

Методики оценки рисков чрезвычайных ситуаций и нормативы приемлемого риска чрезвычайных ситуаций (Руководство по оценке рисков чрезвычайных ситуаций техногенного характера, в том числе при эксплуатации критически важных объектов Российской Федерации)¹

**В.А. Акимов, А.А. Быков, В.Ю. Востоков, Н.Н. Долгин,
В.М. Кондратьев-Фирсов, Ю.Д. Макиев, В.П. Малышев**

Центр стратегических исследований МЧС России, Москва

Аннотация

Настоящий документ разработан в соответствии с «Планом-графиком выполнения мероприятий по созданию системы независимой оценки рисков и контроля в области пожарной безопасности, гражданской обороны и защиты населения от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации»² и представляет собой систему взаимосвязанных методических материалов (как оригинальных, так и апробированных методик и/или методических рекомендаций), определяющих этапы и соответствующие им методы оценки рисков чрезвычайных ситуаций, связанных с воздействием поражающих факторов, обусловленных пожарами, взрывами и выбросами токсических веществ, используемые при оценке риска технологии и инструменты и устанавливает нормативы приемлемых уровней риска чрезвычайных ситуаций.

Ключевые слова:

чрезвычайная ситуация, авария, пожары, взрывы, аварийно химически опасные вещества, оценка риска, приемлемый риск, критически важные объекты

¹ Утверждены первым заместителем Министра Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий Р.Х. Цаликовым 9 января 2008 г. № 1-4-60-9. Публикуются в журнальном варианте с сокращениями.

² Утвержден Министром Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий С.К. Шойгу 27.03.2007, № 1-4-50-10-9.

Emergency Risk Assessment Methods and Risk Standards for Emergency Situations (Manual for the Assessment of Risks of Technological Emergencies Including Those Associated with the Operation of Critical Infrastructures in the Russian Federation)³

**V.A. Akimov, A.A. Bykov, V.Yu. Vostokov, N.N. Dolgin,
V.M. Kondratiev-Firsov, Yu.D. Makiev, V.P. Malyshev**

Center for Strategic Research in Civil Defense, EMERCOM of Russia, Moscow

Abstract

This document was prepared under the Action Plan for Creation of a System of Independent Risk Assessment and Control in Fire Safety, Civil Defense and Protection of Population against Natural and Technological Emergency Situations in the Russian Federation⁴ and offers a system of interrelated guidance materials (both original and proven procedures and/or methodical recommendations) defining the steps and corresponding methods for the assessment of risks of emergency situations caused by fires, explosions, toxic emissions. The document also establishes acceptable levels of risk of emergency situations.

Key words:

emergency situation, accident, fires, explosions, hazardous chemical substances, risk estimate, acceptable risk, critical infrastructures

³ Approved by First Deputy Minister R.Kh.Tsalikov of the Russian Federation Ministry for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, January 9, 2008, No. 1-4-60-9. This publication is an abridged version for the journal.

⁴ The Action Plan was approved by the Russian Federation Minister for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters S.K. Shoigu on 27.03.2007, No. 1-4-50-10-9.

Содержание

1. Общие положения

2. Нормативы приемлемых уровней рисков

3. Процедура оценки рисков чрезвычайных ситуаций

Литература

Приложение А. Методические рекомендации по построению и анализу «деревьев отказа»

Приложение Б. Методические рекомендации по построению и анализу «деревьев событий»

Приложение В. Методические указания по выбору вероятностных критериев оценки последствий действия поражающих факторов

Приложение Г. Примеры оценки числа пострадавших

Приложение Д. Методика оценки эколого-экономических последствий загрязнения земель нефтью и нефтепродуктами⁵

Приложение Е. Методические рекомендации по оценке эколого-экономического ущерба при загрязнении открытых водных объектов в результате крупномасштабных сбросов аварийно химически опасных веществ

Приложение Ж. Пример расчета индивидуального риска и построения F/N-диаграммы

Приложение З. Пример построения F/G-диаграммы

1. Общие положения

а) Настоящий документ (далее — Руководство) разработан в соответствии с «Планом-графиком выполнения мероприятий по созданию системы независимой оценки рисков и контроля в области пожарной безопасности, гражданской обороны и защиты населения от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации». (План-график утвержден Министром Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий 27.03.2007, № 1-4-50-10-9.)

