, выбранного уровня описания, исходных предположений, нехватка информации и т. д.

Неприятие риска. В теории полезности – количественная характеристика, отражающая степень «нелюбви» инвестора к рискованности проектов. Инвестор с большим неприятием риска склонен к более осторожному, консервативному поведению.

Нормативы в области охраны окружающей среды (природоохранные нормативы) – установленные нормативы качества окружающей среды и нормативы допустимого воздействия на нее, при соблюдении которых обеспечивается устойчивое функционирование естественных экологических систем и сохраняется биологическое разнообразие.

Нормативы допустимого воздействия на окружающую среду – нормативы, которые установлены в соответствии с показателями воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и при которых соблюдаются нормативы качества окружающей среды.

Нормативы допустимой антропогенной нагрузки на окружающую среду – нормативы, которые установлены в соответствии с величиной допустимого совокупного воздействия всех источников на окружающую среду и (или) отдельные компоненты природной среды в пределах конкретных территорий и (или) акваторий и при соблюдении которых обеспечивается устойчивое функционирование естественных экологических систем и сохраняется биологическое разнообразие.

Нормативы допустимых выбросов и сбросов химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов – нормативы, которые установлены для субъектов хозяйственной и иной деятельности в соответствии с показателями массы химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов, допустимых для поступления в окружающую среду от стационарных, передвижных и иных источников в установленном режиме и с учетом технологических нормативов, и при соблюдении которых обеспечиваются нормативы качества окружающей среды.

Нормативы допустимых физических воздействий – нормативы, которые установлены в соответствии с уровнями допустимого воздействия физических факторов на окружающую среду и при соблюдении которых обеспечиваются нормативы качества окружающей среды.

Нормативы качества окружающей среды – нормативы, которые установлены в соответствии с физическими, химическими, биологическими и иными показателями для оценки состояния окружающей среды и при соблюдении которых обеспечивается благоприятная окружающая среда.

Область деятельности – основная функция организации (производство, хранение, транспорт, утилизация, услуги и др.).

Обратная связь – информация, возвращаемая в качестве ответа, содержащая исправления и дополнения.

Объективный – предположительно «реальный в себе», а не воспринимаемый органами чувств. Противоположность субъективному.

Окружающая среда – природная среда плюс элементы социума (население поселения) и все объекты технической и хозяйственной деятельности человека. Окружающая среда более общее понятие по сравнению с понятием «природная среда» и включает последнюю.

Определение – значение слова. Схема классификации, в которую оно попадает.

Определение приоритетных рисков – ранжирование компонентов риска по их актуальности.

Опасная ситуация – обстоятельства, в которых люди, имущество или окружающая среда подвергаются опасности.

Опасность (в общем случае) – это угроза, исходящая от кого-то кому-то, от кого-то чему-то, от чего-то кому-то, от чего-то чему-то. Опасность – это информационный сигнал, имеющий смысл и степень значимости, на который последует или не последует реакция приемника. Неотъемлемое свойство вещества или реальной ситуации, связанное с возможностью нанесения вреда здоровью человека и/или окружающей среде. Потенциальный источник возникновения ущерба.

Опасность – потенциальный источник возникновения ущерба. Термин «опасность» может быть конкретизирован в части определения природы опасности или вида ожидаемого ущерба (например, опасность электрического шока, опасность разрушения, травматическая опасность, токсическая опасность, опасность пожара, опасность утонуть).

Опасность мнимая – опасность проигнорированная человеком или неверно им оцененная. Опасность, о которой человек даже не догадывался.

Опасность потенциальная – опасность, которая существует, но может проявиться только при возникновении заданной группы условий.

Опасность реальная – очевидная опасность.

Опасность (экологическая опасность). В общем понимании опасность – это угроза, исходящая от чего-то чему-то. В каждом конкретном случае для понимания ситуации целесообразно классифицировать источники экологической опасности на мнимые, потенциальные и реальные. К мнимым источникам следует отнести такие, как экологическая угроза, которая была проигнорирована или неверно оценена. Смысл потенциальных и реальных источников экологической опасности прозрачен.

Основными источниками экологической опасности являются: перенаселение; недостаток пищи; дефицит пресной воды; энергетический голод.

На региональном и локальном уровнях источники экологической опасности сосредоточены главным образом в промышленных и береговых зонах и городах – это: транспорт, заводы, фабрики, продуктопроводы, системы коммуникаций, склады токсических и радиоактивных веществ, электромагнитные и акустические поля и т. д. и т. п.

