

Красноярский филиал Федерального государственного бюджетного  
научного учреждения

**«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР  
ИНФОРМАЦИОННЫХ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»**

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования

**«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

На правах рукописи

Постникова Ульяна Сергеевна

**ОЦЕНКА И УПРАВЛЕНИЕ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫМИ ТЕХНОСФЕРНЫМИ  
РИСКАМИ СОЦИАЛЬНО-ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ  
ПРОМЫШЛЕННЫХ РЕГИОНОВ СИБИРИ**

Специальность 05.13.10 – «Управление в социальных и экономических системах»

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель:  
доктор технических наук,  
профессор В.В. Москвичев

Красноярск, 2022

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 РИСКИ РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ И ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ.....	16
1.1 Базовые определения и трактовки территориального риска. Развитие риск-ориентированного подхода .....	16
1.2 Классификация и виды моделей оценки рисков.....	24
1.3 Характеристика природно-техногенной безопасности Российской Федерации и Сибирского федерального округа .....	30
1.4 Характеристика муниципальных образований и производственного потенциала СФО.....	35
1.5 Социально-природно-техногенная система: риски устойчивого развития и проблемы территориального управления.....	38
1.6 Основные выводы и задачи исследования .....	45
2 РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ТЕХНОГЕННЫХ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ РИСКОВ .....	47
2.1 Определение опасных факторов и базовых рисков техносферы в С-П-Т системе .....	47
2.2 Метод многомерной статистики для обоснования и определения допустимого уровня риска .....	52
2.3 Дифференцированный подход в оценке индивидуального техногенного риска .....	60
2.4 Оценка материального ущерба от опасных техногенных событий.....	63
2.5 Комплексная оценка техногенного территориального риска.....	64
2.6 Основные выводы по главе .....	66
3 АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИЙ СФО .....	68
3.1 Оценка техногенной уязвимости территорий СФО .....	68

3.2 Использование метода многомерной статистики для анализа техногенной безопасности.....	73
3.2.1 Кластерный анализ и оценка индивидуального техногенного риска городов СФО с численностью населения более 70 тыс. чел.....	73
3.2.2 Кластерный анализ и оценка индивидуального техногенного риска для средних и малых городов СФО с численностью населения менее 70 тыс. чел.....	78
3.2.3 Кластерный анализ и оценка индивидуального техногенного риска для муниципальных районов СФО .....	82
3.3 Оценка комплексного техногенного риска территорий СФО.....	86
3.4 Выводы по главе .....	91
4 ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО УПРАВЛЕНИЮ И МИНИМИЗАЦИИ ТЕХНОГЕННОГО ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО РИСКА.....	92
4.1 Система принятия решения на основе риск-ориентированного подхода.....	92
4.2 Идентификация основных факторов, влияющих на уровень риска .....	97
4.3 Предложения по снижению комплексного техногенного территориального риска .....	103
4.4 Основные направления повышения защищенности территориальных образований .....	106
4.5 Апробация и внедрение результатов.....	112
4.6 Выводы по главе.....	116
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	117
Список литературы .....	121
Приложение А. Терминология и определения рисков в соответствии с нормативными документами.....	137
Приложение Б. Нормативно-правовые документы РФ и базовые соотношения в области оценки техногенного риска.....	141
Приложение В. Характеристика опасных событий муниципальных образований СФО .....	151
Приложение Г. Пример иерархического кластерного анализа.....	161

Приложение Д. Карты комплексного территориального техногенного риска по субъектам СФО.....	164
Приложение Е. Документы о применении результатов диссертационной работы.....	167

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность исследования.** Развитие и рост числа объектов техносферы, формирование промышленных кластеров и агломераций при активном освоении новых территорий Сибири и Арктики ведет к накоплению потенциальных опасностей, которые приводят к возникновению чрезвычайных ситуаций (ЧС) техногенного характера со значительными социальными и экономическими потерями (смертельные случаи, травмы и болезни; прямой ущерб имуществу и инфраструктуре; финансовые затраты и косвенные экономические убытки; загрязнение экосистемы и утрата биоразнообразия; социальные и культурные потери). Чрезмерное использование природных и технологических ресурсов, стремление к экономическому росту без соответствующего научного обоснования приводит к повышенным рискам развития территориальных образований, особенно при росте концентрации опасных промышленных производств без должного анализа их влияния на социально-экономическое и социально-экологическое развитие с позиции территориальной безопасности.

В соответствии с Указами Президента «О Стратегии национальной безопасности» от 02.07.2021 г. № 400 и «О Стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года» от 13.05.2017 г. № 208 обеспечение безопасности направлено на повышение общего уровня безопасности, противодействие вызовам и угрозам, защиту населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера, повышение качества жизни, предотвращение кризисных явлений в ресурсно-сырьевой, производственной, научно-технологической и финансовой сферах. Национальная безопасность и устойчивое развитие страны должны основываться на единой системе комплексного мониторинга, прогнозирования возможных опасных событий и принятия мер по снижению риска возникновения аварийных ситуаций и катастроф.

На сегодняшний день на законодательном уровне обоснованы и сформулированы практические, социальные и экономические предпосылки и причины для расширенного применения риск-ориентированного подхода в

различных системах территориального управления на федеральном, отраслевом, субъектовом, муниципальном и объектовом уровнях. Для каждой сферы жизнедеятельности существуют свои особенности реализации риск-ориентированного подхода при этом основным обоснованием является его универсальность для организации и осуществления государственного контроля и управления. Для эффективного территориального управления с учетом требований риск-ориентированного подхода необходимо решение следующих задач:

– определение нормативных уровней рисков и разработка целевых мероприятий, оптимальных предложений и программ по их снижению. Каждый аспект жизнедеятельности человека сопровождается воздействием определенной группы рисков, устойчивое развитие связывается с выявлением и предупреждением негативных воздействий на человека, окружающую природную среду, определяется балансом между научно-техническим и промышленным развитием и сохранением экосферы для будущих поколений. Принципы устойчивого развития напрямую связаны с концепцией приемлемого научно-обоснованного риска.

– повышение требований конкретизации и необходимости реализации единых подходов к анализу рисков, обеспечивающих сравнительную оценку различных опасностей и защищенности географических, территориальных, промышленных образований, социально-природно-техногенных систем. При анализе безопасности территориальных образований на федеральном уровне, как правило, рассматривают территории субъектов Российской Федерации и на основании усредненных данных принимаются управленческие решения. Однако для повышения эффективности управления целесообразно рассмотрение территорий муниципальных образований, отдельных промышленных регионов и агломераций, с детальной проработкой базовых и нормативных рисков развития, их сравнением и оценкой комплексных показателей безопасности.

Таким образом управление и устойчивое территориальное развитие напрямую связано с анализом, оценкой и минимизацией территориальных техногенных рисков. Особо остро стоит проблема обеспечения техногенной

безопасности регионов Сибирского федерального округа, где формируются новые промышленные агломерации, обеспечивающие будущий потенциал экономического развития страны. СФО характеризуется наличием большого числа промышленных объектов и развитой инфраструктурой. Оценка и анализ территориального техногенного риска являются важнейшими инструментами для выработки эффективной региональной политики, стратегий и тактик управления социально-экономическим и социально-экологическим развитием, которые позволят минимизировать негативные последствия, снизить уровень опасности и повысить защищенность территории.

Отмеченные аспекты территориального управления с учетом риск-ориентированного подхода выдвигают на первый план актуальную комплексную проблему исследования территориальных техносферных рисков социально-природно-техногенных систем промышленных регионов Сибири.

**Целью диссертационного исследования** является оценка территориальных техногенных рисков социально-природно-техногенных (С-П-Т) систем для повышения устойчивости развития и эффективности управления муниципальными образованиями, промышленными регионами и агломерациями на примере территорий Сибирского федерального округа.

Для реализации поставленной цели решались следующие **основные задачи**:

1) Систематизация и анализ статистической информации по опасным техногенным событиям на рассматриваемой территории (промышленные регионы СФО) с определением вероятности наступления опасных техногенных событий и их классификация.

2) Анализ информационно-аналитических систем и программных комплексов управления и принятия решений.

3) Развитие и практическое применение моделей и методов оценки техногенных и территориальных рисков С-П-Т систем.

4) Разработка методики оценки нормативного уровня индивидуальных и комплексных техногенных территориальных рисков муниципальных образований и субъектов СФО.

5) Ранжирование исследуемых территорий по уровню опасности для населения по показателям риска с использованием ГИС технологий.

6) Разработка алгоритма системы поддержки принятия решений, основанного на риск-ориентированном подходе.

7) Разработка методики количественной оценки защищенности территориальных образований СФО.

**Объектом исследования** является социально-природно-техногенная система регионов и муниципальных образований с учетом формирующихся рисков развития в условиях антропогенных воздействий.

**Предметом исследования** являются методы, модели и методики поддержки принятия решений при управлении территориальными образованиями с использованием методов математической классификации данных и риск-ориентированного подхода.

**Степень разработанности темы исследования.** Наиболее интенсивные исследования в области оценки рисков проводятся с середины 1990-х годов как в Российской Федерации, так и за рубежом. В России с 1998 г. реализуется издательский проект «Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты», который охватывает различные проблемы безопасности, управления и анализа риска. В области оценки риска выделяется несколько укрупненных направлений исследований: общая теория катастроф и риск-анализа, анализ и оценка рисков различного происхождения (природные, экологические, техносферные и др.), пространственный анализ и картографирование территориальных рисков.

В формировании общей теории катастроф и риск-анализа значительный вклад внесли: Легасов В.И., Вишняков Я. Д., Воробьев Ю. Л., Малинецкий Г.Г., Махутов Н.А., Осипов В.И., Тимашев С.А., Фалеев М.И., Шахраманян М. А. и др.

В области техносферных рисков наиболее значимые результаты получены авторами: Ахметханов Р.С., Быков А.А., Гаденин М.М., Гражданкин А.С., Жуков И.С., Козлитин А.М., Лесных В.В., Лепихин А.М. Лисанов М.В., Массель Л. В., Маршал В.К., Махутов Н.А., Москвичев В.В., Ноженкова Л.Ф., Острейковский



В.А., Печеркин А.С., Резников Д.О., Сидоров В.И., Ales Bernatik, Carlos M. Rodrigues, Yafei Zhou, Mao Liu, Katarina Holla, Tiago Miguel Ferreira, Romeu Vicente, José António Raimundo Mendes da Silva и др.

Большинство разрабатываемых моделей оценки риска носят локальный характер (для определенного производственного объекта), однако в последнее время наблюдается тенденция к переходу на риск-ориентированный подход в области управленческой деятельности в части принятия решений территориального развития. Эффективность планирования и управления территориальными образованиями напрямую зависит от возможности выявления и минимизации техногенных опасностей и рисков, что предопределило разработку методики комплексной оценки территориальных техногенных рисков с обоснованием допустимых уровней и последующим решением обратных задач управления территориями. В области территориальных рисков следует отметить вклад авторов: Акимов В.А., Арефьева Е.В., Артюхин В.В., Берман А.Ф., Верескун А.В., Елохин А. Н., Крапухин В.В., Олтян И.Ю., Москвичев В. В., Радаев Н.Н., Фалеев М.И.

**Научная новизна работы** заключается в разработке нового методического подхода оценки техногенного территориального риска, основанного на методах многомерной статистики и, в отличие от существующих методов, позволяет выделять муниципальные образования в отдельные группы и анализировать риски на территориях, имеющих аналогичные характерные признаки. В работе впервые:

1) Предложена новая методика оценки территориального техногенного риска, отличающаяся от известных тем, что основана на методах математической классификации данных. На основе разработанной методики выполнено ранжирование территориальных образований Сибирского федерального округа по уровню техногенной опасности, в отличие от известных методов, основанных на анализе общих характеристик безопасности региона.

2) Разработан оригинальный алгоритм принятия решений, основанный на количественной оценке комплексного территориального техногенного риска и

развивающий информационную систему территориального управления рисками и безопасностью.

3) Разработана методика оценки защищенности территории, отличающаяся от известных качественных методов возможностью получения количественных показателей.

**Соответствие паспорту специальности.** Сформулированные положения и задачи соответствуют паспорту специальности 05.13.10 пунктам: 4. «Разработка методов и алгоритмов решения задач управления и принятия решений в социальных и экономических системах»; 12. Разработка новых информационных технологий в решении задач управления и принятия решений в социальных и экономических системах.

**Теоретическая ценность диссертации** заключается в развитии моделей оценки территориальных рисков и алгоритмов поддержки принятия решений при управлении социально-природно-техногенными системами.

**Практическая ценность работы:**

Полученные результаты могут быть использованы при разработке паспортов безопасности территориальных образований, региональных стратегий устойчивого развития и нормативных документов по оценке рисков, при подготовке планов предупреждения и ликвидации аварий и катастроф.

Использование разработанной методики оценки территориальных техногенных рисков и алгоритма обеспечения поддержки принятия решений позволяет руководителям муниципальных образований получать количественные значения рисков, выявлять доминирующие опасные факторы и на основании полученной информации принимать обоснованные управленческие решения. Управление и минимизация техногенных рисков позволяют снизить затраты на ликвидацию последствий аварий и катастроф.

**Реализация результатов.** Полученные в диссертационной работе результаты использованы:

– при выполнении государственного задания Министерства науки и высшего образования для ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр

информационных и вычислительных технологий» по базовой теме «Теоретические основы, алгоритмическое обеспечение и информационные технологии для решения фундаментальных и прикладных задач исследования сложных техногенных, природных и биологических систем проект» по проекту «Разработка нового поколения информационных систем мониторинга и оценки рисков развития социально-природно-техногенных систем для управления промышленными регионами страны» № АААА-А17-117120670141, период 2017-2020 г.;

– при разработке проекта нормативно-технического документа «Руководство по оценке рисков развития социально-природно-техногенных систем», прошедшего экспертную оценку в Комиссии по техногенной безопасности РАН (руководитель член-корр. РАН Н.А. Махутов).

– в учебном процессе кафедры «Безопасность жизнедеятельности в техносфере» СибГУ им. М.Ф. Решетнева при чтении курса лекций, проведении практических и лабораторных занятий по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности», при подготовке методических указаний к лабораторным работам «Безопасность жизнедеятельности. Производственный травматизм» для бакалавров по всем направлениям подготовки всех форм обучения и при подготовке методических указаний к практическим работам «Оценка рисков социосферы (статистические методы)» для подготовки магистров по направлению 20.04.01 — «Техносферная безопасность»;

– в учебном процессе кафедры «Техносферной и экологической безопасности» СФУ при разработке курса лекций «Риск – анализ аварийных ситуаций и катастроф» для обучения магистров по направлениям подготовки 20.04.01 — «Техносферная безопасность»;

– при выполнении проекта КГАУ «Красноярский краевой фонд поддержки научной и научно-технической деятельности» № 2021101907838 «Разработка методов управления территориальным развитием на основе риск-ориентированного подхода» период 2021 – 2022 г.

– при выполнении проекта Российского фонда научных исследований и КГАУ «Красноярский краевой фонд поддержки научной и научно-технической деятельности» № 18-47-240006 р\_а «Методы и информационные технологии оценки рисков развития социально-природно-техногенных систем промышленного региона» период 2018 – 2020 г.

Методика оценки рисков и алгоритм поддержки принятия решений внедрены в практическую деятельность лаборатории мониторинга и природно-техногенной безопасности Красноярского филиала ФИЦ ИВТ.

Материалы диссертации переданы в Главное управление МЧС России по Красноярскому краю и используются при управлении территориальными рисками и анализе защищенности территориальных образований.

#### **Степень достоверности и апробации результатов**

Основные положения диссертационного исследования докладывались и обсуждались на следующих конференциях: Всероссийская конференция «Обработка пространственных данных в задачах мониторинга природных и антропогенных процессов» (Россия, Новосибирск, 24-27 августа 2021 г.); VI Международная научно-практическая конференция «Информационные технологии и высокопроизводительные вычисления» (Россия, Хабаровск, 14-16 сентября 2021 г.); Всероссийская научно-практическая конференция «Енисейская Арктика» (Россия, Красноярск, 25 марта 2021 г.); XX International multidisciplinary scientific geosconference - SGEM 2020 (Болгария, Албена, 18-24 августа 2020 г.); VII Всероссийская конференция «Безопасность и мониторинг техногенных и природных систем» (Россия, Кемерово, 5-7 октября 2020 г.); The Second Eurasian Conference «Innovations in minimization of natural and technological risks» (Грузия, Тбилиси, 12-19 апреля 2020 г.); The First Eurasian Conference «Innovations in minimization of natural and technological risks» (Азербайджан, Баку, 22-24 мая 2019 г.); First international symposium on risk analysis and safety of complex structures and components (Португалия, Порту, 1-2 июля 2019 г.); Всероссийская конференция «Обработка пространственных данных в задачах мониторинга природных и антропогенных процессов» (Россия, Бердск, 26-30 августа 2019 г.); XXI

Всероссийский семинар «Моделирование неравновесных систем» (Россия, Красноярск, 4-6 октября 2019 г.); VI Всероссийская конференция «Безопасность и мониторинг техногенных и природных систем» (Россия, Красноярск, 18–21 сентября 2018 г.); XXII Международная научно-практическая конференция «Решетневские чтения» (Россия, Красноярск, 12-16 ноября 2018 г.).

На разных этапах работа была поддержана грантами: ККГАУ «Красноярский краевой фонд поддержки научной и научно-технической деятельности» (2017, 2019, 2021-2022 гг.) и грантом Erasmus+ 2019-2020 гг.

**Методы исследования.** Диссертационная работа основывается на теоретической базе научных трудов российских и зарубежных ученых в области оценки территориальных рисков. При решении задач использовались методы многомерного статистического анализа, методологии территориального управления и планирования, системного анализа и безопасности технических систем, теории вероятности и риск-анализа аварийных ситуаций и катастроф, информационные технологии поддержки принятия решений.

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 39 работ. Основные положения диссертации изложены в 5 работах, опубликованных в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень ВАК, две из которых опубликованы по направлению «Информатика, вычислительная техника и управление».

**Предмет защиты и личный вклад автора.** Постановка задач, выбор методов исследования осуществлялись автором совместно с научным руководителем, сбор и систематизация данных по видам техногенных опасностей, характерных для территориальных образований СФО, разработка методики кластерного анализа опасности территориальных образований, оценка и определение допустимого уровня фактически реализуемых территориальных техногенных рисков с использованием разработанного метода и разработка метода анализа защищенности территорий выполнены автором самостоятельно.

**Положения, выносимые на защиту,** представляются в виде результатов теоретических и прикладных исследований, полученных на основе нового

методического подхода по оценке территориальных техногенных рисков для социально-природно-техногенных систем промышленных регионов Сибири:

1) Новая методика на основе методов многомерной статистики, позволившая осуществить расчеты индивидуального и комплексного рисков с определением расчетных приемлемых уровней для отдельных субъектов, городских и районных муниципальных образований Сибирского федерального округа.

2) Алгоритм принятия решений для управления территориальными образованиями, на основе риск-ориентированного подхода.

3) Методика количественной оценки защищенности территории, позволившая определить необходимое число медицинских учреждений и пожарно-спасательных формирований на территориях СФО.

**Структура и объем работы:** диссертация состоит из введения, 4 разделов, списка литературы и шести приложений. Основное содержание изложено на 174 страницах. Работа содержит 36 рисунков, 26 таблиц и 130 источников использованной литературы.

**Во введении** обосновывается актуальность исследования проблем территориальных техносферных рисков, определяется цель работы, формулируются задачи, которые необходимо решить для реализации поставленной цели, указывается методологическая основа исследования, раскрывается научная новизна и практическая значимость диссертационной работы, выдвигаются основные положения, выносимые на защиту, представлена апробация работы.

**В главе 1** описаны этапы развития и становления риск-ориентированного подхода, представлен обзор научных исследований в области оценки риска. Проведен анализ методических разработок по оценке техногенного риска. Приведена характеристика природно-техногенной безопасности РФ и Сибирского федерального округа. Сформулирована концепция социально-природно-техногенной (С-П-Т) системы. Рассмотрены информационные системы и программные комплексы применяемые в области поддержки принятия решений.

Определены основные проблемы в области обеспечения территориальной безопасности С-П-Т систем.

**В главе 2** содержится описание методики оценки индивидуального и комплексного техногенного территориального риска. Анализ исходных мониторинговых данных основывается на методах многомерной статистики, которые позволяют проводить деление территорий на однородные группы со схожими характеристиками. Представлен алгоритм методики кластеризации для оценки риска, который состоит из восьми основных этапов.

**В главе 3** содержатся результаты анализа техногенной безопасности территории, основанного на количественной оценке индивидуального и комплексного риска. Анализ техногенной территориальной безопасности СФО проводится по трем укрупненным группам административно-территориального деления: города с численностью населения свыше 70 тыс. чел., средние и малые города (численность населения менее 70 тыс. чел.) и муниципальные районы. Для каждой территориальной группы получены свои уровни риска.

**В главе 4** представлен алгоритм системы поддержки принятия решений по управлению территориальным техногенным риском. Данная система является частью информационной системе территориального управления рисками и безопасностью (ИСТУ РБ). Предложены методы по снижению комплексного техногенного риска. Проведен анализ защищенности территориальных образований СФО.

# **1 РИСКИ РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ И ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ**

## **1.1 Базовые определения и трактовки территориального риска. Развитие риск-ориентированного подхода**

Первые попытки анализа и количественной оценки риска датируются 13 веком. В развитии математического аппарата оценки риска с позиции данной работы можно выделить четыре этапа развития. Первый этап развития научного знания о риске связан с формированием теории вероятности и определением величины риска в рамках системного метода вычисления вероятности будущих событий.

На втором этапе начинают формироваться основные принципы теории риска в предпринимательской деятельности, которые связаны с законом больших чисел и основными процедурами статистики.

На третьем этапе понятие риска рассматривается и трактуется как результирующая оценка воздействия антропогенных и природных факторов на развитие социо-эко-техносфер. Зарождается системный подход к управлению рисками. На данном этапе возникают сложные системы оценки и прогнозирования, позволяющие эффективно управлять рисками, в качестве математического аппарата которых широко применяется теория вероятности.

