

ТЕМА 12. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ

7.1 Опасность и риск

В начале XXI века, в связи с развитием новых технологий, увеличением объемов промышленного и сельскохозяйственного производства, расширением сети транспортных систем и систем передачи энергии и энергоносителей, продолжается рост техногенной нагрузки на биосферу. В результате всё чаще и чаще возникают чрезвычайные ситуации, которые ранее считались весьма маловероятными, происходят аварии и катастрофы, характеризующиеся значительными материальными, социальными и экологическими последствиями. Возникают непредвиденные ситуации на таких объектах высокой технологии, как атомные электростанции, химические комбинаты, нефте- и газопроводы и т.д. Несмотря на то, что средства защиты и предпринимаемые меры становятся всё более совершенными, количество жертв и суммы потерь не уменьшаются. Стала очевидной необходимость в разработке новых подходов к обеспечению безопасности людей и природной среды, основанных на превентивной, предварительной оценке возможных последствий и снижении риска их наступления. Именно поэтому в странах с развитой экономикой сформировалась новая отрасль знания – теория риска, которая изучает риски различной природы и разрабатывает меры управления ими.

Теория риска интенсивно развивается, однако многие положения этой научной дисциплины остаются дискуссионными. До сих пор нет единого определения понятия “риск”, часто этот термин употребляется как тождественный термину “опасность” или как синоним вероятности.

Чтобы понять различие между опасностью и риском, достаточно рассмотреть простой пример. Весной на территории России реки, выходящие из берегов, могут затопить значительные пространства. Для каждой территории, подвергающейся затоплению, весенний паводок — это опасность, её можно оценить показателем частоты затопления данной территории, который рассчитывается на основе многолетних наблюдений и статистических данных. Следовательно, каждый год та или иная территория России подвергается опасности быть затопленной, но риск затопления связан не только с самим фактом этого события, а также ещё и с тем, какой ущерб может наступить в результате паводка: сколько пострадает людей, сколько погибнет домашнего скота, какие убытки возникнут при затоплении домов и сельскохозяйственных угодий и т.д. Такое понимание риска учитывает не только вероятность опасности, но и конкретизированные последствия ее проявления.

Опасность — событие, процесс или явление, способное с определённой вероятностью нанести ущерб здоровью и жизни человека, его материальным ценностям и окружающей среде.

Как видно из определения, опасность может меняться в пространстве и во времени. Под характеристикой опасности следует понимать вероятность проявления этого события процесса или явления в данном месте и в заданное время.

Риск, в отличие от опасности, нельзя рассматривать в отрыве от возможных последствий проявления данной опасности.

Риск — количественная мера опасности с учетом ее последствий.

Последствия проявления опасности приводят к ущербу, который может быть экономическим, социальным, экологическим и т. п. Следовательно, оценка риска должна быть связана с оценкой ущерба. Чем больше ожидаемый ущерб, тем значительнее риск. Кроме того, риск будет тем больше, чем выше вероятность проявления соответствующей опасности.

Любой вид деятельности человека сопровождается теми или иными опасностями и соответствующими им рисками.

Так, например, спортивные риски связаны с опасностями, возникающими в процессе игры или тренировки, при взаимодействии человека со спортивными снарядами и приспособлениями, с противниками или товарищами по команде и т.п. Ущерб, наносимый спортсмену, может быть связан с травмой, физическими и нервно-психическими перегрузками, неблагоприятным психологическим климатом в команде.

Техногенные риски охватывают сферу производственно-хозяйственной деятельности, они формируются в результате опасностей, сопровождающих функционирование человеко-машинных систем, сложных технических комплексов и объектов. Техногенные опасности возникают в результате неконтролируемого высвобождения различных видов энергии (механической, тепловой, химической и др.) [1], при этом ущерб может быть нанесён здоровью и жизни человека, его материальным ценностям, природной среде.

Риски могут характеризовать как опасность, воздействующую на отдельно взятого человека, приводящую к ущербу его здоровью и жизни, так и опасность, действие которой распространяется на большие группы людей и объектов, охватывает значительные территории. В первом случае принято называть риски *индивидуальными*, во втором — групповыми или *социальными*.

В настоящее время не существует единой классификации рисков, в зависимости от цели исследования могут рассматриваться различные

признаки, и в соответствии с ними – различные виды рисков. Один из примеров классификации [5] приведён на рисунке 7.1.

В соответствии с данной классификацией экологический риск рассматривается наряду с производственным, экономическим и политическим. Он возникает в результате проявления особой группы опасностей, которые принято называть экологическими.

Экологическая опасность — нежелательное явление (процесс), вызывающее изменение качества окружающей среды.

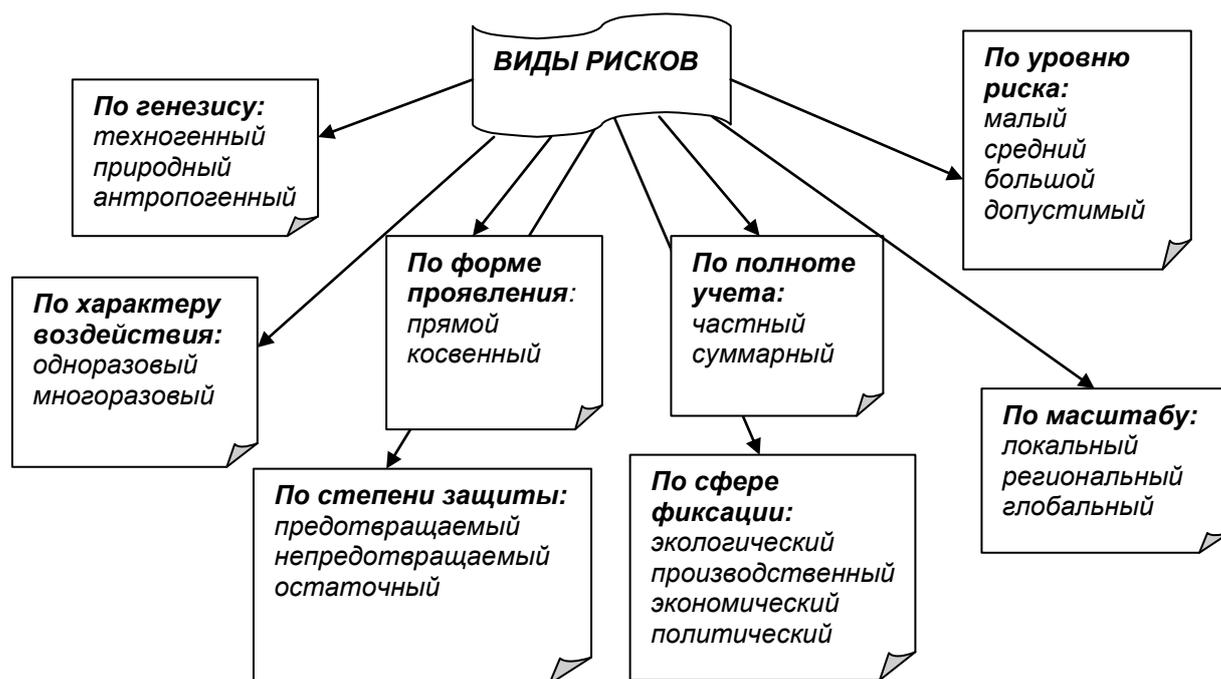


Рисунок.7.1. Пример классификации рисков

Качество окружающей среды обычно оценивают по степени отклонения ее фактических физико-химических, биологических и других параметров от их "эталонных значений", характеризующих "нормальное" состояние среды. Такие отклонения рассматриваются как *экологические нарушения*.

Вызывают экологические нарушения так называемые *источники экологической опасности*, которые обычно делятся на две группы: техногенные и природные.

К *техногенным источникам* относят объекты промышленности и бытового назначения, транспорта и т.п., которые оказывают антропогенные воздействия на окружающую среду в виде выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, сбросов загрязнений в водные источники, складирования отходов на территориях, механических нарушений ландшафтов и т.д., а также в виде изменения физических факторов жизнедеятельности (температуры, давления, шума и т.п.).

К *природным источникам* экологической опасности обычно относят процессы и явления, происходящие в самой природной среде, но влекущие за собой ущербы, возникающие у различных общественных объектов (населения, объектов экономики, государств). Эти опасности могут иметь различное происхождение, например, космическое (метеориты, магнитные бури и т.п.), климатическое и гидрологическое (ураганы, тайфуны, смерчи и шквалы, наводнения и паводки), биологическое (массовое размножение вредителей и т.п.).