Все эти источники изначально потенциально опасны и в процессе их эксплуатации угроза экосистемам и человеку в подавляющем числе случаев нарастает, превращаясь из потенциальной в реальную.

Оперативные мероприятия для уменьшения риска – целенаправленный комплекс мероприятий для локализации и уменьшения последствий происшествия.

Основное событие – главное событие несчастного случая, в результате которого проявляются опасности.

Остаточный риск – риск, остающийся после предпринятых защитных мер.

Отложенный риск – риск, который по тем или иным причинам, на данный момент считается не актуальным. При этом он не должен полностью исключаться из рассмотрения при проведении процедуры итерации.

Оценивание риска – основанная на результатах анализа риска процедура проверки, устанавливающая, не превышен ли допустимый риск.

Оценка воздействия на окружающую среду – вид деятельности по выявлению, анализу и учету прямых, косвенных и иных

последствий воздействия на окружающую среду планируемой хозяйственной и иной деятельности в целях принятия решения о возможности или невозможности ее осуществления.

Оценка риска – общий процесс анализа риска и оценивания риска.

Оценка экологического риска – процедура анализа экологического риска, включающая в себя оценки вероятности возникновения неблагоприятного воздействия, вероятности поражения объектов окружающей среды, величины и цены экологического риска.

Ощущение – регистрация изменений во внешнем и внутреннем окружении. Сенсорная деятельность до ее классификации.

Параметр – величина, которую можно рассматривать как постоянную в рамках исследуемой проблемы.

Параметры риска – количественно (численно) выраженные признаки, воздействующие на риск, которые можно использовать в математических моделях риска.

ПДК (Предельно допустимые концентрации). Существуют достаточно много разновидностей ПДК. ПДК в водоемах – концентрация вещества (обычно загрязнителя) в воде, при дальнейшем повышении которой вода становится непригодной для одного или нескольких видов пользования. ПДК в воздухе рабочей зоны – концентрация, которая при принятых нормах рабочего времени, не может вызвать заболеваний или отклонений в здоровье человека и т.д.

ПДК являются санитарно-токсикологическими нормативами, но не экологическим, и на этом основании их применение в экологии подвергается обоснованной критике. Однако в виду того, что единые экологические нормативы пока не разработаны и не приняты, в качестве экологических пороговых показателей в России и на Западе применяются ПДК.

На основе ПДК формируются и другие нормативные величины, например, ПДВ (Предельно допустимые выбросы) и ПДС (Предельно допустимые сбросы).

Переменная – величина, меняющаяся в достаточных пределах, чтобы повлиять на конечный результат.

Планирование – представление в виде последовательности шагов совокупности действий, их характера, времени исполнения и т. д. органов управления, направленных на достижение определенной цели.

Плотность распределения – одна из характеристик непрерывного распределения, равная производной от функции распределения.

Побуждающее событие – первый шаг в последовательности событий, которая ведёт к несчастному случаю.

Портфель – результат распределения ресурсов по нескольким направлениям.

Последствия – количественно или качественно выраженный результат несчастного случая.

Превентивные мероприятия для уменьшения риска – целенаправленный комплекс мероприятий, направленных на уменьшение вероятности события и уменьшение объёма возможных убытков до происшествия.

Предельно допустимый экологический риск – максимальный уровень приемлемого экологического риска. Он определяется по всей совокупности неблагоприятных экологических эффектов и не должен превышать независимо от интересов экономических или социальных систем.

Предназначенное использование – использование продукции, процесса или услуги в соответствии с информацией, представленной поставщиком.

Пренебрежимый экологический риск – минимальный уровень приемлемого экологического риска. Находится на уровне флуктуаций уровня фоновых риска или определяется как 1% от предельно допустимого экологического риска. В свою очередь, фоновый риск – это риск, обусловленный наличием эффектов природы и социальной среды обитания человека.

Приемлемый экологический риск – риск, уровень которого оправдан с точки зрения как экологических, так и экономических, социальных и других аспектов в конкретном обществе и в конкретное время.

Принципы отбора и обоснования индикаторов и индексов и этапы их практического применения.

Принцип 1. В информационной системе должны использоваться только репрезентативные данные, объективно отражающие состояние и динамику объектов наблюдения.

Принцип 2. Оперативность сбора и обработки информации должна быть соизмерима с частотой возможных негативных воздействий (возмущений), достаточной для формирования ответной реакции в общей системе управления экологической устойчивостью и качеством окружающей среды.

Принцип 3. Выбор индикаторов и индексов осуществляется для характеристики зависимости: «уровень воздействия – качество

системы, экологическая устойчивость системы – отклик системы управления».

