

На правах рукописи

Демин Владимир Федорович

**АНАЛИЗ РИСКА В ОБЕСПЕЧЕНИИ
БЕЗОПАСНОСТИ ЧЕЛОВЕКА В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ**

**Специальность 05.26.02 - Безопасность в чрезвычайных ситуациях (ядерный
топливно-энергетический комплекс)**

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Москва - 2016

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении
«Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»

Научный консультант: доктор технических наук, доцент
Горбунов Сергей Валентинович.

Официальные оппоненты:

Крышев Иван Иванович, доктор физико-математических наук, профессор,
главный научный сотрудник ФГБУ «Научно-производственное объединение
«Тайфун» Росгидромета (г. Обнинск);

Арутюнян Рафаэль Варназович, доктор физико-математических наук,
профессор, заместитель директора, ФГБУН «Институт проблем безопасного
развития атомной энергетики» РАН (г. Москва);

Викторов Александр Александрович, доктор технических наук, кандидат физ.-
мат. наук, доцент; ведущий научный сотрудник. ФКП «НИИ «Геодезия»»
(г. Красноармейск, Московская область).

Ведущая организация:

Обнинский институт атомной энергетики – филиал Федерального
государственного автономного образовательного учреждения высшего
профессионального образования «Национальный исследовательский ядерный
университет «МИФИ» (г. Обнинск Калужской обл.).

Защита диссертации состоится 22 июня 2016 г. в 11.00 на заседании
диссертационного совета Д 462.001.02 при Федеральном государственном
бюджетном учреждении «Государственный научный центр Российской
Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И.
Бурназяна» по адресу: 123182, Москва, ул. Живописная, д. 46.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФБГУ ГНЦ ФМБЦ им.
А.И.Бурназяна ФМБА России по адресу: 123182 Москва, ул. Живописная, д.
46 и на сайте <http://fmbcfmba.ru/about/publications/101/8561/>.

Автореферат диссертации разослан

2016 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат технических наук

Молоканов Андрей Алексеевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Риск - это очень широкое понятие, отражающее многие, как правило, негативные явления в жизни отдельного человека или общества, проявления которых носит вероятностный (стохастический) характер. В диссертации **рассматривается риск здоровью или жизни человека от действия техногенных или природных источников опасности в нормальных и чрезвычайных ситуациях.**

Актуальность работы

Промышленное развитие со второй половины XX столетия характеризуется как относительно быстрым ростом объема промышленного производства, так и изменением его структуры. Это изменение происходит в сторону создания производств большой единичной мощности с высокой энергонасыщенностью и содержанием в больших количествах потенциально опасных технологических материалов и отходов. К природным катастрофам добавилась реальная опасность техногенных катастроф и глобальных изменений среды обитания человека. Список уже произошедших катастроф хорошо известен: Три-Майл-Айленд, Бхопал, Севезо, Чернобыль, Фукусима и др.

Это потребовало изменения подхода к обеспечению безопасности промышленности: от инженерного подхода и принципа абсолютной безопасности к вероятностному анализу безопасности, исследованию процессов в аварийных условиях, оценке последствий аварий, анализу риска и концепции приемлемого риска, оптимизации решений по безопасности и т.п. Как ответ на эту потребность стало необходимым развивать междисциплинарное научное направление **«оценка и анализ риска».**

Диссертационная работа относится к той части анализа безопасности, в которой осуществляется оценка и анализ воздействия на здоровье профессиональных работников и населения техногенных и частично природных источников риска. В общепринятом определении это третий уровень обеспечения безопасности.

Чернобыльская авария дала толчок работам по анализу риска. Политические изменения в СССР, с одной стороны, сняли идеологические ограничения на подобные работы, с другой стороны, расширили область необходимого применения анализа

риска (ранее закрытые объекты ядерного комплекса, произошедшие в прошлом радиационные аварии, ядерные испытания, обращение с отходами, снятие с эксплуатации АЭС и других радиационно опасных объектов, разработка стратегии развития топливно-энергетического комплекса страны или отдельного региона с учетом современных требований обеспечения безопасности и защиты окружающей среды и др.).

Однако до сих пор применяется в основном упрощенный вариант анализа риска. Он сводится к определению уровней загрязнения природных сред или «доз» воздействия на человека или флору и фауну и сравнению с установленными предельно допустимыми концентрациями вредных веществ или предельно допустимыми «дозами». В радиационной защите это так называемый дозовый подход, в котором основным показателем является эффективная доза.

Вплоть до настоящего времени при установлении норм безопасности и других уровней принятия решений по безопасности для разных источников вредного воздействия используются разные подходы и разные рисковые или «дозовые» показатели. Их трудно, если вообще возможно, сопоставить друг с другом. По этой причине трудно или практически невозможно сравнить нормы безопасности и другие уровни принятия решений по безопасности в разных областях деятельности человека. В такой ситуации трудно рассчитывать на их оптимальность.

Причина такого положения (несоответствие между практической потребностью и возможностью использования анализа риска): недостаточное развитие научно-методической и нормативно-правовой базы, а также современных компьютерных систем (баз данных, расчетных и других программ).

Принятие решений по послеаварийным защитным и восстановительным мероприятиям вне площадки осуществляется главным образом на основе учета только радиологических последствий и при этом, так же как и в нормальных условиях, применяется дозовый подход.

Как показал опыт оценок и анализа последствий ядерных аварий, ядерных испытаний и проведения защитных и восстановительных мероприятий, существует целый ряд причин, по которым необходимо выйти за пределы радиационной защиты и рассматривать также и нерадиационные факторы риска.

Большую роль с конца прошлого века начал играть сравнительный анализ риска при принятии решений по выбору типа энергопроизводства на местном, региональном и глобальном уровнях. В этом анализе существует необходимость оценки риска от разных источников радиационной и нерадиационной природы.

Таким образом, существует **актуальная проблема** в принятии решений по безопасности на основе анализа риска и их обоснования: недостаточное развитие научно-методической и нормативно-правовой базы оценки, анализа и управления риском, а также современных компьютерных систем (баз данных, расчетных и других программ), обеспечивающих оценку и анализ риска во всех необходимых для принятия решений деталях.

В связи с этим выбрано следующее **направление исследований диссертационной работы**: разработка научно-методических основ оценки и анализа риска, развитие и обоснование регулирующих документов по безопасности человека в нормальных и чрезвычайных ситуациях на основе оценки, анализа и управления риском.

Цель диссертационной работы

Основная цель диссертационной работы:

Обеспечение разработки и обоснования регулирующих документов по безопасности персонала опасных производств и населения и поддержка принятия решений по мерам защиты жизни и здоровья человека в нормальных и чрезвычайных ситуациях на базе оценки, анализа риска и управления им.

Основные задачи работы

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Разработка общей методики оценки риска как основы развития частных и упрощенных методик оценки риска в применении к конкретным источникам вредного воздействия на здоровье человека.
2. Разработка частной и упрощенной методик оценки риска от воздействия ионизирующего излучения на базе общей методики.

3. Оценка и анализ эффектов конкуренции рисков и их влияние на принятие решений по безопасности персонала и населения.
4. Разработка метода стандартизации возрастного состава населения в применении к оценке риска.
5. Разработка научных основ гармонизации регулирующих документов по безопасности человека от разных источников вредного воздействия на основе оценки и анализа риска.
6. Разработка концептуальных основ принятия решений по обеспечению безопасности, медицинской и социальной защиты человека в чрезвычайных ситуациях на основе оценки и анализа риска.
7. Оценка радиационного и нерадиационного риска для населения территорий, пострадавших от ядерных испытаний и Чернобыльской аварии.
8. Разработка способа сравнения риска от разных его источников.
9. Разработка комплексного подхода к регулированию безопасности в случае действия двух или более источников риска на основе оценки и анализа риска.

Каждая из этих основных задач включает несколько более конкретных научно-исследовательских подзадач.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Для чрезвычайной ситуации после радиационной аварии обоснована необходимость оценки как радиационного, так и нерадиационного риска для поддержки принятия решений по защитным и восстановительным мерам.
2. Разработана методика оценки риска
 - в общей универсальной версии в применении к любому источнику риска,
 - в специальной версии, включая упрощенный вариант, для оценки радиационного риска от любого вида и сценария облучения (разового, хронического или растянутого во времени, смешанного и т.п.) и для оценки нерадиационного риска разной природы;

методика позволяет оценивать риск в специфических или обобщенных показателях индивидуального или популяционного риска в их возможной зависимости от особенностей источника воздействия, от времени, возраста, местных условий, а также в интегрированной или усредненной форме; выбор показателей зависит от постановки задачи и практического применения результатов.

3. Разработан и предложен к практическому применению новый, дополнительный набор показателей риска: специальный показатель риска для нормирования и сравнения риска, стандартизованные показатели риска.
4. Показаны недостатки современных стандартов возрастного распределения населения в их применении к оценке риска, разработан новый метод стандартизации показателей риска.
5. Выполнены оценка и анализ эффектов конкуренции рисков, продемонстрировано их влияние на принятие решений по безопасности населения и необходимость учета этого влияния в оценке, анализе и управлении риском.
6. Разработаны научные основы гармонизации регулирующих документов по безопасности человека от разных источников вредного воздействия на основе оценки и анализа риска.
7. Впервые в необходимых деталях и показателях получены оценки риска здоровью населения на территориях России, пострадавших от ядерных испытаний и Чернобыльской аварии для поддержки принятия решений по защитным и восстановительным мерам.
8. Обоснован и продемонстрирован метод сравнения рисков разной природы с использованием предложенного соискателем специального показателя риска.
9. Разработан комплексный подход к регулированию безопасности в случае действия двух или более источников риска на основе оценки и анализа риска.

На защиту выносятся:

1. Научно-методические основы оценки риска для здоровья или жизни человека от действия техногенных или природных источников опасности в нормальных и чрезвычайных ситуациях:

- трехуровневый подход к развитию и практическому применению методов оценки риска,
 - общая универсальная методика оценки риска в применении к любому источнику риска,
 - специальная, частная версия методики, включая ее упрощенный вариант - методика оценки радиационного риска от любого вида и сценария облучения (разового, хронического или растянутого во времени, смешанного и т.п.) на основе общей методики;
 - новый, дополнительный набор показателей риска: специальный показатель риска для нормирования и сравнения риска, стандартизованные показатели риска, разработанные и предложенные к практическому применению.
2. Эффекты конкуренции рисков, необходимость и способ их учета при оценке и анализе риска.
 3. Метод стандартизации показателей риска в применении к оценке риска в нормальных и чрезвычайных ситуациях.
 4. Гармонизированный подход к разработке регулирующих документов по обеспечению безопасности человека от разных источников вреда, включая
 - концептуальные основы управления безопасностью человека, медицинской и социальной защитой персонала опасных производств и населения в чрезвычайных ситуациях на основе оценки и анализа риска.
 - структуру установления норм безопасности на единой основе оценки риска в разных сферах человеческой деятельности (от универсальных к отраслевым нормам безопасности),
 - уровни принятия решений по безопасности, медицинской и социальной защите персонала опасных производств и населения в нормальных и чрезвычайных ситуациях в показателях риска,
 - комплексное регулирование безопасности при действии двух или более источников опасности.
 5. Результаты оценки, анализа и сравнения риска для населения от разных источников опасности (ядерные испытания, Чернобыльская авария, транспортные аварии и др.) на основе разработанных научно-методических основ оценки риска.