Четвертый период связан с анализом безопасности технических систем на основе теории риска. Активно ведутся разработки государственных стандартов, регламентирующих методические подходы к анализу и нормированию риска на промышленных объектах. Одним из первых нормативных документов, в котором введены понятия и методы анализа риска является РД 08-120-96 «Методические указания по проведению анализа риска опасных промышленных объектов» (утв. постановлением Госгортехнадзором России от 12 июля 1996 года № 29). На основании данного документа под риском необходимо понимать сочетание частоты (или вероятности) и последствий определенного опасного события. В данном документе вводится градация риска (индивидуальный, социальный,



коллективный и территориальный). В 2001 году РД 08-120-96 перестает действовать, в 2002 году вводят ГОСТ Р 51901.1-2002 «Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем», который на сегодняшний день является действующим. Терминология риска в данном документе аналогична с РД 08-120-96, за исключением градации.

Исторические аспекты и периоды становления теории риска связаны с уровнем научно-технического развития (НТР) [1], которые подразделяются на шесть этапов, представленных в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Этапы эволюции теории рисков

№ этапа	Временные периоды укладов НТР	Прогрессивные процессы и достижения	Формирование рисков развития
1	XVIII-XIX века	Начало индустриального периода, характеризуется использованием энергии воды, развитием текстильной промышленности, механизация фабричного производства	- технические риски; - природные риски; - экологические риски; - биолого-социальных риски; - риски профзаболеваний - риски несчастных случаев на производстве.
2	XIX век	Использование энергии пара и угля. Развитие черной металлургии и транспорта (паровые машины, паровозы, пароходы и др.)	- возникновение аварий и катастроф техногенного характера; - риски дорожно-транспортных происшествий; - риски 1 этапа
3	XIX – XX век	Использование электрической энергии, тяжелое машиностроение, электротехническая и радиотехническая промышленность. Концентрация банковского и финансового капитала	- финансово-экономические риски; - риски 1 и 2 этапа
4	1930 – 1970	Урбанизация; энергия углеводородов, нефтегазохимия; развитие транспорта (морской, воздушный, космический); зеленая революция; атомная энергия; космическая техника	- риски военных конфликтов с применением ядерного оружия; - риски ЧС (природного, техногенного и биолого-социального характера); - материальные риски; - риски 1-3 этапов

Окончание таблицы 1.1

№ этапа	Временные периоды укладов НТР	Прогрессивные процессы и достижения	Формирование рисков развития
5	1970 – 2010	Глобализация; использование альтернативной энергетики; электроника и микроэлектроника; информационные технологии, геновая инженерия, интернет;	- операционные риски; - риски преждевременной смертности; - риски 1-4 этапов
6	2010 – по настоящее время	Развитие биотехнологий, нанотехнологий; развитие искусственного интеллекта; переход на цифровую экономику; интенсивное природопользование	- риски заболеваемости населения от загрязнения атмосферного воздуха, воды и продуктов питания; - демографические риски; - риски возникновения аварий на ОПО, КВО и СВО; - кредитные риски; - риски кибертерроризма; - политические риски; - правовые риски; - стратегические риски; - глобальные риски (пандемии, глобальные экологические проблемы, природные катаклизмы, нехватка природных ресурсов); - риски 1-5 этапов

Многие российские ученые внесли свой вклад в формирование и разработку методов количественной оценки риска различных объектов техносферы. Значительные практические результаты в области теории безопасности и риска получены в работах чл. корр. РАН Н.А. Махутова [1, 2], предложившего различные стратегии и практики управления безопасностью и рисками, использование методологии оценки и анализ риска на разных уровнях (глобальный, национальный, региональный, местный, объектовый, локальный). В области анализа чрезвычайных ситуаций и катастроф внесли свой вклад Акимов В.А., Арефьева, Артюхин В.В., Е.В., Верескун А.В., Крапухин В.В., Олтян И.Ю, Фалеев М.И. и др. Их подходы и методы основываются на моделировании, ранжировании и оценках рисков аварий и катастроф и направлены на реализацию Сендайской

рамочной программы [3-8]. В области надежности, безопасности и оценки рисков сложных технических систем основной вклад внесли Ахметханов Р.С., Гаденин М.М., Лепихин А.М., Москвичев В.В., Острейковский В.А., Печеркин А.С., [9-14]. Их работы направлены на выявление отказов технических систем, анализ сценариев и последствий аварийных ситуаций с последующей оценкой рисков. В работах Козлитина А.М. используются методы количественной оценки экологического риска от последствий возможных аварий с разливом химически-опасных веществ [15]. Анализу безопасности опасных производственных объектов, применению риск-ориентированного подхода при организации отдельных видов инспекционной контрольной деятельности посвящены работы В.В. Лесных [16]. Жуковым И.С., Лисановым М.В., Резниковым Д.О. предложены методы нормирования и управления рисками, связанными с эксплуатацией опасных производственных объектов, включая вопросы нормирования социального риска при авариях на опасных производственных объектах [17, 18].

Проблемы оценки риска опасных природных процессов в глобальной постановке, а так же в пределах городских и техногенно-урбанизированных территорий рассмотрены в трудах В.И. Осипова. В его работах предложена методология оценки опасности и риска отдельных экзогенных процессов, а также интегральная оценка и картографирование геологического риска городов как результата наложения характеристик уязвимости инфраструктуры и природных опасностей [19].

В области территориальных рисков основополагающим трудом является «Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации» [20, 21], представляющий собой набор карт по различным видам опасностей и характеристик территории РФ. На рисунке 1.1 в качестве примера представлена карта, характеризующая уязвимость территорий РФ к техногенным опасностям. Анализ опасностей в Атласе проводится по субъектам РФ. Укрупненная оценка дает общее представление и выявляет тенденции пространственного изменения безопасности при решениях задач управления территориальным развитием и разработки мероприятий по предупреждению

чрезвычайных ситуаций. Для углубленного анализа с целью минимизации рисков необходим детальный ретроспективный анализ на уровне муниципальных образований.



Рисунок 1.1 - Уязвимость территории к техногенным опасностям

На сегодняшний день в научных трудах и в нормативно-технической литературе представлены различные модели и методы оценки риска, которые в большинстве своем направлены на анализ безопасности промышленных объектов, либо анализируют безопасность территории РФ по субъектам. Каждый отраслевой стандарт, как правило, имеет свою терминологию риска. Термин «потенциальный территориальный риск» официально установлен нормативным документом [22] и обозначает пространственное (территориальное) распределение частоты реализации негативного воздействия определенного уровня от возможных аварий. В работе под техногенным территориальным риском понимается вероятность наступления опасного техногенного события на определенной территории

(муниципальном образовании), которое может привести к человеческим жертвам и материальным ущербам.

С развитием теории безопасности на государственном уровне формируется нормативно-правовая база, в которую входят акты, имеющие различную юридическую силу (рисунок 1.2).

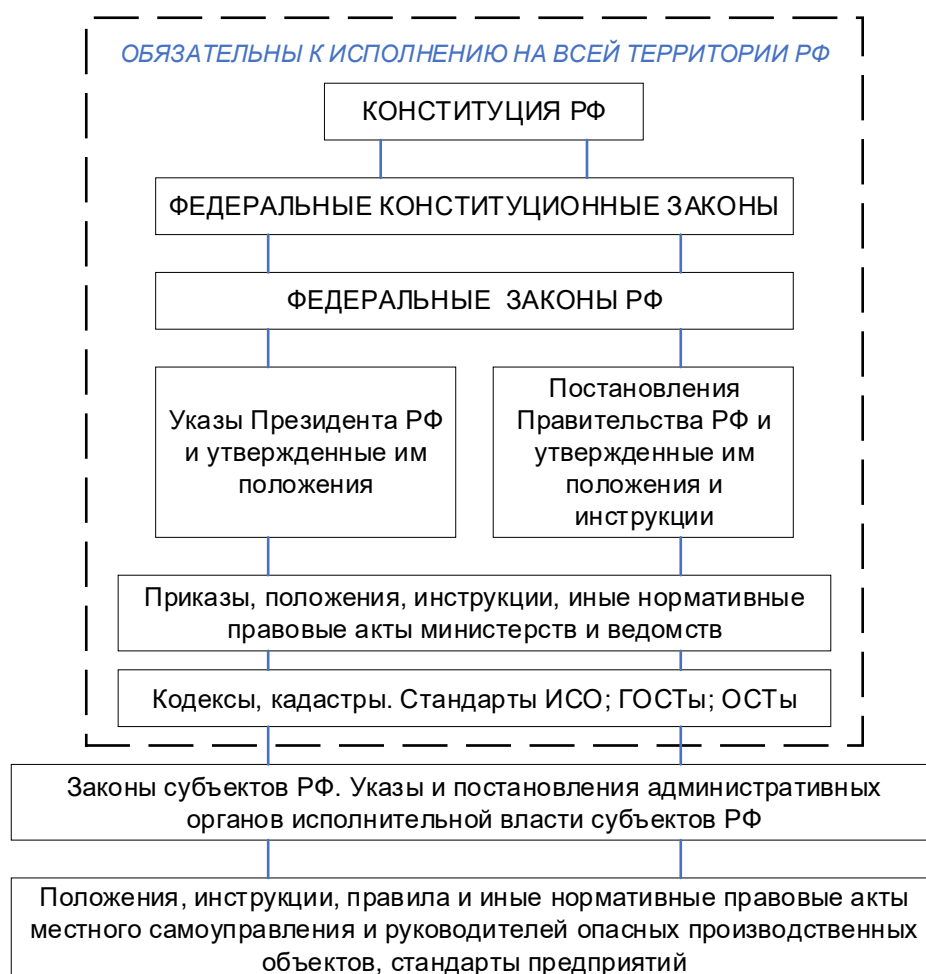


Рисунок 1.2 –Схема формирования законодательной базы в РФ

На федеральном, территориальном (субъектовом), региональном, муниципальном и объектовом уровнях осуществляется формирование законодательной базы в области предупреждения и ликвидации опасных природных и техногенных событий. При постоянном росте аварий и катастроф обеспечение комплексной безопасности территории является важнейшим

приоритетом государственной научно-технической политики, что отражается в ряде федеральных законов [23, 24] и Указах Президента Российской Федерации:

- Стратегия национальной безопасности Российской Федерации (Указ от 02 июля 2021 года № 400);
- Основы государственной политики Российской Федерации в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций на период до 2030 года (Указ от 11 января 2018 года № 12);
- Основы государственной политики Российской Федерации в области гражданской обороны на период до 2030 года (Указ от 20.12.2016 № 696);
- Основы государственной политики Российской Федерации в области пожарной безопасности на период до 2030 года (Указ от 01.01.2018 № 2);
- Федеральная научно-техническая программа в области экологического развития Российской Федерации и климатических изменений на 2021-2030 годы (Постановление Правительства РФ от 08.02.2022 г. №133).

В соответствии с федеральным законодательством на уровне субъектов РФ определены основные задачи в области гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций:

- выработка и реализация государственной политики;
- организация подготовки и утверждения в установленном порядке проектов нормативных правовых актов;
- осуществление управления деятельностью федеральных органов исполнительной власти в рамках РСЧС;
- осуществление нормативного регулирования в целях предупреждения, прогнозирования и смягчения последствий чрезвычайных ситуаций и пожаров, а также осуществление специальных, разрешительных, надзорных и контрольных функций по вопросам, отнесенным к компетенции МЧС России;
- осуществление деятельности по организации и ведению гражданской обороны, экстренному реагированию при чрезвычайных ситуациях, защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций и пожаров, обеспечению безопасности людей на водных объектах, а также осуществление мер по

чрезвычайному гуманитарному реагированию, в том числе за пределами Российской Федерации.

На территории субъектов РФ на межрегиональном, региональном, муниципальном и объектовом уровнях создаются органы повседневного управления РСЧС для обеспечения совместной деятельности федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и организаций в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций. На муниципальном уровне законодательная база направлена на решение следующих задач:

- оповещение населения и органов управления;
- мониторинг и прогнозирование чрезвычайных ситуаций;
- управление силами и средствами;
- организация информационного обмена.

Анализ общенационального, регионального и муниципального законодательства в области предупреждения и ликвидации ЧС природного и техногенного характера показывает, что в нем отражаются основные направления государственной политики в области обеспечения безопасности, защиты населения и территории от опасных событий.

Нормативно-правовая база РФ в области природно-техногенной безопасности носит риск-ориентированный характер. В более чем 50 документах встречаются термины, связанные с риском, в которых представлены трактовки риска и его составляющих [23 - 38] (приведены в Приложении А). Риск-ориентированный подход – метод классификаций согласно уровню опасности, включающий угрозу вреда жизни и здоровью граждан, повреждения окружающей среды, культурного наследия, угрозу возникновения чрезвычайных ситуаций естественного, антропогенного и социального характера [39].

В основе глобального подхода по управлению рисками бедствий природного и техногенного характера лежит разработанная ООН Сендайская рамочная программа по снижению риска бедствий (2015–2030 годы), принятая на Всемирной конференции ООН 14–18 марта 2015 г. Основные направления деятельности:

понятие риска бедствий; разработка и совершенствование правовых документов по управлению рисками; финансирование мер направленных на снижение риска бедствий и укрепление потенциала противодействия; обеспечение эффективного управления и реагирования.

В настоящее время в сообществе российских и зарубежных ученых растет понимание необходимости исследований особой категории опасностей - беспрецедентных (экстремальных, не имеющих статистики) катастрофических рисков. Эти риски возникают при синергетическом взаимодействии человеческой деятельности и природных факторов, при этом активно проявляются тенденции, урбанизирующие (преобразующие) природную среду, создавая новые виды природных и технологических угроз. В силу складывающихся экономических, политических и социальных условий в РФ в ближайшем будущем основным объектом урбанизации будут являться территории Сибири и Арктики. Принимая во внимание уникальность их природных систем и глобальную значимость для устойчивого развития страны, исследования природных и технологических угроз и рисков развития представляются особо важной научной проблемой.

## **1.2 Классификация и виды моделей оценки рисков**

Количественный анализ риска является основным механизмом управления безопасностью, заключающийся в определении поражающих факторов. Основные причины образования рисков связаны с деятельностью человека, развитием производственных технологий и процессов, природных явлений. При оценках риска выделяют две его составляющие: объективную, которая может быть идентифицирована, оценена и предсказана на базе фундаментальных закономерностей (измеряется на основе статистических данных произошедших событий или с использованием вероятностных методов и моделей); субъективную, связанную с восприятием субъекта, находящегося в ситуации неопределенности относительно последствий какого-либо события (измеряется на основе субъективной вероятности). В наиболее общем смысле методы оценки риска



можно разделить на количественные и качественные, которые могут применяться для анализа различных систем (таблица 1.2).

Таблица 1.2 - Методы анализа и оценки риска

Вид метода	Наименование	Описание	Применение
Качественный	«Что если?» (альтернативный вариант HAZOP)	Применяется для выявления последствий при различных изменениях системы	Технические системы
	Методы экспертных оценок (Дельфи, метод бальной оценки, метод рейтинга и пр.)	Применяется для прогнозирования и анализа рисков на всех стадиях жизненного цикла системы	Технические системы; Природные системы; Общество
	Метод социологических опросов	Применяется для получения первичных эмпирических данных об определенных мнениях	Общество
Количественный	Феноменологический	Применяется для определения условий необходимых для наступления нежелательных событий	Технические системы
	Детерминированный	Применяется для анализа последовательности этапов развития нежелательных событий через стадии отказа, деформации, разрушения и пр.	Технические системы
	Вероятностный	Применяется для определения частоты наступления нежелательного события	Технические системы; Природные системы; Общество; Территории

Теоретические и практические методы анализа риска представлены в ряде российских [39-63] и зарубежных изданиях [64-70]. В настоящее время разработаны различные методы прогноза и оценки рисков. Модели оценки рисков классифицируются в зависимости от источника возникновения, объекта воздействия и назначению. Классификация моделей оценки риска представлена на рисунке 1.3.

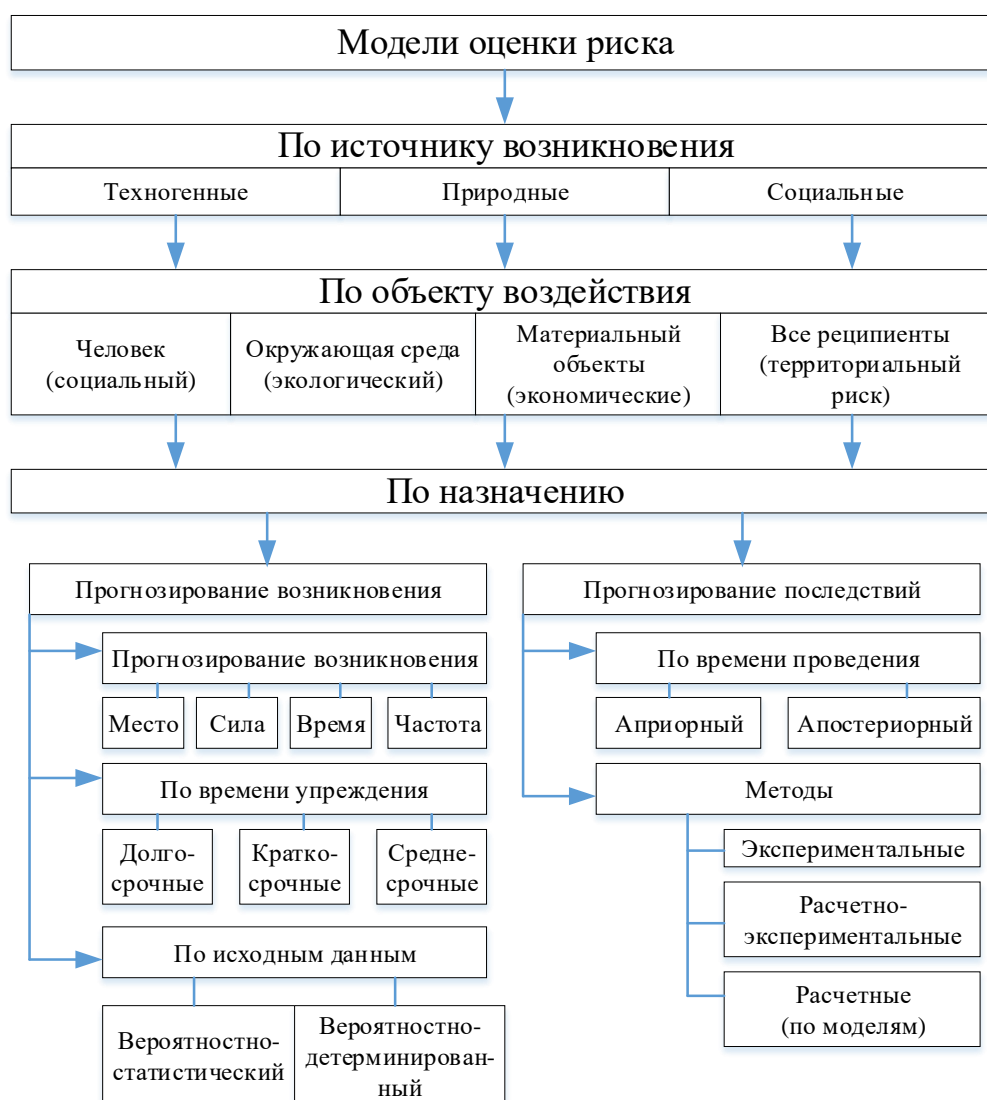


Рисунок 1.3 – Классификация моделей оценки риска

Модели и методы оценки рисков можно подразделить на две группы: для анализа безопасности промышленных объектов и для анализа территориального образования. В приложении Б представлены основные модели оценки рисков, которые регламентируются нормативными документами и предлагаются в научных трудах [30, 31, 34, 35, 37, 38, 71 -75].

Модели количественной оценки рисков объектов техносферы имеют схожий математический аппарат, отличия наблюдаются по назначению (пожарный риск, риск аварии и др.), по отрасли промышленности или объекту (угольная отрасль, химическая, опасные производственные объекты и др.). При оценке рисков на промышленных объектах возникают проблемные моменты как на уровне

производственного управления, так и на уровне расчетов. Для корректного определения величины риска на промышленных объектах необходимо иметь набор исходной статистической информации и соответствующий уровень владения математическим аппаратом (в зависимости от опыта конкретного специалиста и интерпретации исходных данных уровень риска может изменяться, и как следствие, управление рисками будет не достаточно эффективным).

При анализе территориальной техногенной опасности широкое применение в России имеет нормативный документ [34], направленный на определение вероятности гибели людей при различных ЧС. Анализ безопасности территории основывается на оценке индивидуального техногенного риска, которая определяется как отношение погибших на рассматриваемой территории от любых видов ЧС на число проживающих. Данный подход достаточно прост в расчетах и понимании, однако не является объективным. Количественные значения риска, полученные по данной методике, используются в государственных докладах МЧС России. Так же данным документом принято считать допустимым уровнем индивидуального техногенного риска  $1 \cdot 10^{-5}$ , что можно интерпретировать как гибель одного человека из 100 тыс. населения [34].

Другой подход [75] дает определение допустимого риска как среднего статистического показателя за несколько лет. Однако официальные методики оценки риска не учитывают тот факт, что при рассмотрении территорий – муниципальных образований численность населения варьируется в диапазоне от 5 000 до 1 млн и более. Такие изменения в численности населения влияют на конечный результат риска и приводят к его неопределенности. Например, при одинаковом числе аварий и количестве пострадавших на территориях с разной численностью населения риск будет различный. В таблице 1.3 представлены рекомендуемые значения допустимого уровня риска, которые используются в зарубежной и российской практике [34-36, 58, 71-75].