Принцип 4. Индикатор или индекс должен быть «жестко» связан только с теми процессами, которые заметно влияют на качество и экологическую устойчивость системы.

Принцип 5. Индикатор или индекс должен давать отклик на воздействие различных факторов, приводящих к изменению параметров качества и устойчивости системы, только в случаях, когда воздействие существенно превышает природный фон.

Принцип 6. При интегральной оценке экологического качества и экологической устойчивости системы в целом на основе набора индикаторов «масштаб» каждого из них определяется в зависимости от степени влияния процесса, который характеризует конкретный индикатор или индекс, иначе говоря, мы должны оставаться на уровне сложности, изначально выбранном для описания системы.

Принцип 7. Затраты на поддержание информационной системы, формирующую базу данных и базу знаний должны быть сопоставимы с экономическим эффектом от принятых на ее основе управленческих решений.

Принцип 8. Информация, основанная на индикаторах и индексах должна быть адаптирована для органов управления, ответственных за проведение экологической политики по поддержанию приемлемого уровня качества и экологической безопасности окружающей среды.

Наконец, имеет смысл дополнить сформулированные принципы рекомендациями по организации процедуры выбора индикаторов и индексов.

На первом этапе выбора и обоснования индикаторов и индексов оценки состояния и экологической устойчивости конкретной системы в зависимости от поставленной цели необходимо описать объекты, виды хозяйственной деятельности, процессы, явления или факторы, определяющие антропогенную нагрузку на окружающую среду, устойчивость и уязвимость как ГТС, так и ОС, а также попытаться спрогнозировать возможные последствия в изменении состояния ГТС и ОС, прежде всего, ориентируясь на «слабые звенья в обеих подсистемах и в системе в целом.

На втором этапе на основе вышеизложенных принципов выбрать, прежде всего, группы параметров, характеризующие в конкретном виде особенности хозяйственной деятельности для

ПТС, а затем феномены, свойства, процессы, явления, протекающие в каждой из трех основных сред ОС, вследствие штатного функционирования хозяйственного объекта.

Природная среда, природа – все объекты внешнего по отношению к человеку мира, не содержащие элементов технической и хозяйственной деятельности. В состав природной среды входят биотические и абиотические компоненты. Совокупность компонентов природной среды.

Природная среда – природные объекты, которые используются или могут быть использованы при осуществлении хозяйственной и иной деятельности в качестве сырья, источников энергии, продуктов производства и предметов потребления и имеют потребительскую ценность.

Природно-антропогенный объект – природный объект, измененный в результате хозяйственной и иной деятельности, и (или) объект, созданный человеком, обладающий свойствами природного объекта и имеющий рекреационное, защитное или иное значение.

Природный объект – естественная экологическая система, природный ландшафт и составляющие их элементы, сохранившие свои природные свойства.

Происшествие – событие, в результате которого причиняется вред (убытки), ситуация несчастного случая, в которой, по счастливой случайности, люди не пострадали.

Профессиональный риск – риск, связанный с профессиональной деятельностью конкретного человека.

Процесс – последовательность состояний, фаз, актов, шагов, действий и т. д.

Риск. Определений риска много. Одно из них может звучать так: риск – это состояние вероятностной неопределенности относительно некоторых событий в будущем.

Риск – вероятность возникновения конкретного, как правило, нежелательного эффекта в течение определенного времени или при определенных обстоятельствах. В тексте книги рассматриваются и другие определения риска.

Риск – сочетание вероятности нанесения ущерба и тяжести этого ущерба.

Риск индивидуальный – риск человеческого индивидуума быть убитым в течение года в результате какой-либо деятельности.

Риск коллективный – риск группы людей, объединенных сложившимися обстоятельствами.

Риск природный – риск, обусловленный факторами природного характера.

Риск техногенный – риск, обусловленный хозяйственной деятельностью.

Риск экологический – риск, обусловленный нарушениями в экосистемах. Очень часто под экологическим риском понимается произведение вероятности возникновения нежелательного события на магнитуду возможных последствий. При этом то и другое выражаются в баллах. Есть и другие определения экологического риска. Например, риск, связанный с вероятностью нанесения вреда здоровью человека, обусловленный присутствием загрязняющих веществ в компонентах природной среды или в пище. (См. экологический риск).

Символ – письменный знак плюс ассоциируемое понятие.

Синергетика. 1. Теория диссипативных структур. 2. Термодинамика систем, находящихся далеко от состояния термодинамического равновесия – термодинамика сильно неравновесных систем. 3. Динамическая теория информации. 4. Суммирование, сложение. 5. Исследования, проводимые с позиций междисциплинарного подхода. 6. Теория саморганизации.