Экологический риск — количественная мера ущерба различного рода, наносимого человеку и связанного с изменениями в состоянии окружающей среды.

Восприятие риска общественно субъективно. Человеку свойственно гораздо острее воспринимать события редкие, с большим числом жертв и материальных убытков, и относится легкомысленно к событиям, происходящим часто, но наносящим сравнительно небольшой ущерб. Так, последствия цунами, аварий на нефтяных танкерах, факты неожиданной массовой гибели птиц и подобные им события, широко освещаются в средствах массовой информации, обсуждаются на самых высоких уровнях. При этом экологические проблемы, формирующиеся постепенно, например, в городах, отражаются в публикациях и информационных сообщениях гораздо реже. В то же время риски, угрожающие здоровью, актуальны практически для любого городского жителя. В результате постоянных превышений концентраций химических веществ в городском воздухе растёт уровень аллергических реакций и заболеваний органов дыхания. Патогенные микроорганизмы, содержащиеся в городских стоках, способны вызвать инфекционные и кожные заболевания. Перечень можно продолжать, однако актуальность и опасность этих явлений осознаётся немногими.

Исходя из количественной оценки риска, а также учитывая общественную реакцию на него, разработана концепция приемлемого риска, суть которой можно изложить в следующих положениях:

1. В любом виде деятельности, при самых тщательных мерах безопасности, всегда присутствует *остаточный* риск, связанный со случайной природой опасностей.

2. *Приемлемым (допустимым)* считается риск, который достижим технически, и с которым общество на определённом этапе своего развития согласно мириться.

3. *Пренебрежимо малым* признаётся такой риск, уровень которого в силу своей малости не может быть надёжно выявлен на фоне уже имеющихся рисков.

4. *Управление рисками* заключается в установлении и закреплении на уровне государства приемлемых рисков для различных видов деятельности, а также в дальнейшей разработке мер по снижению фактических рисков до уровней предельно допустимых.

Другое название концепции приемлемого риска, хорошо отражающее её сущность, принцип ALARA (AsLowAsReasonableAchievable - "так низко, как это достижимо в пределах разумного").

Остаточный, приемлемый и пренебрежимо малый риски рассчитываются на основе вероятностного подхода. Чаще всего они отражают вероятность гибели отдельного человека в год, т.е. являются индивидуальными. Простейшая формула, которая используется для оценки фактического риска, основана на статистических данных:

$$R_A = P(A) = \frac{M}{N}, \quad (7.1)$$

где A – нежелательное событие, повлекшее гибель человека,
 M – число погибших в результате наступления события A ,
 N – число потенциально возможных случаев гибели в результате наступления события A .

Так, например, риск гибели человека в результате удара молнией оценивается величиной $5 \cdot 10^{-6}$. В этом выражении второй множитель называется порядком или уровнем риска.

Значения приемлемого, допустимого и пренебрежимо малого риска используются в качестве критериев в процессе управления экологическими рисками.

7.2 Особенности экологических рисков в современных условиях

Со второй половины XX века существенно возросли масштабы добычи и использования природных ресурсов. Причин тому несколько: рост населения Земли; растущее потребление энергетических и других ресурсов; увеличение объема и разнообразия производимой продукции; применение более совершенной мощной техники и эффективных технологий переработки ресурсов. Как следствие, в современном обществе ощутимо проявились черты глобального экологического кризиса, такие, как рост частоты, интенсивности и продолжительности многих видов стихийных явлений, увеличение количества техногенных аварий и объёма наносимого ими ущерба, расширение перечня заболеваний, связанных с неблагоприятной экологической обстановкой в государствах и регионах.

Налицо изменения в окружающей человека среде, негативно сказывающиеся на его жизни, здоровье, экономических интересах.

Таблица 7.1 Основные признаки экологических рисков, связанных с угрозой здоровью людей и состоянию среды обитания

Категории	Признаки	
	для людей	для среды обитания
Характер действия источника риска	непрерывный	непрерывный
	разовый (аварийный)	разовый (аварийный)
Контингент (группы) риска	население данной местности	
	персонал предприятия	
Продолжительность действия	кратковременное	кратковременное
	средней длительности	средней длительности
	длительное	длительное
<i>Последствия:</i>		
По степени тяжести	фатальные (риск смерти)	
	нефатальные (риск травмы, болезни и т.п.)	
По распространению		локальные
		региональные
		глобальные
По времени проявления	немедленные	немедленные
	отдалённые	отдалённые
По форме проявления	прямое воздействие	прямое воздействие
	косвенное воздействие	косвенное воздействие

В 1994 г. были разработаны международные рекомендации по оценке и управлению рисками, связанными с угрозами здоровью людей и состоянию среды обитания в результате действия энергетических и промышленных комплексов. В работе над формированием рекомендаций принимали участие такие авторитетные международные организации, как Программа ООН по окружающей среде (UNEP), Организация объединенных наций по промышленному развитию (UNIDO), Международное агентство по атомной энергии (IAEA) и Всемирная организация здравоохранения (WHO)[22]. Рекомендации содержат, в том числе, основные признаки экологических рисков, которые представлены в табл. 7.1.

Из таблицы видно, 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, хвостохранилища 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, например, при перевозке ядовитых веществ. Причинами разовых выбросов могут быть и природные катастрофы (землетрясения и оползни, бури и ураганы, наводнения и вулканические извержения).

Независимо от характера действия источника опасности, результатом проявления последней выступает ущерб, который наносится и людям и окружающей среде. Это требует одновременного рассмотрения обоих видов экологического риска.

При исследовании экологической безопасности предприятия или территории обычно выделяют постоянный риск и аварийный риск.

Постоянный риск порождается тем, что в процессе деятельности предприятия образуются выбросы в атмосферу, сбросы в водную среду и отходы, которые воздействуют на почву. Постоянный риск определяется используемой технологией, он не может быть существенно уменьшен без модернизации производственных процессов или замены оборудования. Ущерб, создаваемый постоянным риском, можно оценить исходя из особенностей технологий и объема переработанных ресурсов. Естественно, что владельцы предприятия должны возмещать наносимый окружающей природной среде вред (принцип "Загрязнитель платит").

Как в России, так и за рубежом имеется целый ряд нерешенных в настоящее время практических экономико-правовых вопросов, связанных с постоянным риском. При проведении конкретных расчетов часто оказывается, что предприятию экономически выгоднее загрязнять окружающую среду и платить за это штрафы, чем внедрять природоохранные мероприятия.

Аварийный риск — риск нежелательных экологических последствий, возникающих в связи с авариями на производственных объектах, на транспорте, на магистралях тепло-, водо- и газоснабжения.

Так как последствия аварии могут зависеть от многих обстоятельств, аварийный риск, в отличие от постоянного, имеет высокую степень неопределённости.

Предположим, что в результате аварии произошел выброс опасных химических веществ в атмосферу. Загрязнение прилегающей территории и вред, наносимый здоровью человека, определяются многими факторами различной природы. Так, например, от направления и силы ветра будет зависеть, пойдет ли ядовитое облако в сторону

жилого района или же рассеется над пустырем. Вред здоровью людей может быть связан с временем дня и сезоном года: наибольший ущерб будет нанесён в летний солнечный день, когда облако накроет пляж с массой отдыхающих, а наименьший - в зимнюю ночь, когда все жители будут находиться в зданиях с плотно закрытыми окнами. Риск в этом случае оценить крайне сложно, он может меняться от несущественного, пренебрежимо малого, до значимого, многократно превышающего допустимый.

В сравнении с другими видами рискованных ситуаций, *экологические опасности и риски имеют ряд особенностей:*

1. Экологические опасности, в отличие от опасностей иной природы, *не имеют границ* ни в пространстве, ни во времени. Соответственно, может возникнуть ситуация, когда причины экологического риска формируются в одном месте, а проявления наблюдаются в другом. Так, например, причиной выпадения цветного снега на территории Приморского края в последние годы являются выбросы химических предприятий, расположенных в Китае. Сейчас при захоронении радиоактивных отходов редко говорят о том, что среди них есть целый ряд долгоживущих радионуклидов, распад которых будет длиться не одну тысячу лет, поэтому в недалёком будущем нашим потомкам вновь придётся решать проблемы утилизации отходов, так и не ставших безопасными.