Таблица 1.3 – Уровни приемлемого риска, принятые или предлагаемые в практической деятельности различными национальными организациями

Показатель риска	Уровень приемлемого риска	Консультативный орган
Риск аварии на промышленном предприятии	$10^{-4}$	Комитет советников по основным опасностям (АСМН), Великобритания
Индивидуальный риск	$10^{-6}$	Королевская Комиссия по загрязнению окружающей среды (RCEP), Великобритания
Индивидуальный риск	$1 \cdot 10^{-6}$	Экспертная группа Королевского Общества, Великобритания
Индивидуальный риск	$< 1 \cdot 10^{-6}$	Управление по охране здоровья и безопасности (HSE), Великобритания
Индивидуального риска на территориях активного землепользования (местах проживания населения, коммерческой деятельности)	$< 0,3 \cdot 10^{-6}$	
Индивидуальный риск	$1 \cdot 10^{-6}$	Федеральное агентство по управлению в чрезвычайных ситуациях (FEMA), США
Индивидуальный риск	от $1 \cdot 10^{-6}$ до $1 \cdot 10^{-8}$	Голландский национальный план в области политики об окружающей среде (Министерство жилищного строительства, планирования окружающей среды), Нидерланды
Индивидуальный риск	$< 1 \cdot 10^{-6}$	Министерство планирования (NSW), Австралия
Индивидуального риска на территориях активного землепользования (местах проживания населения, коммерческой деятельности)	$< 0,5 \cdot 10^{-6}$	
Риск аварии на угольной шахте	от 0 до 0,39 (балла)	Ростехнадзор, Россия
Риск аварии на ж/д транспорте	Выполнение 2-х условий: уровень частоты $f \in [0; 10^{-4}]$ сумма ущерба (тыс. руб) $C \in [0; 200]$	Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации, Россия
Риск взрыва топливно-воздушной смеси на ОПО	$R_{\text{доп}} \leq 1 \cdot 10^{-4}$	Ростехнадзор, Россия
Риск аварий на ОПО	Уровень частоты $Q_i \in [0; 10^{-4}]$	Ростехнадзор, Россия

Окончание таблицы 1.3

Показатель риска	Уровень приемлемого риска	Консультативный орган
Индивидуальный риск на ОПО	Кратность превышения индивидуального риска гибели персонала от аварий по сравнению среднеотраслевым уровнем Менее 0,1	Ростехнадзор, Россия
Социальный риск на ОПО	Условная вероятность гибели при аварии более 10 человек из числа третьих лиц менее 0,001 При $\lambda_i \leq 10^{-6}$ и количество пострадавших менее 500 чел. При $\lambda_i \in [10^{-6}; 10^{-5}]$ количество пострадавших [1; 50] чел. При $\lambda_i \in [10^{-5}; 10^{-4}]$ количество пострадавших менее 10 чел. При $\lambda_i \leq 10^{-6}$ и количество пострадавших менее 500 чел. При $\lambda_i \in [10^{-6}; 10^{-5}]$ количество пострадавших [1; 50] чел. При $\lambda_i \in [10^{-5}; 10^{-4}]$ количество пострадавших менее 10 чел.	Ростехнадзор, Россия
Индивидуальный риск	При $\lambda_i \leq 10^{-6}$ и материальный ущерб менее 500 млн. При $\lambda_i \in [10^{-6}; 10^{-5}]$ Ущерб от 100 тыс. до 50 млн При $\lambda_i \in [10^{-5}; 10^{-4}]$ ущерб менее 100 тыс.	Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, Россия
Материальный риск	При $\lambda_i \leq 10^{-6}$ и материальный ущерб менее 500 млн. При $\lambda_i \in [10^{-6}; 10^{-5}]$ Ущерб от 100 тыс. до 50 млн При $\lambda_i \in [10^{-5}; 10^{-4}]$ ущерб менее 100 тыс.	Межведомственной комиссией по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций, Россия
Индивидуальный риск	$\leq 1 \cdot 10^{-5}$	Межведомственной комиссией по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций, Россия
Потенциальный риск причинения вреда здоровью определенным видом деятельности	от $10^{-7}$ до $10^{-6}$	Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Россия
Индивидуальный риск ЧС в определенной точке селитебной территории	Для СФО: Красноярский край $1,61 \cdot 10^{-5}$ ; Алтайский край $1,27 \cdot 10^{-5}$ ; Кемеровская область $1,73 \cdot 10^{-5}$ ; Иркутская область $2,05 \cdot 10^{-5}$ ; Томская область $1,47 \cdot 10^{-5}$ ; Омская область $1,23 \cdot 10^{-5}$ ; Новосибирская область $1,2 \cdot 10^{-5}$ ; Республика Тыва $2,99 \cdot 10^{-5}$ ; Республика Алтай $1,94 \cdot 10^{-5}$ ; Республика Хакасия $1,5 \cdot 10^{-5}$	Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, Россия

### 1.3 Характеристика природно-техногенной безопасности Российской Федерации и Сибирского федерального округа

Анализируя природно-техногенную обстановку территорий Российской Федерации, можно сделать вывод, что большое разнообразие геологических, климатических и ландшафтных условий предполагает наличие различных видов (более 30) природных опасностей, а развитая промышленная инфраструктура, приводит к образованию широкого спектра опасностей техногенного характера [76].

Устойчивое развитие РФ напрямую связано с минимизацией возникновения чрезвычайных ситуаций и происшествий природного и техногенного характера [77]. Однако ежегодно в России происходит до 1000 чрезвычайных ситуаций, из них более 60% имеют техногенный характер [78]. Анализ ЧС позволяет выделить основные группы рисков и их вероятности возникновения, характерные для территории РФ (рисунок 1.4). Вероятность возникновения событий определена на основании статистических данных государственных докладов МЧС РФ [79].



Рисунок 1.4 – Вероятности возникновения ЧС в РФ

Наибольшую угрозу для жизни человека представляют техногенные опасные события. На рисунке 1.5 представлены сводные данные по числу погибших при различных видах ЧС. Ежегодно более 500 человек погибает в чрезвычайных ситуациях техногенного характера.

Российская Федерация имеет в своем составе 8 федеральных округов (Центральный, Северо-Западный, Южный, Северо-Кавказский, Приволжский, Уральский, Сибирский, Дальневосточный). На рисунке 1.6 показано распределение количества ЧС по округам. Наибольшее число ЧС характерно для Центрального федерального округа, как следствие высокой плотности населения и большого количества критически, стратегически важных и потенциально опасных объектов, Приволжского федерального округа, что обусловлено размещением более 500 химически опасных производств. На третьем месте по количеству ЧС стоит Сибирский федеральный округ (СФО), что связано с большим числом промышленных агломераций в его составе.

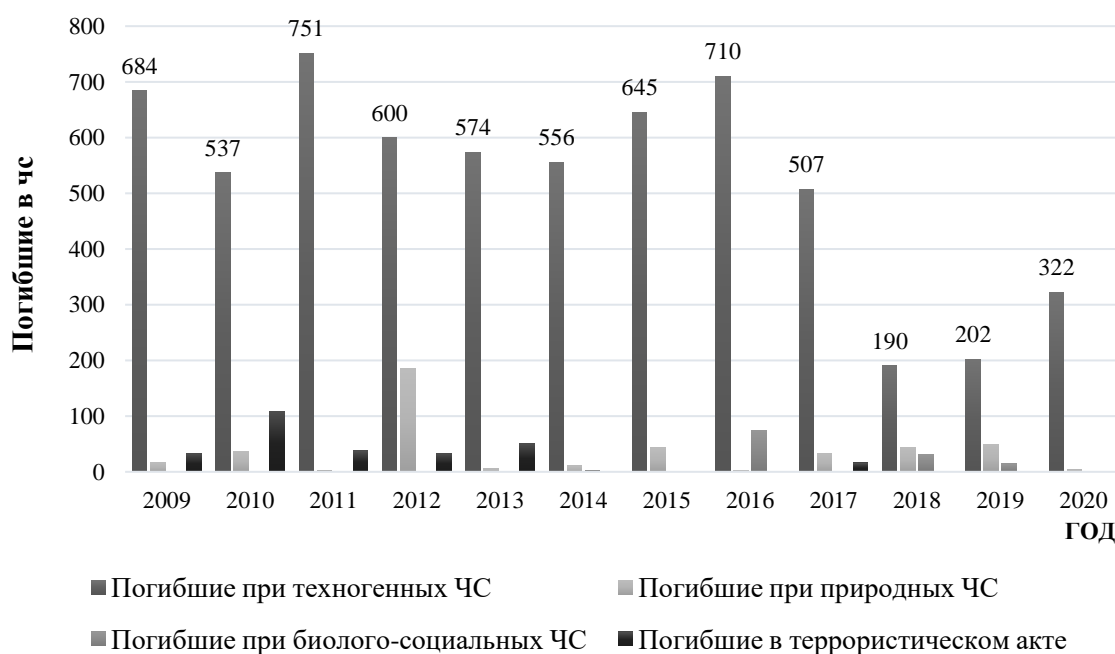


Рисунок 1.5 – Изменения числа погибших при разных видах ЧС в РФ (2009-2020 гг.)



Рисунок 1.6 – Количество ЧС по федеральным округам России

В работе подробно рассматриваются промышленные территории в составе СФО. В составе округа 10 субъектов (3 республики, 2 края и 5 областей). В таблице 1.4 показаны сводные данные по субъектам СФО.

СФО занимает стратегически важное положение в экономике страны, на его территории расположены крупные запасы углеводородного сырья, угля, урана, черных, цветных и драгоценных металлов, древесины, водных и гидроэнергетических ресурсов. Технологическое освоение территорий Сибири и рост промышленности оказывают негативное влияние на экологическую и социальную безопасность и формирует ряд проблем, которые могут отразиться на регионе и на развитие страны в целом. Ключевыми проблемами, требующими постоянного внимания органов государственной власти и органов местного самоуправления, являются:

- высокая концентрация источников потенциального риска на ограниченных территориях (отработанное ядерное топливо, отходы обогащения урана, ядерное и химическое оружие, предприятия военно-промышленного комплекса, трубопроводы, газохранилища, гидроэлектростанции, химические производства, авиация и пр.) (таблица 1.5);



- повышенный риск аварийных ситуаций из-за высокой изношенности основных фондов на предприятиях Сибири;
- человеческий фактор, связанный с низкой культурой безопасности.

Таблица 1.4 - Состав и характеристика субъектов СФО

Регионы СФО	Площадь тыс. км <sup>2</sup>	Средняя численность населения, тыс. чел.	Среднее кол-во ЧС за 5 лет	Среднее кол-во погибших при ЧС за 5 лет	Средний ущерб, млн. руб. за 5 лет	Наиболее крупные города
Республика Алтай	92,9	220,6	1	3	5,4	Горно–Алтайск, Майма
Республика Тыва	168,6	327,4	2	7	8,5	Кызыл, Ак-Довурак, Шагонар, Чадан
Республика Хакасия	61,6	534,3	1	7	232,4	Абакан, Саяногорск
Алтайский край	168,0	2017,6	3	9	26,5	Барнаул, Бийск, Новоалтайск
Красноярский край	2366,8	2866,3	6	20	634,7	Красноярск, Норильск, Ачинск, Канск, Железногорск, Зеленогорск, Минусинск
Иркутская область	774,8	2391,2	6	28	90,9	Братск, Саянск, Ангарск, Слюдянка, Тайшет
Кемеровская область	95,7	2657,9	3	13	30,5	Новокузнецк, Кемерово
Новосибирская область	177,8	2798,2	2	5	8,4	Новосибирск, Бердск
Омская область	141,1	1926,7	3	13	299,4	Омск
Томская область	314,4	1079,3	1	1	0	Томск, Северск

На рисунке 1.7 представлено количество ЧС по регионам СФО. Наибольший вклад вносят Красноярский край, Иркутская, Омская области, которые характеризуются развитой инфраструктурой и наличием крупных промышленных объектов.

Таблица 1.5 – Степень опасности субъектов СФО от ЧС техногенного характера

Наименование субъектов регионов	Химически опасные объекты		Радиационно-опасные объекты		Взрывопожароопасные объекты	
	Число объектов/ Площадь поражения, тыс. км <sup>2</sup>	Население в ЗВП, тыс. чел.	Число объектов/ Площадь поражения, тыс. км <sup>2</sup>	Население в ЗВП, тыс. чел.	Площадь ЗВП, тыс. км <sup>2</sup>	Население в ЗВП, тыс. чел.
Республика Алтай	4/0,012	5	-	-	0,02	2
Республика Тыва	8/0,02	25	5/0,004	10	0,01	7
Республика Хакасия	29/0,2	40	-	-	0,3	9
Алтайский край	33/0,2	500	-	-	0,9	40
Красноярский край	80/7,5	800	3/3,3	150	0,2	110
Иркутская обл.	124/0,4	500			0,03	50
Кемеровская обл.	140/5,0	1500			0,1	60
Новосибирская обл.	88/1,25	700			0,2	65
Омская обл.	155/10	870			0,04	120
Томская обл.	14/20	270	1/2,8	350	0,03	80
<b>Всего</b>	<b>675/44,382</b>	<b>5210</b>	<b>9/6,104</b>	<b>510</b>	<b>1,83</b>	<b>543</b>

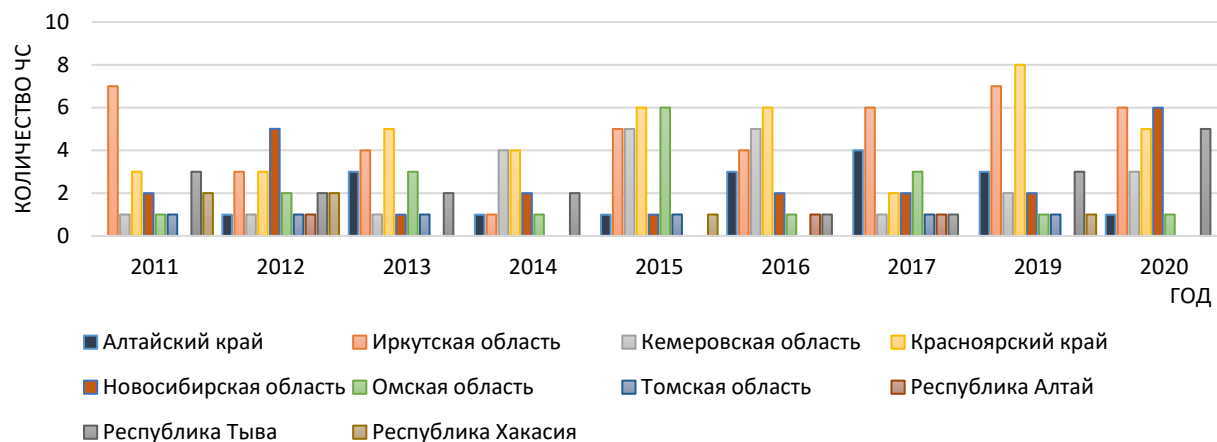


Рисунок 1.7 – Количество техногенных ЧС по регионам СФО (2011-2020 гг.)

При планировании бюджетного финансирования на предупреждение аварийных ситуаций на территории СФО следует проводить более детальный анализ субъектов в составе округа, а именно анализировать городские формирования и муниципальные районы. Это позволит точно выделять территории с неприемлемым уровнем риска и эффективнее составлять программы по минимизации опасностей.

#### **1.4 Характеристика муниципальных образований и производственного потенциала СФО**

Красноярский край — самый крупный промышленный субъект в Сибирском федеральном округе, в него входит 13 краевых городов, 3 ЗАТО и 44 района [80]. Обширная территория и наличие крупных промышленных комплексов создают условия повышенного риска возникновения опасных природных явлений и техногенных аварийных ситуаций связанных с выбросом радиоактивных веществ, выбросом АХОВ; затоплением при разрушении гидротехнических сооружений; крупными производственными авариями и пожарами; лесными пожарами; наводнениями; крупными ДТП, авариями на авиа и железнодорожном транспорте и пр.

Иркутская область характеризуется развитой промышленностью, которая имеет общероссийское значение и играет важную роль в экономике Сибири. Иркутская область имеет в своем составе 10 городских формирований и 32 района, на которых расположены гидротехнические предприятия (каскад Ангарских гидроэлектростанций), металлургическая промышленность в основе которой алюминиевая отрасль, золотодобывающая промышленность, машиностроительный комплекс, химическая и нефтехимическая промышленность, лесная и целлюлозно-бумажная промышленность [81]. По числу жителей Иркутская область уступает в Сибири только Красноярскому краю, Новосибирской и Кемеровской областям.

На третьем месте по числу опасных техногенных событий находятся Новосибирская область (1597 происшествий) и Алтайский край (1531 событие за период с 2000-2020 гг.).

Административно-территориальное деление Новосибирской области составляют 5 городских округов, 30 муниципальных районов и 455 поселений. Экономика региона характеризуется промышленным производством, строительной отраслью, наукой, транспортной инфраструктурой. Данная область — один из ключевых транспортных узлов восточной части России, где пересекаются

крупнейшие железнодорожные, автомобильные, авиационные и речные маршруты. Ведущее положение в экономике региона занимает промышленный комплекс, основными видами деятельности которого являются обрабатывающие производства, производство и распределение электроэнергии, газа и воды [82].

Алтайский край имеет огромные запасы различных природных ресурсов:

- совокупная площадь, покрытая лесами 3,75 млн. гектаров;
- значительные запасы подземных вод;
- добыча каменного и бурого угля, железной руды, марганца, хрома, титана, ванадия, вольфрама, бокситов, никеля, кобальта, драгоценных металлов (золото, серебро, платина);
- месторождения яшмы, порфиров, мраморов, гранитов, минеральных и питьевых подземных вод, минеральных лечебных грязей.

Особенности экономики региона связаны с промышленностью, сельским хозяйством и торговлей. Ведущими видами промышленности являются производство пищевых продуктов, машиностроение (вагоно-, котло-, дизелестроение, сельхозмашиностроение, производство электрооборудования), производство кокса, резиновых и пластмассовых изделий и химическое производство [83].

Средний показатель по числу техногенных происшествий на территории СФО имеют Кемеровская, Омская и Томская области, за расчетный период (19 лет) произошло около 1000 опасных техногенных событий в каждом регионе.

Кемеровская область (Кузбасс) является крупным промышленный регионом, который имеет высокую долю по показателям угледобычи (58,4 % добычи всех углей в России, 71,7 % добычи коксующихся углей, а по целой группе марок особо ценных коксующихся углей - 100 %), 11,5 % производства чугуна, 11 % проката черных металлов и 10,9 % стали, 4,6 % цемента, а также 56,9 % ферросилиция. Регион имеет развитую транспортную систему и включает в себя наземный и воздушный транспорт. Экономический потенциал Кемеровской области связан со сосредоточением около 1/3 основных производственных фондов Западной Сибири [84], что влияет на техногенную безопасность территории.

Омская область имеет крупнейший нефтехимический комплекс и нефть является одним из основных сырьевых ресурсов промышленности региона. Машиностроительная отрасль в основном приходится на оборонный комплекс (производство самолета АН-74, авиадвигателей ТВ-7-117, новых средств связи, медицинской техники, оборудования для АПК и нефтегазового комплекса, навигационного, гидравлического оборудования и др.). Недра данной области характеризуется наличием различных полезных ископаемых таких как: торф, мергель, пески (стекольные и строительные), глины (бентонитовые, кирпичные, керамзитовые, черепичные и суглинки), природный газ, нефть, бурый уголь, железные руды. Добыча полезных ископаемых приводит к росту и развитию промышленности. [85]

Томская область имеет значительную техногенную нагрузку. Промышленный потенциал региона включает более 3600 предприятий. Основные отрасли промышленности: нефтегазовая, химическая и нефтехимическая (ведущие предприятия ООО «Томскнефтехим» и ООО «Сибирская метанольная химическая компания», ОАО «Томскгазпром», ОАО «Томскнефть» и др.), машиностроение (ведущие компании – ОАО «Сибэлектромотор», ЗАО «Сибкабель», ОАО «ТЭМЗ», ОАО «НПЦ «Полюс», ЗАО «ЭлеСи», ЗАО НПФ «Микран», ЗАО «Компания «СИАМ» и пр), атомная (ОАО «Сибирский химический комбинат»), электроэнергетика (ОАО «Томскэнерго»), лесопромышленный комплекс (ОАО «Верхнекетский ЛПК», ОАО «Лесное Причулымье», ЗАО «Сибирская лесопромышленная компания» и пр.) и пищевая промышленность. [86]

Наименьшее количество опасных техногенных событий произошло на территориях Республик Алтай, Тыва и Хакасия. На территории Республики Алтай не сосредоточено большого числа опасных промышленных объектов, что приводит к низкому уровню вероятности возникновения опасных техногенных событий, а экономический потенциал региона связан с возможностью развития практически всех видов туризма. В Республике Тыва наиболее развиты добыча угля, производство строительных материалов, развито сельское хозяйство (функционирует 1098 аратских (крестьянских) хозяйств). В республике 43 крупных

и средних предприятий. Промышленные предприятия и объекты экономики в основном сосредоточены в г. Кызыле. На территории Республики Хакасия развито горнорудное производство. Ведется добыча железа, молибдена, золота, угля, минеральных и радоновых вод, неметаллических полезных ископаемых: барита, бентонита, облицовочного мраморов и гранитов, строительных материалов. Разведаны месторождения меди, полиметаллов, фосфоритов, асбеста, гипса, нефрита, жадеита. На территории Республики насчитывается около 166 месторождений. Лесной фонд Республики Хакасия составляет 3988,2 тыс. га, занимая две трети ее территории. Около 96% лесного фонда приходится на горные леса, имеющие повышенное водорегулирующее и почвозащитное значение. 20% территории Хакасии занимает степной пояс.

На основе вышесказанного можно сделать вывод, что муниципальные образования СФО, в частности крупные промышленные регионы (Красноярский и Алтайский края, Иркутская, Новосибирская, Кемеровская и Омская области) имеют высокие потенциальные риски возникновения аварий техногенного характера.

### **1.5 Социально-природно-техногенная система: риски устойчивого развития и проблемы территориального управления**

Социально-экономическое и социально-экологическое развития (соблюдение баланса между экономическим ростом, социальным благополучием и экологическим равновесием) напрямую зависит от механизмов управления. Для решения задач стратегического планирования и территориального эффективного управление предлагается использовать концепцию социально-природно-техногенной системы, развитой в работе Н.А. Махутова для федерального уровня управления [87]. Территориальные образования на любом уровне (локальный (объектовый), муниципальный, региональный или федеральный) предлагается рассматривать в формате социально-природно-техногенной (С-П-Т) системы [87, 88], которая представляется единым комплексом взаимосвязанных элементов

социо-эко-техносферы (рисунок 1.8) и характеризуется наличием рисков развития и функционирования. Функционирование техногенных систем, природных комплексов и процессов, развитие территориальных образований сопровождается реализацией различных видов и групп риска, которые необходимо целенаправленно идентифицировать методами и технологиями мониторинга и принять необходимые меры, направленные на защиту и смягчение последствий в случае возникновения опасности.

