

Министерство Российской Федерации
по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям
и ликвидации последствий стихийных бедствий

Академия Государственной противопожарной службы

А. Г. Заворотный, А. Н. Калайдов, А. Н. Неровных

ОРГАНИЗАЦИЯ РАДИАЦИОННОЙ, ХИМИЧЕСКОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ

Учебное пособие

Допущено Министерством Российской Федерации
по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям
и ликвидации последствий стихийных бедствий в качестве
учебного пособия для курсантов, студентов и слушателей
образовательных организаций МЧС России

Москва
2017

УДК 614.8(075.8)

ББК 68.9

3-13

Р е ц е н з е н т ы:

А. В. Лялин, заместитель начальника отдела
формирования нормативной правовой базы
Департамента гражданской обороны и защиты населения МЧС России,
кандидат военных наук, доцент;

В. М. Решетников, доцент кафедры радиационной и химической защиты
ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России»,
кандидат военных наук, старший научный сотрудник

Заворотный А. Г.

3-13 Организация радиационной, химической и биологической защиты :
учеб. пособие / А. Г. Заворотный, А. Н. Калайдов, А. Н. Неров-
ных. – М. : Академия ГПС МЧС России, 2017. – 325 с.

ISBN 978-5-9229-0137-6

В учебном пособии изложены Государственное управление радиационной, химической и биологической безопасностью, организация радиационной, химической и биологической защиты, прогнозирование радиационной обстановки при применении ядерного оружия и авариях на радиационно опасных объектах, прогнозирование химической обстановки при применении химического оружия и авариях на химически опасных объектах, а также организация ликвидации радиоактивного загрязнения, химического и биологического заражения.

Издание предназначено для более глубокого понимания слушателями факультета «Высшая академия управления» Академии ГПС МЧС России теоретических положений организации радиационной, химической и биологической защиты личного состава сил РСЧС и ГО, населения и территорий в чрезвычайных ситуациях мирного и военного времени.

Учебное пособие разработано в соответствии с тематическим планом рабочей программы изучения дисциплины «Организация радиационной, химической и биологической защиты» для подготовки слушателей факультета «Высшая академия управления» Академии ГПС МЧС России.

Учебное пособие может быть использовано в учебном процессе других образовательных организаций высшего образования МЧС России.

УДК 614.8(075.8)

ББК 68.9

ISBN 978-5-9229-0137-6

© Академия Государственной противопожарной
службы МЧС России, 2017

ВВЕДЕНИЕ

Современное развитие промышленного производства, значительное количество радиационно, химически и биологически опасных объектов на территории России, возможность аварий на них с выбросом в атмосферу радиоактивных, аварийно химически и биологически опасных веществ представляют опасность не только для людей, но и территорий. Анализ современных военных доктрин ведущих государств мира показывает, что вероятность применения противником оружия массового поражения (ОМП) остается достаточно высокой, кроме того, применение высокоточного оружия по радиационно, химически и биологически опасным объектам может привести к их разрушению и соответственно радиоактивному загрязнению, химическому и биологическому заражению. Таким образом, все перечисленное может привести к очень опасным последствиям, связанным с радиоактивным загрязнением, химическим и биологическим заражением обширных территорий, а также с массовым поражением людей. При этом исключительно важное значение будет иметь своевременное принятие обоснованных решений руководителями всех степеней, комиссиями по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности на защиту населения и действия спасателей, персонала объектов экономики в условиях радиоактивного загрязнения, химического и биологического заражения, что, в свою очередь, обеспечит своевременное (и в полной мере) выполнение задач и мероприятий радиационной, химической и биологической защиты.

Таким образом, все это свидетельствует об актуальности и важности изучения учебной дисциплины «Организация радиационной, химической и биологической защиты».

Радиационная, химическая и биологическая защита – это комплекс специальных мероприятий, проводимых с целью исключить или максимально снизить потери войск, воинских формирований (сил), населения и обеспечить их жизнедеятельность в условиях радиоактивного загрязнения, химического и биологического заражения [11].

Радиационная, химическая и биологическая (РХБ) защита организуется и осуществляется в целях снижения воздействия на население, силы РСЧС и ГО РХБ поражающих факторов в чрезвычайных ситуациях в мирное и военное время.

Для достижения цели РХБ защиты предусмотрено выполнение двух основных задач:

выявление и оценка радиационной, химической и биологической обстановки (РХБ обстановки) в чрезвычайных ситуациях в мирное и военное время;

защита населения, сил РСЧС и ГО от РХБ поражающих факторов в чрезвычайных ситуациях в мирное и военное время.

Выявление и оценка радиационной, химической и биологической обстановки организуется и проводится в целях обеспечения органов управления МЧС России необходимой информацией о фактах, масштабах и последствиях разрушений (аварий) потенциально опасных объектов для принятия решения соответствующим органом управления на применение сил МЧС России и включает следующие мероприятия:

- радиационная, химическая и биологическая разведка;
- радиационный, химический и биологический контроль;
- сбор, обработка и передача данных о РХБ обстановке.

Защита населения, сил РСЧС и ГО от поражающих факторов аварий на потенциально опасных объектах, в том числе от поражающих факторов оружия массового поражения (ОМП), проводится для снижения потерь людей (в том числе и личного состава) от их воздействия. Она достигается проведением следующих мероприятий:

- оповещение о радиационном, химическом и биологическом заражении;
- использование средств индивидуальной защиты, средств коллективной защиты, защитных свойств местности, техники и других объектов;
- специальная обработка имущества, инженерной техники, транспорта, участков местности, зданий, сооружений, дорог и других объектов;
- локализация (ликвидация) очагов РХБ заражения;
- санитарная обработка личного состава, в том числе в целях гигиенической помывки;
- транспортировка, передача на захоронение (нейтрализацию) радиоактивных и токсических химических веществ и отходов.

В учебном пособии представлены теоретические положения организации радиационной, химической и биологической защиты личного состава сил РСЧС и ГО, населения и территорий в чрезвычайных ситуациях мирного и военного времени.

Учебное пособие предназначено для обучающихся по направлению подготовки 38.04.04 «Государственное и муниципальное управление», профиль «Государственное управление и национальная безопасность», уровень магистратуры.

Глава 1. ГОСУДАРСТВЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПО ВОПРОСАМ РАДИАЦИОННОЙ, ХИМИЧЕСКОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

1.1. Управление радиационной, химической и биологической безопасностью систем различного характера и иерархического уровня

1.1.1. Управление радиационной, химической и биологической безопасностью в рамках определенных социально-экономических систем

Управление радиационной, химической и биологической безопасностью в рамках определенной социально-экономической системы (СЭС), объединяющей устойчивыми внутренними связями население, объекты экономики, инфраструктуры, территории, а также управленческие структуры, следует рассматривать, основываясь на положениях общей теории управления сложными системами.

Определяющим фактором в управлении радиационной, химической и биологической безопасностью СЭС и критерием оценки его результативности является достижение и поддержание безопасности и риска на необходимом, приемлемом в социальном и экономическом отношениях уровне.

В процессе управления данным видом безопасности представляется целесообразным выделять два уровня, две иерархически связанных составляющих, для каждой из которых характерно определенное содержание.

Первый уровень (первая составляющая управления безопасностью СЭС) включает управленческую деятельность аналитического, научно-прогностического и организационного характера. Ее результатом прежде всего является определение стратегий управления безопасностью и риском для СЭС различного уровня при внешних воздействиях, в частности, радиационного, химического и биологического характера, а также организации и механизма их реализации с учетом социальных, экономических и других факторов.

Второй уровень процесса управления касается организационно-технических систем. Базовыми элементами системы управления безопасностью на этом уровне являются функциональный контур и информационная технология, методы и средства подготовки и принятия управленческих решений, а также методический аппарат анализа и оценки риска с учетом социальных, экономических и других аспектов.

Сущность управления радиационной, химической и биологической безопасностью и риском состоит в распознавании, выявлении и разрешении проблемных ситуаций, связанных с обеспечением безопасности и риска, особенно в условиях аварий и катастроф на рассматриваемых нами объектах. По своей внутренней основе это единый функционально

и организационно структурированный процесс, в котором органически связывается системная целенаправленная деятельность государственных, ведомственных и функциональных органов управления и структур, включая научно-исследовательские, научно-технические организации, а также органы управления силами и средствами наблюдения, контроля и ликвидации чрезвычайных ситуаций техногенного характера.

В процессе управления радиационной, химической и биологической безопасностью, в соответствии с его сущностью и функциональным смыслом, могут быть выделены три последовательные стадии:

- анализ безопасности и риска, предусматривающий идентификацию и исследование источников опасности, моделирование процессов техногенного воздействия, оценку возможного ущерба и уровней риска;

- оценка риска, состоящая в сравнении расчетных или фактических уровней риска с научно обоснованными, социально осознанными, называемыми приемлемыми уровнями риска;

- выработка и принятие нормативных правовых актов и управленческих решений по мерам, обеспечивающим снижение техногенной опасности, установление, поддержание и восстановление приемлемого уровня безопасности и риска для человека и объектов окружающей среды.

Управление техногенной безопасностью и риском связано с приведением в действие определенных социальных и экономических механизмов, поэтому оно строится на основе теории и практики управления социально-экономическими системами.

С учетом проведенного нами анализа работ отечественных и зарубежных авторов представляется возможным по этому вопросу высказать следующие соображения.

При формировании модели процесса управления безопасностью и риском при техногенных воздействиях следует исходить из основных направлений усилий по обеспечению защиты и безопасности человека и объектов окружающей среды, предпринимаемых на различных уровнях. При этом необходимо соблюдать принцип преемственности этих усилий при переходе с одного уровня на другой, а также собственные интересы каждого из уровней системы управления.

Система управления безопасностью и риском, включая ее федеральный, межрегиональный, региональный, муниципальный и объектовый уровни, нами рассматривается как сложная иерархическая структура. Управление этой системой следует осуществлять на основе синтеза принципов теории управления, теории неантагонистических игр, информационной теории иерархических систем. В иерархических системах обычно рассматриваются задачи централизованного и децентрализованного управления, когда учитываются интересы управленческих структур нижних уровней. При этом принимается во внимание, что самостоятельные действия управленческих подсистем, преследующих свои цели, в определенной степени могут снизить эффективность решения задач центром.

Как уже отмечалось, управление безопасностью и риском на федеральном и межрегиональном уровнях должно быть направлено главным образом на решение перспективных, долгосрочных задач, формирование целевых установок и стратегий управления риском, а также на создание необходимой законодательной и нормативной правовой базы в интересах обеспечения высокого уровня жизни человека.

Здесь под стратегиями управления риском понимаются главные направления усилий по достижению приемлемого уровня безопасности во всех ее аспектах.