б) Руководство представляет собой систему взаимосвязанных методических материалов (как оригинальных, так и апробированных методик и/или методических рекомендаций), определяющих процедуру оценки рисков чрезвычайных ситуаций и используемые при этом технологии и инструменты.

в) При формировании Руководства использовались:

- Федеральный закон от 21.12.1994 № 68-ФЗ (в редакции от 22.08.2004 № 122-ФЗ) «О защите населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера»;

- Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ (в редакции от 01.04.2005 № 27-ФЗ) «О пожарной безопасности»;

- Федеральный закон от 10.12.1995 № 196-ФЗ «О безопасности дорожного движения»;

- Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»;

- Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»;

- Федеральный закон от 30.03.1999 № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»;

- государственные доклады «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации»;

- государственные доклады «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».

г) Руководство предназначено для оценки риска, связанного с возможным воздействием поражающих факторов чрезвычайной ситуации техногенного характера, обусловленных пожарами, взрывами и выбросами токсических веществ, на:

- персонал опасных объектов,
- население, проживающее или работающее на прилегающей территории,
- имущество государства, физических и юридических лиц,
- окружающую среду.

д) Руководство не распространяется:

- на ядерные реакторы и предприятия по производству, переработке и хранению радиоактивных веществ и материалов;

- космические объекты и стартовые комплексы;

- объекты, связанные с проведением подводных и подземных работ;

- воздействие поражающих элементов (осколков остекления, элементов разрушенных конструкций и штатных поражающих элементов);

⁵ Опубликована в журнале «Проблемы анализа риска», том 2, 2005, № 1, с. 6—32.

- воздействие природных факторов риска.

е) Оценки рисков чрезвычайных ситуаций техногенного характера, полученные при использовании Руководства:

- применяются при разработке проектной документации, проведении государственной экспертизы и страховании рисков чрезвычайной ситуации;

- могут служить основанием для принятия решений по формированию программы мероприятий, направленных на снижение уровня риска опасного объекта (в случае превышения расчетных значений нормативов приемлемых уровней).

ж) Представленные методические материалы могут быть использованы как в рамках настоящего Руководства, так и в качестве самостоятельных научно-методических документов.

з) В Руководстве используются следующие основные понятия:

Риск — количественная характеристика меры возможной опасности и размера последствий ее реализации.

Риск чрезвычайной ситуации — потенциальная возможность возникновения чрезвычайной ситуации с негативными последствиями, представляющими угрозу жизни, здоровью и имуществу населения, объектам экономики и окружающей среде.

Риск индивидуальный — частота поражения отдельного человека в результате воздействия всей совокупности исследуемых факторов опасности в рассматриваемой точке пространства.

Риск социальный — зависимость между частотой реализации определенных факторов опасностей и размером последствий для здоровья людей (числом погибших или пострадавших)⁶.

Риск экономический — в данном Руководстве понимается зависимость между частотой реализации определенных факторов опасностей и размером материального ущерба⁷.

Риск коллективный — ожидаемое количество погибших или пострадавших в результате возможных реализаций факторов опасности за определенный период времени.

Риск материальный — в данном Руководстве понимаются ожидаемые материальные потери в результате возможных реализаций факторов опасности за определенный период времени.

Риск предельно допустимый — нормативный уровень риска, определяющий верхнюю границу допустимого риска.

Риск неприемлемый (недопустимый) — риск, уровень которого превышает величину предельно допустимого уровня риска.

Риск допустимый — риск, уровень которого ниже величины предельно допустимого уровня

риска. Допустимый риск подразделяется на три категории: повышенный, условно приемлемый и приемлемый риск.

Риск повышенный — риск, уровень которого близок к предельно допустимому, требуются меры по его снижению и контролю.