6. Метод сравнения рисков разной природы с использованием предложенного соискателем специального показателя риска.

Научная и практическая значимость работы

Разработана совокупность методов оценки и анализа риска в нормальных и чрезвычайных ситуациях, включая общую методику оценки риска. *Эта методика носит универсальный характер:*

- она применима к любому источнику риска, накладывая требование единообразного и, вообще говоря, единственно возможного способа представления входных и выходных данных по источнику риска;
- она обеспечивает расчет риска как в специфических показателях риска в их возможных зависимостях от времени, пола, возраста и т.п., так и в обобщенных или интегрированных показателях;
- на ее основе разработана частная методика, включая ее упрощенный вариант: методика оценки радиационного риска; радиационный риск может быть рассчитан для любого вида и характера (сценария) облучения, а также для так называемого варианта отсроченной оценки риска (для живущих людей спустя много лет после получения дозы воздействия ионизирующего облучения).

Помимо набора специфических и интегрированных показателей риска, более или менее уже известных по отечественным и зарубежным публикациям, в том числе и публикациям соискателя, предложены для практического применения *специальный показатель риска* для нормирования и сравнения риска и *стандартизованные показатели риска* (СПР).

СПР - это новая разработка, обобщающая некоторые идеи работ соискателя, приемы стандартизации в оценке риска.

Результаты оценки риска (1994 – 2000 гг.) для населения на территориях, пострадавших от ядерных испытаний, позволили существенным образом изменить направленность мер по ликвидации последствий испытаний: от чисто мер социальной защиты населения к добавлению мер медицинской защиты здоровья людей.

При формировании программы практических действий в рамках Федеральной целевой программы (ФЦП) «Семипалатинский полигон – Алтай» (1992 г.) считалось,

что радиологические последствия первого ядерного испытания в августе 1949 г. уже реализовались и задачи преодоления последствий сводились в основном к мерам социальной компенсации. Расчеты риска показали, что к 1994 г. реализовалась примерно только половина радиологических последствий, другую половину можно было ожидать после 1994 г. Следует отметить, что именно первое ядерное испытание в 1949 г. в силу сложившихся обстоятельств на момент испытания имело наибольшие последствия на территории Алтайского края по сравнению с другими последующими испытаниями. Практическая значимость результатов оценки риска была высоко оценена руководителями ФЦП и Алтайского края. За НИР по оценке риска соискателю была вручена Государственная премия Алтайского края (1999 г.).

НИР по развитию анализа риска, результаты которых представлены в диссертации, начали проводиться в начале 80-х годов в основном по инициативе соискателя и его коллег. После Чернобыльской аварии из-за возникновения практической потребности в результатах анализа риска на территориях, пострадавших от ядерных аварий и ядерных испытаний, эти работы стали выполняться в рамках государственной программы НИР.

Начиная с 90-х годов прошлого века работа по всем указанным выше основным направлениям стала проводиться в рамках ряда отечественных и международных программ и проектов:

- федеральная программа НИР МЧС (Госкомчернобыль) России (1992-1994 гг.);
- программа НИР Совета Безопасности России (1996 г.);
- программа НИР Координационного Совета Минатома РФ по анализу риска в ядерном комплексе (1997 - 2001 гг.);
- Федеральная программа «Семипалатинский полигон/Алтай» (1994 – 2000 гг.);
- Федеральная целевая программа «Развитие инфраструктуры nanoиндустрии в Российской Федерации на 2008 - 2011 годы»;
- международный (ЕС-СНГ) послечернобыльский исследовательский проект JSP2 «Уровни вмешательства в СНГ, оценка риска и нерадиологические факторы в принятии решений» (1992-1996 гг.)
- и др.

Разработанная общая методика оценки и способ формирования частных методик могут быть применены и рекомендованы

- к оценке и анализу риска от таких источников риска как
 - внешние причины опасности (аварии и несчастные случаи в разных областях деятельности человека, пожары, убийства/самоубийства и др.),
 - воздействие вредных химических веществ, микро- и нано-биообъектов в нормальных и нештатных условиях;
- к формированию групп повышенного риска с оценкой и анализом риска и принятию решений по страхованию жизни и здоровья профессиональных работников и населения, оказавшегося в нештатных ситуациях.

Разработанные концептуальные основы принятия решений по безопасности человека на основе оценки и анализа риска, структура установления норм безопасности для персонала и населения с едиными универсальными и основными отраслевыми нормами безопасности и другими уровнями принятия решений по безопасности для регулируемых источников риска в нормальных и нештатных условиях могут быть использованы при совершенствовании регулирующих документов по обеспечению безопасности персонала опасных производств, опасных видов деятельности и населения в зонах действия источников опасности.

Достоверность полученных результатов подтверждается использованием строгих положений математического анализа, теории вероятности и математической статистики, точностью и строгостью математических определений показателей риска и расчетных формул, составляющих основу методики оценки и анализа риска. Для оценки риска в разных ее вариантах разработан компьютерный комплекс БАРД (Банк Данных по Анализу Риска). В основе расчетного алгоритма лежат строгие математические формулы методики оценки риска и хорошо известные формулы

численных методов математики. Достоверность расчетов по БАРДу проверяется разного рода тестовыми расчетами.

В 1996 г. были проведены перекрестные расчеты радиационного риска по заданным соискателем входным данным (дозовые данные и МДД) между системами БАРД и ASQRAD при выполнении международного проекта EU-CIS Joint Study Project 2 с целью их валидации. Компьютерная система ASQRAD (Assessment System for Quantification of Radiological Detriment) разработана совместно специалистами Великобритании и Франции.

Методология и методы исследования. Методика оценки и анализа риска строится на основе использования математического анализа, теории вероятности и математической статистики. Расчетные алгоритмы в системе БАРД разработаны с использованием формул вычислительной математики, главным образом в части численного интегрирования. При расчете риска в качестве входных данных используются детальные медико-демографические данные той территории, для населения которой проводится оценка и анализ риска. Эти данные берутся из баз данных Росстата, российских медицинских и демографических организаций, баз данных ВОЗ и Евростата.

Апробация работы

Материалы диссертационной работы докладывались соискателем на 7 российских и 13 международных конференциях, симпозиумах, семинарах.

Публикации

По результатам исследований, составивших содержание диссертационной работы, опубликовано 55 печатных работ, из них 10 в зарубежных изданиях; в том числе 23 в журналах списка ВАК (выделены жирным шрифтом), из них 2 в зарубежных журналах.

Личный вклад соискателя

Диссертационная работа содержит теоретические, методические и прикладные результаты исследований, выполненных лично соискателем или при его непосредственном определяющем участии. Разработана концептуальная, 3-х уровневая структура методики оценки риска, общая методика риска как основная часть этой структуры с ее полным набором базовых величин и показателей риска, включая

впервые предложенные соискателем, с их точным определением и строгими математическими расчетными формулами.

Соискателем проведен расчет и анализ эффектов конкуренции рисков, часть из которых может носить парадоксальный характер, показана необходимость учета этих эффектов при оценке, анализе и принятии решений по безопасности на основе анализа риска.

Соискателем разработаны на основе оценки и анализа риска

- 1) гармонизированный подход к разработке регулирующих документов по обеспечению безопасности человека от разных источников вреда, включая нормы безопасности и другие уровни принятия решений по безопасности и в нормальных и нештатных ситуациях,
- 2) комплексный подход к регулированию безопасности в случае действия двух или более источников риска на основе оценки и анализа риска,
- 3) новая концепция стандартизации рисковых показателей при их усреднении по возрасту населения.

Оценки последствий ядерных испытаний и ядерных аварий выполнены соискателем с применением его научно-методических разработок.

Структура и объем диссертации

Диссертация включает Введение, Заключение, 7 глав и 4 Приложения. Общий объем диссертации 220 страниц. Содержит 26 рисунков и 14 таблиц. Библиография включает 99 наименований на 11 страницах.

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Во **Введении** обоснована актуальность диссертационной работы, определены цели и задачи исследований, аргументированы научная новизна и практическая значимость результатов, выносимых на защиту.

В главе 1 (Анализ состояния проблемы и выбор направления исследований)

анализируется состояние проблемы с развитием и практическим использованием оценки риска, включая краткий исторический обзор, актуальность развития и применения анализа риска. Сформулирована **актуальная проблема** в принятии решений по безопасности на основе анализа риска и их обоснования: недостаточное развитие научно-методической и нормативно-правовой базы оценки, анализа и управления риском, а также современных компьютерных систем (баз данных, расчетных и других программ), обеспечивающих оценку и анализ риска во всех необходимых для принятия решений деталях.

В связи с этим выбрано следующее **направление исследований диссертационной работы**: разработка научно-методических основ оценки и анализа риска, развитие и обоснование регулирующих документов по безопасности персонала опасных производств и населения и для поддержки принятия решений по мерам защиты жизни и здоровья человека в нормальных и в чрезвычайных ситуациях на основе оценки, анализа и управления риском.

Глава 2 Общая методика оценки риска. В начале главы приводится предлагаемая соискателем 3-х уровневая структура разработки методов оценки риска, см. рисунок 1.

В соответствии с этой 3-х уровневой структурой методики оценки риска описывается ее первый, основной уровень - общая методика оценки риска, применимая к любому источнику риска, в том числе возникающему в чрезвычайной ситуации.

В общей методике даются определения базовых величин, показателей риска и приводятся соответствующие расчетные формулы.

К базовым величинам, функциям возраста a , относятся

- повозрастные коэффициенты фоновой смертности $\mu(a)$ и заболеваемости $t(a)$,
- функция дожития $S(a)$ (вероятность дожить до возраста a),
- ожидаемая продолжительность предстоящей жизни для разного возраста $L(a)$,
- повозрастные распределения населения $n(a)$
- и др.

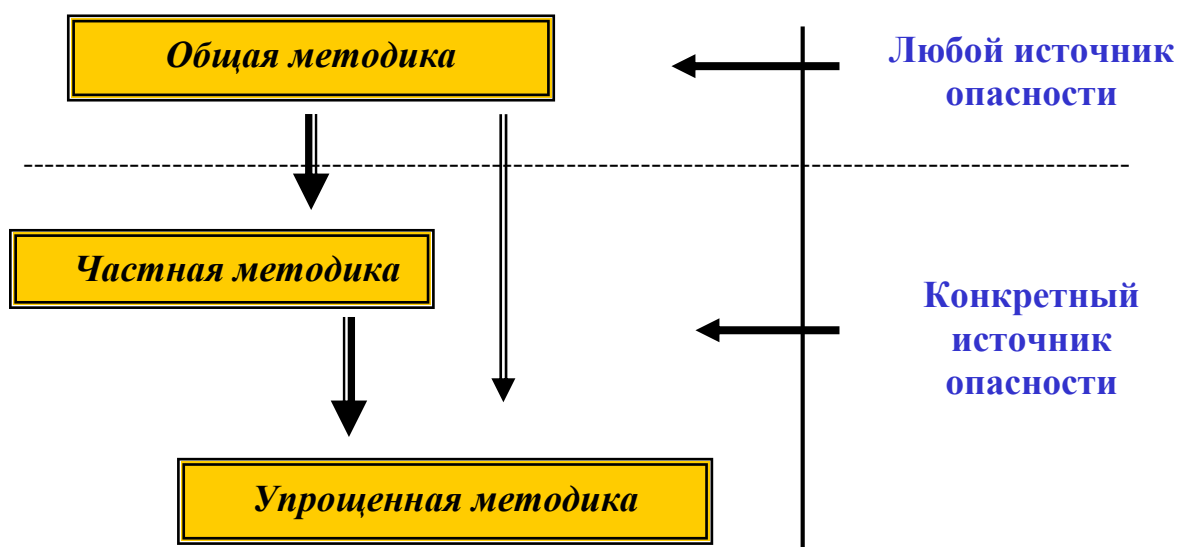


Рисунок 1 - Три уровня развития методики оценки риска.