Обычно рассматриваются три стратегии управления в чрезвычайных ситуациях, названия и смысл которых применительно к рассматриваемому виду управления могут быть выражены следующим образом:

- стратегия предотвращения причин возникновения техногенных аварий и катастроф и обеспечения нормального, регламентного функционирования опасных в техногенном отношении объектов;

- стратегия локализации аварий (катастроф) и предотвращения формирования опасной техногенной обстановки, когда причину возникновения той или иной аварии (катастрофы) по технологическим, экономическим, социальным или иным соображениям устранить невозможно и начинается цепная реакция событий, ведущих к аварии или катастрофе;

- стратегия максимально возможного недопущения или ослабления воздействий техногенных факторов на людей и окружающую среду и ликвидации последствий аварии, катастрофы в кратчайшие сроки.

Первая стратегия носит превентивный характер. Управление безопасностью и риском, которое следует этой стратегии, может быть названо превентивным. Оно осуществляется в плановом порядке и включает целый ряд мероприятий. Кроме рассмотренных ранее идентификации опасных в техногенном отношении объектов, а также анализа и оценки уровней риска, *превентивное управление безопасностью и риском включает:*

- выработку и установление законодательных и нормативных правовых актов, регулирующих управление техногенным риском, разработку и адаптацию к региональным и местным условиям методических, нормативно-технических и других документов по диагностике техногенной опасности, принципам и организации мониторинга, процедурам контроля уровня риска, критериям для принятия управленческих решений по защите от техногенных воздействий и обеспечению безопасности населения, персонала потенциально опасных объектов, а также популяций и сообществ животных, экосистем и т. п.;

- выработку стратегии и принципов размещения в регионах и на их территориях опасных в техногенном отношении объектов, а также создание нормативных документов по выбору оптимальных вариантов этого размещения;

– лицензирование проектов строящихся опасных в техногенном отношении объектов, а также паспортизацию функционирующих объектов и территорий;

– создание и развитие пространственно-распределенных баз данных и баз знаний, необходимых для анализа и оценки всех видов техногенного риска (ухудшение здоровья и гибель людей, нарушение экологических равновесий, ухудшение качества окружающей среды, нанесение социально-экономического ущерба и др.);

– выработку и принятие управленческих решений по переходу на другой уровень риска, обоснованный и установленный, исходя из изменившихся социально-экономических и других условий, а также новых научных данных и взглядов, на основе которых проводится анализ и оценка риска;

– подготовку сил и средств, предназначенных для контроля, нормализации обстановки, защиты и обеспечения безопасности при техногенных воздействиях;

– информирование населения, общественных и других заинтересованных организаций о характере и степени техногенной опасности, уровнях риска и предполагаемых мерах по их снижению;

– выработку предложений в программу социально-экономического развития государства (региона, территории), а также в план распределения бюджетных ассигнований, выделения необходимых средств на финансирование работ по проблеме управления техногенным риском.

Две другие стратегии управления безопасностью и риском реализуются в порядке оперативного реагирования на возникновение и развитие аварий и катастроф. В этом смысле они могут называться стратегиями оперативного управления безопасностью и риском.

Оперативное управление безопасностью и риском независимо от того, на реализацию какой стратегии (второй или третьей) оно направлено, включает:

– выявление, оценку и прогнозирование развития аварийной обстановки, формирование факторов техногенного воздействия на человека и окружающую среду;

– организацию и осуществление аварийного технологического контроля, в том числе слежения и контроля за выбросами радиоактивных, вредных химических и биологических веществ, а также локализацию аварийных процессов и выбросов указанных веществ;

– выработку и принятие управленческих решений по локализации аварий (катастроф), предотвращению формирования опасных факторов техногенного воздействия, а в случае развития аварии (катастрофы) – недопущению или максимально возможному ослаблению воздействия этих факторов на человека и окружающую среду, а также ликвидации последствий и возмещению нанесенного ущерба;

– доведение задач до специальных служб, сил и средств, а также подразделений аварийных объектов и других структур, привлекаемых для реализации принятых решений, информирование населения и общественности об аварийной обстановке и принимаемых мерах по обеспечению безопасности;

– руководство и координацию действий государственных и ведомственных структур всех уровней, в том числе объектовых, по локализации и предотвращению развития аварий и катастроф, максимальному снижению наносимого ущерба и ликвидации последствий в соответствии с принятыми управленческими решениями и планами взаимодействия.

Каждая из трех рассмотренных выше стратегий не исключает других, а, наоборот, предполагает разработку всех стратегий и их совместное существование. В зависимости от обстановки вводится в действие и реализуется та или иная стратегия. Как уже отмечалось, в безаварийных условиях управление техногенным риском осуществляется в соответствии с первой стратегией, при авариях реализуются вторая и третья стратегии. При контролируемом ходе событий вначале вводится в действие вторая стратегия, затем, при необходимости, третья.

Совокупность действий по формированию стратегий, управлению их реализацией, предусматривающему обоснованный переход к альтернативным стратегиям, с учетом взглядов, сформулированных в работе Н. И. Бурдакова и др., может быть названа стратегическим управлением безопасностью и риском. В сферу стратегического управления входят главным образом верхние эшелоны властных управленческих и других структур, через которые предусматривается выбор и реализация организационно-технических, экономических и нормативных правовых механизмов регулирования уровня безопасности и риска. В иерархической структуре системы управления безопасностью и риском стратегическое управление присуще федеральному и межрегиональному уровням этой системы.

На федеральном уровне управление техногенной безопасностью и риском должно быть сосредоточено, как отмечалось выше, на решении перспективных, долгосрочных задач, формировании целевых установок и стратегий управления, создании необходимой законодательной и нормативной правовой базы.

На межрегиональном уровне, охватывающем территории нескольких субъектов Российской Федерации, кроме решения указанных задач, целесообразно предусматривать: адаптацию принятых в государстве стратегий управления безопасностью и риском к условиям региона, формирование пространственно-распределенных баз данных и баз знаний в рассматриваемой предметной области; решение практических задач по реализации действующей стратегии, анализу и оценке на межрегиональном уровне показателей безопасности и риска; организацию, руководство и координацию действий по защите населения и персонала потенциально опасных

в техногенном отношении объектов, а также ликвидацию последствий аварий и катастроф, снижение уровней риска до приемлемых.

Таким образом, стратегическое управление безопасностью и риском на межрегиональном уровне сводится главным образом к адаптации и реализации выработанных стратегий управления.

На региональном, муниципальном и объектовом уровнях (в субъектах Российской Федерации, городах, районах, на объектах) управление безопасностью и риском сосредоточивается на решении практических задач, связанных с организацией комплексного мониторинга и осуществлением всех видов контроля за источниками техногенных воздействий, выявлением, оценкой и прогнозированием развития обстановки в условиях нормального, регламентного функционирования потенциально опасных объектов и в аварийных случаях – разработкой и принятием управленческих решений по нормализации обстановки и защите населения и персонала объектов, обеспечению безопасности людей и окружающей среды, снижению уровней риска, ликвидации последствий аварий (катастроф).

На рассматриваемых уровнях предусматривается также: проведение научно-исследовательских, проектно-изыскательских и других работ по выработке и обоснованию оптимальных вариантов размещения производственной базы, направлений социально-экономического развития, исходя из критериев обеспечения безопасности и приемлемых уровней риска при техногенных воздействиях; лицензирование и паспортизация объектов и территорий, потенциально опасных в техногенном отношении; создание и развитие распределенных баз данных и баз знаний, удовлетворяющих задачам информационно-интеллектуальной поддержки процесса подготовки и принятия управленческих решений. Кроме того, решаются важные задачи по подготовке органов управления, а также штатных и нештатных подразделений и формирований различных ведомств и объектов, привлекаемых для решения задач по обеспечению защиты и безопасности персонала объектов, населения и окружающей среды к действиям по реализации принимаемых управленческих решений.

Управление радиационной, химической и биологической безопасностью является необходимым условием нормального функционирования социально-экономической системы любого уровня: федерального, межрегионального, регионального, муниципального и объектового. Чем эффективнее это управление, тем выше возможности системы по реализации намерений и планов социально-экономического развития.

Как и во многих других случаях, при управлении безопасностью и защитой могут предусматриваться принятие индивидуальных и групповых решений. При этом организационной структурой системы управления учитывается четкое распределение задач и полномочий на принятие решений между лицами или группами лиц, представляющими те или иные структуры рассматриваемой социально-экономической системы.

В рамках структуры системы управления безопасностью целесообразна реализация совместного использования двух принципов: единоначалия, основывающегося на единстве полномочий и ответственности, и распределенных обязанностей и ответственности, что обеспечивает проведение согласований и консультаций, а также создает условия для устранения неизбежных разногласий и даже конфликтов.

Следует остановиться на структуре и содержании процесса управления безопасностью.

С точки зрения кибернетики это циклический информационный процесс, осуществляемый в замкнутом контуре для достижения определенной цели: сохранения или регулирования и повышения уровня безопасности населения, территорий, объектов экономики и инфраструктуры при техногенных и иных воздействиях.

В процессе управления участвуют орган управления (субъект управления), объект управления и соединяющие их каналы передачи информации. Простейший контур управления безопасностью, в котором циркулируют командная информация и информация состояния, представлен в виде схемы (рис. 1.1).