2. Экологический риск отличается *высокой степенью неопределённости*, так как взаимосвязи в биосфере настолько сложны, что никогда нельзя заранее учесть всех последствий реализации экологических опасностей. Так, накопление токсичных веществ в почве сельхозугодий приводит к загрязнению водоёмов, а затем к попаданию этих веществ в пищевые цепочки и распространению их на значительные расстояния. Пестициды, обнаруженные в печени пингвинов Южного полушария, наверняка были использованы далеко от побережья Антарктиды.

3. Большинство рисков имеет конечную оценку, которая может быть выражена численно, например, количеством пострадавших, величиной материального ущерба, площадью зоны поражения и т.п. Экологический риск также *может быть сведён к количественному выражению, но не всегда полностью*. Например, чрезвычайно трудно оценить эстетический и моральный ущерб, нанесённый жителям города вырубкой парковых насаждений и строительством на их месте гостиничного комплекса.

4. Нежелательные последствия, связанные с производственными, экономическими и иными рисками, проявляются обычно сразу или через непродолжительный период. *Последствия*

экологического риска часто *отдалены и могут проявиться самым неожиданным образом*. При оценке воздействия промышленного объекта на окружающую среду редко используются методы долгосрочного планирования, в лучшем случае формируется прогноз на ближайшие 5 лет, который не учитывает развития прилегающих территорий.

5. Принятие решения, связанного с воздействием на окружающую среду, формирует два вида рисков: риски лица, принимающего решение, и риски лиц, подвергающихся возможному негативному воздействию. Первые риски носят преимущественно экономический характер, вторые — экологический. Возникает *эффект «переноса риска на третьи лица»*. В этой ситуации остро стоит вопрос корректности решения, которая определяется информированностью, этичностью, экономической заинтересованностью лица, принимающего решение и ответственного за его последствия.

6. Монетарная оценка экологического риска, как правило, показывает уже случившиеся потери и ущербы. Поэтому более целесообразной является *априорная оценка экологического риска и прогноз* на её основе возможных потерь и ущербов. Принятые на основе такой оценки превентивные меры, не допускающие или снижающие негативное воздействие на среду, приводят к значительному сокращению затрат, снижению всех видов ущерба, сохранению природных богатств и человеческих жизней.

7.3 Методы оценки экологических рисков

Исходя из определения риска как количественной меры опасности с учётом её последствий, его оценку в общем виде можно представить двумерной величиной:

$$R = P \cdot Q, \quad (7.2)$$

где P – вероятность нежелательного события,
 Q – мера ожидаемых последствий (ущерба).

Двумерное определение риска было предложено в 70-е г.г. XX века, но первоначально оно использовалось только при расчетах риска аварий на реакторах атомных электростанций. Однако формула (7.2) оказалась пригодной и для оценки многих других рисков, что отражено в многочисленных публикациях.

При количественном оценивании социальный и индивидуальный риски оцениваются по-разному. *Социальный риск* R_c , характеризующий возможные аварии на промышленных и иных объектах, которые вызывают тяжелые последствия и, прежде всего, гибель людей, принято выражать следующим образом:

$$R_c = \sum_{i=1}^L w_i \cdot N_i \quad (7.3)$$

где w_i — частота i -й аварии,
 N_i — количество смертельных случаев, обусловленных ею,
 L — возможное число всех аварий на данном объекте.

Социальный риск, обусловленный действием на людей вредных веществ, находящихся в воздухе, воде или пище, определяют несколькими образом. Для оценки влияния токсиканта, присутствующего в окружающей среде, вводится понятие “риска от дозы i токсиканта j ”, обозначаемого через $[P_e(D)]_{ij}$ [3]. Фактически величина $[P_e(D)]_{ij}$ является вероятностью, она зависит от так называемого фактора риска данного токсиканта F_r и его дозы D . Доза измеряется в мг, а фактор риска имеет размерность (мг^{-1}) и представляет собой риск, приходящийся на единицу дозы. Величина фактора риска должна быть установлена в результате специальных исследований. Если связь между дозой и риском линейна, а воздействие токсиканта не имеет порога, то величина $P_e(D)$ определяется формулой

$$P_e(D) = F_r \cdot D = F_r \cdot c \cdot v \cdot t, \quad (7.4)$$

где c — концентрация токсиканта,
 v — его ежедневное поступление в организм,
 t — время воздействия токсиканта.

Число тяжелых последствий (например, раковых заболеваний) действия токсикантов на людей определяется выражением

$$q_e = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^K [P_e(D)]_{ij} \cdot N_{ij} \quad (7.5)$$

где N_{ij} — количество людей, подвергающихся действию токсикантов;
 K — количество токсикантов;
 M — число уровней доз каждого токсиканта.

Символ “ e ” показывает, что речь идет о дополнительных (*excess*) случаях заболевания, вызванных рассматриваемыми токсикантами (при малых дозах величина q_e может быть столь незначительна, что ее трудно выявить на фоне “обычных” случаев данного вида рака).

Формулу (7.5) можно применять для экспрессных количественных оценок социального риска.

Индивидуальный риск, как показано выше, чаще всего определяется вероятностью экстремального вреда — смерти

индивидуума от некоторой причины, рассчитываемой для всей его жизни или для одного года. Часто в литературе термины “индивидуальный риск” и “вероятность” употребляются как синонимы, однако помимо вероятности события здесь присутствует (“по умолчанию”) его последствие — гибель человека.

Для оценки допустимых индивидуальных рисков, связанных с опасными видами деятельности, в Великобритании, например, используются так называемые критерии Эшби. Они представляют собой вероятности одного фатального случая (одной смерти) в год. Характеристики этих критериев даны в табл. 7.2.

Таблица 7.2 Критерии приемлемости риска (по Эшби)

<i>Ранг риска</i>	<i>Вероятность одной смерти в год</i>	<i>Степень приемлемости</i>
1	Не менее $1 \cdot 10^{-3}$	Риск неприемлем
2	10^{-4}	Риск приемлем лишь в особых обстоятельствах
3	10^{-5}	Требуется детальное обоснование приемлемости
4	10^{-6}	Риск приемлем без ограничений

В табл. 7.3 представлены порядки вероятностей индивидуального риска смерти в год, усредненные по статистическим данным Великобритании [5].

Таблица 7.3 Порядки вероятности индивидуального риска смерти, рассчитанные для одного года

<i>Причины смерти</i>	<i>Вероятность одной смерти в год</i>
Все причины	10^{-2}
Все “внутренние” причины (болезни)	10^{-2}
Все “внешние” причины (аварии, отравления, насилие и т.п.)	10^{-4}
Все аварии на транспорте	10^{-4}
Случайные отравления	10^{-5}
Травматизм на производстве	10^{-5}
Аварии на воздушном транспорте	10^{-6}
Природные катастрофы	10^{-6}

Эти вероятности подсчитаны путем деления количества наблюдавшихся ежегодно смертей на число жителей страны. Видно, что “внутренними” причинами объясняется подавляющее большинство всех

смертей, “внешние” причины меньше их на два порядка величины. В то же время среди внешних причин резко доминируют аварии на транспорте. Аварии на воздушном транспорте характеризуются тем же риском, что и природные катастрофы.

При количественной оценке риска его компонентами выступают вероятность и мера последствий (ущерба). Статистическая информация, лежащая в основе определения вероятности нежелательного события, позволяет говорить об объективности такой оценки. При этом специфика экологических рисков, проявляющихся на конкретных территориях, не всегда даёт основания для обобщения и требует дополнительных данных различной природы для более точных расчётов. Кроме того, при достаточно большом количестве разработанных методик оценки ущерба, большинство из них плохо применимы к условиям экологических рисков, обладающих высокой степенью неопределённости. Монетарное выражение экологического ущерба связано, в том числе, с проблемой количественной оценки человеческой жизни, по поводу которой до сих пор нет единого мнения.

Анализ особенностей экологических рисков показывает, что при их оценке необходимо использовать не только количественные, но и качественные методы. Такая необходимость связана с тем, что с точки зрения восприятия человеком и обществом, риски, вызывающие различное отношение, могут оцениваться одинаковыми величинами.

Качественная оценка обычно является многомерной, она основывается на экспертном мнении и представляет собой ранжированный анализ множества субъективных оценок. Термин «эксперт» происходит от латинского слова *expert*, что означает «опытный». Несмотря на субъективность, мнения экспертов содержат знания, опыт, интуитивное предвидение специалистов, которые помогают более объективно подойти к исследованию проблем безопасности. Только качественная оценка позволяет учесть многообразие и специфику проявления экологических опасностей, выявить приоритеты заинтересованных лиц, дать комплексную оценку потенциально возможным событиям.