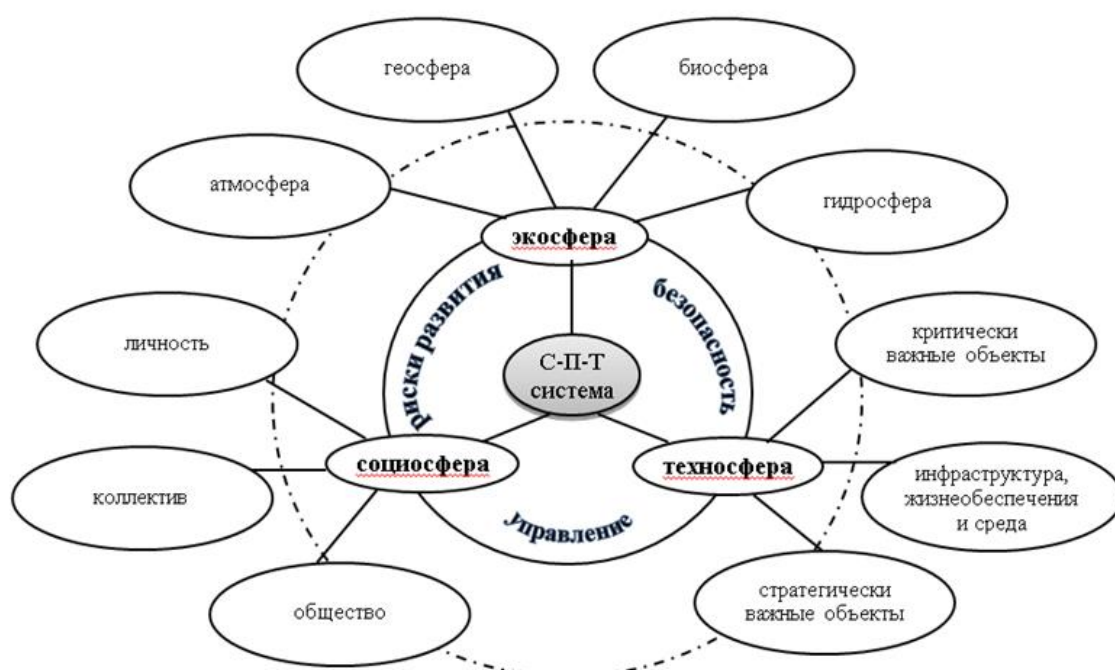


Рисунок 1.8 – Структурные элементы С-П-Т системы

Стратегические риски развития – количественные показатели, определяющие неблагоприятное сочетание вероятностей возникновения опасных процессов и их последствий – ущербов в социально-экономическом и научно-технологическом развитии. Количественные оценки рисков развития становятся основой решения задач безопасности территориальных образований, управления и прогноза устойчивого развития территорий (регион, субъект, муниципальное образование).

Целью территориального управления развитием следует считать снижение индивидуальных и социальных рисков до приемлемых научно-обоснованных уровней. Факторы стратегических рисков, влияющих на процессы устойчивого развития страны, в значительной мере связаны с процессами на региональном уровне. В связи с этим актуальной становится задача формирования структуры и механизмов управления развитием территориальных образований на базе количественных оценок риска, что требует учёта и анализа значительного объёма исходных данных, обеспечиваемых результатами мониторинга основных элементов С-П-Т систем:

- экосфера (природная среда): частота опасных метеорологических, гидрологических и геодинамических ситуаций, качество атмосферного воздуха, состояние поверхностных вод, земельных и лесных ресурсов;

- техносфера: состояние технических систем, риск потери жизни и здоровья на технических объектах;

- социосфера: заболеваемость и смертность населения региона по основным группам болезней, продолжительность жизни, уровень доходов, образования, здравоохранения.

Необходимость оценки территориальных рисков определяется следующими положениями [89]:

- 1 Контроль, мониторинг и регулирование социально-природно-техногенной безопасности является одним из основных факторов стабилизации кризисных явлений в экономике, обеспечивающей сохранность и функционирование основных производственных фондов.

- 2 Оценка уровня социальных, природных и техногенных рисков дает возможность для разработки экономических механизмов регулирования безопасности, включая страхование потенциально опасных объектов и населения, проживающего в зонах возможного поражения при ЧС, что приводит к снижению объемов компенсационных выплат из бюджетов органов местного самоуправления.



3 Снижение рисков ЧС обеспечивает более устойчивое функционирование экономического потенциала и повышает конкурентные (инвестиционные) преимущества региона.

В качестве инструментов управления на разных уровнях и в различных областях создаются интеллектуальные системы, позволяющие хранить, искать и обрабатывать потоки информации для эффективного решения определенных задач [90]. За последние годы в России и за рубежом ведутся разработки тематических геоинформационных проектов управления развитием территорий [88, 91- 97].

Приказом Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии от 27 августа 2010 г. № П/462 «Об организации работ по разработке и реализации мероприятий по созданию региональной модели инфраструктуры пространственных данных» определен перечень субъектов РФ (Алтайский край, Республики Татарстан и Башкортостан, Свердловская, Кировская, Ярославская, Саратовская, Ульяновская, Тверская области), в которых будут реализованы пилотные проекты. Под инфраструктурой пространственных данных понимается иерархически упорядоченная система, построенная с использованием информационных технологий и основанная на пространственных данных и метаданных, задача которой является обеспечение свободного доступа пользователей (физические лица, организации, органы власти) к национальным ресурсам пространственных данных [89, 98].

Органами местного самоуправления (Москва, Екатеринбург, Иркутск и др.) разработаны тематические геоинформационные проекты территориального управления и на их основе создаются комплексные информационные системы, аккумулирующие данные городских служб для решения задач управления хозяйственным механизмом города, эффективного использования ресурсов, взаимодействия с организациями и населением [89, 99].

Для предупреждения и быстрого реагирования на ЧС во всех субъектах РФ создана единая дежурная диспетчерская служба (ЕДДС) - орган повседневного управления местного (городского) звена РСЧС, которая является основным

элементов в Единой системе оперативно-диспетчерского управления в чрезвычайных ситуациях (ЕСОДУ). Основные задачи данной службы:

- 1) сбора информации о происшествиях;
- 2) оценка их масштаба и степени опасности для населения и хозяйственных объектов;
- 3) определение объёма экстренных мер для ликвидации последствий бедствий, а также обеспечения согласованных действий городских ДДС при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций;
- 4) самостоятельно принимать решения по защите и спасению людей (в рамках своих полномочий), если сложившаяся обстановка не даёт возможности для согласования экстренных действий с вышестоящими органами управления.

Другим важным элементом в обеспечении работы органов управления РСЧС является автоматизированная информационно-управляющая система (АИУС РСЧС). Данная информационная система автоматизирует сбор, хранение, передачу, обработку и выдачу информации. Основное назначение связано с повышением оперативности, надёжности, качества принятия управленческих решений по предупреждению и ликвидации ЧС.

АИУС РСЧС является территориально распределенной системой, которая расположено по всей стране объединенная государственными и ведомственными каналами связи и передачи данных, что обеспечивает возможность управления действиями в ЧС на уровне республик, краев, областей, городов и районов Российской Федерации, не исключая возможности рационального сочетания централизованного и децентрализованного управления.

На базе Института вычислительного моделирования СО РАН разработаны экспертные геоинформационные системы прогнозирования и ликвидации аварий ЭСПЛА и ЭСПЛА-ПРО. Первая система направлена на поддержку принятия решений при ликвидации химических аварий. Вторая экспертная система направлена на проведение комплексного мониторинга, прогнозирования и предупреждения ЧС (система оперативно сформировывает решение по ликвидации

ЧС на основе полученных данных о месте, характере, последствиях аварии или стихийного бедствия, количестве имеющихся сил и средств) [100].

Наибольшее число информационных систем управления разрабатывается и внедряется на объектовом уровне:

1. Концепция производственной информационной системы. Данная система должна обеспечивать управление развитием текущего состояния, выявление дефектов, выработку планово-экономических решений и осуществлять контроль их выполнения, прогнозировать изменения системы на основе универсальных мер, оценивать риски и на их основе выстраивать тактические и стратегические планы развития [92].

2. Концепция природно-промышленной информационной системы (ППС), в которой принятие проектных и управленческих решений рассматривается с позиции теории сложных иерархических систем. Промышленно-хозяйственная деятельность приводит к формированию природно-техногенных систем (ПТС). Это совокупность техногенных образований и природных компонентов, которые развиваются как единое целое в условиях взаимовлияния. Для получения прогнозов изменения количественных показателей состояния компонент окружающей среды (качества воды, воздуха и т.д.) в результате строительства или модернизации ПТС, необходимо построение экспериментально-аналитических моделей процессов, протекающих в отдельных типах основного и вспомогательного технологического оборудования промышленных объектов и компонентах окружающей среды, которые учитывают гидродинамические особенности потоков в них, кинетические закономерности процессов и вероятностный характер их протекания [93].

3. Информационная система природно-промышленного комплекса (ППК) – относительно самостоятельная природно-техногенная система, включает в себя естественную природную среду и промышленные, коммунально-бытовые и аграрные объекты. Предложенная система позволяет эффективно управлять промышленным предприятием. Разработанная модель позволяет сравнивать

различные по составу объекты и территории и анализировать влияние промышленной деятельности на жизнедеятельность [94].

4. Геоинформационная система мониторинга состояния окружающей природной среды в зоне действия предприятий нефтегазовой отрасли [99].

5. Интеллектуально-информационная система (ИИС) промышленного предприятия. Применение ИИС позволяет анализировать обстановку на основе реального времени, сохранять оптимальную трудоспособность при смене целей управления, непредвиденных изменениях свойств управляемого объекта или параметров окружающей среды [101].

На уровне управления здоровьем населения предложена концепция социально-экологической системы [94], которая включает пять информационных потоков, отражающих сущность процесса формирования заболеваемости. Два первых потока связаны с физическими, химическими, биологическими, психогенными факторами и популяцией людей. Третий - содержит информацию о состоянии социальной и природной среды. Четвертый – качество и эффективность системы профилактики. Следствием взаимодействия всех перечисленных факторов является определение заболеваемости и смертности – пятый информационный поток.

Для управления территориями в странах Европейского Союза активно развивается концепция «умного города» или «умной территории», основанная на критериях устойчивого и эффективного развития. Концепция «умного города» на сегодняшний день затрагивает такие разнообразные области, как энергоэффективность, информационные технологии, транспортная инфраструктура, потребление ресурсов и воздействие на окружающую среду и др. Для реализации данной концепции необходима географическая привязка к территории для определения сферы охвата (совокупность зданий, микрорайон, город и т.). Данная система позволит облегчить управление территорией и принятие решений на государственном уровне. Для создания такой системы необходим детальный анализ и диагностика территории [95 - 97].

Создано огромное множество программных комплексов и систем позволяющих обрабатывать поступающую мониторинговую информацию [102-107], однако в условиях быстрорастущих объемов и потоков информации комплексная оценка состояния С-П-Т систем не выполняется.

## **1.6 Основные выводы и задачи исследования**

В соответствие с поставленными задачами (1, 2 и 3) в первой главе были получены следующие результаты

1. Представлены этапы развития и становления риск-ориентированного подхода и обзор научных разработок в области оценки риска.

2. Представлен анализ методических рекомендаций по оценке техногенного риска, который показал, что в нормативно-технических документах имеется ряд методических проблем и противоречий в применении действующих документов в области анализа рисков вследствие их различного правового статуса и несогласованности норм. Действующая законодательная нормативно-правовая база в области безопасности и снижения рисков требует развития и совершенствования.

3. Приведена характеристика природно-техногенной безопасности РФ и Сибирского федерального округа. Выявлено, что основную угрозу для жизни и здоровья человека представляют техногенные опасные события. Основной вклад в формирование техногенной нагрузки вносят регионы с высоким производственным потенциалом.

4. Представлена концепция социально-природно-техногенной системы, которая является форматом представления территориального образования. С-П-Т система объединяет основные сферы и возникающие в них риски, ее использование повысит эффективность управления территорией.

5. Рассмотрены информационные системы и программные комплексы по подготовке и принятию решений. На сегодняшний день существует необходимость в создании системы по управлению безопасностью и риском, в которую должны

быть включены показатели природного и техногенного риска с учетом территориальных особенностей и экономических условий, методов управления безопасностью на уровне субъектов и муниципальных образований. В большинстве случаев информационные системы управления безопасностью используются на уровне промышленных объектов, однако для эффективного управления территорией необходима система, позволяющая анализировать весь комплекс возможных рисков.

Таким образом основные проблемы в области обеспечения территориальной безопасности связаны:

1) с недостаточной проработанностью нормативных документов в области территориального риска: существующие уровни приемлемого риска не являются научно-обоснованными, математический аппарат требует доработок, учитываются только чрезвычайные ситуации, но для анализа территориального образования необходимо анализировать все происшествия, которые возникают на территории и в дальнейшем могут привести к крупным авариям и катастрофам; необходимо анализировать территорию с учетом дифференцируемого показателя от численности населения (при одинаковых аварийных ситуациях, но на разных территориях с разной численностью мы будем иметь абсолютно различные значения риска).

2) с разобщенностью государственных органов территориального управления. Для эффективного управления необходимо создание информационной системы подготовки и принятия решений, которая будет объединять и анализировать мониторинговые данные с различных ведомств и оценивать риски по основным сферам жизнедеятельности.

## **2 РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ТЕХНОГЕННЫХ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ РИСКОВ**

### **2.1 Определение опасных факторов и базовых рисков техносферы в С-П-Т системе**

По данным МЧС России, за период с 2000 по 2020 г. на территории субъектов Сибирского федерального округа произошло более 12000 опасных событий (10903 техногенных, 863 природных и 251 биолого-социальных). В Приложении В представлены данные о техногенных происшествиях в муниципальных образованиях СФО. Наибольшее число опасных техногенных событий происходит на территории Красноярского края (за период с 2000-2020 гг. произошло 3196 опасных техногенных события) и Иркутской области (2435 событий). Основной вклад в формирование техногенной нагрузки, без учета бытовой составляющей, вносят аварии на транспорте (71%), аварийные ситуации на объектах с массовым пребыванием людей (6%), на пожаровзрывоопасных объектах (4%) и на магистральных газо-нефтепроводах (4%) (рисунок 2.1).

Сибирский федеральный округ характеризуется наличием объектов с функционально сложными и высокоопасными системами производства, которые несут в себе как явные угрозы жизни и здоровью населения (риски возникновения аварий и катастроф), так и скрытые (загрязнение окружающей среды). Наличие большого числа потенциально-опасных объектов увеличивает вероятность возникновения аварий и катастроф техногенного характера (таблица 1.3, рисунок 1.7). Явные чрезвычайные ситуации приводят к незамедлительным последствиям (гибель и травмирование людей), скрытые могут проявиться и через много лет (последствия от загрязнения почвы, воды, атмосферы).

Нарушения технологических, управленческих и организационных процессов в промышленной и административной деятельности приводят к образованию широкого спектра угроз на объектах техносферы (рисунок 2.2):

- аварии на транспорте;
- взрывы и крупные пожары;

- обрушения технологических конструкций;
- аварии с выбросом аварийно химически опасных и радиационноопасных веществ (АХОВ и РВ);
- разрушения магистральных трубопроводов;
- аварии на системах жизнеобеспечения (электроэнергетические системы, коммунальные системы и тепловые сети).



Рисунок 2.1 - Процентное соотношение опасных техногенных происшествий для СФО (2000-2020 гг.)

Уровень техногенной безопасности территорий определяется рядом показателей: численность населения, площадь территории, количество опасных объектов и факторов, статистика ЧС и происшествий, количество погибших и пострадавших при авариях и катастрофах техногенного характера, состав спецслужб и спецтехники для ликвидации последствий аварий и катастроф (рис. 2.3).



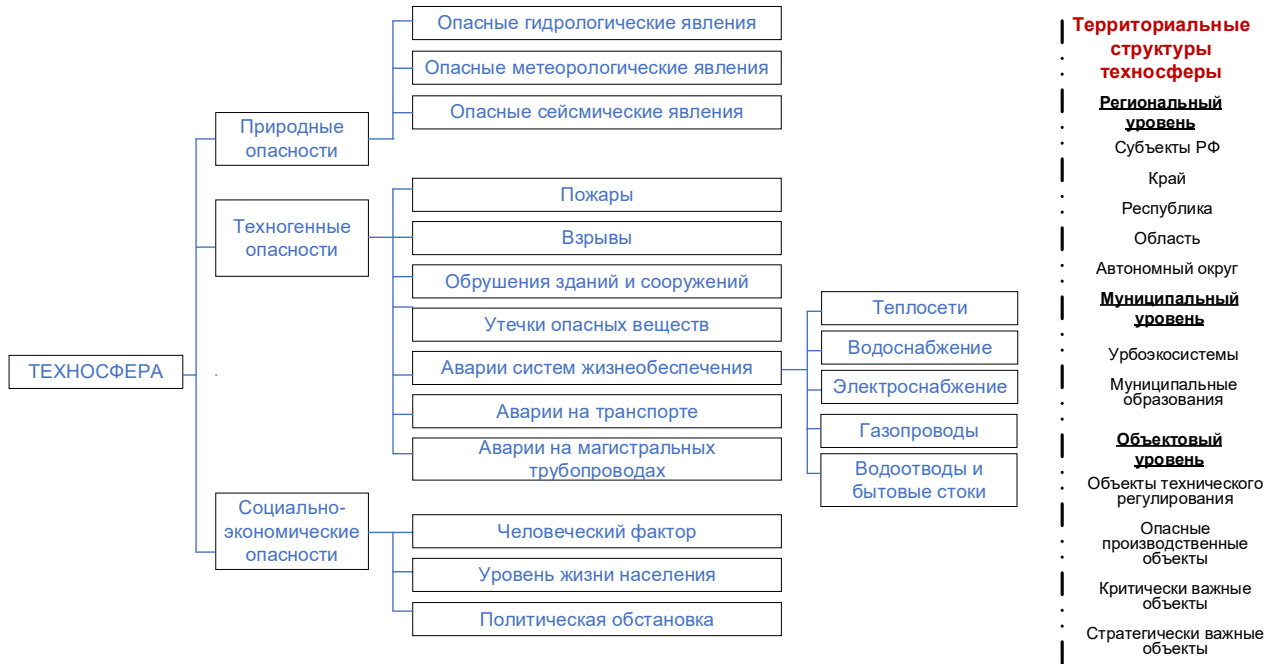


Рисунок 2.2 - Виды опасностей в техносфере

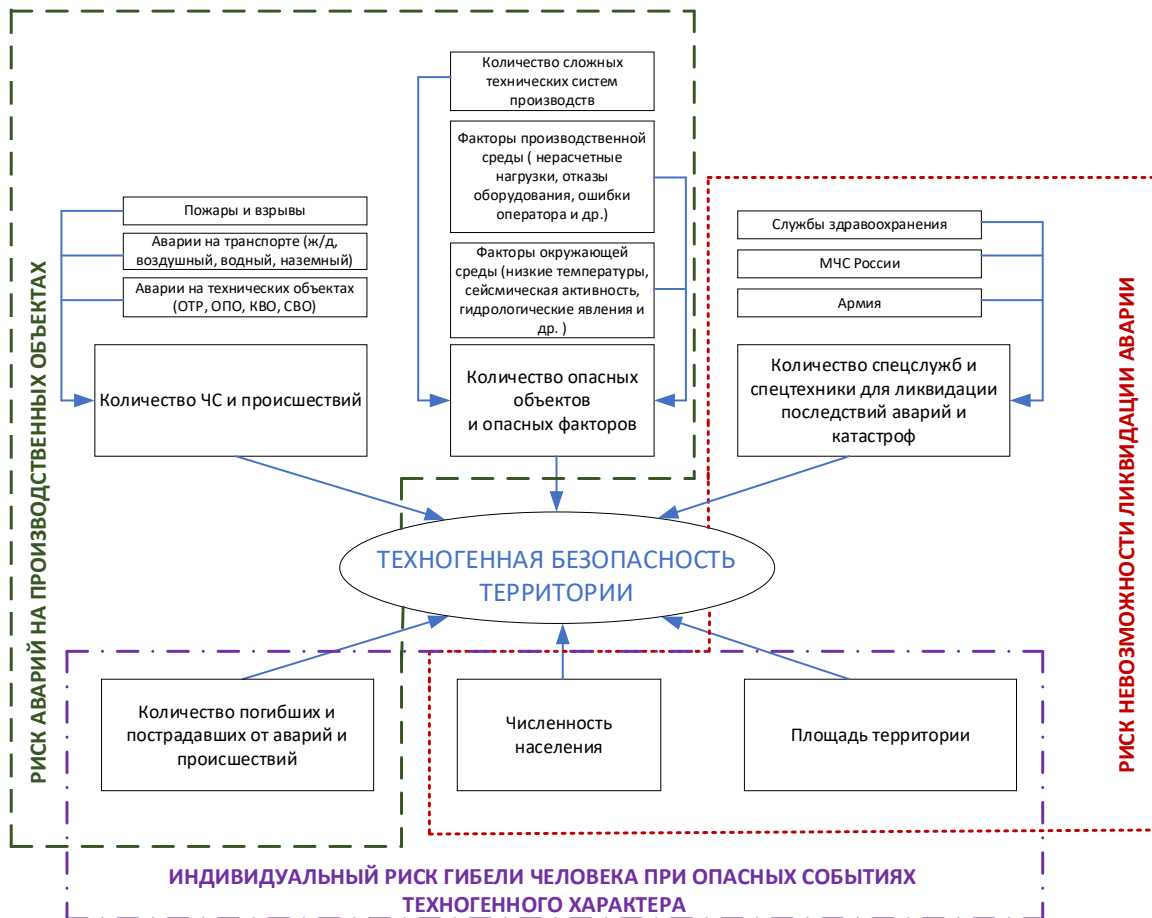


Рисунок 2.3 – Структурная схема техногенной безопасности территории

На основе данных параметров определяется комплексный показатель техногенного риска, который включает в себя индивидуальный риск гибели человека при происшествиях техногенного характера  $R_{\text{инд}}$ , риски аварий на производственных объектах  $R_{\text{оп}}$  и риск устойчивости к аварийным ситуациям  $R_y$  и материальный риск (ущерб)  $R_m$ . Комплексный техногенный риск можно представить в следующем виде:

$$R_T^K = \{R_{\text{инд}}; R_{\text{оп}}; R_y; R_m\} \quad (2.1)$$

Определение комплексного техногенного территориального риска с учетом всех компонент на сегодняшний день невозможно, из-за отсутствия официальных данных, поэтому анализ безопасности территории основывается на показателях вероятности возникновения опасного техногенного события  $P_{\text{отс}}$ , гибели людей  $N_{\text{отс}}$  и ущерба  $U_{\text{отс}}$ .

$$R_T^K = \{P_{\text{отс}}; N_{\text{отс}}; U_{\text{отс}}\} \quad (2.2)$$

Характерной чертой успешного развития промышленных агломераций является увеличение числа объектов, технических систем и сооружений повышенной опасности. Исследуя техногенные опасные события, можно выделить причинно-следственный комплекс, который связан с факторами случайной природы, что определяет аварии техногенного характера вероятностными событиями. Функционирование сложных технических систем сопровождается реализацией различных рисков, которые необходимо идентифицировать и принимать необходимые меры, направленные на защиту и смягчение последствий в случае возникновения опасности. В таблице 2.1 представлены основные группы базовых рисков техносферы.