Риск условно приемлемый — риск, уровень которого разумно оправдан с социальной, экономической и экологической точек зрения, но рекомендуются меры по его дальнейшему снижению и контролю.

Риск приемлемый — риск, уровень которого безусловно оправдан с социальной, экономической и экологической точек зрения или пренебрежимо мал.

Опасность — способность причинения какого-либо вреда (ущерба), в том числе угроза жизни и здоровью человека, его материальным и духовным ценностям, окружающей среде.

Пострадавшие — количество людей, погибших или получивших в результате чрезвычайной ситуации ущерб здоровью [1].

Ущерб — потеря некоторым субъектом или группой субъектов части или всех своих ценностей [2].

Ущерб материальный — потери материальных ценностей, собственности или финансовых средств.

Ущерб социальный — потери, связанные с жизнью, здоровьем и духовными ценностями индивидуума, социальных групп и общества в целом.

Ущерб социально-экономический — стоимостное выражение потерь, связанных с жизнью, здоровьем и духовными ценностями индивидуума, социальных групп и общества в целом.

Ущерб эколого-экономический — сумма затрат на ликвидацию последствий чрезвычайной ситуации, восстановление объектов и сооружений, расположенных на загрязненной территории, а также реабилитацию загрязненной территории или оплату за нанесение вреда окружающей среде от загрязнения земель, водных объектов и атмосферы.

Критически важные объекты Российской Федерации — объекты, нарушение (или прекращение) функционирования которых приводит к потере управления, разрушению инфраструктуры, необратимому негативному изменению (или разрушению) экономики страны, субъекта или административно-территориальной единицы, или существенному ухудшению безопасности жизнедеятельности населения, проживающего на этих территориях, на длительный период времени.

⁶ F/N-диаграммы или кривые социального риска.

⁷ F/G-диаграммы или кривые экономического риска.

2. НОРМАТИВЫ ПРИЕМЛЕМЫХ УРОВНЕЙ РИСКОВ⁸

2.1. Нормативы приемлемых уровней рисков для территорий

Конкретная часть территории Российской Федерации (субъекта Федерации, муниципального образования) в зависимости от степени риска может быть отнесена к одному из четырех типов зон риска:

- **Зона неприемлемого (недопустимого) риска** — это территория, на которой не допускается нахождение людей, за исключением лиц, обеспечивающих проведение соответствующего комплекса организационных, социальных и технических мероприятий (специальное строительство инженерных сооружений, введение дополнительных систем защиты, контроля, оповещения и т.д.), направленного на снижение риска до допустимого уровня. Новое строительство не разрешается независимо от возможных экономических и социальных преимуществ того или иного вида хозяйственной деятельности, за исключением объектов обороны, охраны государственной границы или объектов, осуществляющих функционирование в автоматическом режиме. В плановом порядке осуществляется переселение людей в безопасные районы.

- **Зона повышенного риска** — это территория, на которой допускается временное пребывание ограниченного количества людей, связанное с выполнением служебных обязанностей. Новое жилищное и промышленное строительство допускается в исключительных случаях по решению глав администраций субъектов Российской Федерации или федеральных органов исполнительной власти при условии обязательного выполнения комплекса специальных мероприятий

по снижению риска до приемлемого уровня, обязательному контролю риска и предупреждению чрезвычайных ситуаций.

- **Зона условно приемлемого риска** — территория, где допускается строительство и размещение новых жилых, социальных и промышленных объектов при условии обязательного выполнения комплекса дополнительных мероприятий по снижению риска.

- **Зона приемлемого риска** — территория, на которой допускается любое строительство и размещение населения.

Решение о временных ограничениях на проживание и хозяйственную деятельность и проведении комплекса мероприятий, направленных на снижение риска, принимается Правительством Российской Федерации или органом исполнительной власти субъекта Российской Федерации по представлению надзорных органов. При невозможности снижения уровня риска ограничения на проживание и хозяйственную деятельность вводятся законом Российской Федерации или законом субъекта Российской Федерации.