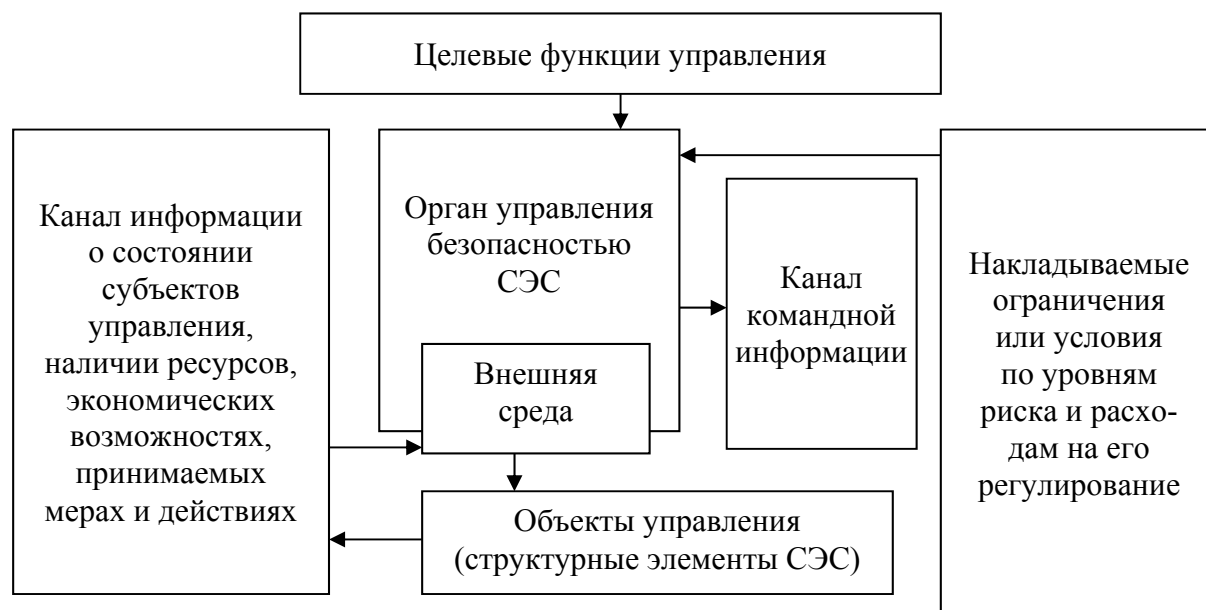


Рис. 1.1. Контур управления радиационной, химической и биологической безопасностью социально-экономической системы

В качестве объектов управления в рассматриваемой системе в общем случае могут рассматриваться: население, территории, потенциально опасные объекты техносферы, опасные природные явления, применение оружия в процессе вооруженной борьбы, а также ресурсы (людские, материальные, финансовые и др.), привлекаемые и используемые для решения задач по обеспечению безопасности.

Объектом управления может быть и определенная совокупность перечисленных выше объектов. Все определяется иерархическим уровнем системы, характером цели управления и т. п.

В качестве органа управления может выступать орган исполнительной власти того или иного уровня, а также его структуры, на которые возложено решение задач по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций различного характера и обеспечение безопасности. В системе не может рассматриваться два или несколько органов управления на одном уровне. При необходимости из системы могут быть выделены те или иные подсистемы того же или более низкого уровня с соответствующими органами управления.

В любом случае орган управления должен быть способен выполнить целевую функцию по преобразованию информации о состоянии объектов управления в командную информацию в соответствии с поставленной целью.

Информация о состоянии объектов управления в данном случае должна отражать все элементы триады безопасности: жизненно важные интересы личности, общества, государства; угрозы и опасности; меры и действия по обеспечению безопасности – и в конечном счете количественно характеризовать уровень опасности (безопасности) объектов и ресурсные возможности по сохранению этого уровня или повышению безопасности.

Заметим, что информация, отражающая жизненно важные интересы личности, общества, государства, на длительный период остается неизменной и может быть отнесена к категории постоянной информации.

Что касается объектов, которые выше были названы ресурсами, то информация о состоянии этих объектов отражает объем и качество различных видов ресурсов, используемых непосредственно на иерархическом уровне рассматриваемой системы.

Командная информация вырабатывается на основе анализа и оценки информации о состоянии объектов управления и внешней среды и является функцией этой информации.

Ядром информации о состоянии объектов управления следует считать основные параметры состояния рассматриваемой СЭС в части, касающейся безопасности: жизненно важные интересы личности, общества, государства; существующие на данный момент угрозы и опасности радиационного, химического и биологического характера; принятые меры и действия по обеспечению безопасности. В совокупности эта информация должна давать представление об уровне опасности (безопасности) с учетом проводимых мер и действий по ее обеспечению.

Количественной мерой этого уровня опасности может служить уровень риска или математическое ожидание ущерба. Уровень риска в данном случае является обобщенным показателем степени опасности. В принципе он может быть определен как для отдельных структурных элементов объекта управления, так и для объекта в целом.

При этом проявление опасности может выражаться самым различным образом. Для населения опасность выражается в возможности нанесения смертельных поражений и гибели людей, для объектов экономики – в возможности возникновения аварий и катастроф, для территорий – в существенном негативном изменении объектов окружающей среды, ухудшении условий и снижении возможностей по жизнеобеспечению населения и т. п.

Во всех этих случаях может быть определена количественная мера опасности в виде вероятности возникновения указанных опасностей или математического ожидания наносимого ущерба.

Информация о состоянии внешней среды включает: трансграничные или трансрегиональные техногенные воздействия, в том числе радиационного, химического и биологического характера; непредвиденные, неожиданно возникающие опасные природные явления; воздействия климатического характера; влияние на окружающую среду разрушенного озонового слоя и т. п.

Частично информация, касающаяся внешних угроз и опасностей, а также мер и действий по обеспечению безопасности от них, учитывается в информации о состоянии объектов управления. Параметр отражает лишь ту информацию, которая не поддается этому учету и используется в виде отдельного информационного пакета при подготовке и принятии решений. В качестве количественной меры информации о внешней среде должны использоваться также вероятные величины: вероятность возникновения опасностей и математическое ожидание ущерба.

В любом управленческом процессе, как известно, исключительно важное значение имеет время, затрачиваемое на обработку исходной информации, оценку обстановки и выработку решения. Оно зависит от характера принимаемого решения.

В данном случае управленческое решение должно приниматься в два этапа: 1-й этап — принятие концептуального решения, определяющего, исходя из ситуации, цель управления и уровни безопасности (уровни риска), а также стратегию управления риском для основных объектов управления; 2-й этап — принятие организационного решения по мерам и действиям, направленным на реализацию концептуального решения.

Концептуальное решение принимается на основе социально-экономического и научно-технического анализа, состояния и основных направлений регулирования и повышения уровня безопасности, оценки ресурсных возможностей и законодательных аспектов. Для его подготовки привлекаются не только соответствующие органы управления, но и эксперты по основным направлениям проводимого комплексного системного анализа.

Управленческое решение, принимаемое на втором этапе, помимо оценки и выводов из обстановки, должно определять задачи, состав привлекаемых сил и средств, механизм осуществления мер и действий по сохранению в новых условиях на установленном уровне безопасности

населения, территорий и объектов экономики или повышению уровня безопасности тех или иных объектов управления, а также организацию управления, взаимодействия, подготовки к решению задач и контроля исполнения.

Принятие концептуального решения не потребует много времени и больших усилий при наличии предварительно выполненных проработок, прогнозных оценок и соответствующей научно-методической нормативной правовой и законодательной базы. В связи с этим представляется целесообразным определенное внимание уделить научно-методическим основам анализа и оценки рисков в системе управления безопасностью.

Организационное решение основывается на выработанной в концептуальном решении цели управления, установленных для объектов управления уровнях риска, а также выбранной стратегии управления риском. Она сопряжена с большой рутинной работой органов управления и требует достаточно больших временных затрат. Однако содержание и механизм выработки такого рода решений хорошо известны из теории и практики управления спасательными воинскими формированиями МЧС России, аварийно-спасательными службами, спасательными формированиями и объектами народного хозяйства. В данной теме они рассматриваться не будут.

Для исследования процессов управления безопасностью важное значение имеет характер функциональной зависимости командной информации от информации о состоянии объектов управления и внешней среды. Эта функциональная зависимость в общем виде может быть выражена следующей формулой

$$u_k(t + \tau) = \Phi \left[\sum_{i=1}^n u_{ci}(t) + u_{в.с}(t) \right], \quad (1.1)$$

где u_k – командная информация (управленческое решение);

t – момент времени, к которому относится информация о состоянии объектов управления и внешней среды;

τ – время отработки информации, поступающей в орган управления, оценки обстановки и выработки управленческого решения;

Φ – функция, описывающая процесс обработки, оценки информации и выработки управленческого решения;

n – количество объектов управления;

$u_{в.с}$ – информация о состоянии внешней среды;

u_{ci} – информация о состоянии объектов управления.

На этапе принятия концептуального решения физический смысл и количественная мера командной информации и информации о состоянии объектов управления и окружающей среды определяются как уровень риска.

Конкретный вид функции Φ может быть выяснен только на основе большого, достаточно представительного числа расчетов по принятой схеме обработки информации, оценки обстановки (анализа и оценки рисков)

и принятия решения, построения по расчетным данным графических зависимостей и их аппроксимации аналитическими выражениями. В процессе этих расчетов учитываются различные варианты расхода ресурсов на иерархическом уровне исследуемой системы.

Необходимо отметить, что функциональные зависимости вида (1.1) справедливы при самых различных вариантах группирования информационных потоков. Например, командная информация, получаемая на основе полной информации о состоянии всех объектов, может вырабатываться и распространяться по группам объектов. В этом случае математическое описание процесса управления должно включать систему уравнений:

$$\begin{cases} u_{k1}(t + \tau_1) = \Phi_1 \left[\sum_{i=1}^n u_{ci}(t) + u_{в.с}(t) \right]; \\ u_{k2}(t + \tau_2) = \Phi_2 \left[\sum_{i=1}^n u_{ci}(t) + u_{в.с}(t) \right]; \\ u_{km}(t + \tau_m) = \Phi_m \left[\sum_{i=1}^n u_{ci}(t) + u_{в.с}(t) \right]. \end{cases} \quad (1.2)$$

Объединение объектов по группам, для которых проводятся расчеты, может быть самым различным, в зависимости от характера объектов, наличия ресурсов и т. п.

Функциональные зависимости вида (1.1) и (1.2) отражают лишь взаимосвязь информационных потоков в циклическом процессе управления безопасностью. При практическом решении управленческих задач, как правило, нужно определять необходимый расход ресурсов для сохранения на определенном уровне или повышения уровня безопасности тех или иных объектов, а также проводить оптимизацию материальных и других затрат с учетом социально-экономических факторов. При известных функциональных зависимостях Φ_1 , Φ_2 , Φ_m , накладываемых ограничениях и условиях это не составит большого труда.

Следует лишь заметить, что объем ресурсов любых видов и их расход должны быть выражены через вероятностные характеристики уровней риска. Это не простая задача, поскольку далеко не всегда представляется возможным с достаточной точностью определить соответствие между расходом ресурсов и величиной, на которую при этом снижается уровень риска и повышается степень безопасности объекта управления.

Что касается этапа принятия организационного решения, то здесь общий вид функциональной зависимости информационных потоков остается тем же. Однако физический смысл и количественная мера информации будут другими.

1.1.2. Управление радиационной, химической и биологической безопасностью на уровне организационно-технических систем (радиационно, химически и биологически опасных объектов)

Сущность управления безопасностью и риском на радиационно, химически и биологически опасных объектах состоит в распознавании, выявлении и разрешении проблемных ситуаций, связанных с обеспечением безопасности и риска в условиях аварий и катастроф на этих объектах. По своей внутренней основе – это единый функционально и организационно структурированный процесс, в котором органически связывается системная целенаправленная деятельность государственных, ведомственных и функциональных органов управления и структур, включая научно-исследовательские, научно-технические организации, а также органы управления силами и средствами наблюдения, контроля и ликвидации чрезвычайных ситуаций техногенного характера.