Любое опасное техногенное событие может реализовываться по разным сценариям, но, как правило, приводит к одному или совокупности последствий, представленных на рисунке 2.4.

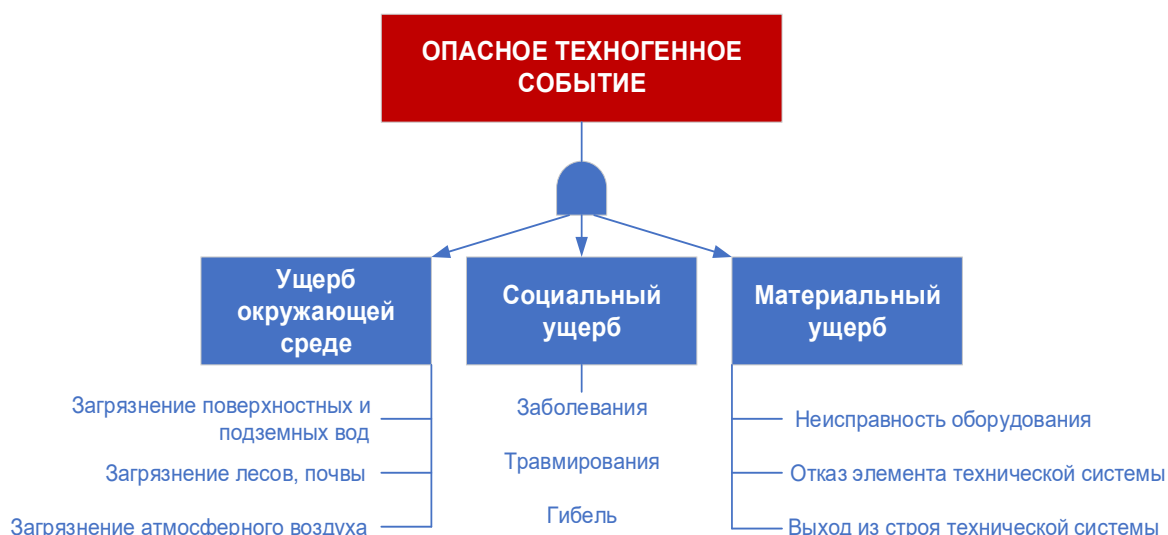


Рисунок 2.4 – Последствия от опасного техногенного события

Таблица 2.1 - Базовые риски техносферы

Риск ЧС и происшествий техногенного характера	Техногенный риск и надежность	Материальный риск
Риск возникновения дорожно-транспортных ЧС и происшествий	Риск аварий на объектах технического регулирования (ОТР), опасных производственных объектов (ОПО), критически важных объектов (КВО), стратегически важных объектов (СВО)	Ущерб от ДТП
Риск возникновения пожаров и взрывов на промышленных и бытовых объектах	Риск отказов ОТР, ОПО, КВО, СВО	Ущерб от пожаров и взрывов
Риск обрушений зданий и сооружений	Риск нарушения штатных условий эксплуатации	Ущерб от обрушений
Риск возникновения ЧС и происшествий на объектах жизнеобеспечения		Ущерб от аварий на объектах жизнеобеспечения
Риск возникновения ЧС с выбросом РВ		Ущерб от аварий на радиационно-опасном объекте (РОО)
Риск возникновения ж/д ЧС и происшествий		Ущерб от аварий на ж/д
Риск возникновения ЧС и происшествий на речном транспорте		Ущерб от аварий на речном транспорте
Риск возникновения ЧС и происшествий на воздушном транспорте		Ущерб от аварий на воздушном транспорте
Риск возникновения ЧС и происшествий с выбросами АХОВ		Ущерб от аварий на объектах с АХОВ

Окончание таблицы 2.1

Риск ЧС и происшествий техногенного характера	Техногенный риск и надежность	Материальный риск
Риск возникновения ЧС и происшествий на гидротехнических сооружениях (ГТС)		Ущерб от аварий на ГТС
Риск возникновения ЧС на магистральных трубопроводных системах		Ущерб от аварий на трубопроводах

Для устойчивого экономического развития территории необходимо минимизировать техногенные риски, что позволит снизить затраты на ликвидацию последствий аварий и катастроф. В зависимости от вида территории (регион, муниципальное образование или промышленный объект) набор базовых техногенных рисков будет различный. В работе представлен метод оценки территориальных рисков для муниципальных образований СФО. Базовыми техногенными рисками муниципального образования являются: индивидуальный и материальный риск.

## **2.2 Метод многомерной статистики для обоснования и определения допустимого уровня риска**

В работе предложено использовать метод иерархического кластерного анализа, который позволяет разбить территории СФО на группы кластеров, выбрать эталонную группу, с которой будут проводиться сравнения с последующим определением допустимого уровня риска [108].

Сущность иерархического кластерного анализа заключается в том, что на первом шаге каждый объект выборки рассматривается как отдельный кластер. Процесс объединения кластеров происходит последовательно: объединяются наиболее близкие объекты. Классификация объектов проводится на основе сходства. В каждый кластер должны попасть объекты, имеющие сходные характеристики. Сходство или различие между классифицируемыми объектами устанавливается в зависимости от метрического расстояния между ними, т.е.

каждый объект описывается  $k$ -признаками и он представляется как точка в  $k$ -мерном пространстве и сходство с другими объектами будет определяться как соответствующее расстояние (метрика). Если матрица сходства первоначально имеет размерность  $m \times m$ , то полностью процесс кластеризации завершается за  $m-1$  шагов, в итоге, все объекты будут объединены в один кластер. Последовательность объединения легко поддается геометрической интерпретации и может быть представлена в виде графа-дерева (дендрограммы). На дендрограмме указываются номера объединяемых объектов и расстояния (мера сходства), при котором произошло объединение (рисунок 2.5)

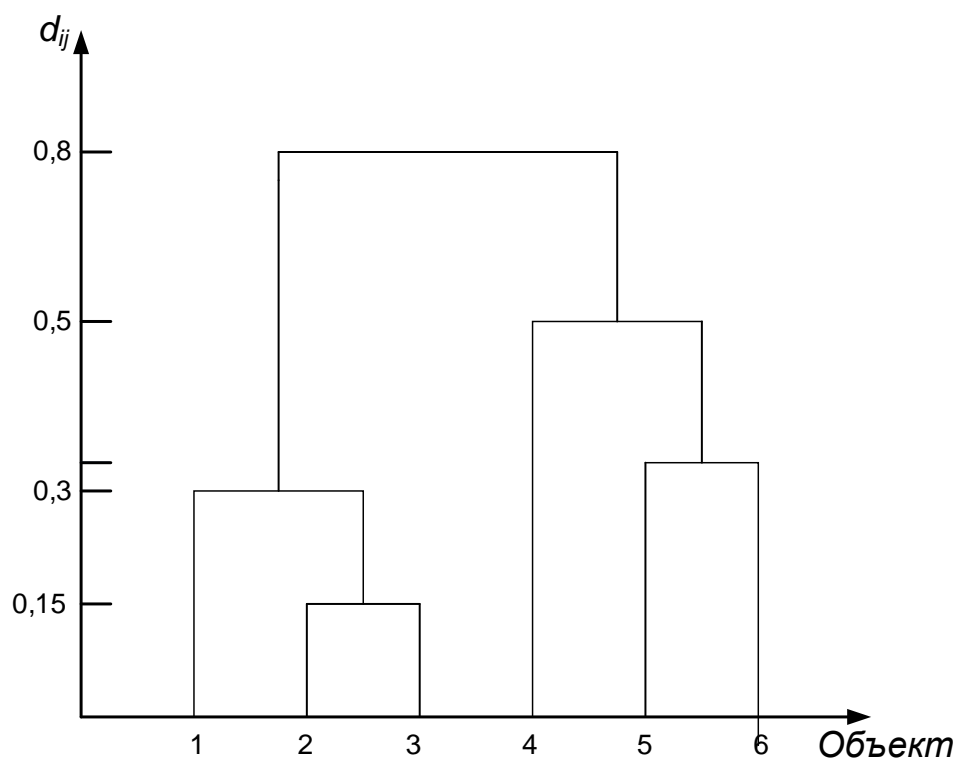


Рисунок 2.5 – Пример дендрограммы иерархического кластерного анализа

Дендрограмма на рисунке 2.5 показывает объединение объектов в кластеры. На первом шаге объединяются в кластер второй и третий объект, метрическое расстояние между ними 0,15. На втором шаге к ним присоединяется первый объект (метрическое расстояние от первого объекта до кластера, содержащего объекты два и три составляет 0,3) и объединение происходит последовательно до тех пор, пока не образуется один кластер.

Данный метод широко применяется в разных областях науки [110, 111]. На рисунке 2.6 представлен алгоритм анализа опасных техногенных событий на рассматриваемой территории.

На 1 этапе формулировки проблемы стоит задача анализа техногенной безопасности территорий СФО. На 2 этапе выбираются количественные показатели, на основании которых проводится анализ. В качестве нормирования исходных данных были рассчитаны количественные значения уязвимости территории от различных видов аварий, которые определялись с использованием официальной базы данных АИУС РСЧС за период 1999-2020 гг.



Рисунок 2.6 – Алгоритм кластеризации для оценки риска

Под уязвимостью территории понимается степень возможных потерь, ущерба для данного объекта или совокупности, которые могут произойти при воздействии какого-либо негативного процесса или явления определенной величины [112]. Как правило оценка уязвимости является качественной характеристикой и определяется посредством экспертных оценок. В работе

предлагается определять уязвимость как количественный показатель, имеющий вероятностную природу происхождения, который изменяется от 0 до 1, что позволяет без дополнительных расчетов проводить деление на группы кластеров:

$$\vartheta = \{p_a; p_f; p_e\} \quad (2.3)$$

где  $\vartheta$  – уязвимость территории;

$p_e$  – вероятность возникновения опасного события;

$p_f$  – вероятность гибели при определенном опасном событии;

$p_e$  – вероятность возникновения ЧС.

Следующий этап связан с определением расстояния в условном многомерном пространстве между объектами. Классификация объектов проводится на основе сходства. В каждый кластер должны попасть объекты, имеющие сходные характеристики. Сходство или различие между классифицируемыми объектами устанавливается в зависимости от метрического расстояния между ними, т.е. каждый объект описывается  $k$ -признаками и он представляется как точка в  $k$ -мерном пространстве и сходство с другими объектами будет определяться как соответствующее расстояние. Наиболее распространенными способами определения расстояния между двумя точками, образованными координатными осями  $x$  и  $y$ , являются: Евклидово расстояние, квадрат Евклидова расстояния; расстояние городских кварталов (Манхэттенское) и расстояние Чебышева.

Евклидово расстояние является наиболее общим типом, его математический смысл - наименьшее расстояние (прямая) между точками  $x$  и  $y$ , которое рассчитывается по формуле:

$$dist = \left( \sum_{i=1}^m (x_i - y_i)^2 \right)^{1/2} \quad (2.4)$$

Манхэттенновское расстояние определяется суммой абсолютных разностей пар значений. В большинстве случаев данный способ приводит к таким же результатам, что и Евклидово расстояние. Однако влияние отдельных больших разностей (выбросов) уменьшается за счет отсутствия возведения в квадрат. Имеет следующий вид:

$$dist = \sum_{i=1}^m |x_i - y_i| \quad (2.5)$$

Расстояние Чебышева. Оно используется, когда необходимо определить объекты как «различные», и рассчитывается по формуле:

$$dist = \max |x_i - y_i| \quad (2.6)$$

Для точности деления на кластеры следует применять разные расстояния. Однотипное распределение кластеров, полученное с использованием разных методов определения расстояния, подтверждает обоснованность выбранного метода классификации.

На 5 этапе необходимо выбрать метод кластеризации (способ вычисления расстояний между кластерами). Основными методами являются:

- Межгрупповая связь (Between-groups linkage) - среднее всех расстояний между всеми возможными парами точек;
- Внутригрупповая связь (Within-groups linkage) – расстояние, рассчитанное на основании всех возможных пар наблюдений, принадлежащих обоим кластерам, с учетом пар наблюдений, образующихся внутри кластеров;
- Ближайший сосед (Nearest neighbor) - расстояние между парой наблюдений, расположенных друг к другу ближе всего, причём каждое наблюдение берётся из своего кластера;



- Самый дальний сосед (Furthest neighbor) определяется как расстояние между наиболее удаленными значениями наблюдений, причём каждое наблюдение берётся из своего кластера;
- Центроидная кластеризация (Centroid clustering) расстояние между двумя кластерами определяется как дистанция между двумя осредненными наблюдениями;
- Медианная кластеризация (Median clustering) – определяется, как и предыдущем случае, но центр объединенного кластера вычисляется как среднее всех объектов;
- Метод Варда (Ward's method) – данный метод предполагает, что на первом шаге каждый кластер состоит из одного объекта. Далее объединяются два ближайших кластера. Для них определяются средние значения каждого признака и рассчитывается сумма квадратов отклонения  $V_k$  :

$$V_k = \sum_{i=1}^{n_k} \sum_{j=1}^p (x_{ij} - \bar{x}_{jk})^2 \quad (2.7)$$

где:  $k$  – номер кластера;

$i$  – номер объекта;

$j$  – номер признака;

$p$  – количество признаков характеризующих каждый объект;

$n_k$  – количество объектов в  $k$ -м кластере;

$\bar{x}_{jk}$  – среднее значение  $j$ -го признака в  $k$ -м кластере;

$x_{ij}$  – значение  $i$ -го объекта с  $j$ -ым признаком.

В одну группу объединяются те кластеры, которые дают наименьший прирост общей суммы дистанций. Для объектов, имеющих «размытую» структуру с нечетко выраженными «сгущениями», наилучшим образом, подходит метод Варда. В результате применения данного метода формируются небольшие по размеру и очень компактные кластеры. Этот метод отличается от остальных тем, что в нем

используются методы дисперсионного анализа для оценки расстояний между кластерами [109].

Следующий этап связан с определением количества кластеров. Для определения количества кластеров иерархического дерева существуют различные подходы, однако универсального метода на сегодняшний день не существует [113]. В работе для определения числа кластеров использовался метод k-means. Он позволяет задавать количество кластеров (2, 3, 4 и т.д.) и последовательно проверять деление иерархического дерева [108]. Подробный алгоритм расчета иерархического кластерного анализа представлен в Приложении Г на примере крупных городов Сибири.

Седьмой и восьмой этапы связаны с количественной оценкой исследуемых техногенных рисков (индивидуальный и комплексный), их анализом и определением предельно-допустимых уровней. Подробная схема оценки риска представлена на рисунке 2.7.



Рисунок 2.7 – Обобщенная диаграмма оценки риска

Оценка территориального техногенного риска реализуется в два этапа. Подготовительный этап связан со сбором статистической информации и методологическим подходом оценки риска (определяется и формируется массив исходных данных). В ходе первого этапа:

- определяются возможные опасности для территорий;
- определяются исходные данные;
- формируется общая целевая информация;
- формируются модели для аналитического исследования рисков.

На этапе реализации проводятся расчеты, аналитическое моделирование рисков и представление результатов анализа, включая картографирование рисков. На основании полученных количественных значений риска разрабатываются рекомендации по управлению рисками на уровне муниципальных образований.

При определении исходных данных для расчета территориальных техногенных рисков выбираются основные количественные значения показателей, приведенные в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Требуемые исходные данные для расчета рисков

Объект	Показатель риска	Входные данные
Муниципальные образования	Индивидуальный риск	количество погибших при ЧС и происшествиях (чел.); численность населения (чел.)
	Комплексный риск	количество ЧС и происшествий; количество погибших при ЧС и происшествиях (чел.); численность населения (чел.); стоимость жизни и здоровья человека; стоимость объектов техносферы; стоимость природных ресурсов; стоимость ликвидации последствий ЧС (руб.)

Расчет индивидуального и комплексного риска проводится для установления количественного значения риска (приемлемого, повышенного, высокого) с целью определения необходимости и эффективности проведения превентивных мероприятий, а также мероприятий по управлению рисками развития муниципального образования органами исполнительной власти.

### 2.3 Дифференцированный подход в оценке индивидуального техногенного риска

Официальным методическим документом по оценке индивидуального техногенного риска являются «Методические рекомендации по порядку разработки, проверки, оценки и корректировки электронных паспортов территорий (объектов)» (утв. МЧС России 15.07.2016 N 2-4-71-40). Данным документом определен метод расчета риска и приемлемый уровень ( $R=1 \cdot 10^{-5}$ ).

При выявлении рисков возникновения ЧС и происшествий исходными данными являются: общая информация о субъекте Российской Федерации (муниципальном образовании), численность и плотность населения, характер местности, информация для оценки возможных последствий. Рассматриваются статистические показатели, отражающие определенный риск, оценивается ожидаемое влияние риска на определенную территорию или объект экономики, оцениваются ресурсы, необходимые для управления рисками. Расчет индивидуального риска на основании нормативного документа производится по формуле:

$$R = \frac{N_{\text{п}}}{N_{\text{н}}} \quad (2.8)$$

где  $N_{\text{п}}$  - среднее количество погибших в год за последние 5 лет при определенном виде ЧС и происшествии на заданной территории,

$N_{\text{н}}$  - количество населения, проживающего на данной территории.

В качестве примера произведена оценка индивидуального риска ЧС и происшествий для муниципальных образований Красноярского края на основании статистической информации базы данных АИУС РСЧС и нормативного документа [34].

На рисунке 2.8 представлено ранжирование территорий Красноярского края по уровню индивидуального риска (среднее значение за 20 лет). Для муниципальных образований получен диапазон значений индивидуального риска

ЧС и происшествий техногенного характера от 0 до  $2 \cdot 10^{-4}$ . Наиболее опасными являются Боготольский, Большеулуйский, Козульский, Манский, Туруханский и Эвенкийский районы края (значение индивидуального риска превышает приемлемый уровень более чем в 10 раз) [114, 115].



Рисунок 2.8 – Ранжирование муниципальных образований по уровню риска

По данным расчета видно, что в большинстве муниципальных образованиях повышенный уровень риска, в то время как крупные города имеют либо

повышенный, либо приемлемый уровень риска, что не соответствует статистическим показателям по количеству техногенных происшествий на территории. Высокое значение риска связано с низкой численностью населения на заданной территории, поэтому необходим дифференцированный подход к оценке индивидуального риска путем введения соответствующего параметра  $k$ . Приемлемый уровень риска? равный  $1 \cdot 10^{-5}$ , соответствует гибели одного человека из ста тысяч населения, однако есть территории, численность населения которых ниже этого значения или превышает его во много раз. Введение коэффициентов позволит более точно определять и анализировать территории по степени риска и безопасности. Поэтому предлагается рассчитывать индивидуальный риск техногенного характера по следующей формуле [116]:

$$R = k \cdot \frac{N_{\text{п}}}{N_{\text{н}}}, \quad (2.9)$$

где  $N_{\text{п}}$  – среднее количество погибших в год при определённом виде ЧС и происшествии на заданной территории;  $N_{\text{н}}$  – количество населения, проживающего на данной территории;  $k$  – дифференцированный показатель;

$$k = \frac{N_i}{N_{\text{ср}} - N_{\text{ср.min}}} \quad (2.10)$$

где  $N_i$  – численность населения муниципального образования в составе региона;

$N_{\text{ср}}$  – средняя численность на рассматриваемой территории;

$N_{\text{ср.min}}$  – средняя минимальная численность на рассматриваемой территории.

## 2.4 Оценка материального ущерба от опасных техногенных событий

В настоящее время существенное значение приобретает проблема оценки материального ущерба. Во-первых, ущерб имеет разную природу (социальный, экологический и материальный, прямой, косвенный и другие аспекты), что не позволяет точно определить степень потерь при реализации опасных техногенных событий. Во-вторых, методики по оценке ущерба разработаны либо для страховых случаев (цена ущерба определяется в зависимости от суммы страхования), либо для режима ЧС [117], однако нельзя отрицать тот факт, что любое техногенное происшествие несет ущерб как материальный, так и социальный. Однако нельзя отрицать тот факт, что любое техногенное происшествие несет ущерб как материальный, так и социальный.

В таблице 2.3 приведены усредненные значения ущерба, которые определялись с использованием официальной базы данных АИУС РСЧС. Как видно из количественных значений, наибольший ущерб характерен для авиационной и промышленной отраслей.