Показатели риска подразделяются на 2 группы: индивидуальные и популяционные показатели.

Индивидуальные показатели риска от воздействия некоторого источника риска:

- интенсивность риска смерти $r(a)$ как функция текущего возраста a ,
- пожизненный риск смерти $R(e)$ и ожидаемый ущерб здоровью $G(e)$ в потерянных годах жизни для человека некоторого начального возраста e ,
- показатели риска заболеваемости,
- относительный, атрибутивный и абсолютный риск,
- вероятность причинной обусловленности возникновения неспецифического заболевания или смерти.

Соискателем предложены и обоснованы следующие дополнительные показатели, необходимые в оценке и анализа риска:

- приведенный, или относительный ущерб \mathcal{R} здоровью человека в потерянных годах жизни,
- стандартизованные показатели риска (СПР) при их усреднении по возрасту человека.

Первый показатель наиболее удобен при нормировании и сравнении рисков, второй рекомендуется использовать при суммировании (усреднении) показателей риска по возрасту человека.

Следующие расчетные формулы, как правило, наиболее часто используются при оценке риска:

$$R_i(e) = \int_e^{\infty} r_i(e,a)da = \int_e^{\infty} S(e,a) \cdot \mu_i(a)da. \quad (1)$$

$$G_i(e) = \int_e^{\infty} (S^{(i)}(e,a) - S(e,a))da = \int_e^{\infty} r_i(e,a)L^{(i)}(a)da. \quad (2)$$

В формулах (1) и (2) e - начальный, a - текущий возраст, $S(e,a)$ - полная функция дожития от возраста e до возраста a , $S^{(i)}(e,a)$ - функция дожития в отсутствие i -го источника риска, $L^{(i)}(a)$ - ожидаемая продолжительность жизни человека, достигшего возраста a , в отсутствие риска i :

$$L^{(i)}(a) = \int_a^{\infty} S^{(i)}(a,a')da'. \quad (3)$$

Приведенный, или относительный ущерб \mathcal{R} определяется следующим образом. Пусть имеет место протяженное (хроническое) воздействие источника риска со среднегодовой мощностью «дозы» $d(e)$. Здесь используется обобщенное понятие дозы как меры воздействия. Тогда приведенный ущерб $\mathcal{R}(e)$ в возрасте e равен

$$\mathcal{R}(e) = d(e) \cdot g_D(e), \quad (4)$$

где $g_D(e)$ - ущерб от единицы «дозы»; рассчитывается по формуле (2) для единичной дозы, полученной в возрасте e .

Размерность величины $d(e)$ - [«доза»/год], а величины $g_D(e)$ - [год/»доза»]. Отсюда размерность величины \mathcal{R} - [год/год] (потерянный год жизни, отнесенный к году пребывания под действием источника риска). В среднестатистическом смысле величина \mathcal{R} - условно доля этого года, которая теряется в результате действия рассматриваемого источника риска в течение всего года, т.е. \mathcal{R} можно условно назвать

относительным ущербом. Реально же теряются годы жизни после этого воздействия. С учетом сделанного здесь замечания величину \mathcal{R} можно в определенном смысле считать безразмерной величиной (доля года).

Величина \mathcal{R} может быть рассчитана и для разового (кратковременного) воздействия.

Для разных источников риска мерой «дозы» могут быть разные величины. В этой главе приводятся выражения для показателя риска $\mathcal{R}(e)$ в отношении ряда конкретных источников риска.

Средняя по возрасту индивидуальная интенсивность риска $r_{i,cm}$ и ущерб в потерянных годах жизни $G_{i,cm}$ от действия некоторого источника риска i согласно предлагаемого соискателем метода стандартизации показателей риска рассчитываются как

$$r_{i,cm} = \int_0^{\infty} r_i(a) \cdot S(a) da / L, \quad G_{i,cm} = \int_0^{\infty} G_i(a) \cdot S(a) da / L, \quad (5)$$

здесь $S(a) \equiv S(0, a)$ - функция дожития от рождения до возраста a , L – ожидаемая продолжительность жизни от рождения.

Популяционные показатели риска являются производными величинами от индивидуальных показателей. Они получаются интегрированием (суммированием) индивидуальных показателей по группам людей с тем или иным возрастным составом. Дается краткая характеристика соотношения между индивидуальными, популяционными и средними показателями риска.

Далее в главе рассматриваются проблемы с получением и использованием в анализе риска *зависимости «доза» – эффект (ЗДЭ)*, устанавливающей функциональную связь между «дозой» (уровнем) воздействия на здоровье человека и эффектом (смерть или заболевание) для рассматриваемых источников опасности. Для воздействия химических загрязнителей атмосферы и в ряде других случаев ЗДЭ чаще называют как *экспозиция – ответ*. Для всех рассматриваемых источников опасности ниже используется единое обозначение: ЗДЭ.

В заключение главы приводятся формулы для оценки риска от двух и более источников вредного воздействия.

В главе 3 (Частная методика оценки риска: радиационный риск)

описывается частная методика оценки риска – оценки радиационного риска, включая ее упрощенный вариант.

Частная методика оценки риска предназначена для детальной оценки риска от некоторого конкретного источника опасности. Он включает общую методику оценки риска (глава 2), и описание ЗДЭ для этого источника. Эта структура частной методики оценки риска применена к описанию методики оценки радиационного риска – риска воздействия ионизирующего излучения. Это означает, что достаточно описать модели радиационного риска – модельные ЗДЭ. Это сделано в главе с добавлением некоторых специфических для радиационного риска расчетных формул. Все основные расчетные формулы содержатся в общей методике.

В главе приведен список моделей радиационного риска в их историческом развитии и сделан их краткий обзор, описан расчетный компьютерный комплекс БАРД и упрощенная методика оценки радиационного риска.

Приведены также формулы для расчета так называемого отсроченного риска (много лет спустя после облучения). Они необходимы на практике в реальных ситуациях, когда возникает проблема принятия решений по медицинской и социальной защите персонала опасных производств и населения с большим запозданием - много лет спустя после получения доз облучения в чрезвычайных условиях. Такая ситуация имела место в ФЦП «Семипалатинский полигон – Алтай» и при рассмотрении проблемы медицинской и социальной защиты работников предприятий Минатома СССР, часть которых получила относительно высокие дозы в 50-х - 60-х годах прошлого века в результате профессиональной деятельности.

Глава 4 (Эффекты конкуренции рисков в оценке состояния здоровья населения в районах чрезвычайных ситуаций).

Человек может умереть только один раз. Изменение одного из источников риска автоматически приводит к изменению (перенормировке) пожизненных показателей риска других действующих факторов, даже если они статистически независимы. Эту расчетную взаимозависимость показателей риска принято называть *конкуренцией рисков*.

Эффекты конкуренции рисков могут быть в ряде случаев весьма существенны, а иногда могут носить парадоксальный характер.

Конкуренция риска может дать свой эффект как в результатах эпидемиологических исследований, так и в собственно оценке риска. Эти две области проявления конкуренции рисков в главе рассматриваются отдельно.

Конкуренция в оценке риска. В главе приведены несколько примеров влияния конкуренции рисков на результаты оценки риска и на принятие решений по безопасности.

В частности, рассмотрены эффект конкуренции рисков на фоне роста смертности в 90-х годах прошлого века на примере мужского населения Брянской области. Проведен вычислительный эксперимент: рассчитан пожизненный риск смерти (от рождения) с медико-демографическими данными 1989 и 1994 г.г. от спонтанных и радиогенных злокачественных новообразований (ЗН) при постоянной мощности дозы облучения всего тела 1 мЗв/год. Получены результаты, представленные в таблице 1. Выбор этих годов обусловлен тем, что в 1994 г. имели место наихудшие показатели смертности, а 1989 г. характеризуется нормальными, доперестроечными медико-демографическими данными. Повозрастные коэффициенты смертности от спонтанного рака изменились в 90-е годы незначительно, однако пожизненный риск смерти от спонтанного и радиогенного рака уменьшился на 30 % из-за конкуренции других значительно возросших к 1994 г. факторов риска: прежде всего, болезней системы кровообращения (БСК) и внешних причин смерти. Если риск выражать в показателе пожизненного риска смерти, как это часто делается, то нетрудно увидеть прямым расчетом, что эффект конкуренции рисков, выражающийся в снижении пожизненного риска смерти от ЗН, превышает возможные последствия радиационного воздействия Чернобыльской аварии на население Брянской области.

По тем же причинам пожизненный риск смерти от воздействия ионизирующего излучения в России на 30 – 50 % меньше, чем во Франции при одинаковых дозовых нагрузках и примерно равных повозрастных коэффициентах смерти от спонтанных ЗН.

Таблица 1 - Пожизненный риск смерти R_i (от рождения) мужчин от спонтанного и радиогенного рака при мощности дозы облучения всего тела 1 мЗв/год (вычислительный эксперимент для населения Брянской области, расчет по БАРД).

Медико-демографические данные календарного года	$R_i, \%*$)	
	Злокачественные новообразования	
	спонтанные	радиогенные
1989 г.	19,7	0,20
1994 г.	13,6	0,14

*) Среднеквадратичное отклонение не более 1 %.

При решении задачи на оптимальное распределение средств по разным направлениям здравоохранения необходимо учитывать конкуренцию рисков. В математическом плане это *сложная нелинейная оптимизационная задача*. Конкуренция рисков и есть одна из главных причин нелинейности.

Конкуренция риска в эпидемиологических исследованиях. Одно из основных назначений эпидемиологических исследований – получение зависимостей «доза» - эффект (ЗДЭ). Они должны быть получены в форме повозрастных коэффициентов смертности (заболеваемости), которые становятся необходимыми входными данными для собственно оценки риска.

Если данные о ЗДЭ получены на больших возрастных интервалах на некоторой конкретной популяции людей со своими, возможно, специфическими МДД, то следует с осторожностью относиться к использованию таких ЗДЭ для оценки риска на других популяциях.