В процессе управления безопасностью и риском техногенных воздействий, в соответствии с его сущностью и функциональным смыслом, могут быть выделены, как уже указывалось выше, три последовательные стадии:

- анализ безопасности и риска, предусматривающий идентификацию и исследование источников опасности, моделирование процессов техногенного воздействия, оценку возможного ущерба и уровней риска;
- оценка риска, состоящая в сравнении расчетных или фактических уровней риска с научно обоснованными, социально-осознанными, называемыми приемлемыми уровнями риска;
- выработка и принятие нормативных правовых актов и управленческих решений по мерам, обеспечивающим снижение техногенной опасности, установление, поддержание и восстановление приемлемого уровня безопасности и риска человека и объектов окружающей среды.

Первые две стадии управления безопасностью и риском обычно объединяются под названием *оценка риска*.

Процедура анализа и оценки риска аварий включает несколько этапов, начиная от выявления и идентификации возможных опасностей и заканчивая расчетами уровней риска и сопоставления их с критериями.

1-й этап (шаг). Создание необходимой для проведения расчетов и обоснований по оценке рисков базы данных.

Этот этап включает описание:

- изучаемой организационно-технической системы, включая устойчивость к техногенным нагрузкам, качество окружающей среды, ландшафт, земельные и водные ресурсы и почвы, лесной фонд, животный и растительный мир, воздушный бассейн и климат;

– опасных в техногенном и экологическом отношениях производственных объектов, входящих в структуру исследуемой системы, а также других объектов, находящихся за пределами ее территории, которые могут оказать на нее вредное воздействие;

– физико-географических, социально-экономических, демографических и других особенностей района, где расположена организационно-техническая система;

– возможных районов возникновения опасных природных явлений и стихийных бедствий (лесных пожаров, наводнений и т. п.);

– метеорологических и других условий, определяющих характер распространения вредных веществ в окружающей среде.

2-й этап (шаг). Идентификация и выделение приоритетных для проведения дальнейшего анализа и оценок источников техногенной и экологической опасности, определение перечня типовых аварийных ситуаций, принимаемых во внимание при оценке риска.

3-й этап (шаг). Количественное определение уровней техногенного и экологического риска, графическое представление полученных результатов и их сравнительная оценка с приемлемыми значениями уровней риска.

Указанные расчеты и оценки проводятся для условий нормальной эксплуатации и постоянных нормированных выбросов и сливов, а также применительно к типовым аварийным ситуациям.

4-й этап (шаг). Многофакторный системный анализ источников и видов опасностей техногенного и экологического характера, их ранжирование по критерию риска и разработка карты риска для территории, где расположена организационно-техническая система.

База данных, необходимая для проведения расчетов и обоснований по оценке рисков, должна включать достаточно большое количество сведений об исследуемой организационно-технической системе. Структура базы данных и ее содержание, а также возможность эффективного использования информации в значительной мере зависят от правильности выбора объектов анализа и оценки риска.

При выборе объекта анализа и оценки риска необходимо учитывать наличие социально-экономических связей между его структурными элементами, характер геофизических полей, особенности ландшафта, а также возможность учета интегрированного воздействия всех источников риска и другие факторы.

Важная роль при оценке риска принадлежит исходной информации. В состав основной информации, необходимой для использования при идентификации источников опасностей техногенного и экологического характера и оценке риска, целесообразно включить:

- а) по общей характеристике качества окружающей среды:
- состояние воздушного бассейна и его загрязненность вредными химическими веществами и пылью с указанием средних и пиковых концентраций основных загрязнителей;
 - характеристику ландшафта и его устойчивости к техногенным нагрузкам;
 - состояние и загрязненность поверхностных и грунтовых вод, содержание во всех видах стоков вредных веществ;
 - состояние земельного фонда, в том числе сельскохозяйственных и лесных угодий, прилегающих к организационно-технической системе, и их загрязненность вредными веществами;
 - степень загрязненности территории тяжелыми металлами, наличие в почвенных структурах других загрязнителей;
 - основные данные, характеризующие в целом животный мир, растительность, флору и фауну, критические популяции, сообщества, биоценозы, а также экосистемы, территории, где расположена организационно-техническая система, их состояние и устойчивость к техногенным нагрузкам;
 - фоновые для рассматриваемой территории уровни загрязнений вредными веществами атмосферы, поверхности и подземных вод, почв и растительного покрова, содержание вредных веществ в сельскохозяйственной продукции;
- б) по демографической, социально-экономической характеристике и географическим особенностям рассматриваемой территории, где расположена организационно-техническая система:
- демографию и плотность населения;
 - основные данные по структуре объектов, являющихся источниками техногенной опасности;
 - основные данные по направлениям и структуре сельскохозяйственного производства и его защищенности от техногенных воздействий;
 - основные транспортные магистрали, речную систему и водные пути;
 - медико-биологическую характеристику района, его лечебно-профилактических учреждений, зон отдыха, спортивных комплексов;
 - ретроспективные и прогностические данные об опасных природных явлениях и стихийных бедствиях, информацию о геопатогенных зонах;
- в) по геофизическим процессам и полям:
- особенности геофизических процессов, влияющих на формирование техногенных факторов;
 - характер геофизических полей;
 - климатические и метеорологические характеристики.

Приведенный перечень информации необходимо рассматривать лишь как ориентировочный, базовый. Он может быть значительно дополнен и расширен за счет данных об источниках техногенного воздействия, типовых аварийных ситуациях, системах обеспечения безопасности, включая системы комплексного мониторинга и всех видов контроля, а также информации нормативно-справочного характера.

Необходимо отметить, что вопросы мониторинга опасностей техногенного и экологического характера в настоящее время приобрели важное значение. Они достаточно широко освещены в работах отечественных и зарубежных авторов.

Как уже отмечалось ранее, при установленной системе источников выбросов, сбросов и утечек вредных химических веществ дальнейшая процедура оценки риска включает:

- расчеты полей концентраций и дозовых нагрузок, падающих на людей и другие объекты живой природы, с учетом всего многообразия миграционных процессов;

- расчеты наносимого при упомянутых дозовых нагрузках ущерба здоровью человека, другим популяциям живой природы, отдельным биоценозам, экосистемам и элементам окружающей среды, чувствительным к техногенному воздействию;

- количественное определение уровней риска, сопоставление их с приемлемыми значениями, оценку состояния безопасности и риска.

Структура полной процедуры по оценке риска, являющейся важным элементом управления риском, приведена на рис. 1.2.

При оценке риска для нормальных условий эксплуатации объектов важное значение имеет определение количественных характеристик выбросов и сбросов.

Описание источников выбросов, сбросов и различного рода утечек и определение количественных характеристик этих процессов прежде всего основывается на использовании данных системы мониторинга.

При отсутствии системы мониторинга или в случае, когда она не обеспечивает выдачу достоверных характеристик выбросов и сбросов из-за временных и технологических флуктуаций, используется расчетный метод получения данных. Расчетный метод предполагает применение теоретических и эмпирических уравнений, выражающих связь интенсивности выбросов и сбросов с теми или иными технологическими и другими параметрами, а также коэффициентов для оценки эмиссий, выведенных на основе этих уравнений.

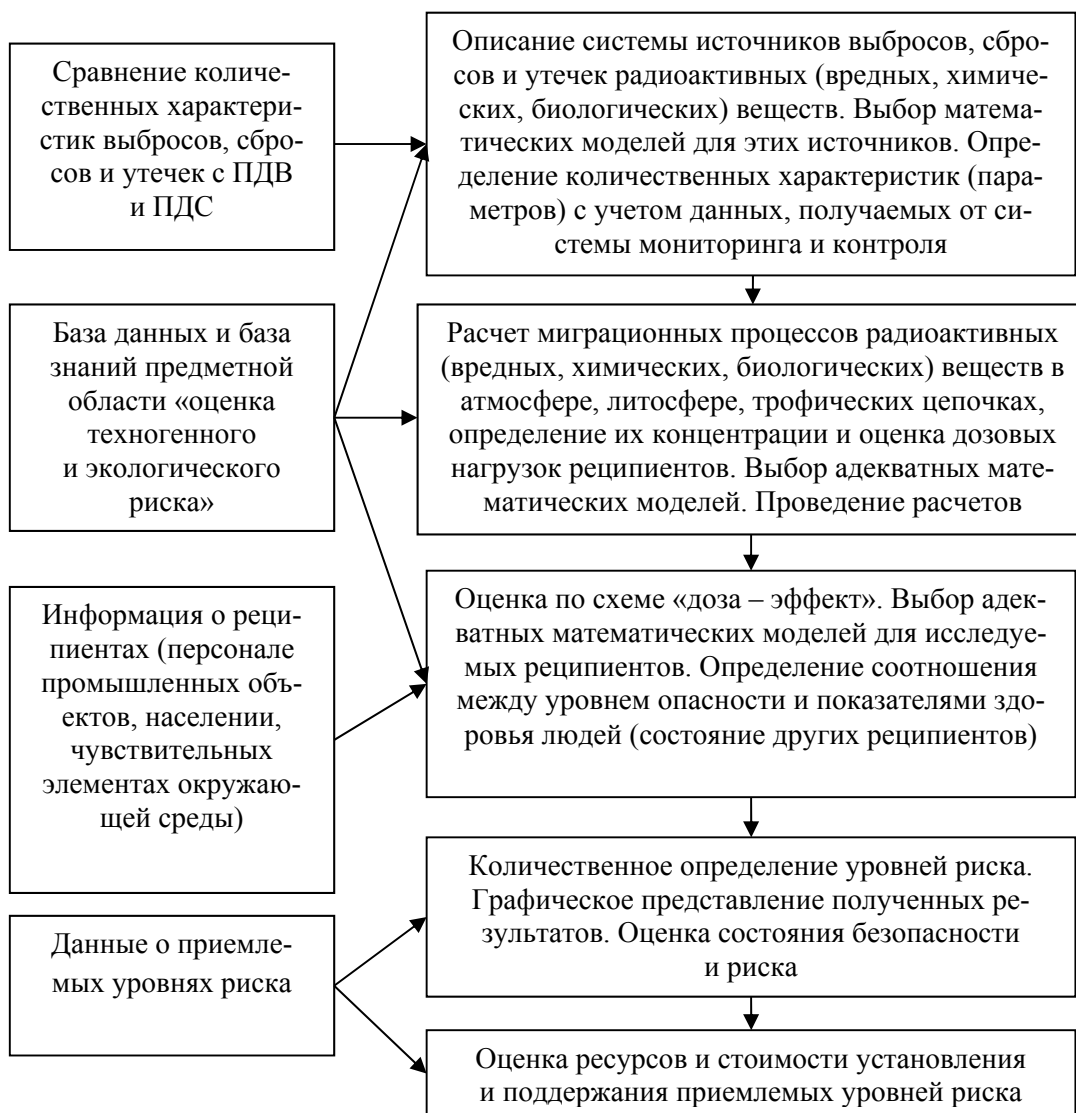


Рис. 1.2. Структура процедуры оценки риска при нормальном функционировании техногенно опасных объектов

Точность результатов в данном случае существенно зависит от адекватности принимаемых предпосылок.