Алгоритм организации экспертных опросов приведён на рис. 7.2.

Сущность метода экспертных оценок заключается в том, что специалистам предлагают ответить на вопросы о будущем поведении объектов или систем, характеризующихся неопределёнными параметрами или неизученными свойствами. Формируется экспертная группа, причём к численности и компетентности экспертов предъявляются определённые требования. Выбираются способы экспертного опроса (проведение интервью, анкетирование, смешанный опрос и т.п.), разрабатываются анкеты и опросники. Важное значение

при этом придается формированию оценочной шкалы, используемой экспертами. Установлено, что оптимальная оценочная шкала должна иметь сравнительно небольшое число градаций (от 3 до 8), каждой градации приписывается определенный ранг или некоторое значение вероятности. Кроме того, каждая градация должна сопровождаться краткой качественной характеристикой (словесным пояснением). После проведения опроса экспертные оценки обрабатываются и оформляются в виде качественных или количественных характеристик. Затем оценивается согласованность мнений экспертов и достоверность экспертных оценок. Этот этап позволяет убедиться в большей надёжности групповых оценок по сравнению с индивидуальными.

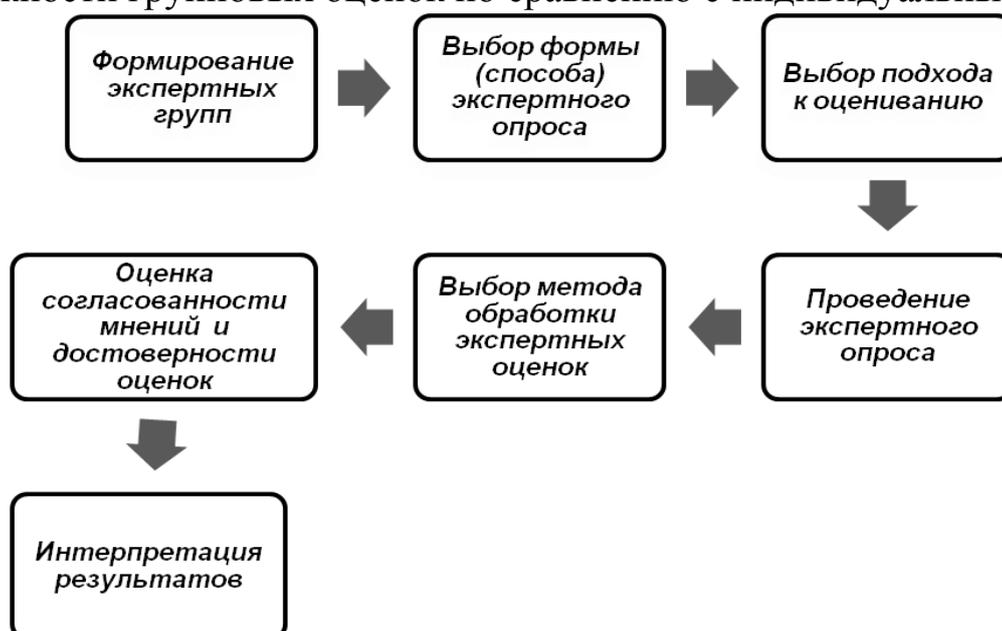


Рисунок 7.2. Алгоритм организации экспертных опросов.

В настоящее время известно несколько десятков методов экспертных оценок, наиболее известный из них — коллективное обсуждение и согласование по методу Дельфи. Можно сказать, что создателями метода экспертных оценок были дельфийские оракулы, то есть жрецы храма Аполлона у подножия горы Парнас в Греции. Их предсказание о том или ином событии в античной Греции сообщалось народу только после того, как все члены совета мудрецов ознакомились со всеми обстоятельствами дела и обсудили их со всех сторон.

Принятие экспертных решений по методу Дельфи отличается от других аналогичных методов тем, что проводится в несколько этапов (туров), причём экспертам предоставляется возможность ознакомиться с результатами предшествующего тура и учесть эти результаты в последующем туре. Таких туров может быть два или больше, в зависимости от степени согласованности ответов.

Для решения подобных задач может быть использована шкала Хантера, устанавливающая связь между характеристиками события и вероятностью его наступления (табл. 7.4).

Таблица 7.4 Связь между качественными характеристиками возможности события и значениями соответствующей вероятности (шкала Хантера)

Ранг события	Качественная характеристика возможности события	Вероятность
1	Событие является достоверным или гипотезу о нем можно считать весьма правдоподобной	1
2	Событие не может считаться достоверным, но гипотеза о нем представляется правдоподобной	10^{-1}
3	Гипотеза о событии представляется неправдоподобной, однако ее нельзя исключить	10^{-2}
4	Событие, вероятно, не произойдет — судя по имеющимся данным, его надо считать невероятным, однако эти данные вызывают сомнение	10^{-3}
5	Данные о событии являются надежными, но гипотеза о том, что оно произойдет, весьма неправдоподобна	10^{-4}
6	Гипотеза о событии в высшей степени неправдоподобна	10^{-5}
7	Событие физически возможно, но оно почти наверняка не произойдет	10^{-6}
8	С учетом всех имеющихся данных, событие надо считать физически невозможным	0

Оба подхода к оцениванию риска имеют свои достоинства и недостатки, поэтому наиболее перспективным является их совместное использование, поэтапный выбор тех или иных методов.

7.4 Оценка экологического риска на основе теории принятия решений

Для решения задач, связанных с риском принимаемых решений и его оценкой, может быть применён аппарат теории принятия решений, в частности, метод деревьев решений [3]. К достоинствам этого метода относятся наглядность и простота графического представления причинно-следственных связей между событиями. Этот метод хорошо зарекомендовал себя при анализе и исследовании рисков экономического характера, поскольку позволяет оценивать как вероятность нежелательного события, так и величину ущерба при его наступлении.

Метод деревьев особенно эффективен в тех случаях, когда сложная проблема может быть расчленена на то или иное количество сравнительно простых задач, каждая из которых решается отдельно, а

затем производится своеобразный синтез сложного решения. Подобно обычному, дерево решений содержит различные части — ствол и разные по величине ветви, причем все они формируют единый организм. Поведением этого организма и отдельных его частей в случае обыкновенного дерева управляют законы биологии, а в случае дерева решений — законы теории вероятностей. Последние обеспечивают когерентность (согласованность) системы, которой является рассматриваемое дерево.

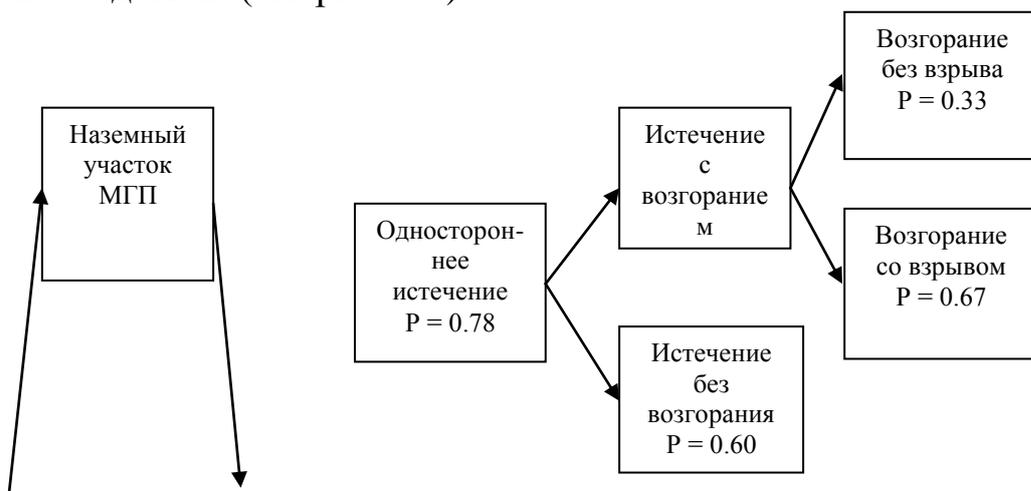
Для анализа дерева решений привлекаются два вида величин: вероятности событий и оценки последствий принятых решений. В качестве последних во многих случаях выступают оценки той выгоды, которая может быть получена в результате принятых решений.