Синергия – поведение системы в целом, которое невозможно предсказать на основе анализа ее частей или подсистем. Эффект суммации действия разных агентов.

Синхронистичности принцип Юнга. В данной трактовке звучит следующим образом: «Все события, происходящие одновременно, неким образом связаны и оказывают взаимное влияние друг на друга». Закон Ассоциации, сформулированный в терминах времени.

Система – устойчивая (квазиустойчивая) совокупность элементов, существующая как единое целое за счет взаимосвязей, обмена, взаимодействия, распределения и притока и оттока, а также перераспределения массы, энергии и информации с окружающей средой и между собой и обеспечивающая преобладание внутренних связей над внешними. Система в целом всегда обладает набором некоторых свойств, которые отсутствуют у каждого из ее элементов в отдельности взятого. Различают множество самых разнообразных систем, например: живые системы, экосистемы, морфологические системы, каскадные системы, процессорные системы, технические системы и т. д. Примером живой системы является отдельно взятый человек. Естественные системы

самоорганизуются, самоподдерживаются, саморегулируются и самовоспроизводятся. Эти свойства естественных систем в искусственных системах, как правило, отсутствуют.

Система – набор связанных между собой элементов, образующий нечто новое, существующее как единое целое, со свойствами, отсутствующими у каждого из элементов, взятых в отдельности.

Социальный риск – вероятность того, что в результате несчастного случая погибнет не менее *n* человек. Он характеризует серьёзность аварии (двухмерная величина, показывающая связь между количеством погибших людей и вероятностью, что это число будет превышено).

Социум в глобальном масштабе – человеческая цивилизация; в масштабе государства – народ этого государства плюс все структуры и организации, регулирующие и управляющие этим народом; на уровне города или поселка (деревни) – население плюс органы управления.

Стимул – то, что вызывает ощущения. Флуктуация энергии.

Схема – графическое представление, на котором в целом отражена модель объекта, явления, процесса, устройства и т. д. Схема – это также совокупность связей между самыми разнообразными элементами, объединяющими эти элементы в единую систему.

Техническая безопасность – способность системы функционировать, не переходя в критическое состояние, угрожающее жизни и здоровью людей или наносящее другой ущерб в больших масштабах.

Техногенная катастрофа – авария чрезвычайно больших масштабов, характеризующаяся высоким динамизмом развития и весьма значительными социальным, экономическим, экологическим ущербом и человеческими жертвами.

Технология – приложение знаний (научных, художественных, психических) для достижения практических результатов. Использование методов, навыков, ремесел, искусств, науки, верований для обеспечения материальных нужд человека. Способ достижения цели.

Угроза – такое событие, возможное в будущем, в процессе которого причиняется вред (убытки): ущерб здоровью, имуществу или среде.

Универсальные понятия – понятия, существующие в большинстве человеческих культур и связанные с одним и тем же предметом или явлением. Например, закон тяготения.

Управление рисками – проведение специальных мероприятий, имеющих направленный характер. Действия органов управления с целью изменения создавшейся обстановки.

Управление риском – совокупность технических, организационных, правовых и политических мероприятий, направленных на уменьшение вероятности происхождения нежелательного события и уменьшение объема возможных последствий.

Управление риском в узком смысле – процесс разработки и внедрения программы уменьшения любых случайно возникающих убытков.

Управление риском в широком смысле – искусство и наука об обеспечении условий успешного функционирования любой производственно-хозяйственной единицы в условиях риска.

Управление экологическим риском – процедура анализа риска, в результате которой на основе учета оценки экологического риска принимается решение о приемлемости величины и минимизации цены экологического риска.

Ущерб – нанесение физического повреждения или другого вреда здоровью людей, или вреда имуществу или окружающей среде.

Ущерб – пересчитанные в денежный эквивалент потери материальных ценностей, здоровья, качества компонентов окружающей среды, отдельных видов животных и растений, почвы и пр. Например, ущерб компонентам природной среды – это то количество денег, которые необходимо затратить для возврата параметров качества этих компонентов к их исходному значению, имеющему место быть до нанесения ущерба.

Ущерб – потери людей и материальных ценностей.

Факторы риска – качественно выраженные признаки (критерии), воздействующие на риск.

Фоновый риск – риск, обусловленный наличием эффектов природы и социальной среды обитания человека.

Цена риска – частный случай меры риска. Служит для определения премии, выплачиваемой при передаче риска от одного носителя другому. Примерами могут служить страхование и другие производственные инструменты.