Таблица 2.3 – Количественные значения ущерба по видам техногенных событий

Вид техногенного события	Максимальные значения ущерба от реализованных событий, млн. руб	Усредненные значения ущерба по СФО, млн. руб	
		Происшествие	ЧС
Аварии с выбросом ХОВ	9000	0,035	402,76
Аварии на воздушном транспорте	30000	0,83	1802,87
Аварии на ж/д транспорте	8300	0,48	605
Аварии на промышленном объекте	10165	0,064	779,9
Аварии на речном транспорте	12375	0,026	390
Аварии на магистральном трубопроводе	1500	0,006	265
Аварии с выбросом РВ	0	0	0
Взрывы бытовые	15000	0,186	743,52
Взрывы промышленные	6210,5	0,012	337,21
Крупные ДТП	4800	0,053	153,64
Нарушение систем жизнеобеспечения	3500	0,017	285,44
Обноружение РВ/ХОВ	0,052	0,00091	0,052
Обрушения бытовое	1990	0,027	260,8
Обрушения на промышленных объектах	100	0,016	10

Окончание таблицы 2.3

Вид техногенного события	Максимальные значения ущерба от реализованных событий, млн. руб	Усредненные значения ущерба по СФО, млн. руб	
		Происшествие	ЧС
Падение крана	1,74	0,082	1,74
Пожар бытовой	4300	0,8	282,14
Пожар на объектах с массовым пребыванием людей (ОСМПЛ)	11653	0,878	325,96
Пожар промышленный	15000	0,91	551,24

Для оценки социального ущерба необходимо знать статистическую стоимость человеческой жизни. Методологический аппарат оценки стоимости человеческой жизни обширный [118-121], однако официальные статистические данные по техногенным происшествиям не позволяют использовать многие методики, так как при сборе информации не учитываются личные данные пострадавшего / погибшего (пол, возраст, место проживания и др.). В этой ситуации в рамках оценки социального ущерба для определения стоимости жизни предлагается использовать следующую формулу:

$$U_c = \text{MPOT} \cdot 12 \cdot \gamma \quad (2.11)$$

где  $\gamma$  – средняя продолжительность жизни, которая равняется 70 годам.

При таком подходе стоимость человеческой жизни будет равняться более 10 млн. руб (10 409 280), что не противоречит научным работам, в которых ущерб от «неестественной смертности» в результате аварии или несчастного случая в России оценивается в 11 млн. руб [118].

## 2.5 Комплексная оценка техногенного территориального риска

Понятие территориального риска, связано с возникновением опасных событий, направленных на изменение жизнедеятельности на рассматриваемой



территории, реализуется, как правило, наступлением чрезвычайных ситуаций и происшествий техногенного, экологического и природного характера [89].

Нормативно-техническая документация, на сегодняшний день, имеет ряд проблемных вопросов, связанных с основными принципами количественной оценки техногенных рисков территорий, которые были представлены в 1 главе в разделе 1.6.

Для оценки техногенного риска необходим комплексный подход, учитывающий весь перечень угроз, источников, форм их проявления на рассматриваемой территории и ущербы, связанные с данными угрозами. Существующие подходы и методы разнообразны, в большинстве случаев предлагают рассчитывать территориальный риск как произведение вероятности события на ущерб (ущерб объекту техносферы). Поэтому при оценке комплексного техногенного территориального риска предлагается использовать следующую формулу:

$$R_T^K = \sum_{i=1}^n N_i(Q_i) \cdot P_i(Q_i) \cdot U_i(N_i, Q_i) \leq [R] \quad (2.12)$$

где  $n$  – число видов опасных техногенных событий,

$N_i(Q_i)$  – число погибших от опасных техногенных событий, деленное на численность населения,

$P_i(Q_i)$  – вероятность появления опасного техногенного события на рассматриваемой территории в единицу времени,

$U_i(N_i, Q_i)$  – материальный ущерб от опасного техногенного события и числа человеческих жертв, руб.,

$[R]$  – допустимый уровень риска.

В качестве пилотной территории для отработки данного подхода рассматривается Сибирский федеральный округ, который характеризуется

наличием большого числа источников повышенной техногенной опасности.

Полученные количественные оценки территориальных рисков могут стать основой построения аналитических документов необходимых для принятия решений. Для наглядности предлагается использовать ГИС технологии, что позволит быстрее выявлять территории с повышенной техногенной нагрузкой.

## **2.6 Основные выводы по главе**

Во второй главе в соответствии с поставленными задачами (3, 4) получены следующие результаты:

1) Проведен анализ статистической информации по опасным техногенным событиям на рассматриваемой территории (промышленные регионы СФО), суммарные значения по техногенным, природным и биолого-социальным опасным событиям сведены в таблицу и представлены в Приложении В.

2) Представлен методический подход для оценки индивидуального и комплексного техногенного территориального риска. Анализ исходных мониторинговых данных основывается на методах многомерной статистики, которые позволяют производить деление территорий на однородные группы со схожими характеристиками. Данный метод позволяет выбрать эталонную группу для определения приемлемого уровня риска.

3) Представлена методика оценки территориальных рисков (индивидуального и комплексного), включающая два основных этапа. На подготовительном этапе определяется и формируется массив исходных данных. На втором этапе проводится расчет и визуализация риска, его сравнение с приемлемым уровнем, и на основе полученной информации о количественных значениях риска формируются рекомендации.

4) Предложен дифференцированный подход в анализе индивидуального риска, который позволяет детально сравнивать и выявлять наиболее опасные территории независимо от численности населения.

5) Проанализированы ущербы по различным видам техногенных аварий. Предложена модель для оценки социального ущерба (ущерб от гибели человека), учитывающая статистическую стоимость человеческой жизни.

6) Предложена комплексная методика оценки техногенного территориального риска, учитывающая весь перечень угроз, источников, форм проявления на рассматриваемой территории и ущербы (прямые и косвенные), связанные с данными угрозами.

### 3 АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИЙ СФО

#### 3.1 Оценка техногенной уязвимости территорий СФО

Анализ техногенной безопасности включает в себя оценку индивидуального и комплексного риска и основывается на статистической информации официальной базы данных АУИС РСЧС, которая обрабатывается до количественных значений, используемых в оценке рисков (рисунок 3.1).

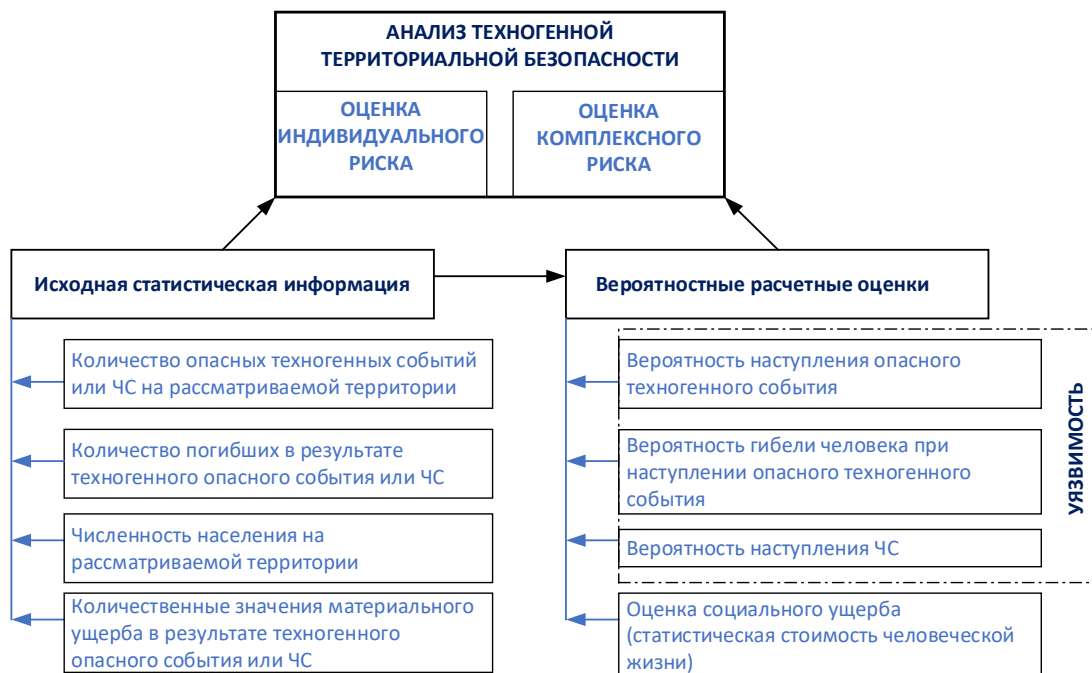


Рисунок 3.1 – Основные параметры, используемые для анализа техногенной территориальной безопасности

Анализ техногенной территориальной безопасности СФО проводится по разным группам административно-территориального деления (в зависимости от численности населения городские и сельские поселения подразделяются на 10 групп [122]). В работе предлагается проводить анализ территорий СФО по трем укрупненным группам: города с численностью населения свыше 70 тыс. чел., средние и малые города (численность населения менее 70 тыс. чел.) и муниципальные районы.

В СФО с численность более 70 000 человек расположен 31 город и городской округ, три из которых города миллионники. В таблице 3.1 представлены вероятностные характеристики уязвимости данных городских территорий. Расчет уязвимости подробно описана во 2 главе в разделе 2.2 (формула 13). Оценка вероятностей выполнялась на основе статистических данных по техногенным событиям на территории СФО.

Таблица 3.1 – Техногенная уязвимость крупных городов СФО

АТЕ	Уязвимость территории		
	Вероятность возникновения опасного техногенного события (ОТС)	Вероятность гибели	Вероятность ЧС
г. Абакан	0,0079	0,005	0,0006
г. Ангарск	0,0127	0,008	0,0013
г. Анжеро-Судженск	0,0011	0,0011	$9,17 \cdot 10^{-5}$
г. Ачинск	0,0058	0,0055	0,001
г. Барнаул	0,0267	0,0217	0,004
г. Белово	0,0038	0,0038	0,0002
г. Бердск	0,0057	0,004	0,0008
г. Бийск	0,0098	0,0113	0,003
г. Братск	0,0067	0,0058	0,0006
г. Иркутск	0,0326	0,0325	0,005
г. Канск	0,0075	0,006	0,0011
г. Кемерово	0,0068	0,0072	0,0006
г. Киселевск	0,0030	0,0033	0,0003
г. Красноярск	0,0615	0,0292	0,005
г. Кызыл	0,0088	0,0082	0,0012
г. Ленинск-Кузнецкий	0,0035	0,0029	0,0003
г. Междуреченск	0,0026	0,0106	0,0004
г. Новоалтайск	0,0045	0,0038	0,0004
г. Новокузнецк	0,0078	0,01	0,0008
г. Новосибирск	0,0558	0,0392	0,009
г. Норильск	0,0149	0,0084	0,002
г. Омск	0,0496	0,0515	0,009
г. Прокопьевск	0,0082	0,0091	0,0006
г. Рубцовск	0,0072	0,0068	0,001
г. Томск	0,0205	0,0168	0,004
г. Усолье-Сибирское	0,0074	0,0052	0,001
г. Усть-Илимск	0,002	0,0015	0,0002
г. Черногорск	0,0044	0,0031	0,0002
г. Юрга	0,001	0,0015	$9,17 \cdot 10^{-5}$
ЗАТО г. Железногорск	0,0006	$8,79 \cdot 10^{-5}$	0
ЗАТО г. Северск	0,0005	0	0,0002

По расчетам уязвимости можно сделать вывод, что наиболее уязвимыми являются города: Омск, Новосибирск и Красноярск, что связано со значительной плотностью населения, развитым промышленным комплексом и инфраструктурой.

На территории Сибири 46 городов с численностью менее 70 000 человек, для данных городов так же получены количественные значения уязвимости, которые представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Техногенная уязвимость средних и малых городов СФО

АТЕ	Уязвимость территории		
	Вероятность возникновения ОТС	Вероятность гибели	Вероятность ЧС
г. Абаза	0,0009	0,0002	0,0002
г. Ак-Довурак	0,0011	0	0
г. Алейск	0,0011	0,0002	0,0002
г. Белокуриха	0,0005	0,0002	0,0002
г. Березовский	0,0011	0	0
г. Боготол	0,0016	0,0003	0,0003
г. Бородино	0,0003	$8,8 \cdot 10^{-5}$	$9,17 \cdot 10^{-5}$
г. Горно-Алтайск	0,004	0,0022	0,0023
г. Гурьевск	0,0007	0	0
г. Дивногорск	0,002	0,0002	0,0002
г. Енисейск	0,0017	0,0005	0,0006
г. Заринск	0,0006	0	0
г. Зима	0,003	0,0002	0,0002
г. Змеиногорск	0	0	0
г. Исилькуль	0,0014	0,0002	0,0002
г. Искитим	0,003	0,0007	0,0007
г. Калачинск	0,0015	0,0002	0,0002
г. Калтан	0,0015	0	0
г. Камень-на-Оби	0,0016	0,0003	0,0003
г. Кедровый	0,0003	0	0
г. Лесосибирск	0,0048	0,0005	0,0006
г. Мариинск	0,0005	0	0
г. Минусинск	0,0036	0,001	0,001
г. Мыски	0,0008	$8,8 \cdot 10^{-5}$	$9,17 \cdot 10^{-5}$
г. Назарово	0,002	0,0004	0,0004
г. Называевск	0,0004	0	0
г. Обь	0,002	0	0
г. Осинники	0,0035	$8,8 \cdot 10^{-5}$	$9,17 \cdot 10^{-5}$
г. Полысаево	0,0007	0	0
г. Саяногорск	0,0022	0,0002	0,0002
г. Саянск	0,0009	0,0002	0,0002
г. Свирск	0,0019	0,0004	0,0005
г. Славгород	0,0034	0,0005	0,0006

Окончание таблицы 3.2

АТЕ	Уязвимость территории		
	Вероятность возникновения ОТС	Вероятность гибели	Вероятность ЧС
г. Сорск	0,0011	0	0
г. Сосновоборск	0,0009	0	0
г. Стрежевой	0,001	$8,8 \cdot 10^{-5}$	$9,17 \cdot 10^{-5}$
г. Тайга	0,0005	0	0
г. Тара	0,0011	0,0003	0,0003
г. Таштагол	0,0004	0	0
г. Топки	0,0006	0	0
г. Тулун	0,0028	0,0004	0,0005
г. Тюкалинск	0,0006	$8,8 \cdot 10^{-5}$	$9,17 \cdot 10^{-5}$
г. Черемхово	0,0046	0,0005	0,0006
г. Шарыпово	0,0014	$8,8 \cdot 10^{-5}$	$9,17 \cdot 10^{-5}$
г. Яровое	0,0006	0	0
ЗАТО г. Зеленогорск	$9,17 \cdot 10^{-5}$	0	0

На рисунке 3.2 представлена карта вероятности возникновения опасных техногенных событий по 268 муниципальным районам СФО. В таблице 3.3 представлены данные уязвимости по районам, имеющим наибольшую частоту опасных техногенных событий.

Таблица 3.3 – Техногенная уязвимость муниципальных районов СФО с вероятностью возникновения ОТС более 0,005

АТЕ	Уязвимость территории		
	Вероятность возникновения ОТС	Вероятность гибели	Вероятность ЧС
Иркутский р-н	0,0101	0,025	0,0019
Новосибирский р-н	0,0097	0,012	0,002
Емельяновский р-н	0,0090	0,0067	0,0006
Эвенкийский р-н	0,0080	0,0046	0,0012
Томский р-н	0,0079	0,0092	0,0018
Усольский р-н	0,0078	0,0046	0,001
Нижнеудинский р-н	0,0077	0,0076	0,0014
Братский р-н	0,0074	0,0077	0,0016
Мамско-Чуйский р-н	0,0072	0,0005	$9,17 \cdot 10^{-5}$
Усть-Кутский р-н	0,0063	0,0052	0,0009
Тайшетский р-н	0,0062	0,005	0,0009
Омский р-н	0,0061	0,0092	0,001
Первомайский р-н	0,0057	0,0072	0,0011
Березовский р-н	0,0052	0,0065	0,0011
Богучанский р-н	0,0051	0,0048	0,0006

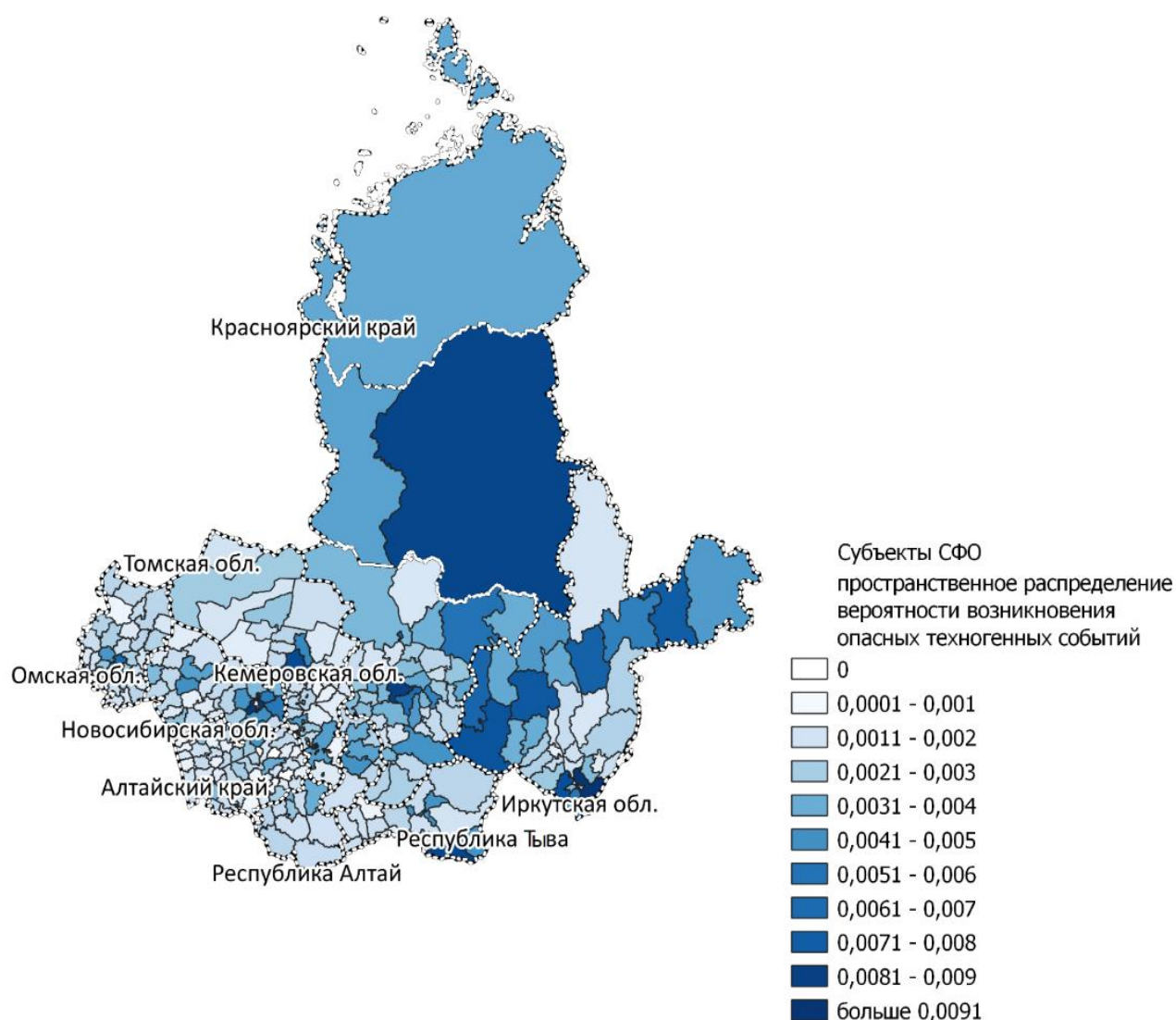


Рисунок 3.2 – Ранжирование муниципальных районов СФО по вероятности возникновения опасных техногенных событий

Наибольшая частота событий выявлена для территорий Иркутского, Новосибирского и Емельяновского районов, данные районы характеризуются территориальной близостью к крупным промышленным центрам (города Иркутск, Новосибирск и Красноярск), что обуславливает высокий показатель техногенной уязвимости.

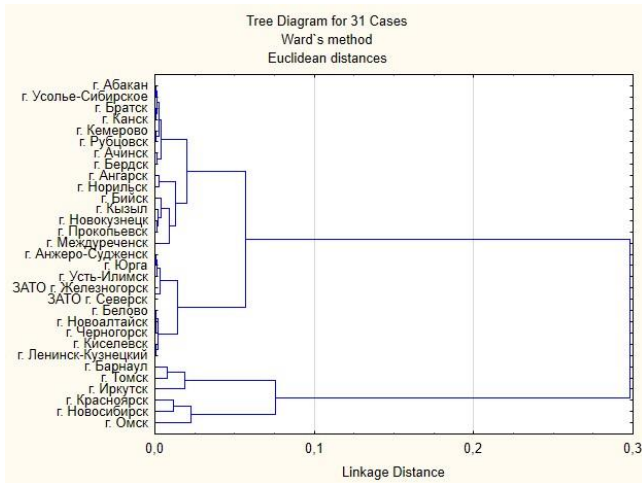


## **3.2 Использование метода многомерной статистики для анализа техногенной безопасности**

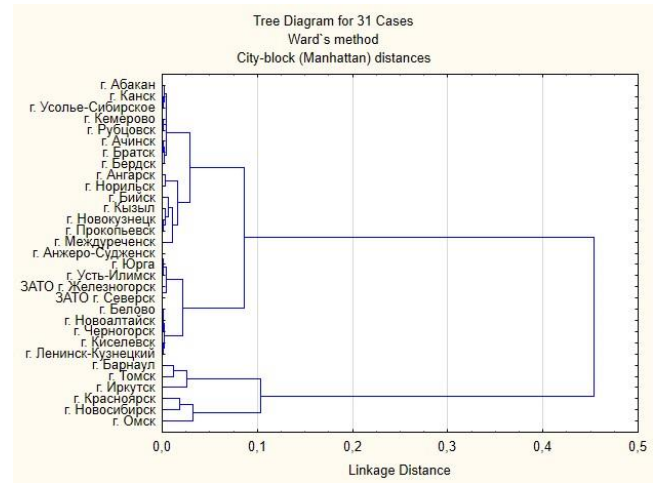
### **3.2.1 Кластерный анализ и оценка индивидуального техногенного риска городов СФО с численностью населения более 70 тыс. чел**

На основе предложенного метода, который подробно описан во 2 главе, и на базе программного обеспечения STATISTICA рассматриваются источники и факторы риска техногенных аварий и катастроф на примере городов Сибирского федерального округа с численностью более 70 тыс. с целью оценки уровня их техногенной опасности. Количественные значения выбранных показателей определялись с использованием статистической информации, которая подробно проанализирована в 1 главе и представлена в Приложении В. На рисунке 3.3 представлены дендрограммы распределения городов по группам кластеров с использованием разных расстояний (Евклидовое, Манхэттенновское и Чебышева (глава 2 формулы 14, 15, 16)). Дендрограммы распределения на кластеры, с использованием разных методов, получились однотипные, что подтверждает обоснованность выбранного способа классификации. Для определения числа кластеров использовался метод k-means (рисунок 3.4), который позволил выделить 5 однородных группы (рисунок 3.3 (в)).