Принятие решений экологического характера часто связано с целесообразностью вложений в те или иные мероприятия по охране окружающей среды, т.е. с определением соотношения «затраты - выгоды». При этом нельзя забывать, что в основе решения должна лежать не только экономическая целесообразность, но и социальные и экологические аспекты эффективности. С помощью дерева можно проводить как количественный, так и качественный анализ риска.

7.5 Анализ безопасности природно-технических систем

Метод деревьев широко применяется при прогнозировании и моделировании чрезвычайных ситуаций, связанных с природными и техногенными процессами. Он позволяет рассчитать вероятность реализации определенного сценария, включающего несколько событий. В сочетании с экспертной оценкой этот метод позволяет разрабатывать вероятностные модели аварий на опасных производственных объектах, сопровождающихся значительным ущербом окружающей среде.

Ниже приведён пример моделирования аварии на магистральном газопроводе (МГП), которая может привести к конкретной чрезвычайной ситуации (ЧС) — выбросу газа в атмосферу и последующим за ним событиям [3]. Сотрудниками Института ВНИИГАЗ была разработана вероятностная модель такой аварии, которая представляет собой дерево сценариев развития ЧС с учетом ее возможных последствий (см. рис. 7.4).



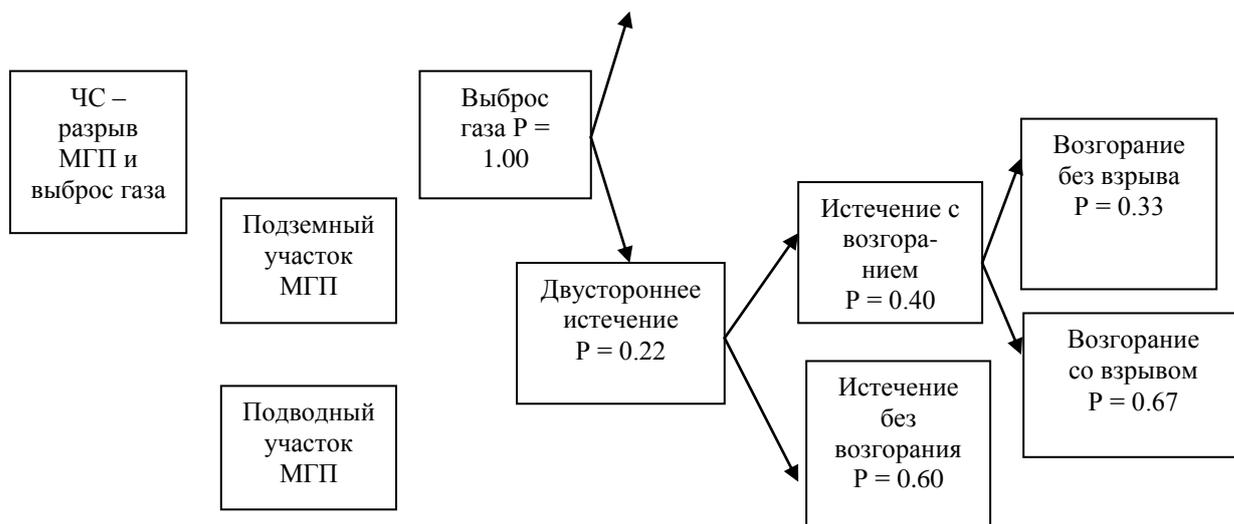


Рисунок. 7.4. Дерево сценариев развития чрезвычайной ситуации (ЧС) — разрыва магистрального газопровода (МГП) с выбросом газа и вызываемыми последствиями (вероятностная модель)

Группа экспертов оценивала вероятность отдельных событий, формирующих рассматриваемое дерево. Вероятность возникновения моделируемой ЧС условно принята равной единице. Экспертное оценивание вероятностей последствий производилось путем попарного рассмотрения каждого разветвления на дереве. Для каждой пары совокупностей событий (процессов) определялась условная вероятность, причем каждая такая пара рассматривалась как полная группа событий, поэтому сумма соответствующих условных вероятностей равнялась единице. Так, разветвление на “одностороннее истечение” и “двустороннее истечение” было охарактеризовано условными вероятностями, равными соответственно 0,78 и 0,22.

Вероятность осуществления цепи событий определяется путем перемножения вероятностей событий, составляющих эту цепь. Так, вероятность того, что выброс газа будет характеризоваться односторонним истечением, и при этом произойдут возгорание и взрыв, определяется произведением $0,78 \cdot 0,40 \cdot 0,67$ и равна 0,21.

В соответствии с определением, данным выше, риск определяется как произведение величины ущерба, нанесённого в результате реализации сценария, и вероятности его реализации. Если величина ущерба при осуществлении различных сценариев является постоянной и не зависит от причин развития ЧС, то относительные оценки риска будут равны полученным оценкам вероятностей. Если же величина ущерба меняется от одного сценария к другому, то следует оценить ущерб по каждому из них с использованием того же дерева, по которому делались оценки вероятностей. Эксперты дают относительные оценки ущерба, взвешенные по факторам возникновения ЧС, при этом

они исходят из суммарной величины ущерба, в которой учтены все факторы. Относительные оценки риска получаются путем перемножения относительных величин каждого компонента ущерба и его вероятности.

7.6 Управление экологическими рисками

Начиная с 80-х гг. XX в. в ряде развитых стран (Нидерланды, США, Япония и некоторые другие) в практику природоохранной деятельности стала активно внедряться концепция управления, основанная на положениях риск-анализа и понятии приемлемого риска.

Прежние принципы управления природопользованием и охраной природы были направлены на осознание вреда и безусловное ограничение воздействия опасного фактора на здоровье человека и среду его обитания. В отличие от них, принцип ALARA предполагает некий компромисс между социальными, техническими и экономическими факторами при установлении возможных нарушений показателей качества среды. Человек и общество сознательно готовы допускать определенный риск в ходе жизнедеятельности ради получения той или иной выгоды, принимая во внимание то обстоятельство, что выгода в конечном счете направляется на цели снижения риска. В соответствии с этой концепцией формируются стратегии управления качеством окружающей среды, направленные на снижение уровня риска до приемлемого.

Реализация той или иной стратегии предполагает определённые затраты на мероприятия по снижению риска и выгоды, полученные обществом при реализации этих мероприятий. Кроме того, ущерб любого вида, наносимый экологической опасностью, чаще всего выражается в денежном эквиваленте. Поэтому в процессе выработки управленческих решений правильнее вести речь не об экологических, а об эколого-экономических рисках.

В общем случае *эколого-экономические риски* можно определить как риски экономических потерь, которые могут возникнуть в результате ухудшения качества окружающей среды. Такое ухудшение может иметь различный характер: *относительно медленный (эволюционный)* и *быстрый (катастрофический)*.

Эколого-экономическим рискам подвержены население и его отдельные индивидуумы, организации и предприятия, территориально-экологические (природные) комплексы и территориально-производственные системы различного уровня, регионы, государства и мировое сообщество в целом.

Поскольку любое неблагоприятное событие является случайным как по факту своего проявления, так и по последствиям, которые оно

может повлечь за собой, можно говорить о риске как о случайной величине, которая оценивается либо средними значениями его составляющих, либо законом распределения его ущерба. В настоящее время практически отсутствуют хорошо обоснованные методы прогнозирования вероятностей проявления неблагоприятных событий с экологическими последствиями, методы оценки вероятностей появления ущербов разной величины у отдельных объектов, а также методики определения стоимостных показателей ущербов различной природы. Всё это приводит к низкому уровню достоверности прогнозных оценок эколого-экономических рисков.

Вместе с тем теория риск-анализа накопила достаточный опыт в решении вопросов оценки характеристик риска и разработки методов управления объектами различного уровня организации в условиях вероятности экономических потерь, в том числе и вызываемых экологическими нарушениями. Поэтому специалисты в области риск-анализа на основе достаточно четкой организации научно-практической работы по сбору и обработке исходных данных и использования приемов повышения ее достоверности могут получить обоснованные критерии для принятия эффективных управленческих решений.

Риск-анализ как механизм управления природоохранной деятельностью базируется на двух взаимосвязанных составляющих элементах - системе оценки риска и системе управления риском. Это хорошо видно при рассмотрении этапов риск-анализа, представленных на рис. 7.5.

Блок оценки риска (этапы 1-5) — конечной целью этой части исследования является определение количественных показателей риска, соответствующих различным сценариям развития неблагоприятных событий и стратегий защиты от них.

Блок управления риском (этапы 6-8) — конечной целью этой части исследования является определение мероприятий, позволяющих сократить уровень риска до приемлемой величины, и контроль последствий их внедрения.