В глав 5 предлагается метод стандартизации возрастного распределения населения для оценки риска. При постановке задач обобщенного анализа и сравнения состояния здоровья населения разных стран или разных регионов одной страны, а также при оценке последствий чрезвычайных ситуаций часть данных о риске или о состоянии здоровья необходимо представлять в виде агрегированных данных: проинтегрированных (просуммированных) по возрасту и, если нужно, и по полу.

Еще в первой половине 19-го века было предложено интегрирование по возрасту данных о смертности проводить с использованием *стандартного возрастного распределения* $n^s(x)$ населения (далее просто стандарт):

$$m^s = \int_0^{\infty} n^s(x) \cdot \mu(x) dx, \quad (6)$$

где m^s - стандартизованный показатель смертности (СПС); $n^s(x)$ – плотность стандартного возрастного распределения населения как функция возраста x (число людей на единице возраста (1 год)), нормированная на 100000 человек; $\mu(x)$ - повозрастной коэффициент смертности от всех причин или некоторой конкретной причины смерти, например, источника риска, как функция возраста x (размерность величин $n^s(x)$ и $\mu(x)$ - соответственно [число людей/год] и [год⁻¹]).

На международном уровне разработка подхода к стандартизации и самого стандарта осуществляется в рамках ВОЗ. На национальном уровне могут быть свои особенности в рекомендациях по стандартизации показателей смертности и других данных.

В настоящее время ВОЗ предлагает два стандарта: мировой и Европейский. Росстат в своих демографических ежегодниках и других публикациях использует действующий Европейский стандарт. В оценках риска также иногда использовался этот стандарт.

В главе проведен критический анализ современных стандартов и получаемых на их основе стандартизованных показателей риска или полной смертности. Выявлены их серьезные недостатки, которые, с одной стороны, ставят задачу о необходимости изменения подхода к стандартизации, а, с другой стороны, дают некоторые указания на пути ее совершенствования.

Предлагается новый метод стандартизации, основанный на использовании понятия стабильного возрастного распределения населения и функции дожития $S(x)$ (вероятности дожития до возраста x от рождения). Такое распределение наступает при сохранении неизменными в течение длительного времени рождаемости и повозрастной смертности. Исходя из известного определения функции дожития, нетрудно получить, что в таком стабильном равновесном состоянии стандарт в виде плотности распределения $n^s(x)$ пропорционален функции дожития $S(x)$:

$$n^s(x) = (10^5/L) \cdot S(x). \quad (7)$$

Варианты нового стандарта, Европейский, мировой стандарты и реальное распределение населения России по возрасту представлены в главе в графическом виде для анализа и сравнения.

Для расчета стандартизованного показателя полной смертности СПС (от всех ее причин) и показателя риска смерти от i -го фактора риска $СПР_i$ в этом новом стандарте получаем следующие простые выражения:

$$СПР_i = (10^5/L) \cdot R_i, \quad СПС = \sum_i СПР_i = (10^5/L). \quad (8)$$

В самих этих формулах отсутствует стандарт, и величины СПС (СПС_{*i*}) могут использоваться для разного рода оценок и сравнений уже без необходимости рассчитывать и использовать сам стандарт. Собственный стандарт необходим только на стадии доказательства формул (8).

Если при расчете $СПР_i$ для отдельных i -х причин смерти (факторов риска) применять действующий Европейский стандарт, то получим заведомо неверный результат из-за неучета конкуренции рисков. В главе приведены примеры таких опубликованных ошибочных результатов.

Мировой стандарт. Он используется в публикациях ВОЗ для сравнения смертности разных стран мира. Существующий мировой стандарт обладает такими же недостатками, как и Европейский стандарт. Он мало пригоден для сравнения смертности развитых и развивающихся стран.

Никакими совершенствованиями нельзя сделать общий мировой стандарт более пригодным для международных сравнений. Решить проблему обоснованного международного сравнения смертности или риска можно на базе предложенного собственного стандарта.

В главе 6 (Принятие решений по безопасности в нормальных и чрезвычайных ситуациях на основе оценки и анализа риска) кратко описывается история развития регулирующих документов по безопасности, дается характеристика современного положения и показывается необходимость их совершенствования. В частности, подчеркивается, что вплоть до настоящего времени при установлении норм безопасности и других уровней принятия решений по

безопасности для разных источников вредного воздействия используются разные подходы и разные рискованные или «дозовые» показатели. Их трудно, если вообще возможно, сопоставить друг с другом. По этой причине трудно или практически невозможно сравнить нормы безопасности и другие уровни принятия решений по безопасности в разных областях деятельности человека. В такой ситуации трудно рассчитывать на их оптимальность.

Одна из основных рекомендаций национальных и международных организаций по защите окружающей среды и безопасности населения – это настоятельная рекомендация гармонизировать регулирующие документы по безопасности.

В главе предлагается два направления (этапа) гармонизации.

На первом этапе необходимо подготовить научные основы гармонизации норм безопасности и других уровней принятия решений по безопасности между разными областями деятельности человека на основе оценки и анализа риска, преодолев существующие расхождения. После этого можно переходить к международной гармонизации - гармонизации норм безопасности и других уровней принятия решений по безопасности между разными странами.

В этом двухуровневом подходе первая гармонизация может служить научным базисом для национальной и межгосударственной гармонизации.

Основные принципы принятия решений по безопасности (принципы обоснования, оптимизации защиты и использования предела риска) достаточно полно и обоснованно описаны в различных национальных и международных документах.

Принцип установления норм безопасности в отношении любых регулируемых источников вредного воздействия формулируется следующим образом:

недопущение детерминированных эффектов и ограничение стохастических эффектов на достаточно низком, приемлемом уровне (приемлемый уровень риска).

Уместно отметить, что внедрение результатов оценки радиационного риска в нормирование радиационной безопасности привело к ужесточению норм радиационной безопасности в десятки-сотни раз.

Для принятия решений по безопасности человека на основе анализа риска необходимо установить соответствующую систему уровней риска – уровней принятия решений. В эту систему, кроме основных и производных норм безопасности, входят

разного рода контрольные уровни, уровни пренебрежимого риска (уровни «de minimus»), уровни вмешательства после аварии и др.

Для достижения гармонизации необходим единый подход к установлению норм безопасности и других уровней принятия решений по безопасности. Основные его концептуальные положения:

1. Необходимо установить единые, универсальные нормы безопасности, в том числе и для нескольких одновременно действующих источников риска. На их основе разрабатываются конкретные основные нормы безопасности для отдельных изолированных источников вреда в тех показателях риска или воздействия, которые нашли применение на практике (как правило, для каждого источника воздействия используется свой набор показателей) или будут выбраны для практического применения в будущем, как для наноматериалов.

2. Для установления универсальных норм безопасности необходимо выбрать наиболее подходящий для этой цели показатель риска.

3. В соответствии со сложившейся практикой обеспечения безопасности в различных областях деятельности человека устанавливаются нормы безопасности, усредненные по полу и возрасту.

4. Для реализации этого подхода необходимо разработать общие методические основы оценки риска. Общая методика служит основой разработки и обоснования частных (для некоторого конкретного источника опасности) и (или) упрощенных методик оценки риска. Такая структура методических основ оценки риска в своем полном развитии делает более прозрачными и сравнимыми как частные методики, так и поддержку принятия решений по защитным и прочим мерам от разных источников вреда на основе анализа риска.

Общая методика оценки риска описана в главе 2.

Структура установления норм безопасности на единой основе оценки риска.
В едином подходе к установлению норм безопасности в разных сферах деятельности

человека на основе оценки риска их структура выглядит так, как показано на рисунке 2.

Центральное место в этой структуре занимает основные универсальные нормы безопасности для персонала опасных производств и для населения. Они едины для всех регулируемых источников опасности, включая случаи их совместного действия, и отделены для персонала и населения.

На их основе разрабатываются отраслевые основные нормы безопасности для отдельного изолированного источника вреда. Они выражаются в тех показателях (специфических показателях риска или показателях «дозы» воздействия в разных ее определениях), которые к настоящему времени широко применяются на практике или будут выбраны для практического применения в будущем, как для наноматериалов или при пересмотре действующих показателей для других источников вреда. Например, для производственной безопасности это показатель риска: вероятность смерти (тяжелого увечья) в год в результате аварии или производственного травматизма.

На следующем уровне следуют производные нормы безопасности, предназначенные для осуществления контроля над уровнем воздействия или загрязнением объектов окружающей среды и потребительских товаров (атмосфера, вода, почва, производственные помещения, продукты питания и т.п.) санитарно-гигиеническими органами на местах или производственными отделами контроля за уровнем загрязнения вредными веществами окружающей среды и производственных помещений. Последние нормы безопасности выражаются в показателях, удобных для измерения и контроля доступными средствами. Как правило, это максимально разовые и среднесуточные концентрации контролируемого вредного вещества.

Нормы безопасности и другие уровни принятия решений. Для установления единых универсальных норм безопасности и других уровней принятия решений по безопасности на общей основе оценки риска наиболее подходящим показателем риска является приведенный, или относительный ущерб \mathcal{R} , определенный выше, см. формулу (4).

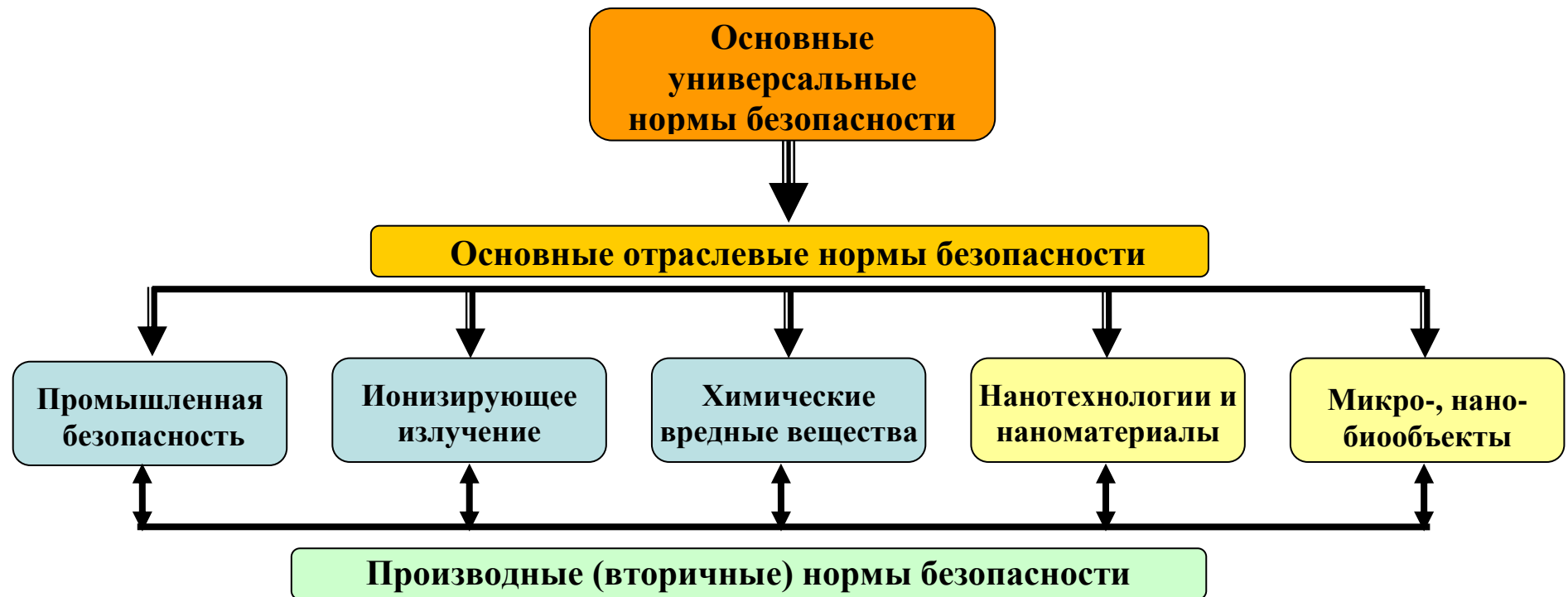


Рисунок 2 - Структура установления норм безопасности на единой основе оценки риска в разных сферах человеческой деятельности.