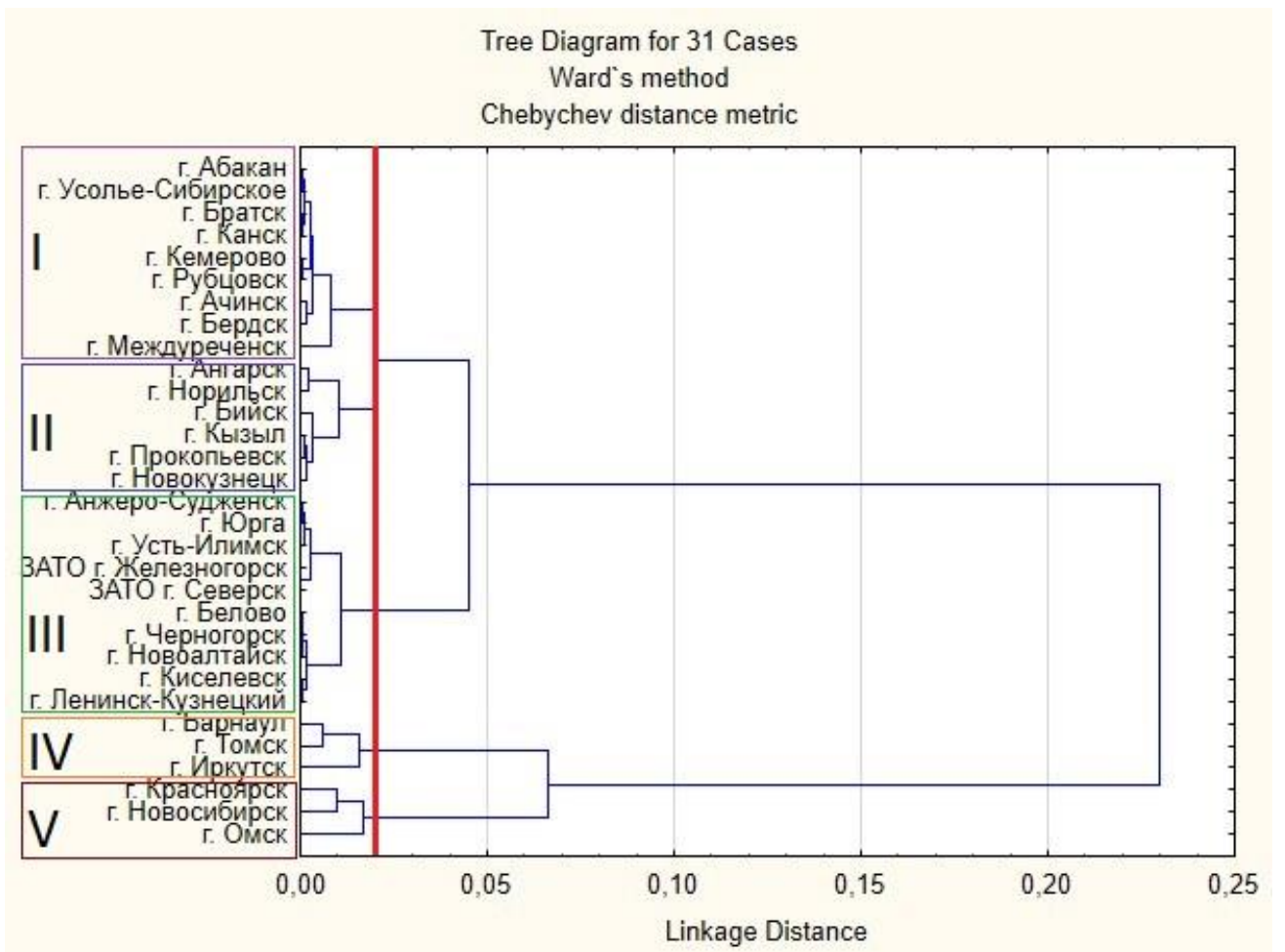
Для каждого кластера были проанализированы опасные техногенные события по разным видам (в городах с численностью более 70 тыс. чел регистрируется 17 различных видов аварий), средние значения которых приведены в таблице 3.4. В каждой группе кластеров прослеживаются свои доминирующие негативные факторы. Наибольшее количество техногенных происшествий наблюдаются в V кластере, что связано с высокой плотностью населения и развитой промышленностью. Наименьшие значения получены для III кластера, который будет являться эталонным в данной группе.



а)



б)



в)

Рисунок 3.3 - Дендрограмма кластеризации крупных городов Сибири методом Варда (а – Евклидово расстояние; б – Манхэттенновское; в – Чебышева)

I	Members of Cluster Number and Distances from Respect Cluster contains 9 cases		II	Members of Cluster and Distances from Cluster contains 8 c		IV	Members of Cluste and Distances from Cluster contains 3 i	
	Distance			Distance			Distance	
г. Абакан	0,001190		г. Ангарск	0,001413		г. Барнаул	0,001120	
г. Ачинск	0,000586		г. Бийск	0,001378		г. Иркутск	0,006150	
г. Бердск	0,001325		г. Кызыл	0,001084		г. Томск	0,005312	
г. Братск	0,000310		г. Новокузнецк	0,001591				
г. Канск	0,000686		г. Норильск	0,002710				
г. Кемерово	0,000619		г. Прокопьевск	0,001345				
г. Междуреченск	0,003386							
г. Рубцовск	0,000552							
г. Усолье-Сибирское	0,000852							

III	Members of Cluster I and Distances from F Cluster contains 10 c		V	Members of Cluster Number 5 i and Distances from Respective Cluster contains 3 cases	
	Distance			Distance	
г. Анжера-Судженск	0,000955		г. Красноярск	0,007206	
г. Белово	0,001230		г. Новосибирск	0,000574	
г. Киселевск	0,000790		г. Омск	0,007586	
г. Ленинск-Кузнецкий	0,000759				
г. Новоалтайск	0,001533				
г. Усть-Илимск	0,000431				
г. Черногорск	0,001264				
г. Юрга	0,000901				
ЗАТО г. Железногорск	0,001566				
ЗАТО г. Северск	0,001672				

Рисунок 3.4 – Деление на группы кластеров методом k-means

Таблица 3.4 - Средние количество опасных событий по группам кластеров

№ п/п	Факторы	Группы кластеров				
		I	II	III	IV	V
1	Аварии на системах жизнеобеспечения	7	10	2	39	77
2	Аварии на воздушном транспорте	2	3	0	14	28
3	Аварии с выбросом АХОВ	2	2	0	8	11
4	Взрыв на пром. об.	1	2	0	2	4
5	Взрыв бытовой	1	3	0	5	8
6	Крупное ДТП	3	5	1	7	41
7	Падение крана	0	0	0	2	5
8	Пожар ОСМПЛ	5	18	1	28	82
9	Пожар на пром. об.	5	7	1	23	45
10	Пожар бытовой	37	50	17	145	264
11	Обнаружение АХОВ / РВ	1	1	0	7	12
12	Обрушение конструкций	2	4	1	6	12
13	Аварии на магистральных газо / нефтепроводах	0	0	0	0	2
14	Аварии на пром. об.	2	7	3	1	2
15	Аварии на ж/д транспорте	0	1	0	1	2
16	Аварии на водном транспорте	1	0	0	2	4
17	Аварии с выбросом РВ	0	0	0	1	5

В таблице 3.5 приведены количественные значения индивидуального риска по каждому городу, а также интервальные значения по группам кластеров.

Таблица 3.5 - Индивидуальный техногенный риск по кластерам

№	Город	Численность населения	Расчетный параметр*	Среднее число погибших за год (период 15 лет)	Индивидуальный риск	Приемлемый уровень	Повышенный уровень
I	г. Абакан	173200	0,62	4	$1,43 \cdot 10^{-5}$	[0; $1,2 \cdot 10^{-5}$ ]	$(1,2 \cdot 10^{-5};$ $4,5 \cdot 10^{-5})$
	г. Ачинск	112000	0,4	4	$1,43 \cdot 10^{-5}$		
	г. Бердск	104334	0,37	3	$1,07 \cdot 10^{-5}$		
	г. Братск	249657	0,89	4	$1,43 \cdot 10^{-5}$		
	г. Канск	98500	0,35	5	$1,79 \cdot 10^{-5}$		
	г. Кемерово	556900	1,99	6	$2,12 \cdot 10^{-5}$		
	г. Междуреченск	97900	0,35	8	$2,86 \cdot 10^{-5}$		
	г. Рубцовск	143000	0,51	5	$1,79 \cdot 10^{-5}$		
г. Усолье-Сибирское	85570	0,31	4	$1,43 \cdot 10^{-5}$			
II	г. Ангарск	224630	0,81	6	$2,15 \cdot 10^{-5}$		
	г. Бийск	200000	0,72	9	$3,22 \cdot 10^{-5}$		
	г. Кызыл	108070	0,39	6	$2,15 \cdot 10^{-5}$		
	г. Новокузнецк	552400	1,98	8	$2,86 \cdot 10^{-5}$		
	г. Норильск	173500	0,62	6	$2,15 \cdot 10^{-5}$		
	г. Прокопьевск	196400	0,70	7	$2,51 \cdot 10^{-5}$		
III	г. Анжеро-Судженск	77600	0,28	1	$3,58 \cdot 10^{-6}$		
	г. Белово	128100	0,46	3	$1,07 \cdot 10^{-5}$		
	г. Киселевск	96200	0,34	3	$1,07 \cdot 10^{-5}$		
	г. Ленинск-Кузнецкий	99000	0,35	2	$7,16 \cdot 10^{-6}$		
	г. Новоалтайск	73769	0,26	3	$1,07 \cdot 10^{-5}$		
	г. Усть-Илимск	96311	0,35	1	$3,58 \cdot 10^{-6}$		
	г. Черногорск	76259	0,27	2	$7,16 \cdot 10^{-6}$		
	г. Юрга	81700	0,29	1	$3,58 \cdot 10^{-6}$		
	ЗАТО г. Железногорск	90100	0,32	0	0		
	ЗАТО г. Северск	113300	0,41	0	0		
IV	г. Барнаул	640000	2,29	17	$6,09 \cdot 10^{-5}$		
	г. Иркутск	580708	2,08	25	$8,95 \cdot 10^{-5}$		
	г. Томск	596500	2,14	13	$4,65 \cdot 10^{-5}$		
V	г. Красноярск	1096073	3,92	22	$7,88 \cdot 10^{-5}$		
	г. Новосибирск	1618000	5,79	30	$1,1 \cdot 10^{-4}$		
	г. Омск	1154116	4,13	39	$1,4 \cdot 10^{-4}$		

\* $k' = \frac{x_i}{x_{cp} - x_{cp. min}}$  где  $x_i$  — исходное значение показателя по кластеру;  $x_{cp}$  — среднее значение показателя по СФО;  $x_{cp. min}$  — среднее минимальное значение показателя по СФО.

Наименьшие значения риска получились для третьей группы. Данный кластер будем считать эталонной группой, для определения допустимого уровня риска

проведем расчет доверительного интервала для данного кластера (таблица 3.6). Значение зоны повышенного риска определено аналогично (доверительный интервал по всей выборке), таким образом верхняя граница зоны повышенного риска равна  $4,5 \cdot 10^{-5}$  (рисунок 3.5).

Таблица 3.6 – Определение доверительных интервалов

	Среднее значение	Стандартное отклонение	Коэффициент Стьюдента	Доверительный интервал
Эталонная группа	$5,73 \cdot 10^{-6}$	$4,2 \cdot 10^{-6}$	5	$[0; 1,2 \cdot 10^{-5}]$
Выборка по всем городам с численностью более 70 тыс. чел	$2,85 \cdot 10^{-5}$	$3,3 \cdot 10^{-5}$	2,8	$(1,2 \cdot 10^{-5}; 4,5 \cdot 10^{-5}]$

Для городов с численностью более 70 тыс. чел получены следующие количественные значения уровней риска: приемлемый уровень  $R \leq 1,2 \cdot 10^{-5}$ ; повышенный  $R \in (1,2 \cdot 10^{-5}; 4,5 \cdot 10^{-5}]$ ; высокий уровень  $R > 4,5 \cdot 10^{-5}$ .

В зоне приемлемого уровня риска находится 10 городов, которые входят в 3 кластер, в зоне повышенного риска находится 15 городов (1 и 2 кластеры), и в зоне высокого риска 6 городов из 4 и 5 кластеров (рисунок 3.5).

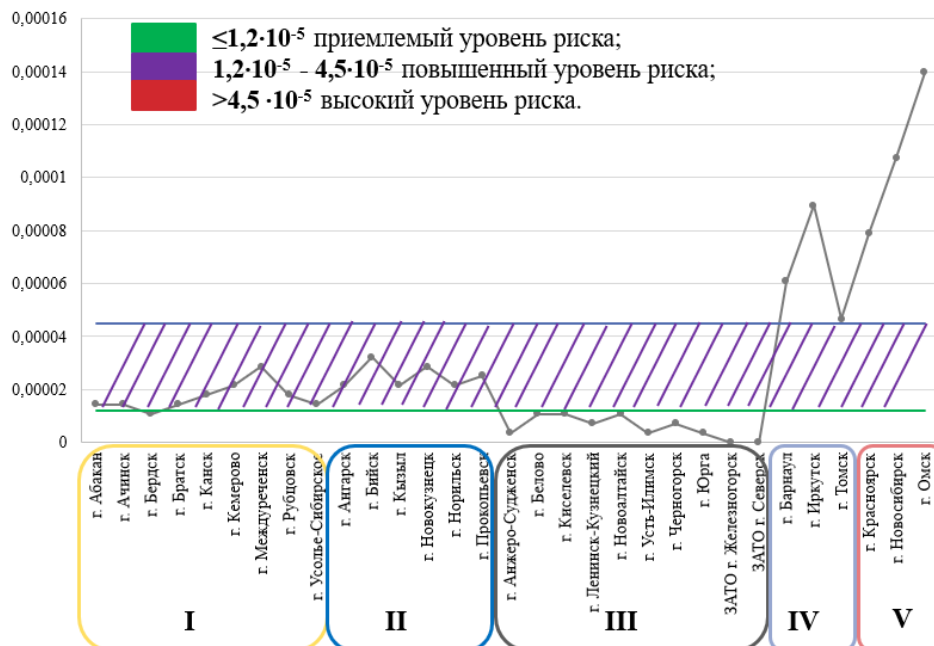
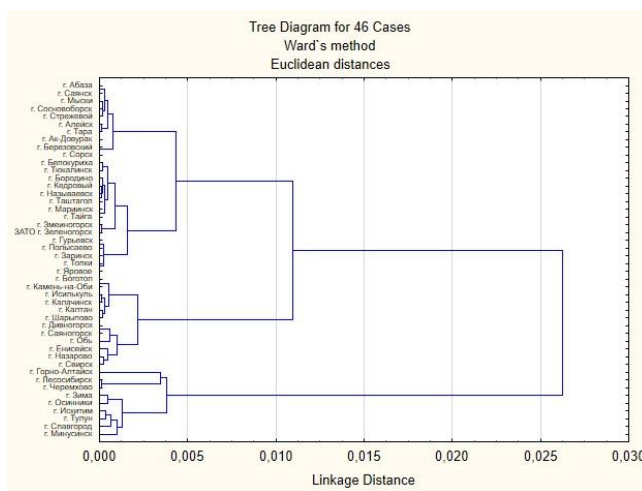


Рисунок 3.5 – Изменение индивидуального риска по городам СФО с численностью населения более 70 тыс. чел

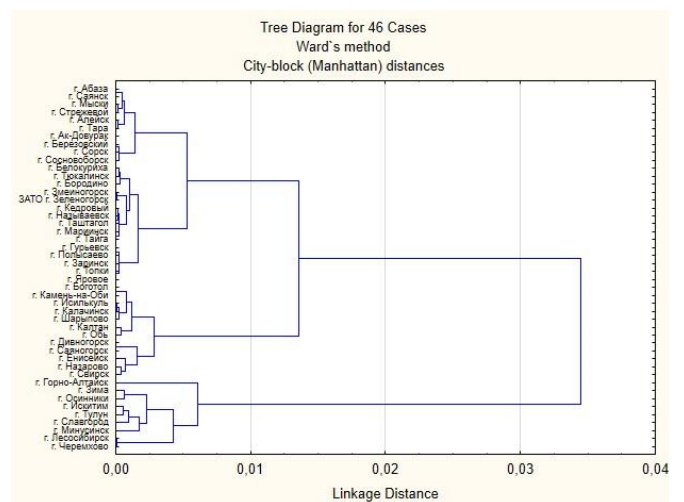
### 3.2.2 Кластерный анализ и оценка индивидуального техногенного риска для средних и малых городов СФО с численностью населения менее 70 тыс. чел

На территории СФО расположено 46 средних и малых городов с численностью менее 70 тыс. чел., которые являются отдельными административно-территориальными единицами, не входящими в состав муниципальных районов. Аналогичным образом, как и в главе 3.1 было произведено деление данных городов на группы кластеров (рисунок 3.6 и 3.7). В таблице 3.7 представлены виды опасных техногенных событий (12 различных видов) для городов с численностью менее 70 тыс. чел., по которым приведены средние значения для каждой группы кластеров.

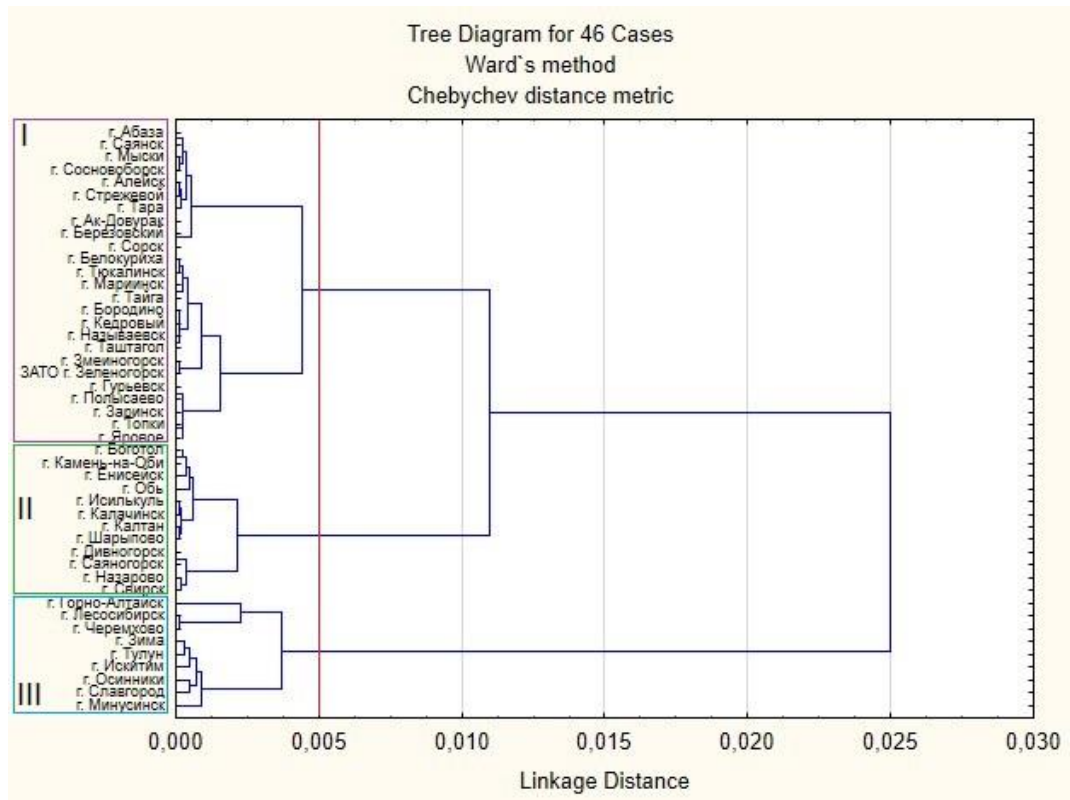
На основании полученных данных были определены значения индивидуального техногенного риска (таблицы 3.8 и 3.9, рисунок 3.8). Наибольшие значения риска получены для третьего кластера, наименьшие для первого. Первая группа кластеров будет являться эталоном для анализа индивидуальных рисков для городов с численностью менее 70 тыс.чел.