Цена экологического риска – совокупный эффект экологического и экономического ущербов, окружающей среды, к которому может привести экологический риск.

Чрезмерная экологическая опасность – экологическая опасность с таким уровнем экологических угроз, при котором нарушается

соответствие среды обитания объектов живой природы их врожденным и приобретенным свойствам.

Чрезмерный уровень риска – термин, получившее в последнее время широкое распространение в практической деятельности по обеспечению безопасности. Его введение основано на аксиоматической формулировке понятия о предельно допустимом уровне (ПДУ) риска для индивидуума.

Экологическая безопасность. Термин «безопасность» еще более многозначен, чем термин «опасность». Поэтому всякий раз, когда речь идет о безопасности, необходимо определить, о чем же собственно мы говорим. Абсолютную безопасность как отдельного человека, так и общества в целом, в том числе экологическую безопасность, обеспечить невозможно. Можно только лишь повышать уровень безопасности путем снижения уровня опасности, устраняя или нейтрализуя ее источники. Это означает, что безопасность, часто понимаемая как защищенность, понятие относительное.

Существует достаточно много определений экологической безопасности. К сожалению, нет ни одного такого, которое удовлетворяло бы всех потребителей. На качественном уровне описания под экологической безопасностью следует понимать совокупность условий и факторов, с помощью которых обеспечивается состояние защищенности человека и природы от техногенного воздействия и других негативных факторов, в том числе природного характера.

Для количественного определения уровня экологической безопасности необходимо придать понятию опасности, связанной с источником, вероятностный смысл и провести временное разделение событий:

- 1) вероятность того, что еще не имевшее место событие произойдет;
- 2) вероятность того, что уже случившееся событие дойдет до определенной фазы в своем развитии;
- 3) вероятность того, что случившееся событие нанесет ущерб, масштаб которого остается трудно определимой величиной.

В этом подходе количественная мера экологической опасности заключена в диапазоне ноль–единица. Сопоставим безопасность с обратной величиной меры опасности, тогда количественная шкала безопасности будет простирается от единицы до бесконечности. Это значит, что нулевая безопасность соответствует

значению единицы, а абсолютная безопасность отождествляется с бесконечно большим числом. Отсюда следует, что абсолютная безопасность, в том числе и экологическая, недостижима.

Мерой экологической безопасности может также выступать относительное число неустойчивых составляющих экосистем, обуславливающих и поддерживающих надежность и устойчивость экосистем в целом. В ряде случаев таким наименее устойчивым и в то же время наиболее наблюдаемым элементом экосистемы является человек.

При постановке задачи об управлении экологической безопасностью довольно часто в качестве цели управления выступает состояние здоровья общества, в качестве критерия – средняя продолжительность предстоящей жизни, а в качестве целевой функции – общий коэффициент или риск смертности.

Следует отметить, что существуют подходы, в которых определение экологической безопасности связывают с соответствующим уровнем рассмотрения конкретной задачи. Поэтому определения глобальной экологической безопасности, региональной, национальной и локальной экологической безопасности будут отличаться.

Экологическая безопасность – состояние защищенности человека, общества и окружающей среды от чрезмерной экологической опасности. Состояние защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий.

Экологическая обстановка и экологическая ситуация. Эти словосочетания употребляются повсеместно, но чаще всего их применяют управленцы, военные и лица, работающие в системе МЧС. В научном отношении они являются частным случаем понятия экологическое состояние, отнесенными к определенному временному интервалу при условии, что слово «состояние» связывают с его эволюцией во времени. Тогда, в какой-то момент времени может сложиться вполне определенная экологическая обстановка (относительно небольшой интервал времени порядка дней, недель, иногда месяцев), или экологическая ситуация (экологическое состояние на данный момент времени).

Экологическая опасность – потенциальная угроза любого эффекта неблагоприятного экологического воздействия.

Экологические аспекты – элементы видов деятельности организации, ее продукции или услуг, в результате которых может возникнуть экологическое воздействие.

Экологические факторы – количественные или качественные оценки экологических воздействий, характеризующиеся пространственным и временным масштабом, вредностью, токсичностью веществ, жесткостью физических воздействий.

Экологический аудит – независимая, комплексная, документированная оценка соблюдения субъектом хозяйственной и иной деятельности требований, в том числе нормативов и нормативных документов, в области охраны окружающей среды, требований международных стандартов и подготовка рекомендаций по улучшению такой деятельности.

Экологический риск – вероятность наступления события, имеющего неблагоприятные последствия для здоровья человека и природной среды и вызванного негативным воздействием хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера.