Предлагается установить следующие усредненные по возрасту значения \mathcal{R}_n в качестве основных универсальных норм безопасности для ограничения хронического воздействия регулируемых вредных факторов с использованием этого показателя риска \mathcal{R} :

$$\mathcal{R}_n = \begin{cases} 0,0004 & \text{для населения,} \\ 0,006 & \text{для профессиональных работников.} \end{cases} \quad (9)$$

Эти значения выбраны соискателем таким образом, чтобы соответствовать современным нормам радиационной безопасности в нормальном режиме работы предприятий или использования источников ионизирующего излучения. Опыт показывает, что эти нормы обеспечивают достаточно высокий уровень защиты здоровья человека в нормальном режиме работы с источниками ионизирующего излучения. Кроме того, использование оценки риска для установления и обоснования норм безопасности наиболее глубоко проработаны именно в области радиационной безопасности.

Универсальный уровень пренебрежимо малого риска (уровень “de minimus”)

$\mathcal{R}_{d.m.}$ предлагается установить равным

$$\mathcal{R}_{d.m.} = 10^{-5}. \quad (10)$$

Уровни принятия решений по безопасности в аварийных (чрезвычайных) ситуациях. Приведены рекомендации по установлению уровней принятия решения по защитным мерам в чрезвычайной ситуации в терминах показателя риска \mathcal{R} для острого и длительного периода времени. Уровни вмешательства в показателях риска $\mathcal{R}_{вм}$ за первый год пребывания в чрезвычайной зоне:

для населения -

$$\mathcal{R}_{вм,н} = \begin{cases} 0,2 & \text{- уровень Б,} \\ 0,02 & \text{- уровень А;} \end{cases} \quad (11)$$

для профессиональных работников опасных объектов, ликвидаторов, спасателей – работников подразделений МЧС России -

$$\mathcal{R}_{вм,п} = 0,12. \quad (12)$$

Превышение уровня Б требует обязательных жестких мер (эвакуации). Если прогнозируемое значение показателя \mathcal{R} лежит между уровнями А и Б, решение принимается по принципам обоснования и оптимизации с учетом конкретной обстановки и местных условий. При возможном превышении уровня $\mathcal{R}_{вм,п}$ необходимо прекратить работу сотрудника в чрезвычайной зоне или принять дополнительные меры жесткой защиты.

Предлагаемые уровни принятия решений предназначены для предотвращения неприемлемого высокого риска проявления стохастических эффектов, который может быть следствием пребывания человека в чрезвычайной зоне за короткий период времени – до года. При этом высокий уровень опасного воздействия, требующий немедленных защитных мер, может реализоваться и за менее короткое время.

При длительном (хроническом) воздействии на территории, пострадавшей от аварии, в главе рекомендуется установить несколько уровней вмешательства, как это принято в обеспечении безопасности населения после радиационной аварии.

Уровни принятия решений по недопущению детерминированных эффектов в главе не рассматриваются. В любом случае они специфичны для источника опасности и эффектов его воздействия.

Основные отраслевые нормы безопасности. Переход от основных универсальных норм безопасности к основным нормам безопасности для конкретных источников вреда (отраслевым нормам безопасности) осуществляется по следующей простой формуле:

$$d_n = \mathcal{R}_n / g_D, \quad (13)$$

где d_n - общее обозначение основных отраслевых норм безопасности, выраженных в соответствующих «дозовых» единицах и определяемых через величины \mathcal{R}_n , основные универсальные нормы безопасности. В главе величины g_D и d_n конкретизированы для рассмотренных регулируемых источников риска.

Термин «отраслевые» относится к отдельному фактору, в том числе для химических вредных веществ к конкретному веществу, для которого вырабатываются свои нормативы. В главе приведены ряд отраслевых норм безопасности, получаемых по предлагаемой схеме.

Основные нормы радиационной безопасности в этой схеме получаются равными действующим нормам радиационной безопасности, поскольку на их основе выбирались универсальные нормы безопасности.

Промышленные основные нормы безопасности (ограничение риска при авариях и производственного травматизма). Для источника риска немедленного действия – аварии на предприятиях, могущих быть опасными для населения и персонала, в качестве мощности «дозы» воздействия принято использовать величину r - интенсивность риска (вероятность смерти (тяжелого увечья) в год). Для такого источника риска выражение для риска \mathcal{R} имеет вид

$$\mathcal{R} = r \cdot g_r, \quad (14)$$

где $g_D \equiv g_r$ - потерянные годы здоровой жизни в результате аварии. Среднее по возрасту значение g_r^{ep} равно 40 и 30 годам соответственно для населения и персонала производств. Из общего определения отраслевой нормы безопасности (13) получаем

$$d_n \equiv r_n = \begin{cases} 1,0 \cdot 10^{-5} / \text{год} & \text{для отдельных лиц из населения,} \\ 2,0 \cdot 10^{-4} / \text{год} & \text{для профессиональных работников.} \end{cases} \quad (15)$$

Отраслевые уровни пренебрежимого риска. Исходя из универсального определения этого уровня формулой типа (13), нетрудно получить отраслевые уровни пренебрежимого риска $d_{d.m.}$. Действуем по той же схеме, что и при получении отраслевых норм безопасности, т.е. рассчитываем их по формуле

$$d_{d.m.} = \mathcal{R}_{d.m.} / g_D.$$

В результате получаем:

$$d_{d.m.} \equiv \begin{cases} d_{E,d.m.} \approx 10 \text{ мкЗв/год} & \text{(ионизирующее излучение),} \\ r_{d.m.} = 3 \cdot 10^{-7} / \text{год} & \text{(аварии),} \\ c_{d.m.}(\text{PM}_{2.5}) = 0,02 \text{ мкг/м}^3 & \text{(загрязнение атмосферы).} \end{cases} \quad (16)$$

Эти отраслевые уровни пренебрежимого риска находятся на одинаковом уровне риска в терминах показателя риска \mathcal{R} . Здесь $\text{PM}_{2.5}$ – принятое в научной литературе обозначение взвешенных частиц (загрязнителей атмосферы) размером меньше 2,5 мкм.

Комплексное регулирование безопасности. На практике возможны ситуации, когда персонал предприятия или некоторые группы населения подвергаются воздействию двух или более регулируемых источников вреда. Например, это может быть ионизирующее излучение и некоторые вредные химические вещества, в том числе в наноразмерном состоянии. В таких ситуациях, особенно когда каждое воздействие удовлетворяет отраслевым нормам безопасности, а суммарное их воздействие может быть достаточно высоким и превышать установленные критерии безопасности, необходимо вводить дополнительные ограничения на воздействие этих источников.

Принятие решений по обеспечению безопасности в условиях действия двух или более регулируемых вредных факторов может быть реализовано на тех же основных принципах принятия решений по безопасности, сформулированных в этой главе, и на основе единого подхода к оценке риска.

Наличие специального показателя риска \mathcal{R} позволяет рассчитать суммарное значение годового риска \mathcal{R}_Σ по всем действующим регулируемым источникам вреда:

$$\mathcal{R}_\Sigma = \sum_i \mathcal{R}_i, \quad (17)$$

\mathcal{R}_i – значение специального показателя риска от i -го источника вредного воздействия. Третий принцип принятия решений по безопасности реализуется требованием выполнения простого соотношения

$$\mathcal{R}_\Sigma = \sum_i \mathcal{R}_i \leq \mathcal{R}_n, \quad (18)$$

Реализация 2-го принципа обеспечения безопасности осуществляется комплексной оптимизацией воздействия всех рассматриваемых источников вредного воздействия при выполнении условия (18). Критерием оптимальности служит минимум обобщенного ущерба, представляющего собой сумму затрат на снижение риска и остаточного ущерба здоровью, выраженного в экономических показателях. Суммирование осуществляется по всем рассматриваемым регулируемым источникам вредного воздействия.

В главе 7 приведены примеры оценки и сравнения риска от разных источников вредного воздействия, полученные соискателем с использованием разработанных научно-методических основ оценки риска в рамках программ НИР МЧС РФ и некоторых международных проектов. Выполнялись оценки риска для здоровья населения России тех территорий, на которых уровень воздействия ионизирующего излучения относится к категории чрезвычайных ситуаций. Конкретно была проведена оценка последствий ядерных испытаний на Семипалатинском полигоне и Чернобыльской аварии для здоровья населения пострадавших регионов.

Все расчеты риска выполнены с использованием программного комплекса БАРД (банка данных по оценке риска). Он разрабатывался в рамках упомянутых выше программ НИР. В 1996 г. были проведены перекрестные расчеты риска между системами БАРД и ASQRAD при выполнении международного проекта EU-CIS Joint Study Project 2 с целью их валидации. Компьютерная система ASQRAD (Assessment System for Quantification of Radiological Detriment) разработана совместно специалистами Великобритании и Франции.

Перед представлением результатов оценок и анализа риска в главе изложены концептуальные положения и уровни принятия решений по медицинской и социальной защите населения пострадавших территорий на основе оценки и анализа риска. Это дает возможность анализировать результаты оценок риска с точки зрения этих положений.

Последствия ядерных испытаний на Семипалатинском полигоне для населения Алтайского края. Представлены некоторые результаты оценки риска здоровью населения Алтайского края, пострадавших от первого испытания ядерного оружия на Семипалатинском полигоне (август 1949 г.). Оценка выполнена для той части территории, на которых население получило дозы 0,2 Зв (все тело) и 1 Гр (щитовидная железа).

Наиболее важные результаты – оценка последствий испытания, реализованных до 1994 г. (начало проведения оценок риска) и ожидаемых после – представлены ниже в таблице 3 и на рисунке 3.

Результаты оценки риска для населения Алтайского края на территориях, пострадавших от первого ядерного испытания 1949 г. существенным образом

повлияли на формирование программы практических мер по социальной и медицинской защите населения пострадавших территорий.

Таблица 3 - Доля (в %) последствий 1-го испытания в виде дополнительной смертности от радиогенного рака, ожидаемая после 1994 г. для двух возрастных групп сельского населения 1949 г. на пострадавшей территории (расчет по БАРД с моделью BEIR VII).