Не исключается и применение третьего метода получения количественных характеристик выбросов, сбросов и утечек, основанного на экстраполяции данных по другим, аналогичным рассматриваемому, объектам. Однако эти данные всегда могут подвергаться сомнению и оспариваться из-за невозможности оценить точность экстраполяции.

При расчете переноса и миграции вредных химических веществ, происходящих в окружающей среде, следует исходить прежде всего из задач по оценке риска их воздействия на здоровье людей. Для определения подверженности человека этому воздействию необходимо установить:

– среды, пути и механизмы переноса вредных веществ в биосфере, включая их транспортирование по трофическим цепочкам;

– характер возможных зон контактов человека с загрязненной окружающей средой;

– способ поступления вредных веществ в организм.

Пути и механизмы переноса вредных веществ зависят от среды, в которую они первоначально попадают при выбросе, сбросе или утечке, физических и химических свойств загрязнителей, наличия условий для миграции из одной среды в другую.

При анализе и оценке этих факторов и разработке расчетных процедур необходимо учитывать следующее.

Среда, в которую попадают первоначально вредные вещества (воздух, вода, почва), определяется исходя из анализа технологии производства. Специфические виды переноса вещества из водной среды и почвы в воздух, из почвы – в поверхностные и подземные воды определяются наличием и характером зон контакта между этими средами.

При эмиссии в воздух тяжелые частицы в процессе их турбулентного переноса в пограничном слое атмосферы быстро оседают на подстилающей поверхности. Более легкие переносятся на большие расстояния и оседают медленно. Скорость выведения газов из облака загрязненного воздуха зависит от их химических свойств и процессов взаимодействия с соударяющимися молекулами и частицами.

Вещества, сброшенные в гидросферу, редко переходят в воздух. Исключение составляют органические растворители. В основном же такие загрязнители изменяют среду пребывания за счет осаждения в донных отложениях, потребления и (или) разложения в водных трофических цепочках.

Вещества, сбрасываемые в почву, проникают в поверхностные и подземные воды за счет выщелачивания или дождевых стоков, попадают в воздух в результате испарения, химической или биологической трансформации (при пожарах, биологическом разложении веществ и т. п.).

Весьма важным процедурным шагом в определении уровней риска является оценка по схеме «доза – эффект». Возможные методы расчетов должны строиться на идентификации вредности, за которой следует установление зависимости «доза – эффект» и опасности, которые вместе составляют характеристику риска. Суммарная оценка указанной зависимости дает количественную величину соотношения между уровнем опасности и показателями здоровья.

Существует достаточно много конечных состояний здоровья, для которых целесообразно определение функции «доза – эффект», необходимой при оценке риска. Обычно используемые конечные состояния описываются болезнями, такими как сердечно-сосудистые заболевания или нарушение репродуктивных функций. Эти состояния в настоящее время имеют высокую социальную значимость. В качестве конечной точки в функции «доза – эффект» часто используется также летальный исход.

Как известно, токсические свойства многих веществ проявляются при определенной величине дозы. В зависимости от механизма воздействия вещества на организм может существовать некий дозовый порог, ниже которого это вещество не опасно. Если такого порога нет, то при уменьшении дозы эффект воздействия снижается до такой степени, что может достичь значений, неразличимых на фоновом воздействии.

Одни и те же вредные вещества при одних условиях могут оказывать беспороговое воздействие, при других – пороговое. Это, например, относится к радиоактивным веществам. Радиационный ущерб у человека проявляется в виде соматических эффектов у самого облученного и наследственных эффектов, сказывающихся на его потомках. Соматические эффекты, в свою очередь, могут быть стохастическими и нестохастическими. Наследственные эффекты всегда имеют стохастический характер.

Стохастические эффекты, возникающие при облучении, являются беспороговыми, нестохастические – имеют порог. Основным отдаленным соматическим стохастическим эффектом является повышенная частота появления у облученных людей онкологических заболеваний. Причем указанные заболевания могут возникать в течение нескольких десятилетий после облучения.

Необходимо заметить, что в случае оценки воздействия на организм вредных химических веществ возможность возникновения раковых заболеваний определяется по весьма простой процедуре. Устанавливается, является ли рассматриваемое вещество канцерогенным. Если да, то для него определяется количественная зависимость «доза – эффект». Так как тестирование вещества на канцерогенность производится для достаточно больших доз, то обычно в функцию «доза – эффект» включают «нулевой эффект» при низких дозах.

Суждение о целесообразности применения в процедуре оценки риска пороговой или беспороговой концепции и о форме связи «доза – эффект» должно основываться на изучении природы и механизма протекающих в организме процессов. При этом следует иметь в виду, что пороговые функции применяются в случае нестохастических эффектов, проявляющихся при высоких уровнях воздействия.

Для получения функции «доза – эффект» проводятся исследования состояния населения промышленных районов, токсикологические эксперименты на животных, лабораторные опыты на клетках, тканях или низших формах жизни, таких как бактерии. При этом применяются методы моделирования, статистической обработки данных и др. Эффект выражается как в абсолютных единицах, например, в увеличении числа случаев ухудшения здоровья (смертельных исходов) на 1000 человек на единицу воздействия, так и в относительных (в приведенном примере – увеличение числа случаев в процентах).

Форма кривой «доза – эффект» может быть различной. В идеальных случаях – это линейная, квадратичная, экспоненциальная зависимости (пороговые или беспороговые).

Наряду с функцией «доза – эффект» при оценке риска может использоваться и зависимость «воздействие – эффект». Под воздействием здесь понимается, по существу, уровень техногенного воздействия, выражаемый через концентрацию (количество) вредного вещества в той или иной среде, например, в воздухе или воде. Пользоваться таким понятием, как концентрация, при оценке риска удобнее, так как величина может быть измерена или достаточно просто рассчитана. Однако здесь есть определенные ограничения. Дело в том, что доза, являющаяся основным параметром, от которого в конечном счете зависит ущерб здоровью человека, связана с концентрацией далеко не однозначно. При определенном уровне воздействия, характеризуемого, например, концентрацией вредного вещества в воздухе, доза зависит от скорости дыхания, характера метаболических и фармакокинетических процессов, в которых участвует вредное вещество, и других факторов. Доза может быть обусловлена не непосредственно теми веществами, которые содержатся в потребляемом воздухе или воде, а их метаболитами. Например, при воздействии бензопирена канцерогенные последствия вызывает не он сам, а его метаболит.

К сожалению, в настоящее время еще не выработаны исчерпывающие рекомендации по использованию зависимости «воздействие (уровень концентрации) – эффект» для оценки риска. Конкретные рекомендации, основывающиеся на данных Всемирной организации по охране здоровья (ВОЗ), имеются лишь для ограниченного количества вредных веществ, обладающих канцерогенным действием (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Рекомендации по оценке уровней риска раковых заболеваний при пожизненном воздействии некоторых канцерогенов, содержащихся в воздухе

Вещества, обладающие канцерогенным действием	Единица риска (уровень риска при концентрации 1 мг/м ³)
Акрилонитрин	$2 \cdot 10^{-5}$
Мышьяк	$4 \cdot 10^{-3}$
Бензол	$4 \cdot 10^{-6}$
Хром(VI)	$4 \cdot 10^{-2}$
Никель	$4 \cdot 10^{-4}$
Полиядерные ароматические гидрокарбонаты	$9 \cdot 10^{-2}$
Винилхлорид	$1 \cdot 10^{-6}$

В соответствии с данными Международного агентства по исследованию рака (IARC) указанные в таблице вещества считаются вероятными человеческими канцерогенами. Принимается, что их воздействие на организм человека является беспороговым, стохастическим. Для оценки риска при определенных концентрациях канцерогена и пожизненном его воздействии рекомендуется пользоваться линейной экстраполяцией. Таким образом, канцерогенная сила выражается в виде увеличивающейся с концентрацией единицы оценки риска.

При оценке риска могут оказаться весьма полезными данные ВОЗ о влиянии на здоровье людей вредных химических веществ при различных концентрациях и времени воздействия. Эта информация приведена в Руководстве по анализу и управлению риском.

При авариях техногенное воздействие обуславливается возникновением ударных волн, большими по объему выбросами радиоактивных, вредных химических и биологических веществ, а также другими явлениями (пожарами и процессами взрывного характера, сопровождающимися формированием термических полей).

Оценка риска аварий включает несколько этапов: начиная от выявления и идентификации возможных опасностей и кончая расчетами уровней риска и сопоставления их с критериями. Схема процедуры такой оценки приведена на рис. 1.3.

В соответствии с приведенной схемой может проводиться превентивная оценка риска аварий на стадиях выбора местоположения объекта, разработки проекта, опытной эксплуатации и модификации производства, а также оценка риска при авариях. Во втором случае в схеме процедуры первый этап, связанный с анализом возможных аварий, разработкой сценариев этих аварий и оценкой вероятности возникновения, может быть существенно сокращен в силу того, что аварийная ситуация не несет в себе полной неопределенности, характер ее развития в большинстве случаев выявлен. Все внимание сосредоточивается на последующих этапах. При этом необходимые математические методы расчетов выбираются с учетом требований по оперативности проводимой оценки и условий складывающейся обстановки.

Анализ возможных опасных событий и аварийных ситуаций включает рассмотрение всех ситуаций, связанных с отклонением от регламентного функционирования объекта и возникновением того или иного ущерба. Целью этого анализа является выявление последовательностей событий, ведущих в конечном счете к авариям, разработка сценариев возникновения и развития аварий, оценка вероятности их возникновения.



Рис. 1.3. Структура процедуры оценки риска техногенных аварий на радиационно, химически и биологически опасных объектах

Как уже отмечалось, анализ возможных опасных событий и аварийных ситуаций с указанными выше целями в полном объеме, как правило, проводится на этапе превентивной оценки риска и управления риском. В других случаях, с учетом конкретных данных о возникновении и характере аварии, ее развитии, он может проводиться с теми или иными сокращениями.