Границы зон в координатах «частота ЧС — число пострадавших» и «частота ЧС — материальный ущерб» представлены в табл. 1 и табл. 2 соответственно.

2.2. Нормативы приемлемых уровней рисков при эксплуатации критически важных объектов

Определение показателей риска при эксплуатации критически важных объектов (КВО) производится на основании анализа результатов паспортизации или декларирования безопасности объекта. В зависимости от полученного результата критически важный объект может находиться в одной из трех областей уровня риска:

- **области неприемлемого риска** (область жесткого регулирования и контроля риска) — обя-

Таблица 1

Определение границ зон рисков в координатах «частота ЧС — число пострадавших»

Частота ЧС	Число пострадавших, чел.			
	менее 10	от 10 до 50	от 50 до 500	свыше 500
более 1	Зона неприемлемого риска			
1—10 ⁻¹				
10 ⁻¹ —10 ⁻²	Зона повышенного риска			
10 ⁻² —10 ⁻³				
10 ⁻³ —10 ⁻⁴	Зона условно приемлемого риска			
10 ⁻⁴ —10 ⁻⁵				
10 ⁻⁵ —10 ⁻⁶	Зона приемлемого риска			
менее 10 ⁻⁶				

⁸ Подробное научное обоснование представленных в данном разделе нормативов приемлемых уровней риска содержится в работе [3].

Таблица 2

Определение границ зон рисков в координатах «частота ЧС — материальный ущерб»

Частота ЧС	Размер материального ущерба, руб.			
	менее 100 тыс.	от 100 тыс. до 50 млн	от 50 млн до 500 млн	свыше 500 млн
более 1	Зона недопустимого риска			
$1-10^{-1}$				
$10^{-1}-10^{-2}$	Зона повышенного риска			
$10^{-2}-10^{-3}$				
$10^{-3}-10^{-4}$	Зона условно приемлемого риска			
$10^{-4}-10^{-5}$				
$10^{-5}-10^{-6}$	Зона приемлемого риска			
менее 10^{-6}				

зателен количественный анализ риска и требуются *особые* меры обеспечения защищенности критически важного объекта;

- **области повышенного риска** (область экономического регулирования и контроля риска) — обязателен количественный анализ риска и требуется принятие *определенных* мер по обеспечению защищенности объекта;

- **области приемлемого риска** (область с отсутствием необходимости регулирования риска) — анализ и принятие специальных дополнительных мер безопасности *не требуются*.

Границы областей в координатах «частота ЧС — последствия ЧС» для критически важных объектов федерального и регионального значения представлены в табл. 3 и табл. 4 соответственно. При этом предусмотрена градация последствий ЧС по четырем степеням тяжести (в соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» [1]):

- **Катастрофические** (ЧС *федерального* характера), при которых число пострадавших превышает 500 человек, размер материального

Таблица 3

Определение границ областей уровня рисков для критически важных объектов федерального значения

Частота ЧС	Последствия ЧС			
	малосущественные	существенные	тяжелые	катастрофические
более 1	Область неприемлемого риска			
$1-10^{-1}$				
$10^{-1}-10^{-2}$	Область повышенного риска			
$10^{-2}-10^{-3}$				
$10^{-3}-10^{-4}$	Область приемлемого риска			
$10^{-4}-10^{-5}$				
$10^{-5}-10^{-6}$	Область приемлемого риска			
менее 10^{-6}				

Таблица 4

Определение границ областей уровня рисков для критически важных объектов регионального значения

Частота ЧС	Последствия ЧС			
	малосущественные	существенные	тяжелые	катастрофические
более 1	Область неприемлемого риска			
$1-10^{-1}$				
$10^{-1}-10^{-2}$	Область повышенного риска			
$10^{-2}-10^{-3}$				
$10^{-3}-10^{-4}$	Область приемлемого риска			
$10^{-4}-10^{-5}$				
$10^{-5}-10^{-6}$	Область приемлемого риска			
менее 10^{-6}				

ущерба свыше 500 млн рублей, или выход из строя в результате ЧС данного КВО представляет реальную угрозу для безопасности Российской Федерации.