Вид (локализация) рака	Возраст до 25 лет		Все возраста	
	муж.	жен.	муж.	жен.
Все раки	61 (58)	70	47	54 (47)
Лейкоз	20	18	16	13
Органы дыхания	74	80	57	59
ЖКТ	60	63	46	45
Молочная железа	-	77	-	65
Щитов. железа	60	51	54	47

Примечание. В скобках результаты ранее выполненного расчета риска (в 1994 г.) по действовавшей на тот момент времени модели BEIR V.

Оценка последствий Чернобыльской аварии. В главе приведены оценки радиационного и нерадиационного риска для участников ликвидации последствий Чернобыльской аварии, эвакуированных людей и населения территории Брянской области с относительно высоким уровнем радиоактивного загрязнения в результате Чернобыльской аварии (плотность радиоактивных выпадений больше 555 кБк (^{137}Cs) / M^2). Ниже представлены часть результатов оценки риска (вычислительного эксперимента) этой главы.

Оценка риска для ликвидаторов-мужчин (трудового возраста 25 – 60 лет) была выполнена с использованием данных по дозовым нагрузкам из литературы, см. таблицу 4.

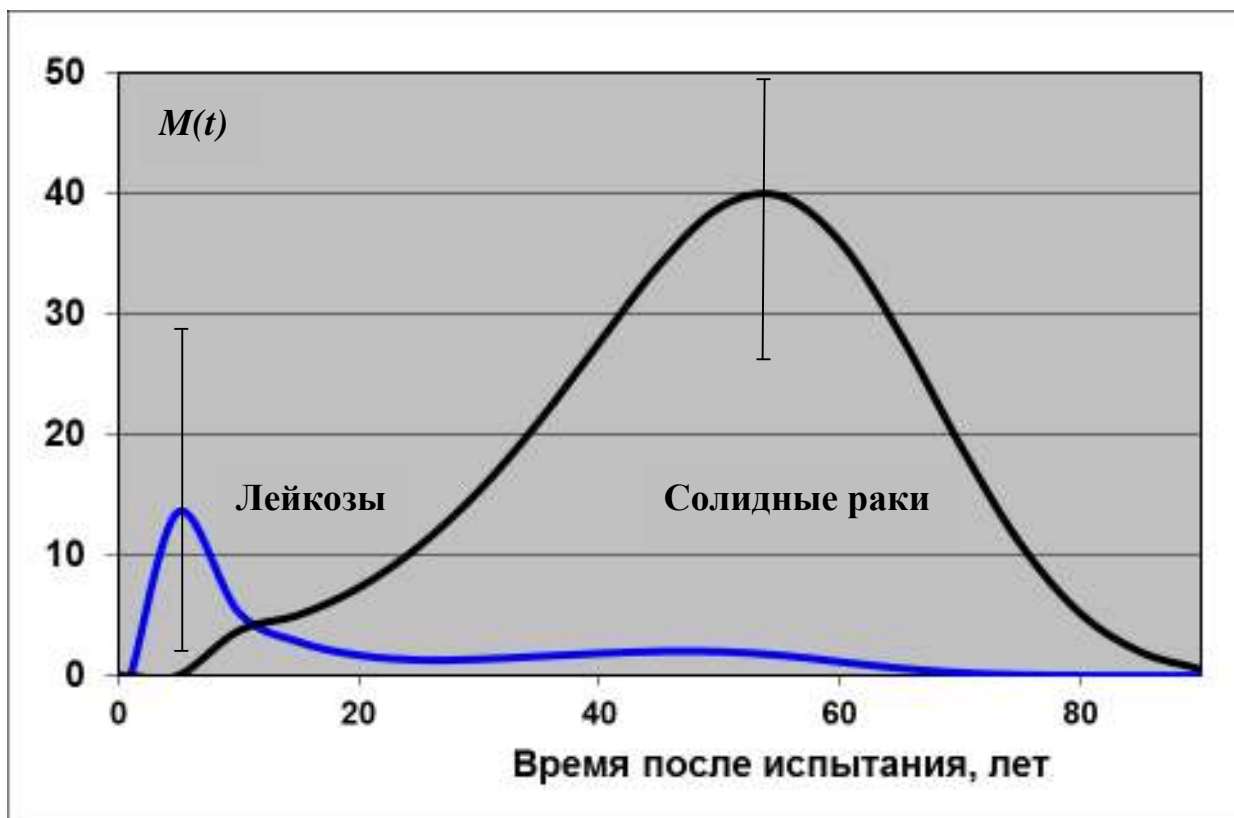


Рисунок 3 - Рассчитанная смертность $M(t)$ для мужского населения в 100000 человек в возрасте до 25 лет в момент испытания как функция времени t после испытания от радиогенных солидных раков и лейкозов для населения Алтайского края как следствие воздействия первого испытательного взрыва атомной бомбы на Семипалатинском полигоне в августе 1949 г. (другие детали - см. текст).

Таблица 4 - Результаты оценки риска (вычислительного эксперимента) для участников ликвидации последствий Чернобыльской аварии (мужчин) в показателе пожизненного риска смерти R от радиогенного рака*).

Возраст, лет	$R, \%$			
	$D = 14 \text{ сГр}$		$D = 25 \text{ сГр}$	
25 - 30	0,7	(0,52 ; 1,1)	1,4	(1,0 ; 2,0)
45 - 50	0,6	(0,39 ; 0,8)	1,1	(0,8 ; 1,5)
55 - 60	0,4	(0,28 ; 0,56)	0,8	(0,6 ; 1,2)

*) В скобках 95 % -ный доверительный интервал.

Для сравнения: пожизненный риск смерти от спонтанного рака для мужчин возраста 25 лет в 1989 г. составлял примерно 20 % (в среднем по России).

В тех диапазонах доз и возрастов ликвидаторов, для которых был выполнен показательный расчет риска (вычислительный эксперимент), значения пожизненного риска R находятся вблизи или могут превысить уровень значимого риска. Этот уровень предложен в главе для поддержки решений по медицинской и

социальной защите лиц, получивших значимые дозы ионизирующего излучения в чрезвычайной ситуации.

Отметим, что в проведенных оценках риска для ликвидаторов не учитывались возможные дозы воздействия ионизирующего излучения, полученные в предыдущей профессиональной деятельности на предприятиях ядерного промышленного комплекса.

Оценка риска для населения на пострадавших территориях

Исходные данные. Следующие исходные данные были использованы в оценках риска, выполненных соискателем и опубликованных в 1996 г.:

- МДД для сельского населения Брянской области, 1989 г.;
- результаты оценок доз для выбранной территории из отчетов программы НИР МЧС РФ, отчетов международного Чернобыльского проекта JSP2 за 1993 – 1996 гг.

Использовались два варианта дозовых нагрузок (мощностей доз $d(t)$) для расчета риска:

- 1) расчетные гипотетические $d(t)$, которые могли бы сформироваться в отсутствие каких-либо контрмер,
- 2) реальные $d(t)$, которые наблюдались или могут быть рассчитаны по имеющимся данным.

Отметим, что принятые контрмеры в основном были направлены на уменьшение доз внутреннего облучения и мало затрагивали дозы внешнего облучения.

Все расчеты сделаны с использованием модели радиационного риска BEIRV.

Результаты и обсуждение. Большинство расчетов выполнено в предположении отсутствия контрмер. Некоторые результаты расчетов риска из этой главы приведены на рисунке 5.

Как хорошо известно, имеется довольно сильная зависимость индивидуального радиогенного риска (пожизненного риска R) от возраста облучения: он относительно велик для детского и юношеского возрастов (0-25 лет) и быстро уменьшается в сторону старших возрастов. В связи с этим для большинства видов рака имеет смысл говорить о критической возрастной группе 0-25 лет. Большинство расчетов сделано для этой группы.

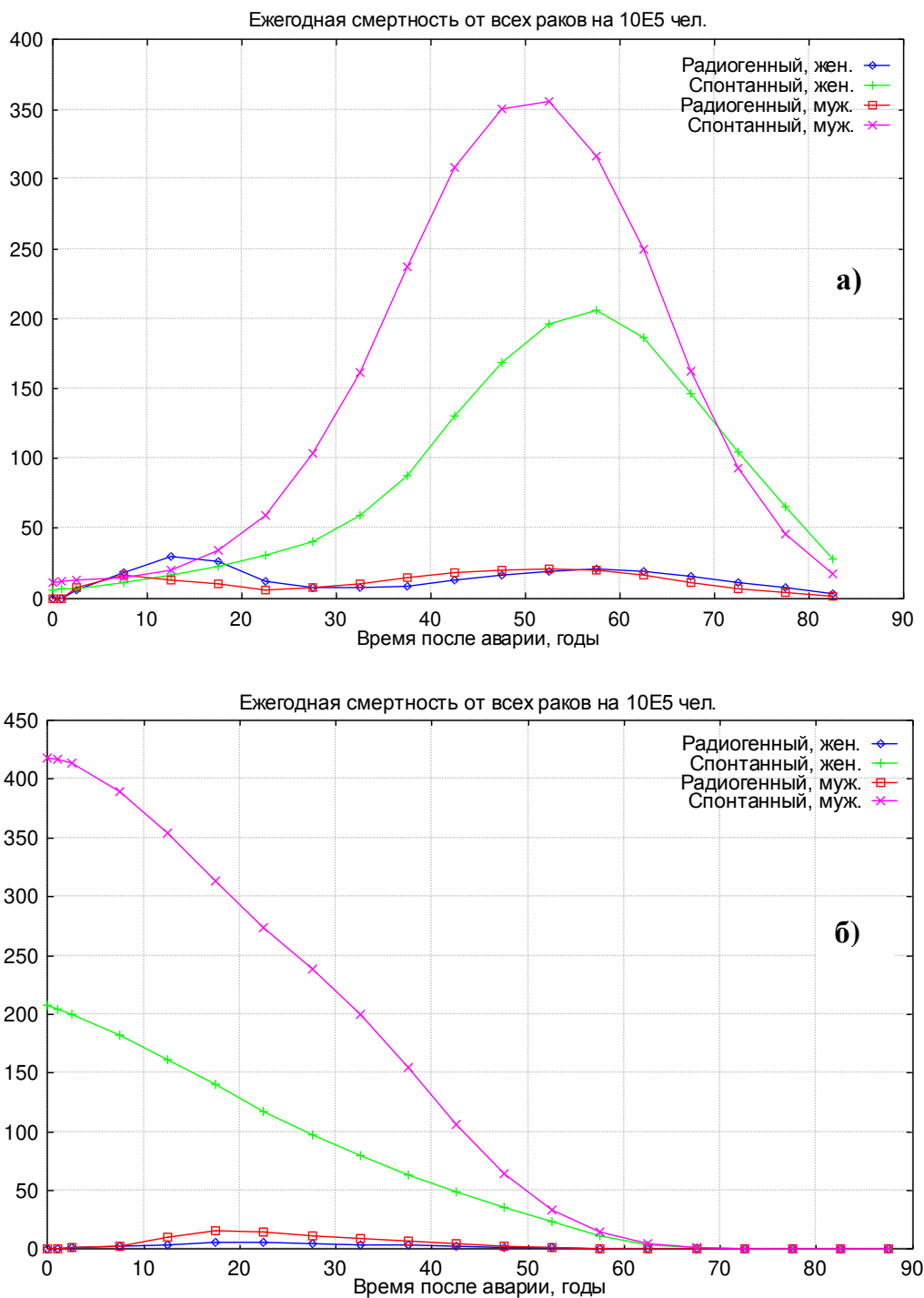


Рисунок 5 - Ежегодная смертность (на 100000 человек) от спонтанных и радиогенных раков вследствие Чернобыльской аварии как функция времени после аварии для сельского населения Брянской области возраста до 25 а) и более 25 лет б) на момент аварии; (расчет по БАРД). Среднеквадратичное отклонение для спонтанных раков не превышает 1 %, для радиогенных равно примерно 20 %.