На этапе превентивной оценки содержание, объем и методы проводимого анализа также могут быть различными в зависимости от целей оценки, требующейся степени ее детальности. Например, если оценка риска проводится для выработки рекомендаций по выбору местоположения опасного объекта, когда об объекте имеются лишь данные из его эскизного проекта, не представляется возможным применение методов, основанных на анализе деревьев событий и отказов, а также других методов детальных исследований.

Далее на стадии проектирования объекта становится возможной оценка эксплуатационного риска с применением указанных выше методов.

Согласно установившейся мировой практике, существует и находит применение довольно большое количество методов выявления и идентификации опасных событий и анализа развития аварийных ситуаций. Используемые методы могут быть представлены тремя группами:

- группа сравнительных методов, куда входят методы, основанные на регламентных проверках, ревизии уровней безопасности, относительного разделения потенциально опасных процессов, условий, материалов на категории штрафных, кредитуемых и др.;

- группа так называемых основных методов, включающих: исследование риска эксплуатации путем регулярного обследования объекта в целях выявления возможных отклонений от нормативов; анализ состояний отказов оборудования, приборов и их последствий, в частности, реакций системы на отказы; оценку результатов неожиданных событий по схеме «что, если?» и др.;

- группа методов, основанных на разработке, построении и анализе логических диаграмм: деревьев событий, причинно-следственных связей, надежности человеческого фактора.

К числу методов, которые дают наилучшие результаты, следует отнести: метод анализа деревьев отказов, метод анализа дерева событий и метод анализа причинно-следственных связей, сочетающий в себе два предыдущих метода.

При реализации этих методов рассматриваются все возможные пути развития аварийных процессов. В первом методе за основу берется анализ надежности и отказов систем. При этом большое значение придается построению дерева отказов, которое бы отражало все возможные наложения отказов и возникающие при этом последствия. Дерево отказов определяет структуру и последовательность вероятностных расчетов по оценке риска возникновения возможных аварий.

Во втором методе анализируются события, влекущие за собой в конечном счете аварию, выделяется преобладающая последовательность этих событий. За начальную точку дерева событий берется исходное событие. Перечень исходных событий, которые могут явиться причиной развития аварийных процессов, устанавливается при проектировании объекта и содержится в технической документации. Затем осуществляется логический перебор различных путей развития аварии (ветвей дерева событий) и ее возможных последствий. Построить дерево событий, которое бы учитывало все возможные ситуации, нелегко, особенно для сложных технических систем, таких, например, как атомные электростанции. Это обусловлено разнообразием используемого оборудования, систем и приборов, большим количеством возможных путей развития аварий. Поэтому при

построении дерева событий и проведении анализа идут по пути исключения из рассмотрения событий, не вносящих существенного вклада в вероятность реализации последствий или являющихся практически невозможными в силу противоречия тем или иным физическим законам. С помощью дерева событий строится расчетная схема по оценке вероятности возникновения возможных аварийных ситуаций.

В настоящее время получил довольно широкое развитие метод оценки вероятности возникновения аварийных ситуаций, основанный на анализе причинно-следственных связей. В этом методе также предусматривается построение расчетной диаграммы, которая связывает отказы и опасные события в причинно-следственные цепочки. Каких-то определенных рекомендаций по конструированию причинно-следственных диаграмм, соотношению элементов отказа и опасных событий в их цепочках еще не сформулировано.

Весьма полезные для практического использования при реализации причинно-следственного анализа рекомендации содержатся в трудах И. А. Рябина и его учеников. Метод, развитый И. А. Рябиным, назван логико-вероятностным. Он основывается на анализе функции опасности (безопасности) системы и дерева опасного (безопасного) состояния. Проведение анализа предусматривается с помощью математических логико-вероятностных моделей, реализуемых на ЭВМ.

Наряду с рассмотренными выше методами, на основе которых представляется возможным определить количественную меру риска возникновения аварийных ситуаций, заслуживают внимания и другие методы. К числу таких методов относится метод, получивший название *исследование риска эксплуатации*. Примененный здесь термин *риск* не имеет того строгого смысла, о котором речь шла выше. Здесь имеется в виду риск как синоним опасности.

При проведении анализа всеми рассмотренными выше методами предполагается использование определенной базы данных по отказам различного рода оборудования и систем. Эти данные обычно представляются двумя способами в зависимости от характера оборудования и режима его использования. Для постоянно используемого оборудования, работающего как в постоянном, так и дискретном режимах, данные об отказах приводятся в форме интенсивности отказов, для компонентов оборудования или систем, которые не используются постоянно, а включаются в действие при необходимости, например, некоторые системы безопасности, сигнальные устройства – в форме вероятности отказа на требование.

Обычно для проведения исследований по безопасности техногенно опасных объектов и расчетов по оценке риска разрабатываются модели

источников опасности, диаграммы деревьев происшествий и событий – исходов аварии (катастрофы), с учетом всех возможных вариантов их возникновения и развития.

Первым этапом моделирования источников опасности техногенного происхождения является формализованное представление возможных путей возникновения и развития аварийных процессов.

При этом в диаграмму дерева происшествия, представленную на рис. 1.4, обычно включается одно головное событие, которое связано конкретными логическими условиями с промежуточными и исходными предпосылками, обусловившими в совокупности его появление.

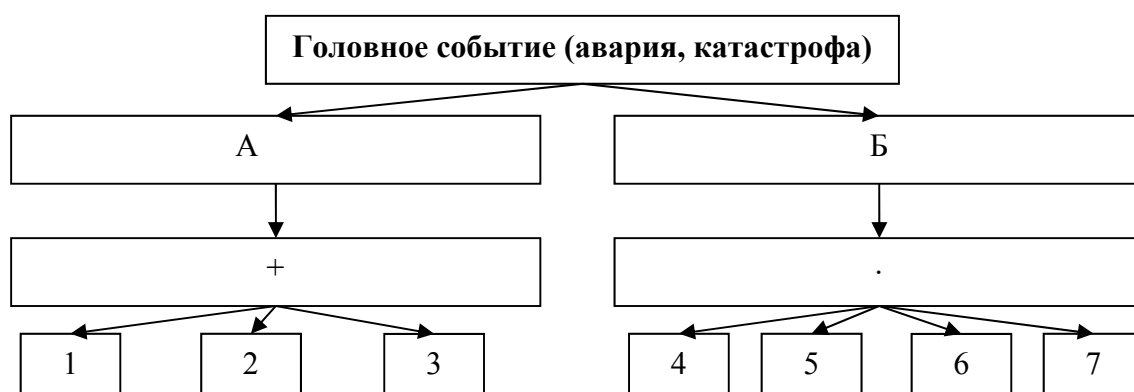


Рис. 1.4. Общая структура диаграммы «дерево происшествия»: знаком «+» на диаграмме обозначено логическое условие сложения «ИЛИ», знаком «·» – логическое условие перемножения «И»

В качестве головного события обычно рассматривается авария или катастрофа. Ветвями дерева происшествия служат предпосылки и их причинные цепи, листьями – исходные события, дальнейшая детализация которых нецелесообразна, т. е. отказы, ошибки персонала, неблагоприятные внешние воздействия.

Диаграмма дерева отказов по своему виду мало чем отличается от диаграммы дерева происшествия.

В соответствии с этой диаграммой на каждой ступени анализируются возможные отказы технических систем (узлов), а также человеческий фактор этих отказов и оценивается их вероятность. В конечном счете определяется вероятность возникновения головного события, т. е. аварии или катастрофы.

На рис. 1.4 показана лишь общая структура модели возникновения аварии (катастрофы). Диаграммы для сложных систем, каковыми обычно являются источники техногенной опасности, как правило, имеют многоступенчатый и сильно разветвленный характер.

Модель-диаграмма дерева событий – последствий аварии, катастрофы и т. п. или просто дерево событий также представляет собой граф, т. е. систему точек (в данном случае прямоугольников), обозначающих события, которые соединены линиями связи. Однако анализ этой диаграммы ведется от центрального события, которое обычно представляет собой аварию, катастрофу и т. п., к цепочкам событий, являющихся его последствиями.

В таком случае граф выражает все возможные исходы аварии (катастрофы). В качестве ветвей дерева здесь возможные сценарии развития аварии и причинение ущерба объектам окружающей среды, людям, материальным и природным ресурсам. Эти сценарии отличаются возникающими при аварии обстоятельствами и условиями воздействия на объекты поражающих факторов.

Структура рассматриваемой диаграммы показана на рис. 1.5.

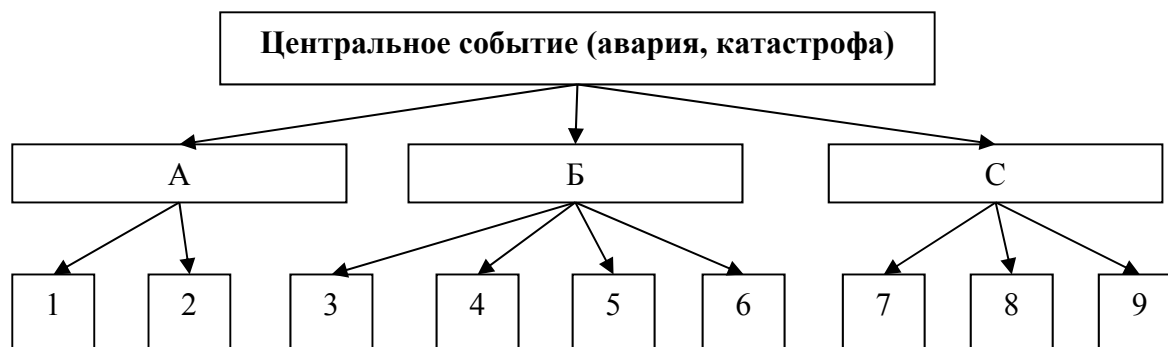


Рис. 1.5. Общий вид диаграммы дерева событий – исходов аварии (катастрофы)

Диаграмма дерева событий – исходов аварии (катастрофы), по существу, представляет собой стохастический граф, в соответствии с которым производятся оценки вероятности событий на каждом разветвлении. Сумма вероятностей реализации событий каждого разветвления равна единице.

Диаграммы деревьев происшествий и исходов обычно объединяются в одну обобщенную диаграмму. При этом головное событие первой диаграммы как результат реализованных предпосылок и событий второго уровня, ведущих к аварии (катастрофе), и центральное событие второй диаграммы, возможные исходы которого выстраиваются в определенные цепочки, совмещаются и составляют ядро диаграммы. Пример такой обобщенной диаграммы с проиллюстрированной интерпретацией применительно к аварии с внезапным выбросом горючего аварийно химически опасного вещества приведен в работе П. Г. Белова.

Необходимо отметить, что при анализе развития аварий, катастроф целесообразно использование широко известных из теории вероятности формул Байеса. С их помощью могут быть определены апостериорные вероятности реализации возможных гипотез возникновения и развития аварийного процесса.