- **Тяжелые** (ЧС *регионального* и/или *межрегионального* характера), при которых количество пострадавших составляет от 50 до 500 человек, а размер материального ущерба — от 5 до 500 млн рублей, или выход из строя в результате ЧС данного КВО может принести ущерб безопасности Российской Федерации.

- **Существенные** (ЧС *муниципального* и/или *межмуниципального* характера), при которых количество пострадавших составляет от 10 до 50 человек, а размер материального ущерба — от 100 тыс. до 5 млн рублей. Выход из строя КВО в результате ЧС вызовет затруднения в процессе жизнедеятельности государства или субъекта Российской Федерации.

- **Малосущественные** (ЧС *локального* характера), при которых количество пострадавших составит менее 10 человек, а размер материального ущерба — менее 100 тыс. рублей. Временный выход из строя КВО в результате ЧС может иметь незначительные кратковременные последствия для жизнедеятельности государства или субъекта Российской Федерации.

3. Последовательность действий при оценке рисков чрезвычайных ситуаций

Процесс оценки риска чрезвычайной ситуации подразделяется на пять последовательных этапов:

- идентификация опасности;
- построение полей поражающих факторов;
- выбор критериев поражения;
- оценка последствий воздействия поражающих факторов;
- расчет показателей риска.

3.1. Идентификация опасности

Задача данного этапа — выявление и четкое описание всех источников опасностей и путей (сценариев) их реализации. Это ответственный этап оценки риска, так как не выявленные на этом этапе опасности не подвергаются дальнейшему рассмотрению и исчезают из поля зрения.

Результатами этапа идентификации опасностей являются:

- перечень нежелательных событий;
- описание источников опасности, факторов риска, условий возникновения и развития нежелательных событий (например, сценариев возможных аварий), включая оценку частот реали-

зации каждого из сценариев возникновения и развития аварии;

- предварительные оценки опасности и риска.

При идентификации опасности объекта, не являющегося сложной технической системой, допустимо использование методов качественных оценок опасности, подробно изложенных в «Методических указаниях по проведению анализа риска опасных производственных объектов» [4].

Возникновение и развитие аварийных ситуаций на объектах, представляющих собой сложную техническую систему, определяется комбинацией случайных событий, возникающих с различной частотой и на разных стадиях. Корректная идентификация опасности объектов такого типа возможна в случае применения количественного анализа риска, базирующегося на использовании логико-графических схем (дендрограмм):

- «деревьев отказов», позволяющих выявить причинно-следственные связи событий, приведших к возникновению чрезвычайной ситуации;

- «деревьев событий», позволяющих выявить последовательности исходящих из головного событий, определяющие возможность реализации того или иного сценария развития аварийной ситуации.

Методические рекомендации по построению и анализу «деревьев отказов» и «деревьев событий» представлены в **Приложении А** и **Приложении Б** соответственно.

Оценка частот реализации различных сценариев возникновения и развития аварии предполагает наличие данных о частотах первичных отказов (инициирующих событий), взаимных влияниях отказов элементов и другой подобной информации, которая может быть получена из:

- технической документации (для узлов и агрегатов);
- статистических данных (по аварийности и надежности технологических систем и природным явлениям);
- экспертных оценок специалистов.

3.2. Построение полей поражающих факторов

Основные параметры поражающих факторов, принимаемых во внимание при расчете показателей риска чрезвычайной ситуации, обусловленной пожарами, взрывами и выбросами токсических веществ, представлены в **табл. 5**. Также в табл. 5 приведены источники, рекомендуемые к использованию при построении полей поражающих факторов в случае распространения ударной волны, теплового излучения и загрязняющих веществ в трехмерном пространстве (атмосфере).