Разные виды радиогенного рака имеют существенно различный временной спектр реализации: максимумы ежегодной дополнительной смертности от радиогенного рака расположены при значениях времени после аварии от 10 до 15 лет для лейкозов и до 50 - 60 лет для солидных раков.

Большая часть радиогенных раков, обусловленных аварийными радиоактивными выбросами, реализуется в очень отдаленном будущем - десятки лет спустя. Прогнозируемая смертность от радиогенного рака почти для всех его видов относительно мала в сравнении со смертностью от спонтанного рака в любое время после аварии даже без учета контрмер.

Из рисунка 5 видно, что радиогенный риск для взрослого населения незначителен по сравнению с риском смерти от спонтанных раков даже в случае высоких уровней загрязнения и отсутствия контрмер.

Такое соотношение между радиогенным и спонтанным раком сохраняется для большинства его видов. Другая ситуация для рака щитовидной железы и частично для лейкозов. Для них характерен относительно низкий спонтанный уровень и большие коэффициенты относительного риска. С начала 90-х годов проводились ряд национальных и международных исследований по проблеме рака щитовидной железы, обусловленного Чернобыльской аварией. Результаты этих исследований неоднократно публиковались в научных журналах и материалах конференций.

Что же касается лейкозов, то не было обнаружено статистически достоверных дополнительных случаев радиогенных лейкозов. Этот вопрос находится в стадии дальнейшего изучения.

В этой же главе приведены примеры расчета показателей риска для его «фоновых» источников и пример сравнение рисков. Показано, что обоснованное сравнение риска от его источников разной природы может быть осуществлено только с помощью показателя риска \mathcal{R} - приведенного годового ущерба.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения диссертационной работы получены следующие основные результаты:

1. Разработана общая универсальная методика оценки риска как база развития частных и упрощенных методик оценки риска (от воздействия ионизирующего излучения, химических вредных веществ, социальных факторов и др.); в ней помимо известных показателей риска предложен новый, дополнительный набор показателей риска: специальный показатель риска для нормирования и сравнения риска и стандартизованные показатели риска.
2. На основе общей методики разработана специальная, частная и упрощенная версия методики - методика оценки радиационного риска от любого вида и сценария облучения (разового, хронического или растянутого во времени, смешанного и т.п.).
3. Показаны недостатки современных стандартов возрастного распределения населения в их применении к оценке и сравнения риска, разработана новая концепция стандартизации показателей риска.
4. Выполнены оценка и анализ эффектов конкуренции рисков, продемонстрировано их влияние на принятие решений по безопасности населения и необходимость учета этого влияния в оценке, анализе и управлении риском.
5. Разработаны концептуальные основы принятия решений по безопасности человека на основе оценки и анализа риска. На этих основах предложена структура установления норм безопасности для персонала и населения. В рамках этой структуры предложены единые универсальные и на их базе основные отраслевые нормы безопасности и другие уровни принятия решений по безопасности для регулируемых источников опасности в нормальных и нештатных условиях.
6. Разработаны концептуальные основы принятия решений по медицинской и социальной защите населения на основе оценки и анализа риска на территориях, пострадавших от радиоактивного загрязнения в чрезвычайной ситуации.

7. Впервые в необходимых деталях и показателях получены оценки риска здоровью населения на территориях России, пострадавших от ядерных испытаний и Чернобыльской аварии для поддержки принятия решений по защитным и восстановительным мерам. Результаты оценки риска от ядерных испытаний нашли практическое применение при разработке планов практических действий по социальной и медицинской защите населения на пострадавших территориях.
8. Обоснован и продемонстрирован способ сравнения рисков разной природы с использованием предложенного соискателем специального показателя риска.
9. Разработан комплексный подход к регулированию безопасности в случае действия двух или более источников риска на основе оценки и анализа риска. Разработанная общая методика оценки и способ формирования частных методик могут быть применены и рекомендованы

- к оценке и анализу риска от таких его источников как
 - внешние причины опасности (аварии и несчастные случаи в разных областях деятельности человека, пожары, убийства/самоубийства и др.),
 - воздействие вредных химических веществ, микро- и нано-биообъектов в нормальных и нештатных условиях;
- к формированию групп повышенного риска с оценкой и анализом риска и принятию решений по страхованию жизни и здоровья профессиональных работников и населения, оказавшегося в нештатных ситуациях.

Разработанные концептуальные основы принятия решений по безопасности человека на основе оценки и анализа риска, структура установления норм безопасности для персонала и населения с едиными универсальными и основными отраслевыми нормами безопасности и другими уровнями принятия решений по безопасности для регулируемых источников риска в нормальных и нештатных условиях могут быть использованы при совершенствовании регулирующих документов по обеспечению безопасности персонала опасных производств, опасных видов деятельности и населения в зонах действия источников опасности.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ СОИСКАТЕЛЕМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. EU-CIS Joint Study Project 2, Report Intervention Criteria in CIS, Risk Assessments and Non-Radiological Factors in Decision-Making: EU-CIS Joint Study Project 2, Report / Per Hedemann-Jensen, Vladimir F.Demin, Yuri O.Konstantinov, Ilja A. Likhtariov, Igor V.Rolevich, Thierry Schneider - Ris Ø-R-831(EN), May 1996, RISØ , Roskilde, Denmark. - 72 p.
2. **Demin, V.F. Assessment of health risk from Chernobyl accident for population of Briansk region / Demin V.F. // Radiation protection & Dosimetry. -1996. - V. 64. - № 1/2. - P. 109 - 112.**
3. Ядерное испытание 29 августа 1949 г. Радиационное воздействие на население Алтайского края / Я.Н. Шойхет, В.И. Киселев, В.М. Лоборев, В.В. Судаков, А.И. Алгазин, В.Ф. Демин, А.А. Лагутин - НИИРМЭП; Барнаул. - 1997.- 250 с.
4. Radiation impact of nuclear weapon tests at the Semipalatinsk test on the population of the Altai region / A.I. Algasin, V.F. Demin, K.I. Gordeev, V.M. Loborev, V.I. Kiselev, Ya.N. Shoikhet - IAEA symposium on environmental impact of radioactive releases (8 - 12 May 1995; Vienna, Austria). - IAEA-SM-339/82. - P. 435 - 447.
5. Demin, V.F. Health risk analysis in post-accident management and other related applications / V.F.Demin, Jensen P. Hedemann - Annual meeting of the Society for Risk Analysis - (1997; Europe, Stockholm). - P. 834 - 843.
6. **Демин, В.Ф. Чернобыльская авария: критический анализ последствий и проведенных защитных мероприятий / С.Т. Беляев, В.Ф. Демин, В.С. Осмачкин // Атомная энергия. - 1997. - Т. 83. - Вып. 6. - С. 393 - 401.**
7. **Демин, В.Ф. Научно-методические аспекты оценки риска / Демин В.Ф. // Атомная Энергия. - 1999. - Т. 86. - № 1. - С. 46 - 63.**
8. Демин, В.Ф. Экологические и социально-экономические аспекты развития ядерного комплекса РФ / В.Ф. Демин, Г.А. Новиков - «Экология и развитие северо-запада России», 4-ая международная конференция (23 – 27 июня 1999 г., С.-Петербург – Петрозаводск). - С. 164 - 177.
9. Demin, V.F. Risk Analysis in Russia: Needs, R & D / Demin V.F. - “Risk Analysis: Facing the New Millennium”, 9th Annual Conference (10–13 October 1999; Rotterdam, The Netherlands) – P. 644 – 649.

10. Demin, V.F. Health risk analysis: some directions of R & D and practical use in Russia / Demin V.F. - "Foresight and Precaution", Europe annual conference (15–17 May 2000; Edinburg, UK). - Rotterdam, Netherlands: A.A.Balkema Publishers. -2000. -V. 1. - P. 117 - 123.
11. Демин, В.Ф. Научно-методические аспекты оценки риска / Демин В.Ф. - ООО «ВНИИГАЗ»; Сб. научных трудов. М. - 1999. - С. 10 - 47.
12. Vasil'ev, A.P. Health, environmental risks and externalities of nuclear and other energy systems of Russia / A.P. Vasil'ev, V.F. Demin - «PSAM 5 – Probabilistic Safety Assessment and Management», intern. conference (27.11 - 1.12.2000; Osaka, Japan); ed. by S.Kondo and K.Funita. - Tokyo, Japan: Universal Academy Press. - 2000.- V. 1. - P. 281 - 287.
13. Demin, V.F. Health risk assessment and management: some directions of R & D and practical use in Russia / Demin V.F. - «PSAM 5 – Probabilistic Safety Assessment and Management», intern. conference (27.11 - 1.12.2000; Osaka, Japan); ed. by S.Kondo and K.Funita. - Tokyo, Japan: Universal Academy Press. - 2000. - V. 1. - P. 189 - 194.
14. Демин, В.Ф. Процедуры и методы сравнительной оценки экологического риска для разных способов производства электроэнергии / В.Ф. Демин, А.П. Васильев, Д.А. Крылов - 2-ая ежегодн. науч. конф. Минатома РФ, сб. докладов (6 июня 2001 г.; Москва). - С. 97 - 105.
- 15. Нормирование и сравнение риска здоровью человека от разных источников вреда / В.Ф. Демин, В.Я. Голиков, Е.В. Иванов, С.И. Иванов, Л.А. Ильин, С.М. Новиков // Атомная энергия. - 2001. - Т. 90. - Вып. 5. - С. 385 - 397.**
- 16. Показатель ущерба для нормирования и сравнения риска / В.Ф. Демин, В.Я. Голиков, Е.В. Иванов, С.И. Иванов, Л.А. Ильин, С.М. Новиков // Медицинская радиология и радиационная безопасность. - 2001. - Т. 46. - № 5. - С. 5 - 15.**
17. Демин, В.Ф. Об использовании анализа риска для оценки вреда здоровью персонала и населения и принятия решения по страхованию и компенсации ущерба / Демин В.Ф. - «Семинар по практике страхования ядерного и радиационного рисков», сб. докладов (2001; Ростехнадзор, Москва). - С. 11 – 19.
18. Демин, В.Ф. Нормирование и сравнение риска разной природы (ионизирующая радиация, химическое загрязнение, аварии, несчастные случаи и др.) / В.Ф.