Например, вероятность возникновения и развития аварии в соответствии с гипотезой H_s определяется по формуле

$$P(H_s | A) = \frac{P(H_s)P(A | H_s)}{\sum_{k=1}^n P(H_k)P(A | H_k)}, \quad (1.3)$$

где $P(H_s | A)$ – искомая апостериорная, условная вероятность;

A – случайное событие возникновения аварии;

$P(H_s)$, $P(H_k)$ – априорные вероятности реализации сценариев (гипотез) H_s и H_k ;

$P(A | H_s)$, $P(A | H_k)$ – априорные вероятности возникновения аварии по сценариям (гипотезам) H_s и H_k .

Если число принимаемых во внимание сценариев возникновения и развития аварии (гипотез) равно n , то:

$$\begin{aligned} \sum_{k=1}^n P(H_k) &= 1; \\ \sum_{k=1}^n P(H_s | A) &= 1. \end{aligned} \quad (1.4)$$

В интересах развития методов и выработки наиболее эффективных путей обеспечения безопасности и снижения уровней риска представляется целесообразным широкое применение различного рода моделей функционирования организационно-технических систем. При разработке такого рода моделей можно было бы исходить из представлений о моделировании опасных процессов в техносфере, развитых в работах П. Г. Белова.

1.1.3. Экономические механизмы управления безопасностью и риском

Анализ отечественного и зарубежного опыта в области разработки и применения экономических регуляторов для предупреждения и снижения уровня техногенной опасности показывает, что существуют различные экономические механизмы управления безопасностью и риском.

К числу этих механизмов могут быть отнесены:

- механизмы экономической ответственности;
- фондовые механизмы и механизмы бюджетного финансирования;
- механизмы резервирования финансовых, трудовых и материальных ресурсов;
- механизмы стимулирования повышения уровня безопасности (льготное налогообложение и кредитование);
- механизмы перераспределения риска и страхования;
- применение штрафных санкций.

Указанные экономические механизмы регулирования могут применяться на всех уровнях управления безопасностью и риском. При анализе конкретных экономических механизмов обычно рассматриваются органы управления, ответственные за данный механизм регулирования, и объекты, несущие потенциальную угрозу техногенного воздействия.

В настоящее время делаются попытки по разработке базы знаний поддержки принятия управленческих решений с применением экономических механизмов обеспечения безопасности. В. Н. Бурков предлагает в структуре такой базы знаний предусматривать три уровня:

1-й уровень – агрегированное описание системы базовых экономических механизмов и методики оценки их комплексного действия;

2-й уровень – описание типовых экономических механизмов на содержательном языке предметной области;

3-й уровень – описание конкретных проектов экономических механизмов регулирования уровня безопасности (так называемых рабочих проектов механизмов регулирования), включая нормативные документы, типовые положения и т. п.

При организации информационно-интеллектуальной поддержки подготовки и принятия управленческих решений обычно важная роль отводится оценке эффективности анализируемых вариантов действий. В контексте рассматриваемого вопроса это действия по экономическому регулированию уровня безопасности и риска.

Оценка эффективности экономических механизмов может быть проведена по величине остаточной прибыли после введения соответствующих экономических рычагов управления уровнем безопасности, с учетом трех этапов функционирования системы обеспечения безопасности, приведенных на рис. 1.6.



Рис. 1.6. Этапы функционирования системы обеспечения безопасности

Подход к такой оценке может быть проиллюстрирован на примере механизма квот или ограничений экономического характера на величину (уровень) факторов, определяющих отрицательное воздействие объекта (совокупности объектов) на степень безопасности. Под указанными факторами

имеются в виду, например, радиоактивное загрязнение, химическое или биологическое заражения окружающей среды, возникновение какого-либо физического поля.

Вектор (матрицу) данных об объекте (совокупности объектов) и его (их) техногенном воздействии, необходимых для оценки уровня безопасности и риска, а также определения параметров экономических механизмов регулирования этого уровня, в общем виде можно записать как

$$S = \{S_i\}. \quad (1.5)$$

Здесь буквой i обозначено i -е предприятие. Число рассматриваемых предприятий равно n , $i = 1, \dots, n$.

Заметим, что упомянутые выше данные об объекте (объектах) и его (их) техногенной опасности поступают от самого объекта (объектов) и соответствующей системы мониторинга.

Для проведения дальнейших рассуждений вводятся следующие обозначения:

- уровень фактора, определяющего отрицательное воздействие объектов на уровень безопасности, $-y_i$;
- величина квоты (ограничения), устанавливаемая для указанного выше фактора, $-x_i$;
- процедура определения квоты (ограничения) $- \pi_i$;
- функция, определяющая зависимость прибыли объекта от уровня фактора, $- J_i = \varphi(y_i, r_i)$, где r_i – параметр этой зависимости.

Заметим, что $x_i = \pi_i(S_i)$.

Пусть при нарушении заданной квоты (ограничения) объект платит штраф, величина которого прямо пропорциональна наносимому ущербу. Тогда с учетом штрафа остаточная прибыль объекта составит

$$\varphi_i(y_i, r_i) - \alpha (y_i - x_i), \text{ если } y_i \geq x_i. \quad (1.6)$$

Если же $y_i < x_i$, то прибыль равна $\varphi_i(y_i, r_i)$.

Здесь α – коэффициент, учитывающий наложение штрафа.

Рассматриваемый экономический механизм регулирования уровня безопасности и риска предусматривает такое изменение квоты (ограничения) для фактора, обуславливающего увеличение уровня безопасности и риска, при котором бы обеспечивалось достижение максимума остаточной прибыли.

Если функция φ непрерывна и дифференцируема, то условие указанного максимума может быть записано в виде:

$$\varphi'_i(y_i, r_i) = \alpha, \text{ если } y_i > x_i; \quad (1.7)$$

$$\varphi'_i(y_i, r_i) = \alpha, \text{ если } y_i = x_i. \quad (1.8)$$

Естественно, что для обеспечения необходимого уровня безопасности и риска требуется, чтобы установленная квота (ограничение) не нарушалась.

А это возможно, когда $y_i = x_i$. Поскольку $\phi'_i(y_i, r_i)$ характеризует предельные затраты (предельную прибыль) на единицу изменения фактора y_i , то условие соблюдения установленной квоты (ограничения) сводится к следующему: потери в прибыли при уменьшении фактора до требуемого уровня должны быть меньше, чем штрафы за повышение этого уровня.

В Институте проблем управления РАН разработана имитационная система оценки эффективности экономических механизмов регулирования уровня безопасности, включающая пять основных блоков:

- блок экономических механизмов обеспечения безопасности объектов народного хозяйства;
- блок оценки эффективности экономических механизмов управления безопасностью;
- блок моделей объектов народного хозяйства;
- блок моделей чрезвычайных ситуаций для объектов народного хозяйства;
- интерфейс, осуществляющий связь между перечисленными блоками системы и пользователем.

Структурная схема этой системы приведена на рис. 1.7.

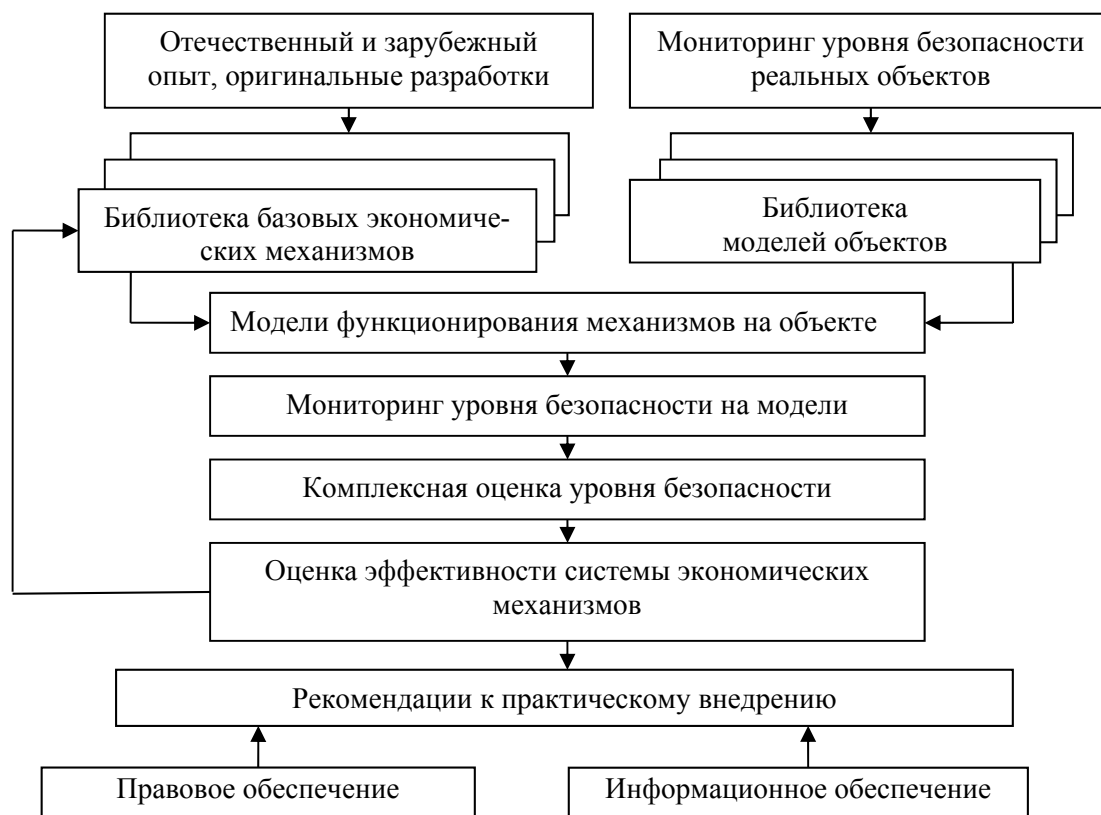


Рис. 1.7. Схема имитационной системы оценки

Экономические механизмы управления достаточно широкое применение находят в природоохранной деятельности в условиях нормальной работы объектов, опасных в техногенном отношении. В частности, эти механизмы используются при оптимизации атмосфероохранных мероприятий, при экономическом стимулировании природоохранной деятельности предприятий экономики.

Управленческие решения по снижению техногенного воздействия опасных объектов должны приниматься на основе выбора оптимальных с экономической точки зрения природоохранных стратегий. При этом выборе следует предусматривать оценку экономической эффективности мероприятий по снижению уровня техногенной загрязненности окружающей среды. В качестве критерия эффективности может использоваться величина предотвращенного экономического ущерба в расчете на единицу затрат на реализацию рассматриваемого природоохранного мероприятия или совокупности таких мероприятий. Заметим, что под природоохранной стратегией обычно понимается осуществление совокупности мероприятий, обеспечивающих либо максимальную эффективность, либо минимальные затраты ресурсов.