Рассмотрим содержание отдельных этапов более подробно применительно к сфере анализа и управления эколого-экономическими рисками.

1) Идентификация риска.

Основной целью данного этапа является *определение перечня неблагоприятных событий, вызывающих ухудшение качества окружающей среды и прямо или косвенно (через это ухудшение) наносящих экономический ущерб рассматриваемому объекту. Событие классифицируется как негативное, если, во-первых, существует*

реальная возможность его проявления и, во-вторых, его проявление может нанести объекту реальный ущерб.

В число задач этого этапа входит не только установление возможности какого-либо из событий, но и выявление причинно-следственных связей, приводящих к его реализации.

Кроме того, на этапе идентификации предполагается обоснование вывода о возможности или невозможности нанесения реального ущерба рассматриваемому объекту. Например, произошло загрязнение территории нефтепродуктами, но она не используется в хозяйственных целях и ее природная ценность незначительна. В таком случае величина экономического ущерба чаще всего рассматривается как нулевая, так как со временем, в силу природных процессов, произойдет ассимиляция загрязнений в среде.

Следует также иметь в виду, что ущерб от негативного события может быть опосредованным и проявиться не сразу, а через некоторый период времени. Например, весеннее наводнение могло не привести к остановке работы текстильной фабрики, но оно повлияло на производство сырья (снизилась урожайность льна). В результате фабрика должна в будущем закупать сырье в более отдаленных регионах, тратить большие средства на его доставку. В связи с этим затраты на ее продукцию через некоторое время возрастут, прибыль уменьшится.

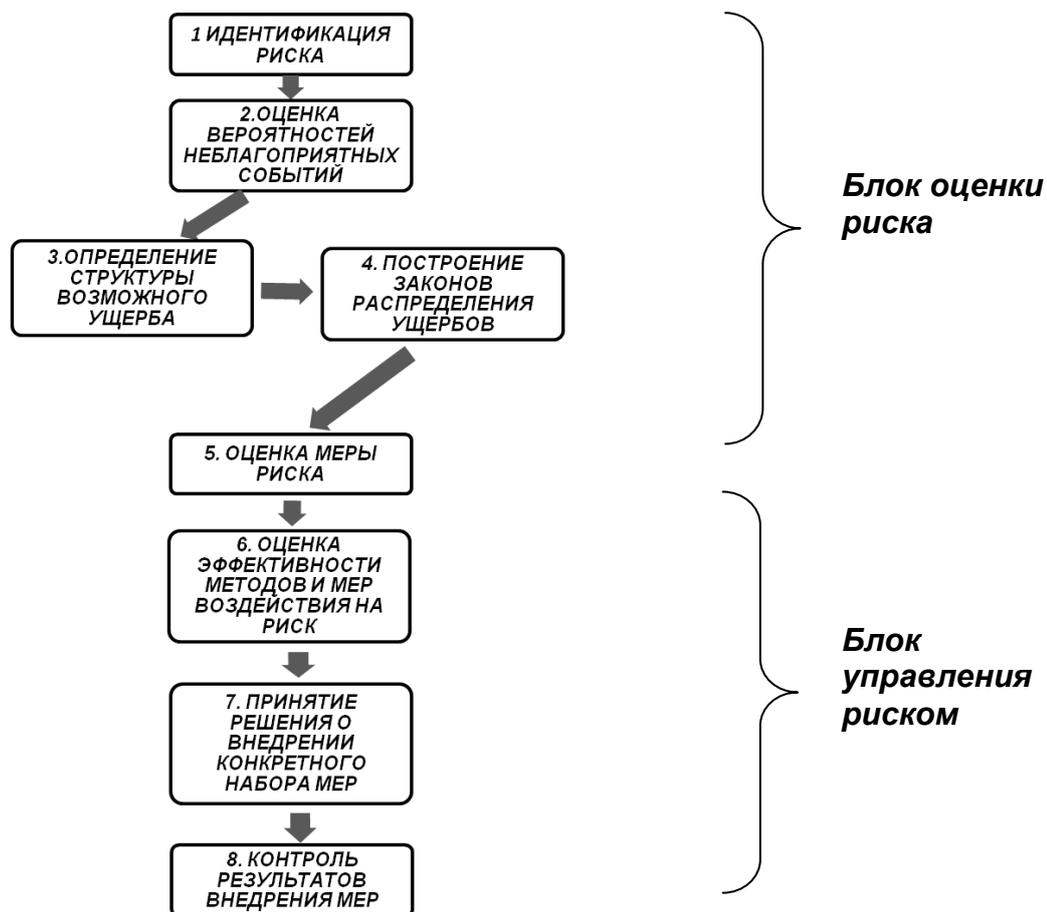


Рисунок 7.5. Этапы риск-анализа

Для получения информации на этом этапе применяются в основном методы анализа и экспертных оценок.

2) Оценка вероятностей проявления нежелательных событий

На втором этапе должны быть даны *оценки вероятностей проявления событий, которые отнесены к разряду рисковых.*

Такие оценки обычно приводятся к определённому временному периоду (месяц, год, пятилетие и т.п.). Можно выделить три основных метода оценки вероятностей проявления неблагоприятных событий:

- *статистический*, основанный на анализе накопленных статистических данных о частоте событий, которые произошли в аналогичных природных условиях, на объектах схожего вида деятельности, на территориях данного региона в прошлом;
- *аналитический*, основанный на изучении причинно-следственных связей в природных, территориально-производственных, социо-технических системах, позволяющий оценить вероятность неблагоприятного события как сложного явления, образованного сочетанием последовательности элементарных событий с известными вероятностями их проявления;
- *экспертный*, предполагающий оценку вероятностей событий путем обработки результатов опросов экспертов.

Статистические методы применяются в тех случаях, когда отсутствует строгая закономерность и предсказуемость в развитии явления, которое может причинить ущерб. Однако это явление характеризуется определенной повторяемостью, и накоплена соответствующая информация, по которой можно судить о его частоте и силе. Обычно статистические методы используются при определении вероятностей неблагоприятных природных явлений: землетрясений, наводнений, смерчей, пожаров и т.п. Накопленная статистика часто позволяет строить распределение вероятностей таких явлений в зависимости от их силы.

Аналитические методы (основаны на рассуждениях и анализе явлений) часто используются для определения вероятностей неблагоприятных событий, в отношении которых еще не накоплены достоверные статистические данные, но можно логически предвидеть причинно-следственные связи, определяющие закономерности их зарождения. К таким событиям относятся прежде всего техногенные аварии и катастрофы с последующим за ними негативным воздействием на среду. В этой группе методов часто используется графическое представление связей между событиями ("деревья событий", "события - последствия", "деревья отказов" и другие) (см. рис.7.3). Аналитические методы обычно применяют в рамках так называемого "сценарного подхода", когда вероятность результирующего происшествия определяется как результат "цепочек" элементарных событий (причин), в отношении которых предполагаются известными соответствующие им "элементарные" вероятности их проявления (см. рис. 7.4).

Экспертные методы оценки вероятностей неблагоприятных событий пригодны в тех случаях, когда отсутствуют какие-либо данные о частоте проявления и неясна логика их зарождения, развития. Как правило, эти методы применяются при оценках вероятностей аварий и катастроф при отсутствии каких-либо данных о причинах их зарождения либо когда цепь элементарных событий настолько сложна, что невозможно сформировать адекватную их взаимосвязи структуру, позволяющую оценить вероятность проявления результирующего неблагоприятного события. В подобных ситуациях только опыт экспертов позволяет оценить более или менее достоверные значения таких вероятностей.

В некоторых случаях рассмотренные группы методов оценки вероятностей событий применяются в комплексе, дополняя друг друга. Информация, полученная с помощью одного из них, часто перепроверяется другим. Например, экспертные методы обычно используются вместе с аналитическими при формировании значений

вероятностей элементарных событий (причин), их цепочек (при построении сценария результирующего события).

3) *Определение структуры возможного ущерба*

Итогом проявления неблагоприятного события является ущерб, который может быть нанесен тому или иному объекту. При исследованиях эколого-экономических рисков следует иметь в виду, что этот ущерб может не быть прямым следствием события, а проявиться опосредованно, через вызванное им ухудшение качества окружающей среды. Например, пожар на химическом предприятии вызывает сильное загрязнение атмосферы и почвы, результатом чего являются гибель насаждений, порча имущества, заболеваемость населения и т.д. Поэтому очень важно определить *структуру возможного ущерба*. Чаще всего он оценивается в двух формах: в натуральном виде и в стоимостном выражении.