Таблица 5

Поражающие факторы, их основные параметры и источники, рекомендуемые к использованию

Поражающие факторы	Параметры	Источники, рекомендуемые к использованию
Ударная волна	Избыточное давление во фронте ударной волны и импульс положительной фазы	• для ВВ — «Единые правила безопасности при взрывных работах» [5] • для ТВС — ГОСТ Р 12.3.047-98 [6]
Тепловое излучение	Плотность теплового потока	ГОСТ Р 12.3.047-98 [6]
Токсичные нагрузки	Концентрация токсичного вещества	• для газов и низкокипящих жидкостей — «ТОКСИ-3» [7] • для высококипящих жидкостей — «ТОКСИ-2» [8]

Для расчета полей поражающих факторов при развитии аварийной ситуации в двухмерном или одномерном пространстве (например, при разливе нефтепродуктов по поверхности или при попадании растворимых аварийно химически опасных веществ в открытые водотоки) необходимы качественно иные математические модели. Некоторые из них представлены в соответствующих методических материалах по оценке последствий воздействия (смотри п. 3.4).

3.3. Выбор критериев поражения

При оценке последствий воздействия поражающих факторов на человека, окружающую среду и различные объекты могут использоваться как детерминированные критерии поражения, так и вероятностные.

При расчете показателей риска на основе полей поражения, построенных в соответствии с рекомендуемыми в табл. 5 источниками, используются вероятностные показатели. *Методические указания* по выбору вероятностных критериев оценки последствий действия поражающих факторов представлены в **Приложении В**.

Детерминированные критерии поражения, используемые в том числе при оценке последствий воздействия поражающих факторов на окружающую среду, также представлены в соответствующих методических материалах (смотри п. 3.4).

3.4. Оценка последствий воздействия поражающих факторов

Под последствиями чрезвычайной ситуации понимается:

- количество пострадавших из числа персонала и населения, проживающего на территории, прилегающей к пожаровзрывоопасным и химически опасным объектам или маршрутам транспортировки опасных грузов;
- материальный и эколого-экономический ущерб, связанный с воздействием поражающих факторов чрезвычайной ситуации на имущество государства, физических и юридических лиц и окружающую среду.

Количество пострадавших, в соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» [1], есть число людей, погибших и/или получивших в результате чрезвычайной ситуации ущерб здоровью, то есть сумма безвозвратных и санитарных потерь. Оценка количества пострадавших при чрезвычайных ситуациях техногенного характера можно провести, следуя *Методическим рекомендациям* [9].

При этом необходимо иметь в виду, что, следуя указанным методическим рекомендациям:

- фактически соблюдается процедура, заложенная в настоящем Руководстве;
- проводится оценка максимально возможного числа пострадавших;
- может быть получена не только оценка числа пострадавших в результате чрезвычайных ситуаций на стационарных объектах и объектах трубопроводного транспорта, как было первоначально задекларировано, но и при аварийных ситуациях на объектах автомобильного и железнодорожного транспорта⁹.

В случае если оценки числа пострадавших, полученных в рамках методических рекомендаций [9], соответствуют повышенным или условно приемлемым уровням риска, представляется целесообразным провести оценку числа пострадавших, непосредственно используя методические материалы, перечисленные в пунктах 3.2 и 3.3 Руководства. *Примеры* их использования представлены в **Приложении Г**.

В соответствии со ст. 16 ФЗ «Об охране окружающей среды» от 7 января 2002 г. № 7-ФЗ негативное воздействие на окружающую среду является платным (п. 1 ст. 16) и внесение платы за негативное воздействие на окружающую среду не освобождает субъектов хозяйственной и иной деятельности от выполнения мероприятий по охране окружающей среды и возмещения вреда

⁹ Дополнительные исследования показали, что алгоритм, применяемый к стационарным объектам, в полной мере применим и для объектов автомобильного и железнодорожного транспорта.