- Демин, С.М. Новиков - «Оценка риска влияния факторов окружающей среды на здоровье: проблемы и пути их решения», материалы Пленума межведомственного научного совета РФ по экологии человека и гигиене окружающей среды (20 – 21 декабря 2001 г.; Москва). - С. 51, 52.
19. Демин, В.Ф. Оценка, нормирование и сравнение риска здоровью человека от разных источников вреда / В.Ф. Демин, Л.А. Ильин, С.М. Новиков // 13-ая ежегодн. конф. Ядерного общества России (23 – 27 июня 2002 г.; Москва). - С. 198 – 201.
 20. Демин, В.Ф. О линейной зависимости доза - эффект для радиационного и химического канцерогенного риска / Демин В.Ф. - «Угрозы здоровью человека: современные гигиенические проблемы и пути их решения», материалы Пленума межведомственного научного совета РФ по экологии человека и гигиене окружающей среды (15-16 декабря 2002 г.; Москва). - С. 75 - 76.
 21. **Нормирование различных видов риска / В.Ф. Демин, В.Я. Голиков, Е.В. Иванов, С.И. Иванов, Л.А. Ильин, С.М. Новиков // Гигиена и санитария. - 2002. - № 6. - С. 30 - 35.**
 22. Демин, В.Ф. Линейная зависимость доза - эффект для радиационного и химического канцерогенного риска /Демин В.Ф. // Атомная энергия. - 2002. - Т. 93. - Вып. 4. - С. 309 - 315.
 23. Демин, В.Ф. Оценка положительных экологических последствий «газовой паузы» в электроэнергетике России / В.Ф. Демин, Д.А. Крылов // Территория «Нефтегаз». - 2003. - № 4. - С. 38 - 45.
 24. Демин, В.Ф. О линейной зависимости доза - эффект для радиационного и химического канцерогенеза / Демин В.Ф. // Гигиена и санитария. - 2003. - № 6. - С. 37 - 39.
 25. Демин, В.Ф. Оценка положительных экологических последствий «газовой паузы» в тепло - электроэнергетике России / В.Ф. Демин, Д.А. Крылов // Энергонадзор и энергоэффективность. - 2004. - № 2. - С. 37 - 45.
 26. Демин, В.Ф. О нормировании и сравнении риска здоровью человека от разных факторов окружающей среды: ионизирующая радиация, химическое загрязнение и др. / Демин В.Ф. - «Проблемы снижения риска при использовании атомной энергии», межд. семинар (7 - 9 июня 2004; Москва). - С. 75 - 82.

27. Demin, V. Common basis for health risk assessment and safety decision-making concerning exposure to ionizing radiation and other sources of harm / Demin V. - «The scientific basis for environment protection against radioactivity», intern. conf. ECORAD-2004 (6 – 10 September 2004; Aix-en-Provence, France). - P. 01/06.
28. Демин, В.Ф. Анализ риска в решении вопросов радиационной, медицинской, социальной защиты персонала опасных производств и населения, проживающего в зоне их влияния / В.Ф. Демин, В.Г. Семенов - «Радиационная медицина»: науч. сб.: т. 1.: Теоретические основы радиационной медицины. М.: ГНЦ «Институт биофизики», 2004. - С. 952 - 989.
29. Демин, В.Ф. Экологические следствия «газовой паузы» в электроэнергетике России / В.Ф. Демин, Д.А. Крылов // Энергия. - 2005. - № 6. - С. 2 - 9.
30. Легасов, В.А. **Безопасность как экономический фактор. Цена риска / В.А. Легасов, В.Ф. Демин, Я.В. Шевелев // Проблемы анализа риска.- 2005. - Т. 2. - № 2. - С. 185 - 189.**
31. Легасов, В.А. **Дисконтирование и компромисс между поколениями / В.А. Легасов, В.Ф. Демин, Я.В. Шевелев // Проблемы анализа риска. - 2005. - Т. 2. - № 2. - С. 141 - 146.**
32. Демин, В.Ф. Общая методика оценки риска для здоровья человека от разных источников опасности / В.Ф. Демин, С.И. Иванов - «Экологически обусловленные ущербы здоровью: методология, значение и перспективы оценки», пленум Научного совета по экологии человека и гигиене окружающей среды РАМН и МЗРФ (22-23 декабря 2005 г.; г. Москва). - С. 111-114.
33. Демин, В.Ф. Развитие общих методических основ оценки риска воздействия разных вредных факторов на здоровье населения / В.Ф. Демин, С.И. Иванов - «Современные проблемы гигиены города, методология и пути решения», материалы Пленума научного совета по экологии человека и гигиене окружающей среды РАМН и Минсоцразвития РФ (21-22 декабря 2006 г.; г. Москва). - С. 92 - 93.
34. **Demin, V.F. Common approach to comparison and standardisation of health risk from different sources of harm / Demin V.F. // *Int. J. Low Radiation*. - 2006. - V. 2. - # ¾. - P. 172 - 178.**

35. **Рахманин, Ю.А. Общий подход к оценке, сравнению и нормированию риска здоровью человека от разных источников вреда / Ю.А. Рахманин, В.Ф. Демин, С.И. Иванов // Вестник РАМН. - 2006. - № 4. - С. 5 - 8.**
36. Demin, V.F. Complex health risk assessment and analysis from exposure to ionizing radiation, chemical contaminants and other sources of harm / Demin V.F. - In "Environmental Security in Harbors and Coastal Areas", Eds Linkov, I. - 2007. - Springer. - P. 317 - 327.
37. **Демин, В.Ф. Общая методика оценки риска воздействия на здоровье населения разных источников опасности / В.Ф. Демин, С.И. Иванов, С.М. Новиков // Медицинская радиология и радиационная безопасность. - 2009. - Т. 54. - № 1. - С. 5 - 15.**
38. Демин, В.Ф. Научно-методические аспекты оценки риска воздействия наноматериалов/наночастиц на окружающую среду и здоровье человека: тез. докл. / В.Ф. Демин, П.К. Кашкаров // «Токсикологические и нормативные аспекты производства и применения наноматериалов в России», межд. конф. (15-16 сентября 2009 г., Москва). - С. 53 - 54.
39. **Демин, В.Ф. О минимальном латентном периоде индукции радиогенных раков / Демин В.Ф. // Медицинская радиология и радиационная безопасность. - 2010. - Т. 55. - № 1. - С. 63 - 65.**
40. **Демин, В.Ф. Эффекты и парадоксы конкуренции рисков / В.Ф. Демин, И.Е. Захарченко // Медицинская радиология и радиационная безопасность. - 2011. - Т. 56. - № 6. - С. 5 - 14.**
41. **Модернизированный вариант модели оценки риска воздействия радиоактивного радона / В.Ф. Демин, М.В. Жуковский, С.И. Иванов, И.В. Ярмошенко // Медицинская радиология и радиационная безопасность. - 2011. - Т. 56. - № 5. - С. 21 - 30.**
42. **Демин, В.Ф. Риск воздействия ионизирующего излучения и других вредных факторов на здоровье человека: методы оценки и практическое применение / В.Ф. Демин, И.Е. Захарченко // Радиационная биология. Радиозэкология. - 2012. - Т. 52. - № 1. - С. 77 - 89.**
43. Вопросы страхования гражданской ответственности за ядерные риски для атомных станций малой мощности / В.Ф. Демин, В.П. Кузнецов, В.И. Макаров,

- А.С. Молчанов, В.А. Созонюк, В.М. Шмелев - «АТОМЭКСПО 2012», межд. форум (4 – 6 июня 2012 г., Москва). - С. 39 - 43.
44. Демин, В.Ф. Эффекты и парадоксы конкуренции рисков / В.Ф.Демин, И.Е.Захарченко - «Нанотехнологии функциональных материалов», межд. науч.-техн. конф. (27-29 июня 2012 г.; С.-Петербург). - С. 698-703.
45. Демин, В.Ф. Гармонизированный подход к регулированию безопасности в нанотехнологии и других областях деятельности человека / В.Ф. Демин, И.Е. Захарченко - «Нанотехнологии функциональных материалов», межд. науч.-техн. конф. (27-29 июня 2012 г.; С.-Петербург). - С. 693 - 698.
- 46. Демин, В.Ф. Риск воздействия нано-, нанобио-материалов на здоровье человека: методы оценки и практическое применение / В.Ф. Демин, Н.Н. Белушкина, М.А.Пальцев // Молекулярная медицина. - 2012. - № 4. - С. 7 - 17.**
- 47. Демин, В.Ф. Гармонизированный подход к регулированию безопасности в разных областях деятельности человека / В.Ф.Демин, В.В.Романов, В.Ю.Соловьев // Медицинская радиология и радиационная безопасность. - 2012. - Т. 57. - № 5. - С. 21 - 30.**
48. Демин, В.Ф. Российский и международный стандарты возрастного распределения населения для медицинской статистики, медико-демографического анализа и оценки риска / В.Ф. Демин, М.А. Пальцев - Пленум Научного совета по экологии человека и гигиене окружающей среды РАМН и Минздрава РФ (13-14 декабря 2012; Москва). - С. 105 - 106.
49. Демин, В.Ф. Гармонизированный подход к регулированию безопасности в разных областях деятельности человека/ В.Ф. Демин, В.В. Романов, В.Ю. Соловьев - Пленум Научного совета по экологии человека и гигиене окружающей среды РАМН и Минздрава РФ (13-14 декабря 2012; Москва). - С. 106 - 108.
50. Демин, В.Ф. Сравнение рисков от АЭС и ТЭС для биосферы / В.Ф. Демин, Д.А. Крылов // Энергия. – 2012. - № 1. - С. 28 – 36.
- 51. Аспекты страхования гражданской ответственности за ядерные риски от атомных станций малой мощности / В.П. Кузнецов, В.Ф. Демин, В.И. Макаров, А.С. Молчанов, В.А. Созонюк, В.М. Шмелев // Известия Академии наук: энергетика. - 2014. - № 2. - С. 88 - 95.**

52. Демин, В.Ф. Российский и международный стандарты возрастного распределения населения для медицинской статистики, медико-демографического анализа и оценки риска / Демин В.Ф., Пальцев М.А. - Пленум Научного совета по экологии человека и гигиене окружающей среды РАМН и Минздрава РФ (13-14 декабря 2012; Москва). - С. 105 - 106.
53. Демин, В.Ф. Гармонизированный подход к регулированию безопасности в разных областях деятельности человека / В.Ф. Демин, В.В. Романов, В.Ю. Соловьев - Пленум Научного совета по экологии человека и гигиене окружающей среды РАМН и Минздрава РФ (13-14 декабря 2012; Москва). - С. 106 - 108.
- 54. Демин, В.Ф. Российский и международный стандарты возрастного распределения населения для медицинской статистики, медико-демографического анализа и оценки риска / В.Ф.Демин, М.А.Пальцев // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины.- 2013. - № 1. - С. 3 - 8.**
- 55. Демин, В.Ф. Разработка национальных и международных стандартов возрастного распределения населения для медицинской статистики, медико-демографического анализа и оценки риска / В.Ф. Демин, М.А. Пальцев, Е.А. Чабан // Гигиена и санитария. – 2013. - № 6. - С. 14 - 21.**