Натуральный ущерб (его часто называют физическим) измеряется некоторыми характеристиками, отражающими ухудшение, потерю свойств объекта (погибло N деревьев, повреждено K машин, загрязнено L гектаров почвы и т.п.).

Стоимостная форма выражения ущерба называется убытком. Единой методики оценки убытков, пригодной для всех случаев жизни, не существует. Иногда размер убытков является предметом спора, договора, особенно в тех случаях, когда речь заходит об их компенсации виновной стороной.

Убытки принято подразделять на прямые и косвенные: *прямые* включают непосредственные потери объекта (здоровье, жизни для населения, имущества — для населения и юридических объектов и т.д.); *косвенные* возникают как следствие невозможности для объекта вести нормальную деятельность, которую он осуществлял до проявления события (к ним часто относят упущенную выгоду, убытки в виде претензий и неисполнения обязательств перед контрагентами, потеря имиджа и т.д.).

Часто в состав убытков включают затраты, связанные с ликвидацией последствий неблагоприятных событий. Например, затраты, необходимые для замены пострадавшего оборудования, расчистки дорог в случае природных катастроф и т.п.

В зависимости от ситуации для определения размера убытков могут быть использованы различные методы. Например, нормативный, расчетный, рыночный и другие. При нормативном подходе их размер определяется нормативными показателями (выплата семье за погибшего кормильца), обычно предусмотренными законодательством, практикой возмещения убытков. Расчетные подходы предполагают определение всех составляющих ущерба и достаточно точной их стоимостной

оценки. Рыночный подход оценивает убытки по потере рыночной стоимости имущества, потере заработной платы и т.п.

4) Построение законов распределения ущерба

По существу, более или менее точно предвидеть ущерб невозможно, поскольку заранее не известно, какой силы будет событие, как оно будет развиваться, в какой степени помогут снизить его размер защитные мероприятия, как проявит себя персонал в нестандартной ситуации, от эффективности действий которого часто зависит и размер ущерба и т.д.

В связи с этим теория риск-анализа не предполагает обязательность однозначной и точной оценки ущерба в каждой конкретной ситуации. Как правило, целью этого этапа исследований является *формирование закона распределения вероятностей ущерба на однотипных объектах для того или иного неблагоприятного события с учетом его силы*. Таким образом, этот закон можно считать условным распределением, соответствующим характеристикам определенного неблагоприятного события и ряду условий его проявления (защищенности объекта, плотности заселения территории и т.п.).

В исследованиях риска обычно используются некоторые *типовые законы распределения ущерба* (экспоненциальный, нормальный, логнормальный и т.п.). Это связано с тем, что на практике с достаточной степенью точности для каждого случая общий закон сформировать не представляется возможным. Обычно закон с той или иной степенью достоверности отражает эмпирические частоты размеров понесенного ущерба при аналогичных, имевших место в прошлом ситуациях, выражает более или менее правдоподобные теоретические концепции.

5) Определение количественных характеристик меры риска

Группу этапов оценки риска завершают исследования, целью которых является *формирование количественных показателей риска (интегральных оценок риска)*, которые затем будут использоваться при выработке управленческих решений.

Один из таких показателей - математическое ожидание ущерба:

$$R = \sum_{i=1}^L P_i \cdot U_i$$

где U_i – различные виды ущерба,

P_i – соответствующие вероятности их наступления,

L – количество видов ущерба для конкретного объекта.

Эта характеристика отражает информацию о среднем ущербе за определённый период (среднегодовом, среднемесечном) с учётом его

структуры. Такой ущерб объект понесет, если на протяжении этого временного периода его стратегии поведения останется постоянной.

Однако очень часто стратегия поведения объекта основывается не на средних показателях, а на *показателях максимально приемлемой величины ущерба и максимально допустимой вероятности его возникновения*. То есть, в качестве исходного показателя при разработке стратегии защиты от последствий неблагоприятных ситуаций принимается некоторое очень малое значение вероятности получения крупных убытков. Так, допустимый уровень вероятности аварийной ситуации с большим ущербом (катастрофы) на промышленных предприятиях определяется величиной 10^{-5} - 10^{-6} в год.

В ряде приложений риск-анализа в сфере эколого-экономических рисков показатели риска не привязываются в явном виде к стоимостной форме выражения ущерба. Они выбираются (и формируются) исходя из возможностей и необходимости сопоставления рисков, имеющих место в разных сферах жизнедеятельности. Например, показатели рисков, обусловленных загрязнением окружающей среды, обычно формируются либо как вероятности онкологических заболеваний человека в течение 70 лет при постоянном нахождении его под неблагоприятным экологическим воздействием канцерогенного вещества, либо как значения достаточно абстрактных по содержанию "индексов заболеваемости" (превышение значений показателей заболеваемости над "фоновыми" ее уровнями) и т.п.

Максимально приемлемое значение величины ущерба является ориентиром для обоснования и внедрения в практику мероприятий по защите объекта от неблагоприятных воздействий, обусловленных изменениями в окружающей среде. Ущерб ниже этого уровня рассматриваются как естественные в данной ситуации. Их снижение не приносит ощутимой выгоды объекту, например из-за того, что стоимость необходимых для этого защитных мероприятий превышает размер таких убытков.

б) Определение возможных методов воздействия на риск и оценка их эффективности

На данном этапе устанавливается *перечень возможных методов воздействия на риск*, которые делятся на несколько групп: позволяющие избежать риска; снижающие вероятность проявления неблагоприятного события; уменьшающие наносимый им ущерб; передачи риска другим объектам и т.п. В самостоятельную группу можно отнести также методы компенсации ущерба, понесенного самим объектом, и ущерба, который он нанес другим объектам.

Методы избежания риска предполагают регулирование поведения объекта путем измерения характера его жизнедеятельности

(функционирования), уклонения от ситуаций, в которых высока возможность возникновения ущерба. Примерами могут быть: переселение людей с загрязненной территории, завоз питьевой воды при загрязнениях водных источников потребления, смена маршрута транспортировки экологически опасного груза, перенос предприятия в зону с меньшей сейсмической активностью и т.п.

Методы, снижающие вероятность проявления неблагоприятного события, предполагают измерение условий функционирования объекта, не затрагивая его характера. В качестве примера можно привести замену технологии производства на менее опасную или экологически безопасную, повышение квалификации персонала с целью уменьшения вероятности аварии и т.п.

Методы, уменьшающие ущерб от неблагоприятного события, предполагают усиление степени защищенности объекта. К ним следует отнести строительство дамб (от наводнений), сейсмически устойчивых зданий и сооружений, использование антикоррозионного покрытия для оборудования (от воздействий загрязненной атмосферы) и др.

Передача риска обычно осуществляется в виде страхования собственных возможных убытков от неблагоприятных событий или ответственности перед третьими лицами за причиненный им ущерб, вследствие, например, аварии на производстве или каких-либо других действий, повлекших ухудшение качества окружающей среды и связанные с ним потери у других объектов. Существует специальная подотрасль страхования - экологическое страхование и страхование в сфере природопользования, которое занимается вопросами именно страхования убытков и потерь, обусловленных ухудшением качества окружающей среды и изменениями (ухудшениями) условий природопользования. Компенсация ущерба, обусловленного ухудшением качества окружающей среды, предполагает возмещение потерь третьей стороне, если это ухудшение произошло по вине рассматриваемого объекта. Подобная компенсация часто включает в себя и затраты на ликвидацию последствий загрязнения (очистка водоемов, восстановление лесопосадок, ландшафта и т.п.).

Реализация каждого из рассмотренных методов предполагает определенные затраты, которые могут значительно различаться по своему уровню. Проблема управления рисками заключается в определении и внедрении в практику "оптимального" (рационального) набора таких методов, которые позволяют уменьшить совокупные издержки объекта, обусловленные загрязнением окружающей среды, или получить максимально возможную в такой ситуации выгоду.

Эффективность выбора и внедрения тех или иных методов определяется с позиций риск-анализа с применением следующих подходов:

- анализ затрат и выгод (benefit/cost analysis) при выборе управляющих воздействий по снижению риска применяется в тех случаях, когда и уровни риска, и меры по его сокращению могут быть однозначно выражены в стоимостном виде. Например, средние потери населения выражаются через показатели стоимости человеческой жизни, и затраты по защите населения также оцениваются в стоимостной форме.