окружающей среде (п. 4 ст. 16). В соответствии со ст. 77 вред окружающей среде, причиненный субъектом хозяйственной и иной деятельности, подлежит возмещению заказчиком и (или) субъектом хозяйственной и иной деятельности (п. 2 ст. 77) и возмещается в соответствии с утвержденными в установленном порядке таксами и методиками исчисления размера вреда окружающей среде, а при их отсутствии исходя из фактических затрат на восстановление нарушенного состояния окружающей среды, с учетом понесенных убытков, в том числе упущенной выгоды (п. 3 ст. 77)¹⁰. Поэтому под **эколого-экономическим ущербом**, в данном Руководстве, понимается сумма затрат на ликвидацию последствий чрезвычайной ситуации, восстановление объектов и сооружений, расположенных на загрязненной территории, а также реабилитацию загрязненной территории или плату за нанесение вреда окружающей среде от загрязнения земель, водных объектов и атмосферы.

Для оценки эколого-экономического ущерба в случаях, выделенных в пунктах 3.2 и 3.3, целесообразно использовать методические материалы, представленные:

- в **Приложении Д — Методика** оценки эколого-экономических последствий загрязнения земель нефтью и нефтепродуктами;
- в **Приложении Е — Методические рекомендации** по оценке эколого-экономического ущерба при загрязнении открытых водных объектов в результате крупномасштабных сбросов аварийно химически опасных веществ.

3.5. Расчет показателей риска

К числу основных расчетных показателей риска относятся:

- индивидуальный риск;
- коллективный риск;
- социальный риск;
- материальный риск;
- экономический риск.

Физический смысл **индивидуального риска** может быть представлен как частота поражения отдельного человека в результате воздействия всей совокупности исследуемых факторов опасности в рассматриваемой точке пространства. Индивидуальный риск, являющийся функцией, определяемой на поверхности, прилегающей к опасному объекту, рассчитывается по формуле:

$$R_{\Sigma}(x, y) = \sum_{i,j} \lambda_i E_{ij}(x, y) P_j,$$

где: λ_i — частота реализации i -го сценария; $E_{ij}(x, y)$ — вероятность реализации j -го механизма воздействия в точке (x, y) для i -го сценария;

P_j — вероятность поражения при реализации j -го механизма воздействия.

Через **индивидуальный риск** может быть выражен **коллективный риск**:

$$R_{\text{колл}} = \iint_S R_{\Sigma}(x, y) N(x, y) dx dy,$$

где $N(x, y)$ — плотность распределения населения и/или персонала по поверхности, прилегающей к опасному объекту.

Вероятность реализации события p_i за рассматриваемый период времени t может быть связана с частотой реализации этого события λ_i (при выполнении условия $\lambda_i t \leq 0,01$) достаточно просто:

$$p_i \approx \lambda_i t.$$

Коллективный риск поэтому, по сути, является математическим ожиданием дискретной случайной величины людских потерь N и может быть рассчитан как:

$$R_{\text{колл}} = \sum_{i=1}^k n_i p_i,$$

где n_i — значение величины людских потерь при реализации i -го сценария аварийной ситуации из k возможных, который может осуществиться с вероятностью, равной p_i .

По аналогии с **коллективным риском** определяется **материальный риск** (математическое ожидание дискретной случайной величины материального ущерба G), который рассчитывается как:

$$R_{\text{мат}} = \sum_{i=1}^k g_i p_i,$$

где g_i — значение стоимостной оценки материального ущерба при реализации i -го сценария аварийной ситуации, который может осуществиться с вероятностью, равной p_i .

Для любой случайной величины Y (будь то дискретная случайная величина людских потерь N или дискретная случайная величина материального ущерба G) универсальной характеристикой является ее функция распределения $F(y)$, равная вероятности P того, что случайная величина Y примет значение меньше y :

$$F(y) = P(Y < y).$$

В практике расчета показателей риска обычно используют дополнительную функцию распределения случайной величины, равную вероятности того, что случайная величина Y примет значение не меньшее y :

$$\bar{F}(y) = 1 - P(Y < y) = P(Y \geq y),$$

которая может быть выражена через значения p_i и y_i следующим образом:

¹⁰ Понятие «упущенная выгода» законодательно институционализировано, однако в связи с отсутствием нормативной базы практически неприменимо.

$$\bar{F}(y) = \begin{cases} 1, & y = 0, \\ \sum_{i=1}^k p_i = 1 - p_0, & 0 < y \leq y_1, \\ \dots \\ \sum_{i=s}^k p_i, & y_{s-1} < y \leq y_s, \\ \dots \\ p_k, & y_{k-1} < y \leq y_k, \\ 0, & y_k < y < \infty, \end{cases}$$

где p_0 — вероятность безаварийной эксплуатации.