Экологический ущерб – ущерб окружающей среде от неблагоприятного воздействия, выраженный в натуральных показателях.

Экологическое воздействие на окружающую среду – любое отрицательное или положительное изменение в окружающей среде, полностью или частично являющееся результатом деятельности организации – природопользователя, ее продукции или услуг.

Экологическое состояние. Термин «экологическое состояние» является в полной мере научным и перешел в экологию из физики. Действительно, в механике, в термодинамике, в квантовой механике и т. д. понятие «состояние» в рамках конкретной модели имеет четкое и ясное содержание. Например, состояние материальной точки определяется заданием ее координат и импульса, состояние идеального газа определяется заданием температуры газа, его давления, массы и объема. Состояние электрона в атоме определяется заданием волновой функции с соответствующими квантовыми числами и т. д.

Одна из точек зрения состоит в том, что в рамках модели сложной системы для экосистем всех уровней можно также сформулировать понятие состояния и дать ему определение. Известно, что в динамической теории информации (а также в теории сложных систем) эта цель достигается путем введения понятия вектора состояния. Причем, переменными, от которых зависит этот

вектор состояния, могут быть различные обобщенные показатели, например, экологический риск и, в частности, экологические индикаторы, индексы, индексы качества и время.

Другая точка зрения отвергает саму возможность определить состояние сложной системы, аргументируя свою позицию одной из известных теорем Геделя, согласно которой мы не можем знать, сколько нам нужно параметров для задания состояния сложной системы и каких. Как показало развитие экологических исследований за последние десятилетия, справедлива, скорее, вторая точка зрения.

Экономический ущерб – стоимостное выражение экологического ущерба.

Экосистема (природная или естественная экосистема) – устойчивая система, в которой организмы и среда их обитания объединены в единое функциональное целое через обмен веществ, энергии и информации. Экосистемами могут быть названы только те объединения жизни и окружающей среды, которые характеризуются определенной стабильностью и обладают четко функционирующим внутренним круговоротом веществ. В количественном отношении экосистемой может считаться только то объединение, в котором объем внутреннего обмена веществ, энергии и информации всегда больше внешнего. Для всех естественных экосистем присущи свойства саморегулирования, самоподдержания, самоорганизации, самовоспроизведения и самочищения.

Экосистема «искусственная» (урбанизированная экосистема).

Существует много терминов для обозначения природно-хозяйственных и социальных комплексов, созданных руками человека, в частности, «антропогенная система», «урбанизированная система», «городская среда обитания», и т. д. Однако ни один из них не имеет четкого определения и не охватывает всей специфики этих комплексов, включающих компоненты природной среды и искусственные образования, и отличающихся специфическим «метаболизмом». По этой же причине за рубежом также нет общепринятой точки зрения по обозначению экосистемы, образованной человеческим поселением, и поэтому употребляются выражения: “urban ecosystem”, “anthropogenic system”, “artificial system” и т. д.

Под искусственной экосистемой понимается любое человеческое поселение с элементами хозяйственной деятельности. Наиболее

яркими примерами являются промышленные и береговые зоны и крупные города, в том числе города-мегаполисы. Наиболее важным отличием искусственных экосистем от естественных является превышение внешнего объема веществ, энергии и информации над внутренним. Иначе говоря, в такие системы всегда поступает ресурсов всех типов больше, чем из них выводится. В искусственных экосистемах отсутствует саморегуляция, самоподдержание и самоорганизация. Эти системы нестабильны, и если человек их не поддерживает, они со временем разрушаются и исчезают.

Энергия (от греч. «действие, деятельность») – наиболее общая количественная мера движения и взаимодействия всех видов материи. Очень часто энергию определяют как способность тел совершать механическую работу. Понятие энергии связывает воедино все явления природы. Различают механическую, внутреннюю (тепловую), электрическую, магнитную, химическую, ядерную и другие виды энергии. Это деление до известной степени условно. В механике выделяют кинетическую и потенциальную энергии, однако это разделение становится невозможным, например, в квантовой механике, где оперируют понятием полная энергия. На практике, как правило, имеют дело с изменениями энергии, а не с ее абсолютным значением, которое зависит от выбора начала отсчета (системы координат). Понятие энергии непосредственно связано с понятием массы и является относительным, так определяется во взаимно обусловленных терминах.

Эффективность управления риском. Принцип информационного обеспечения системы управления риском, состоящий в том, что затраты на управление риском (включая стоимость получаемой для этого информации) не должны превышать эффекта от снижения риска и его неблагоприятных последствий. К этому определению необходимо добавить еще одно обязательное требование, сформулированное в последнее десятилетие: при соблюдении экологических нормативов.