- сопоставление уровней риска, выраженных соответствующими нормативами, затрат, необходимых для его снижения в расчете на единицу риска, и выгод, выраженных в стоимостной форме (risk-benefit analysis) при невозможности получения стоимостной характеристики риска. Например, риск выражается вероятностью гибели индивидуума, а затраты на его сокращение - объемом средств, необходимых для уменьшения этой вероятности с величины 10^{-3} до 10^{-4} .

- анализ эффективности затрат (cost-effectiveness analysis) часто используется при определении лучшего набора мероприятий, необходимых для достижения заданной цели (например, для снижения величины риска до приемлемого уровня). Эффективность таких мероприятий определяется величиной необходимых для их осуществления затрат.

При выборе методов управления эколого-экономическими рисками наряду с экономической эффективностью необходимо учитывать и ряд ограничений, обусловленных особенностями взаимодействия экономики и природы, необходимостью поддержания окружающей среды в устойчивом состоянии, разумной защищенности собственно человека от неблагоприятного влияния окружающей среды и т.п. Из этого следует вывод, что политика в области управления риском должна проводиться в рамках допустимых нагрузок на экосистемы. Иными словами, никакие экономически оптимальные решения не могут быть приняты, если они влекут за собой антропогенные нагрузки на окружающую среду, превышающие ее ассимиляционный потенциал.

Кроме того, при выборе методов управления должны учитываться и ограничения, вытекающие из требований обеспечения защищенности человека от неблагоприятных воздействий. В связи с этим методы управления рисками не могут быть оправданы, если в результате их применения жизнь человека подвергается чрезмерному риску, даже если объект (или общество в целом) получает в этом случае ощутимую выгоду.

7) *Контроль результатов*

Контроль результативности отдельных этапов риск-анализа осуществляется в ходе проведения работ, связанных с мониторингом состояния окружающей среды, экспертизой действующих объектов - источников опасности, проектов строительства новых объектов, лицензированием видов деятельности, инспекторскими проверками и некоторыми другими.

Под мониторингом обычно понимают регулярное выполнение по заданной программе наблюдений за состоянием абиотических и биотических элементов среды, источниками и факторами антропогенного воздействия на них. Объектами здесь являются природные сферы, геосистемы, природные и техногенные источники воздействия на них.

Мониторинг позволяет:

- осуществлять постоянную оценку качества различных сфер окружающей среды и биологических объектов (растений, животных, микроорганизмов и т.д.);
- определять степень нарушения экологического состояния (качества) окружающей среды и биологических объектов;
- устанавливать границы ухудшения качества окружающей среды и источники антропогенного воздействия.

Таким образом, на основе мониторинга формируется информация, необходимая для оценки характеристик риска и их проверки, источников его возникновения.

Слежение за качеством окружающей среды реализуется путем измерений концентраций загрязнителей, силы и продолжительности физических воздействий на окружающую среду, а также наблюдения за состоянием живых организмов - биоиндикаторов, которые реагируют на ухудшение качества окружающей среды, изменяя свои жизненные функции или аккумулируя загрязнители.

Наблюдение за загрязнителями подразделяется на оценку дозы загрязнителя в той или иной сфере окружающей среды и на оценку их влияния на качество этих сфер. Эти оценки определяются на основе анализа соответствующих свойств отобранных проб (воздуха, геологической среды, воды, почвы) в лабораторных или полевых условиях.

Слежение за источниками антропогенного воздействия предполагает контроль режимов функционирования соответствующих объектов и силы их воздействия на окружающую среду.

Контроль качества окружающей среды осуществляется путем сравнения результатов наблюдения состояния природных сфер, биологических сообществ с установленными для них нормативами

качества. Ухудшение качества объекта рассматривается как признак появления риска нанесения возможного ущерба.

Контроль источников антропогенного воздействия осуществляется на основе сопоставления характеристик текущего режима их работы с нормативными, реальными уровнями их воздействия на окружающую среду с нормативно-допустимыми. Отклонения в худшую сторону рассматриваются как возникновение риска воздействия. Основными методами такого контроля являются методы статистической проверки гипотез относительно законов распределения отказов производственных технологий. Для этого используются данные об их количестве в различных элементах производственной системы, результаты обработки которых затем сопоставляются с принятыми для данной технологии эталонными показателями. Превышение количества отказов за фиксированный промежуток времени над допустимым числом является основанием для утверждения о существовании риска аварии на объекте.

Экспертиза (экологическая экспертиза) проводится для установления соответствия намечаемой хозяйственной деятельности экологическим стандартам и нормативам в целях предупреждения возможных негативных воздействий на окружающую среду. Она, как правило, предшествует принятию решения о возможном осуществлении этой деятельности в данной экосистеме.

Целями экологической экспертизы являются:

- презумпция потенциального риска, экологической опасности хозяйственной деятельности;
- оценка прямых и косвенных эффектов воздействия на окружающую среду и их последствий.

Особенно важная роль отводится экологической экспертизе на стадии идентификации риска для намечаемых проектов хозяйственной и иной деятельности. Выявленные в ходе ее проведения отклонения от экологических стандартов и нормативов служат основанием для отнесения представленного проекта к разряду рискованных и (или) отклонения проекта в целом.

На стадии идентификации и оценок экологического риска в развитых странах и в Российской Федерации широко используется также *экологический аудит*, который представляет собой объективную, вневедомственную, независимую проверку деятельности объекта на предмет ее соответствия определенным критериям, экологическим нормам, стандартам, правилам и разработку системы корректирующих (улучшающих) мер. В отличие от экологической экспертизы, предметом которой является намечаемая деятельность, экологический аудит рассматривает, проверяет и дает оценку существующей, реальной

деятельности хозяйственного объекта (предприятия, муниципального образования, природно-хозяйственного комплекса и т.п.). Основной задачей экологического аудита является уточнение характеристик риска перед принятием управленческих решений, направленных на его снижение.

Различают следующие *формы* экологического аудита:

1) *аудит соблюдения стандартов* - предполагает сопоставление показателей качества окружающей среды с существующими национальными и международными стандартами, например, международными стандартами ИСО серии 14000 в сфере экологического управления; его целью является определение необходимых корректирующих (улучшающих) мер для приведения фактических характеристик качества окружающей среды в соответствие с действующими стандартами;

2) *аудит ответственности* — проводится с целью определения риска ответственности предприятий — источников загрязнения окружающей среды за приносимый их деятельностью ущерб;

3) *аудит территории* — проводится, во-первых, для оценки экологического состояния территории и выработки рекомендаций по повышению его качества, во-вторых, для создания такого механизма решения экологических проблем и управления экологическим риском, который, являясь неотъемлемой частью деятельности администрации территориального образования, города, способствовал бы совершенствованию управления природоохранной деятельностью и эколого-экономическими рисками, а также улучшению обеспечения населения экологической информацией.

Установление стандартов качества окружающей среды, нормативов безопасности для промышленных объектов - источников экологического риска и контроль их соответствия осуществляются в ходе *экологической сертификации*. По существу, *экологический сертификат* является документом, подтверждающим соответствие качества окружающей среды и (или) риска аварий и катастроф с экологическими последствиями на промышленных объектах принятым в обществе стандартам. Иными словами, этот документ свидетельствует об отсутствии экологического риска в ходе производственной и иной деятельности объекта.

Сертификаты выдаются на определенный срок (обычно пять лет), а сертифицированные объекты ежегодно подвергаются инспекторскому контролю. Это может быть, например, прямая инспекция в виде неожиданных или плановых инспекторских проверок.

Для процессов управления экологическим риском важное значение имеют результаты исследования его восприятия. Выявленные

приоритеты в обеспокоенности общества состоянием окружающей среды должны быть учтены при подготовке необходимых экологических мероприятий. Предотвращение риска или его снижение должны принимать во внимание не только количественные, но и качественные характеристики риска, которые обусловлены различными факторами и механизмами восприятия риска.

С целью предотвращения или уменьшения риска разрабатываются многочисленные и разнообразные документы, сферы действия которых могут ограничиваться каким-нибудь одним предприятием, а могут распространяться и на всю страну. К таким документам относятся законодательные акты и нормативы, направленные на охрану здоровья, улучшение условий труда, снижение загрязнения среды обитания, обеспечение безопасности на дорогах, стандартизацию качества продаваемых товаров и т.д. Всем известная надпись на сигаретных пачках «Минздрав предупреждает: курение опасно для вашего здоровья» представляет собой пример простейшей меры по снижению риска.