Указанный выше критерий эффективности рассчитывается по известной формуле

$$W = \frac{\Delta E_m}{R_m}, \quad m \in M_i, \quad i \in I, \quad (1.9)$$

где ΔE_m – предотвращенный экономический ущерб, наносимый за счет техногенного загрязнения окружающей среды, который обусловлен выполнением m -го природоохранного мероприятия на i -м источнике техногенного воздействия;

R_m – объем экономических затрат на реализацию m -го мероприятия;

M_i – набор природоохранных мероприятий, приемлемых для реализации на i -м источнике техногенных воздействий;

I – множество источников техногенного воздействия на окружающую среду.

В свою очередь, ΔE_m находится по соотношению

$$\Delta E_m = E_0 - E_m, \quad (1.10)$$

где E_0 – базовый экономический ущерб за счет техногенного воздействия на окружающую среду, имеющий место до реализации рассматриваемых природоохранных мероприятий;

E_m – экономический ущерб за счет техногенного воздействия после реализации m -го мероприятия.

В большинстве случаев на объем материальных средств, расходуемых на снижение техногенных воздействий, накладываются определенные ограничения. Это выражается в виде

$$\Sigma R_m = R, R \leq R^*, m \in M_i, i \in I, \quad (1.11)$$

где R^* – лимит материальных ресурсов.

В этом случае, как правило, проводятся обоснования оптимального состава мероприятий по снижению техногенных нагрузок на окружающую среду, исходя из условия:

$$W = \Sigma W_m \rightarrow \max, R = R^*, m \in M_i, i \in I. \quad (1.12)$$

В ряде случаев задача ставится иначе: при минимальном, но не ограниченном расходе материальных средств необходимо обеспечить требуемое снижение ущерба от техногенного воздействия и достичь определенный уровень эффективности.

Программа действий при такой постановке задачи обычно выражается в виде

$$W = \Sigma W_m \rightarrow \min, W = W^*, m \in M_i, i \in I, \quad (1.13)$$

где W^* – заданная эффективность.

Следует отметить, что при проведении расчетов, связанных с оценкой эффективности мероприятий по снижению уровней техногенных нагрузок на окружающую среду, определенные трудности вызывает расчет наносимого ущерба. Это связано с отсутствием строгих аналитических зависимостей, которые бы адекватно отражали процессы техногенных воздействий. Однако для ряда частных случаев существуют расчетные методики, которые считаются приемлемыми для проведения практических оценок.

Для примера может быть рассмотрена методика определения экономического ущерба, причиняемого распространением в атмосфере опасных химических веществ.

При расчете экономического ущерба здесь учитываются условия дисперсии опасных химических веществ в атмосфере, а также состав реципиентов, подвергающихся воздействию выбросов в зоне активного заражения. Причем под зоной активного воздействия понимается территория, в пределах которой рассматриваемый источник техногенных воздействий вносит ощутимый вклад в заражение приземного слоя атмосферы и является причиной дополнительных экономических затрат, связанных с компенсацией вредных последствий заражения воздушной среды.

Величина экономического ущерба, выраженная в рублях в год, обычно определяется по формуле

$$E = \gamma \sigma f M, \quad (1.14)$$

где γ – удельный экономический ущерб, выражаемый в рублях на условную тонну выбросов опасных химических веществ в атмосферу;

σ – безразмерная величина, характеризующая состав реципиентов, находящихся в зоне активного техногенного загрязнения ($0,05 \leq \sigma \leq 30$);

f – безразмерная величина — поправка на характер распространения опасных химических веществ в атмосфере, зависящая от высоты источника, среднегодовой скорости ветра, скорости оседания частиц;

M – масса выбросов в тоннах в год.

В свою очередь, масса выбросов находится по формуле

$$M = \sum_{j=1}^N A_j M_j, \quad (1.15)$$

где M_j – масса годового выброса j -го опасного химического вещества;

A_j – коэффициент относительной опасности j -го вещества.

Величина A_j определяется как произведение показателя относительной опасности вещества при вдыхании содержащего это вещество воздуха на целый ряд поправок, рекомендуемых действующими правилами по оценке экологического ущерба:

$$A_j = a_j \alpha_j \delta_j \lambda_j \beta_j, \quad (1.16)$$

где a_j – показатель относительной опасности j -го вещества при вдыхании человеком воздуха, содержащего это вещество;

α_j – поправка, учитывающая вероятность накопления вещества в компонентах окружающей среды, в пищевых цепях, а также поступления его в организм человека неингаляционным путем;

δ_j – поправка, учитывающая действие вещества на различные реципиенты, кроме человека;

λ_j – поправка, учитывающая вероятность вторичного попадания вещества в воздушную среду;

β_j – поправка на вероятность образования вторичных загрязнителей, более опасных, чем исходное вещество.

Значения A_j для наиболее распространенных веществ, обуславливающих техногенное загрязнение (заражение) воздушной среды, приведены во временной типовой методике по оценке экономической эффективности природоохранных мероприятий. Эти значения лежат в весьма широком интервале величин.

1.2. Субъекты государственного управления радиационной, химической и биологической безопасностью

С учетом достаточно большого и разностороннего опыта обеспечения радиационной, а также химической и биологической безопасности, накопленного в государстве за годы эксплуатации АЭС, других объектов ядерного

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Глава 1. ГОСУДАРСТВЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПО ВОПРОСАМ РАДИАЦИОННОЙ, ХИМИЧЕСКОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	5
1.1. Управление радиационной, химической и биологической безопасностью систем различного характера и иерархического уровня.....	5
1.1.1. Управление радиационной, химической и биологической безопасностью в рамках определенных социально-экономических систем	5
1.1.2. Управление радиационной, химической и биологической безопасностью на уровне организационно-технических систем (радиационно, химически и биологически опасных объектов).....	16
1.1.3. Экономические механизмы управления безопасностью и риском	30
1.2. Субъекты государственного управления радиационной, химической и биологической безопасностью	36
1.3. Цель и структура единой системы государственного управления радиационной, химической и биологической безопасностью	39
1.3.1. Цель и структура единой системы государственного управления в сфере радиационной безопасности.....	39
1.3.2. Цель и структура единой системы государственного управления в сфере химической безопасности.....	45
1.4. Система своевременного обнаружения радиоактивного загрязнения, химического и биологического заражения.....	50
Контрольные вопросы	54
Глава 2. ОРГАНИЗАЦИЯ РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ	55
2.1. Источники облучения персонала и населения и их краткая характеристика	56
2.1.1. Поле ионизирующего излучения	56
2.1.2. Ядерное оружие и его поражающие факторы	59
2.1.3. Краткая характеристика и классификация радиационно опасных объектов.....	69
2.2. Основы применения средств выявления радиационной обстановки	79
2.3. Основы локализации и ликвидации радиоактивных загрязнений.....	93
2.3.1. Мероприятия по предупреждению и ликвидации радиоактивных загрязнений при различных режимах функционирования РСЧС.....	93
2.3.2. Основы локализации источников радиоактивного загрязнения	101
2.3.3. Организация руководства ликвидацией радиоактивных загрязнений	107
2.3.4. Способы ликвидации радиоактивного загрязнения	119
2.3.5. Силы и средства, привлекаемые к ликвидации последствий радиационных аварий	141
2.3.6. Организация и особенности ведения действий подразделений ФПС при тушении пожаров и ликвидации последствий радиационных аварий	157

2.4. Средства и способы защиты населения от радиоактивных веществ.....	164
Контрольные вопросы	178
Глава 3. ОРГАНИЗАЦИЯ ХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ	179
3.1. Источники химической опасности персонала и населения и их краткая характеристика.....	179
3.1.1. Источники опасности при применении химического оружия	179
3.1.2. Краткая характеристика химически опасных объектов и возможных химических аварий на них	186
3.2. Основы применения средств выявления химической обстановки	196
3.3. Основы локализации и ликвидации химических заражений	206
3.3.1. Мероприятия по предупреждению и ликвидации химических заражений при различных режимах функционирования РСЧС	206
3.3.2. Локализация и обеззараживание разливов АХОВ, обеззараживание территорий, техники и транспорта, сбор и уничтожение заражений	212
3.3.3. Организация работ по ликвидации химических заражений.....	227
3.3.4. Способы ликвидации химических заражений	242
3.3.5. Ведение аварийно-спасательных и других неотложных работ при ликвидации химических заражений	245
3.4. Средства и способы защиты населения от отравляющих и аварийно химически опасных веществ.....	255
Контрольные вопросы	264
Глава 4. ОРГАНИЗАЦИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ	265
4.1. Биологическое оружие.....	266
4.2. Природа эпидемий в чрезвычайных ситуациях	268
4.3. Организация и порядок функционирования сети наблюдения и лабораторного контроля Роспотребнадзора.....	271
4.4. Организация и проведение санитарно-эпидемиологической разведки	277
4.5. Методические основы ликвидации последствий террористических актов с применением патогенных биологических агентов (ПБА)	285
4.5.1. Характеристика и классификация биологических агентов.....	288
4.5.2. Характеристика контингентов и объектов для осуществления террористических актов с применением патогенных биологических агентов	291
4.5.3. Санитарно-эпидемиологическая разведка.....	292
4.5.4. Силы и средства Роспотребнадзора, участвующие в ликвидации последствий биологических террористических актов	293
4.5.5. Планирование профилактических и противоэпидемических мероприятий на территории в предвидении возможных биологических террористических актов.....	294
4.6. Система мониторинга угроз биолого-социального характера	296
4.6.1. Угрозы биолого-социального характера	296
4.6.2. Мониторинг биолого-социальных опасностей	302
4.7. Средства индикации и раннего обнаружения биолого-социальной опасности	314
Контрольные вопросы	318
Заключение.....	319
Литература	321

Учебное издание

ЗАВОРОТНЫЙ Александр Григорьевич
КАЛАЙДОВ Александр Николаевич
НЕРОВНЫХ Александр Николаевич

ОРГАНИЗАЦИЯ РАДИАЦИОННОЙ, ХИМИЧЕСКОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ

Учебное пособие

Редактор *З. А. Малаховская*
Технические редакторы *Е. А. Пушкина, Г. А. Габдулина*
Корректор *Н. В. Федькова*

Подписано в печать 21.04.2017. Формат 60×90 ¹/₁₆.
Печ. л. 20,5. Уч.-изд. л. 14,7. Бумага офсетная.
Тираж 400 экз. Заказ 127

Академия ГПС МЧС России
129366, Москва, ул. Бориса Галушкина, 4