Об авторе



Музалевский Анатолий Александрович

Доктор технических наук (1998), профессор (2002), старший научный сотрудник.

Изобретатель СССР, награжден Золотой медалью ВДНХ СССР. Академик МАНЭБ, награжден медалью В.И. Вернадского и Орденом Знак Почета за вклад в развитие экологической науки.

Автор свыше 220 научных работ в ведущих научных журналах мира (Япония, США, Голландия, Германия, Франция, Англия и др.), СССР и России, ряда авторских свидетельств СССР, в том числе закрытых.

Автор и соавтор 13-ти научных монографий и учебных пособий, среди которых 3-х томное издание «Мониторинг, контроль и управление качеством окружающей среды», научное издание «Риск: анализ, оценка, управление», учебное пособие для вузов «Общая и прикладная экология», «Экология», «Экологический риск: теория и практика», учебно-методическое справочное пособие «Техногенные и экологические риски в природно-технических системах» и др.

В научной деятельности профессора А.А. Музалевского можно выделить три этапа.

1. Работы в области теории фазовых переходов второго рода в кристаллах-диэлектриках. Исследование механизма возникновения спонтанной поляризации в кристаллах с сильной электронно-колебательной связью. Лучший результат – теоретическое предсказание эффекта

сдвига температуры Кюри сегнетоэлектрического фазового перехода в кристалле дигидрофосфата калия (КДП) при изотопическом замещении кислорода O^{16} на O^{18} , затем подтвержденного экспериментально в США и Англии. Впоследствии в специальной литературе за рубежом этот эффект стал называться «Эффектом Музалевского».

2. Руководство и участие в работах оборонного комплекса по заданию высших руководящих органов СССР по разработке аппаратуры регистрации и обработки оптической информации в разных диапазонах электромагнитного спектра, а также ИК-датчиков и другой спецтехники на борт космических, авиационных и наземных систем. Научные достижения состоят в разработке оригинальных способов записи информации и определения параметров вязкоупругих сред в процессе их течения, в разработке способов дискретизации электрических и реологических свойств регистраторов электромагнитного сигнала, значительно улучшивших их фотографические характеристики, а также в конструировании и создании преобразователей оптического изображения специального назначения.

3. С 1988 г. ведет исследования по экологической тематике. Область интересов: многомерная теоретическая и прикладная экология, «глубокая экология», методологические проблемы индикаторов и индексов, в том числе индексов качества окружающей среды, способы их отбора и построения, а также методы их расчета. Разработка систем и схем экологического мониторинга и контроля урбанизированных территорий, базирующихся на новых принципах и аппаратуре нового поколения, а также новых технологий оценки экологического состояния и качества главных компонентов природной среды.

Разработка теории и методов оценки рисков разной природы и схем управления уровнем техногенного и экологического риска в крупных городах, береговых и промышленных зонах, а также бореальных территорий.

В круг научных интересов входят также управление природопользованием, обеспечение экологической безопасности, экологическое моделирование, сложные системы «человек–природа», а также техногенные системы и управление рисками в них.

Автор оригинального специального проекта «Разработка методологии и создание высокоэффективной универсальной авиалаборатории двойного назначения на базе авианосителя нового поколения ИЛ-114».

Координатор, научный руководитель, ответственный исполнитель и автор ряда проектов по разным направлениям проблем природопользования, охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности, экологического контроля и мониторинга, оценки и управления техногенными и экологическими рисками. Примеры:

- два проекта в рамках Европейского Союза (Европейская Комиссия, Брюссель, Комитет DG-13);
- проект в рамках Программы «Наука – городу»;
- проект в рамках Программы «ВУЗы – городу»;
- проект в рамках Программы создания 9-го интермодального транспортного коридора;
- проект по заданию Института водного хозяйства МПР РФ;
- проект по заданию спецуправления МПР России;
- ряд специальных оригинальных проектов экологической направленности.

Участвовал в работе и выступал с докладами с 1993 г. на более чем 70-ти Международных, Всесоюзных, Российских и иного уровня форумах, конференциях, симпозиумах и совещаниях.

Входил в состав Оргкомитетов и был организатором ряда крупных международных конференций. Был председателем секций и вел заседания ряда совещаний Российского и международного уровня. Входил в состав групп, готовящих документы для руководящих работников Правительства города, управленцев Федерального уровня, в том числе министров и Президента РФ. Научный редактор и рецензент ряда сборников научных статей по проблемам обеспечения экологической безопасности, в том числе по 9-му транспортному коридору.