Зависимость между вероятностью реализации $\bar{F}(y)$ и величиной значения случайной величины Y строится в виде F/Y-диаграммы. Как показатели риска F/N- и F/G-диаграммы называются кривыми *социального* или *экономического риска* соответственно.

В **Приложении Ж** и **Приложении З** представлены примеры расчета индивидуального риска и построения F/N- и F/G-диаграмм.

Литература

1. Постановление Правительства Российской Федерации «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» от 21 мая 2007 года № 304.
2. ГОСТ Р 22.10.01-2001. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Оценка ущерба. Термины и определения.
3. Отчет о НИР «Обоснование допустимых уровней индивидуального риска в чрезвычайных ситуациях, в том числе при эксплуатации критически важных объектов Российской Федерации». — М.: ЦСИ ГЗ МЧС России, 2007.
4. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов, № РД 03-418-01, утверждены Постановлением Госгортехнадзора России от 10 июля 2001 г. № 30.
5. Единые правила безопасности при взрывных работах. — М.: НПО ОБТ, 1992.
6. ГОСТ Р 12.3.047-98. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.
7. Методика оценки последствий аварийных выбросов опасных веществ. Методика «ТОКСИ». Редакция 3.1 «ТОКСИ-3». Сборник документов «Моделирование аварийных ситуаций на опасных производственных объектах», серия 27, выпуск 5. — М.: ОАО «НТЦ «Промышленная безопасность», 2006.
8. Методика оценки последствий химических аварий (Методика «ТОКСИ». Редакция 2.2). Сборник документов «Методики оценки последствий аварий на опасных производственных объектах», серия 27, выпуск 2. — М.: ГУП «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2001.
9. Методические рекомендации по определению количества пострадавших при чрезвычайных ситуациях техногенного характера. Утверждены первым заместителем Министра Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий Р.Х. Цаликовым 1 сентября 2007 года № 1-4-60-9-9.

Приложение А. Методические рекомендации по построению и анализу «деревьев отказов»

1. Общая характеристика метода

Метод количественного анализа риска, базирующийся на логико-графической схеме «дерева отказов», используется для анализа возможных причин и первопричин возникновения чрезвычайной (аварийной) ситуации и расчета ее частоты.

Дерево отказов — это графическое представление логических связей между аварийными ситуациями и инициирующими их событиями. Построение дерева отказов представляет собой процесс «обратного осмысливания», то есть, начиная с аварии или другого нежелательного события (часто называемого верхним нежелательным событием и/или головным событием), рассматриваются события, которые могут приводить к его реализации. Затем исследуются причины возникновения этих событий и так далее, до тех пор, пока не будут выявлены все первичные — инициирующие — события.

Результатом применения рассматриваемого метода является определение частоты возникновения чрезвычайной (аварийной) ситуации. Рекомендуется также определять минимальные сочетания событий, определяющие возникновение или невозможность возникновения аварии (минимальное пропускное и отсечное сочетания, соответственно).

2. Структура дерева отказов

Структура дерева отказов включает одно головное событие (авария, инцидент), которое соединяется с набором соответствующих нижестоящих событий (ошибок, отказов, неблагоприятных внешних воздействий), образующих причинные цепи. Для связи между событиями в «узлах» деревьев используются логические знаки «И» и «ИЛИ». Логический знак «И» означает, что вышестоящее событие возникает при одновременном наступлении нижестоящих событий (соответствует перемножению их вероятностей для оценки вероятности вышестоящего события). Знак «ИЛИ» означает, что вышестоящее