Имеет богатый опыт преподавательской деятельности, преподавал курс физики в Кишиневском политехническом институте, в Кишиневском госуниверситете читал спецкурсы на кафедрах теоретической физики и электроники, руководил курсовыми и дипломными работами, был научным руководителем и научным консультантом нескольких аспирантов и докторантов, успешно защитивших кандидатские и докторские диссертации. Под его руководством защищены ряд кандидатских и три докторские диссертации.

С 2008 г. по настоящее время – профессор Кафедры геоэкологии, природопользования и экологической безопасности РГГМУ, главный научный сотрудник Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого. Читает бакалаврам и магистрам ряд дисциплин. Разработал ряд учебно-методических комплексов для студентов РГГМУ, в том числе по дисциплине «Экология» с применением дистанционных методов обучения. Разработал и реализует на практике магистерскую программу по профилю «Экологическая безопасность».

Информация о профессоре А.А. Музалевском опубликована в трех российских энциклопедиях: «Инженеры Санкт-Петербурга», «Ракетная техника России» (изд. «Гуманистика», 2003) «Космонавтика» (изд. «Гуманистика», 2006), в книге «Золотой фонд профессионалов России» (2011), а также на сайтах Интернета.

Содержание

Предисловие	3
Глава 1. Сложные системы, их свойства и особенности.	
Моделирование сложных систем	5
1.1. Системы: определение и свойства	7
1.2. Особенности сложных систем	13
1.3. Системный подход	18
1.4. Моделирование с позиций системного подхода	20
1.5. Некоторые понятия, характеризующие модели сложных систем	24
1.6. Природно-технические системы (ПТС) и их моделирование	29
1.7. Модифицированная модель урбанизированной территории	33
Глава 2. Риски. Определения. Экологический риск	39
2.1. Рассуждения о рисках. Краткая история вопроса	43
2.2. Опасность и безопасность	45
2.3. Содержание понятия «риск» в широком контексте	48
2.4. Экологический риск	54
2.5. Особенности экологического риска	57
2.6. Экологические риски в сложных системах	58
2.7. Риск и неопределенность	61
Глава 3. Техногенный риск. Источники опасности, связанные с хозяйственной деятельностью	66
3.1. Технический риск. Особенности определения	67
3.2. Современные концепции техногенного риска (безопасности)	68
3.3. Факторы восприятия рисков	70
3.4. Коммуникации технического и экологического риска	75
3.5. Технократический и социо-культурологический подходы к коммуникации риска	77
3.6. Коммуникации риска и средства массовой информации	78
3.7. Необходимость совершенствования коммуникации риска	82
Глава 4. Оценка (оценивание) экологического и техногенного риска	85

4.1. Четыре основных метода оценки риска.	89
4.2. Количественная оценка зависимости «доза–эффект»	91
4.3. Общий взгляд на проблему оценки риска здоровью населения	96
4.4. Сценарии расчета риска: Сценарий первый	102
4.5. Сценарии расчета риска: Сценарий второй.	105
4.6. Обзор методов оценки экологического и техногенного риска	111
4.7. Отдельные методы оценки риска	112
4.8. Оценка риска на основе стандартной матрицы риска . . .	115
Глава 5. Управление экологическим и техногенным риском. . .	121
5.1. Проблема управления рисками	124
5.2. Административные методы управления рисками в природоохранной деятельности	127
5.3. Экономические методы управления рисками в природоохранной деятельности	133
5.4. Рыночные методы управления рисками в природоохранной деятельности	136
5.5. Модифицированный системный подход к управлению риском с традиционных позиций	139
5.6. Системный подход к управлению рисками в новом контексте.	143
5.7. Элементы системы управления качеством окружающей среды урбанизированных территорий	149
5.8. Управление рисками проекта	152
Литература	156
Глоссарий	158
Об авторе.	179

Учебное издание

Музалевский Анатолий Александрович,
доктор технических наук, профессор,
старший научный сотрудник

**Техногенный и экологический риск
в природно-технических системах**

*Начальник РИО А.В. Ляхтейнен
Редактор Л.Ю. Кладова
Верстка М.В. Ивановой*

Подписано в печать 30.12.2019. Формат 60×90 ¹/₁₆. Гарнитура Times New Roman.
Печать цифровая. Усл. печ. л. 11,5. Тираж 250 экз. Заказ № 875.
РГГМУ, 192007, Санкт-Петербург, Воронежская ул., 79.