а)



б)



в)

Рисунок 3.6 - Дендрограмма кластеризации средних и малых городов Сибири методом Варда (а – Евклидово расстояние; б – Манхэттенновское; в – Чебышева)

I	Members of Cluster I and Distances from I	II	Members of Cluster Number and Distances from Respec
	Cluster contains 25 c		Cluster contains 12 cases
	Distance		Distance
г. Абаза	0,000175	г. Боготол	0,000104
г. Ак-Довурак	0,000252	г. Дивногорск	0,000276
г. Алейск	0,000268	г. Енисейск	0,000261
г. Белокуриха	0,000160	г. Искитим	0,000206
г. Березовский	0,000252	г. Калачинск	0,000154
г. Бородино	0,000231	г. Калтан	0,000237
г. Гурьевск	0,000057	г. Камень-на-Оби	0,000104
г. Заринск	0,000047	г. Назарово	0,000247
г. Змеиногорск	0,000390	г. Обь	0,000194
г. Кедровый	0,000233	г. Саяногорск	0,000276
г. Мариинск	0,000131	г. Свирск	0,000216
г. Мыски	0,000094	г. Шарыпово	0,000231
г. Называевск	0,000181		
г. Польшаево	0,000057	III	Members of Cluster Numt
г. Саянск	0,000175		and Distances from Resp
г. Сорск	0,000252		Cluster contains 9 cases
г. Сосновоборск	0,000149		Distance
г. Стржевой	0,000197	г. Горно-Алтайск	0,001265
г. Тайга	0,000131	г. Зима	0,000526
г. Тара	0,000304	г. Искитим	0,000418
г. Таштагол	0,000181	г. Лесосибирск	0,000654
г. Топки	0,000047	г. Минусинск	0,000237
г. Тюкалинск	0,000076	г. Осинники	0,000500
г. Яровое	0,000047	г. Славгород	0,000164
ЗАТО г. Зеленогорск	0,000338	г. Тулун	0,000465
		г. Черемхово	0,000603

Рисунок 3.7 – Деление на группы кластеров методом k-means (для городов с численностью 70 тыс. чел)

Таблица 3.7 Средние значения опасных событий по группам кластеров (средние и малые города)

№ п/п	Факторы	Группы кластеров		
		I	II	III
1	Аварии на системах жизнеобеспечения	1	1	5
2	Аварии на воздушном транспорте	0	1	0
3	Аварии с выбросом АХОВ	0	1	0
4	Крупное ДТП	1	1	1
5	Падение крана	0	0	0
6	Пожар ОСМПЛ	1	2	3
7	Пожар на пром. об.	0	1	2
8	Пожар бытовой	4	11	21
9	Обнаружение АХОВ / РВ	0	0	1
10	Обрушение конструкций	0	0	1
11	Аварии на магистральных газо / нефтепроводах	0	0	0
12	Аварии на пром. об.	0	0	1

Таблица 3.8 Индивидуальный техногенный риск по группам кластеров для городов с численностью менее 70 тыс. чел

№	Город	Численность населения	Расчетный параметр*	Среднее число погибших за год (период 15 лет)	Индивидуальный риск ЧС	Приемлемый уровень	Повышенный уровень
I	г. Абаза	16 009	0,05	1	$3,12 \cdot 10^{-6}$	[0; $3,7 \cdot 10^{-6}$ ]	$(3,7 \cdot 10^{-6};$ $5,5 \cdot 10^{-6})$
	г. Ак-Довурак	14118	0,05	1	$3,5 \cdot 10^{-6}$		
	г. Алейск	30 000	0,1	1	$3,36 \cdot 10^{-6}$		
	г. Белокуриха	15 000	0,05	1	$3,33 \cdot 10^{-6}$		
	г. Березовский	49000	0,17	1	$3,46 \cdot 10^{-6}$		
	г. Бородино	18000	0,06	1	$3,33 \cdot 10^{-6}$		
	г. Гурьевск	30900	0,1	1	$3,23 \cdot 10^{-6}$		
	г. Заринск	46 000	0,16	1	$3,47 \cdot 10^{-6}$		
	г. Змеиногорск	11 000	0,04	0	0		
	г. Кедровый	3000	0,01	0	0		
	г. Мариинск	39100	0,13	1	$3,32 \cdot 10^{-6}$		
	г. Мыски	43800	0,15	1	$3,43 \cdot 10^{-6}$		
	г. Называевск	10 865	0,03	1	$2,76 \cdot 10^{-6}$		
	г. Полысаево	29500	0,11	0	0		
	г. Саянск	43 852	0,15	1	$3,42 \cdot 10^{-6}$		
	г. Сорск	11 485	0,04	1	$3,48 \cdot 10^{-6}$		
	г. Сосновоборск	32300	0,11	1	$3,4 \cdot 10^{-6}$		
	г. Стрежевой	41200	0,14	1	$3,39 \cdot 10^{-6}$		
г. Тайга	26000	0,09	1	$3,46 \cdot 10^{-6}$			
г. Тара	28 241	0,09	1	$3,18 \cdot 10^{-6}$			
г. Таштагол	23100	0,08	1	$3,46 \cdot 10^{-6}$			
г. Топки	28000	0,09	1	$3,21 \cdot 10^{-6}$			



Окончание таблицы 3.8

№	Город	Численность населения	Расчетный параметр*	Среднее число погибших за год (период 15 лет)	Индивидуальный риск ЧС	Приемлемый уровень	Повышенный уровень
I	г. Тюкалинск	10 253	0,03	1	$2,93 \cdot 10^{-6}$	[0; $3,7 \cdot 10^{-6}$ ]	$(3,7 \cdot 10^{-6};$ $5,5 \cdot 10^{-6})$
	г. Яровое	18 000	0,06	1	$3,33 \cdot 10^{-6}$		
	ЗАТО г. Зеленогорск	66900	0,24	0	0		
II	г. Боготол	22400	0,08	1	$3,77 \cdot 10^{-6}$		
	г. Дивногорск	29500	0,11	1	$3,73 \cdot 10^{-6}$		
	г. Енисейск	19400	0,07	2	$7,22 \cdot 10^{-6}$		
	г. Исилькуль	22 371	0,08	1	$3,78 \cdot 10^{-6}$		
	г. Калачинск	22 599	0,08	2	$7,1 \cdot 10^{-6}$		
	г. Калтан	30300	0,11	1	$3,73 \cdot 10^{-6}$		
	г. Камень-на-Оби	41 000	0,15	1	$3,76 \cdot 10^{-6}$		
	г. Назарово	54800	0,12	2	$4,4 \cdot 10^{-6}$		
	г. Обь	29900	0,11	1	$3,78 \cdot 10^{-6}$		
	г. Саяногорск	61 977	0,22	1	$3,75 \cdot 10^{-6}$		
г. Свирск	14 211	0,05	1	$3,72 \cdot 10^{-6}$			
г. Шарыпово	39400	0,14	1	$3,75 \cdot 10^{-6}$			
III	г. Горно-Алтайск	60 828	0,22	1	$3,67 \cdot 10^{-6}$		
	г. Зима	34 067	0,12	3	$1,1 \cdot 10^{-5}$		
	г. Искитим	56443	0,2	2	$7,22 \cdot 10^{-6}$		
	г. Лесосибирск	63500	0,23	2	$7,24 \cdot 10^{-6}$		
	г. Минусинск	69700	0,25	3	$1,1 \cdot 10^{-5}$		
	г. Осинники	47800	0,17	1	$3,76 \cdot 10^{-6}$		
	г. Славгород	30 000	0,11	2	$7,33 \cdot 10^{-6}$		
	г. Тулун	46 787	0,17	2	$7,27 \cdot 10^{-6}$		
г. Черемхово	53 592	0,19	5	$1,8 \cdot 10^{-5}$			

Таблица 3.9 – Определение доверительных интервалов

	Среднее значение	Стандартное отклонение	Коэффициент Стьюдента	Доверительный интервал
Эталонная группа	$2,76 \cdot 10^{-6}$	$9,5 \cdot 10^{-7}$	3,8	$[1,82 \cdot 10^{-6}; 3,7 \cdot 10^{-6}]$
Выборка по всем городам с численностью менее 70 тыс. чел	$4,27 \cdot 10^{-6}$	$3,02 \cdot 10^{-6}$	2,7	$(3,1 \cdot 10^{-6}; 5,5 \cdot 10^{-6})$

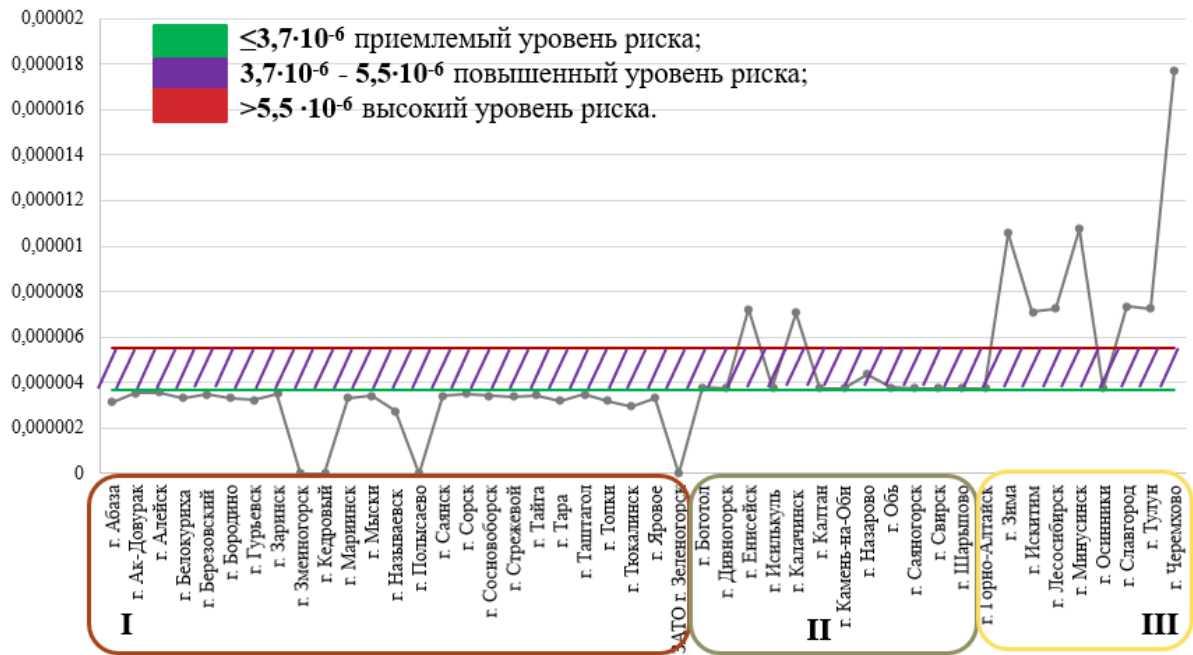


Рисунок 3.8 – Кривая изменения индивидуального риска по городам СФО с численностью населения менее 70 тыс. чел

Уровни риска для городов с численностью менее 70 тыс. чел имеют следующий вид: приемлемый уровень  $R \leq 3,7 \cdot 10^{-6}$ ; повышенный  $R \in (3,7 \cdot 10^{-6}; 5,5 \cdot 10^{-6}]$ ; высокий уровень  $R > 5,5 \cdot 10^{-6}$ .

В зоне приемлемого уровня риска находится 25 городов, которые входят в 1 кластер, в зоне повышенного риска находится 12 городов и в зоне высокого риска 9 городов (из 2 и 3 кластера).

### 3.2.3 Кластерный анализ и оценка индивидуального техногенного риска для муниципальных районов СФО

На основе предложенного метода (глава 2 раздел 2.2) был проведен анализ муниципальных районов Сибири. Данный подход позволил разбить 268 муниципальных районов на пять однородных группы (рисунок 3.9), и провести анализ по каждой группе отдельно, выявить эталонный кластер и уровни риска. В первую группу кластеров вошло 70 районов, во вторую – 18, в третью – 7, в четвертую – 83 и в пятую – 91. Были проанализированы основные опасные

факторы, которые представлены в таблице 3.10. Основную угрозу представляют пожары, аварии на системах жизнеобеспечения и крупные ДТП.

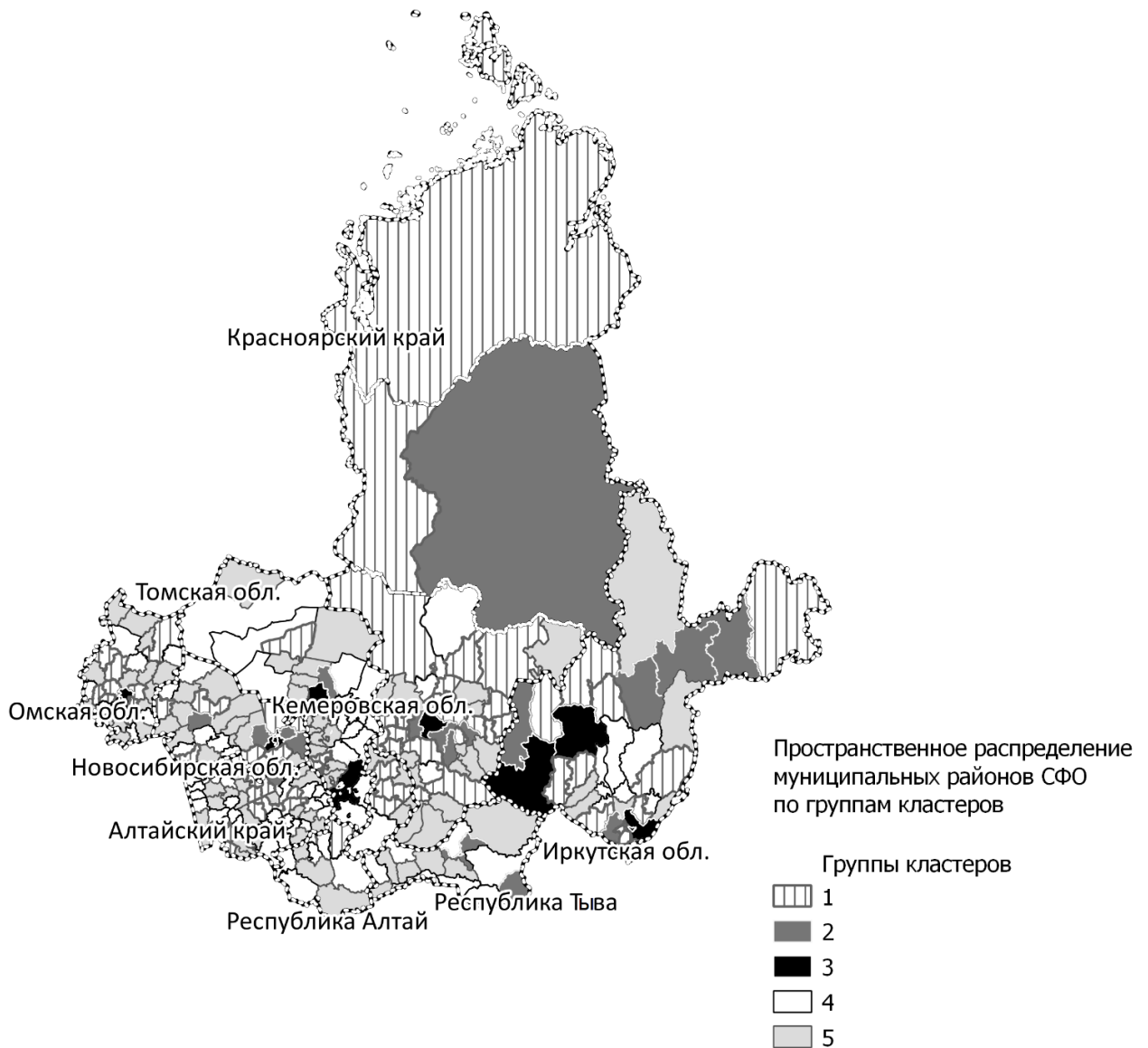


Рисунок 3.9 – Пространственное распределение групп кластеров

Для каждой группы кластеров получены интервальные значения индивидуального риска (таблица 3.11) на основе расчетов доверительных интервалов (таблица 3.12) Значения риска для муниципальных районов изменяются от 0 до  $2 \cdot 10^{-5}$ .

Таблица 3.10 – Средние значения опасных событий по группам кластеров (муниципальные районы)

№ п/п	Факторы	Группы кластеров				
		I	II	III	IV	V
1	Аварии на системах жизнеобеспечения	3	8	5	2	2
2	Аварии на воздушном транспорте	2	2	3	0	0
3	Аварии с выбросом АХОВ	0	1	1	0	0
4	Взрыв бытовой	0	0	1	0	0
5	Крупное ДТП	4	7	12	1	2
6	Пожар ОСМПЛ	3	3	4	1	1
7	Пожар на пром. об.	1	2	4	0	0
8	Пожар бытовой	17	28	49	4	9
9	Обнаружение АХОВ / РВ	0	1	0	0	0
10	Обрушение конструкций	0	0	1	0	0
11	Аварии на пром. об.	2	1	1	0	0
12	Аварии на ж/д транспорте	0	1	2	0	0
13	Аварии на водном транспорте	0	1	1	0	0

Таблица 3.11 – Интервальные значения риска для муниципальных районов Сибири по группам кластеров

Номер кластера	Районы	Интервальное значение риска	Приемлемый уровень риска
I	Марьяновский, Турочакский, Мотыгинский, Ангарский, Ширинский, Шелаболихинский, Туруханский, Абанский, Болотнинский, Колпашевский, Майминский, Куйтунский, Иланский, Нижнеилимский, Кежемский, Усть-Абаканский, Тарский, Боготольский, Сузунский, Усть-Калманский, Москаленский, Татарский, Казаченский, Енисейский, Таймырский Долгано-Ненецкий, Ребрихинский, Топчихинский, Таврический, Тулунский, Черемховский, Ордынский, Канский, Кормиловский, Ленинск-Кузнецкий, Ачинский, Усть-Илимский, Горьковский, Назаровский, Качугский, Троицкий, Минусинский, Павловский, Эхирит-Булагатский, Курагинский, Шелеховский, Крутинский, Тюкалинский, Алейский, Кожевниковский, Уярский, Аскизский, Колыванский, Балахтинский, Локтевский, Ужурский, Карасукский, Большемуртинский, Куйбышевский, Искитимский, Чунский, Рубцовский, Шарыповский, Сухобузимский, Косихинский, Нижнеингашский, Любинский, Богучанский, Слюдянский	$[2,02 \cdot 10^{-6}; 8,1 \cdot 10^{-6}]$	$[0; 2 \cdot 10^{-6}]$

Продолжение таблицы 3.11

Номер кластера	Районы	Интервальное значение риска	Приемлемый уровень риска
II	Кызылский, Тальменский, Рыбинский, Черепановский, Тайшетский, Усть-Кутский, Усольский, Эвенкийский, Асиновский, Мошковский, Тогучинский, Березовский, Барабинский, Манский, Коченевский, Первомайский, Емельяновский	$[8,1 \cdot 10^{-6}; 1,2 \cdot 10^{-5}]$	
III	Братский, Нижнеудинский, Омский, Томский, Новосибирский, Новокузнецкий, Иркутский	$[1,2 \cdot 10^{-5}; 2 \cdot 10^{-5}]$	
IV	Мамско-Чуйский, Бай-Тайгинский, Балаганский, Баяндаевский, Большеуковский, Жигаловский, Здвинский, Ижморский, Каа-Хемский, Ключевский, Крутихинский, Кытмановский, Кыштовский, Немецкий национальный, Нукутский, Пировский, Северо-Енисейский, Смоленский, Советский, Солонешенский, Солтонский, Суетский, Сут-Хольский, Табунский, Таштагольский, Таштыпский, Усть-Коксинский, Усть-Пристанский, Чарышский, Чеди-Хольский, Чойский, Овюрский, Чемальский, Новичихинский, Колосовский, Гурьевский, Курьинский, Тес-Хемский, Ельцовский, Целинный, Киренский, Тисульский, Нововаршавский, Парабельский, Тере-Хольский, Шербакульский, Аларский, Яйский, Быстроистокский, Петропавловский, Романовский, Тегульдетский, Усть-Таркский, Баганский, Хабарский, Оконешниковский, Крапивинский, Бакчарский, Волчихинский, Чебулинский, Усть-Канский, Исилькульский, Улаганский, Азовский немецкий национальный, Зырянский, Эрзинский, Тяжинский, Кочковский, Кулундинский, Междуреченский, Пий-Хемский, Первомайский, Идринский, Седельниковский, Осинский, Каргасокский, Усть-Удинский, Тогульский, Егорьевский, Мариинский, Доволенский, Бурлинский	$[0; 1,98 \cdot 10^{-6}]$	$[0; 2 \cdot 10^{-6}]$
V	Чаа-Хольский, Угловский, Тюхтетский, Нижнеомский, Северный, Монгун-Тайгинский, Барун-Хемчикский, Тоджинский, Дзержинский, Ермаковский, Венгеровский, Молчановский, Красногорский, Новоселовский, Зиминский, Шипуновский, Дзун-Хемчикский, Убинский, Муромцевский, Заринский, Тасеевский, Бирилюсский, Кемеровский, Алтайский, Заларинский, Маслянинский, Каменский, Краснозерский, Одесский, Онгудайский, Мамонтовский, Залесовский, Орджоникидзевский, Казачинско-Ленский, Алтайский, Михайловский, Саргатский, Благовещенский, Большереченский,	$[2 \cdot 10^{-6}; 4 \cdot 10^{-6}]$	

Окончание таблицы 3.11

V	Яшкинский, Змеиногорский, Прокопьевский, Краснощековский, Промышленновский, Чистоозерный, Партизанский, Калачинский, Боханский, Беловский, Купинский, Полтавский, Родинский, Юргинский, Шебалинский, Усть-Ишимский, Чулымский, Топкинский, Александровский, Верхнекетский, Саянский, Третьяковский, Ольхонский, Чаинский, Катангский, Знаменский, Тевризский, Панкрушихинский, Богградский, Кош-Агачский, Завьяловский, Поспелихинский, Зональный, Называевский, Кривошеинский, Ирбейский, Шушенский, Чановский, Тюменцевский, Бийский, Каратузский, Павлоградский, Улуг-Хемский, Большеулуйский, Русско-Полянский, Черлакский, Бейский, Шегарский, Тандинский, Краснотуранский, Каргатский, Калманский	$[2 \cdot 10^{-6}; 4 \cdot 10^{-6}]$	$[0; 2 \cdot 10^{-6}]$
---	---	--------------------------------------	------------------------

Таблица 3.12 – Определение доверительных интервалов

	Среднее значение	Стандартное отклонение	Коэффициент Стьюдента	Доверительный интервал
Эталонная группа	$1,2 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-7}$	3,4	$[9,3 \cdot 10^{-7}; 2 \cdot 10^{-6}]$
Выборка по всем муниципальным образованиям	$3,6 \cdot 10^{-6}$	$3,7 \cdot 10^{-6}$	3,3	$(2,9 \cdot 10^{-6}; 4,4 \cdot 10^{-6})$

Допустимый индивидуальный риск определялся по эталонной IV группе кластеров. Были получены следующие значения уровней риска:

- приемлемый уровень  $R \leq 2 \cdot 10^{-6}$ ;
- повышенный уровень  $R \in (2 \cdot 10^{-6}; 4,4 \cdot 10^{-6})$ ;
- высокий уровень  $R > 4,4 \cdot 10^{-6}$ .

В зоне приемлемого уровня находятся 150 муниципальных районов, в зоне повышенного уровня риска 57 муниципальных районов и в зоне высокого находятся 61 район.

### 3.3 Оценка комплексного техногенного риска территорий СФО

На основе предложенного метода была проведена комплексная оценка территориальных техногенных рисков и получены допустимые уровни риска для

всех исследуемых территориальных групп. В таблице 3.13 представлены значения комплексного риска для городов с численностью более 70 тыс. человек.

В зоне приемлемого риска находится 11 крупных городов, в зоне повышенного риска находится 14 городов, и в зоне высокого (недопустимого риска) находится шесть городов, наибольшая техногенная опасность сконцентрирована в городах: Красноярск, Новосибирск и Омск.

При анализе и оценке средних и малых городов допустимый уровень комплексного риска наблюдается в 26 городах, повышенный – в 13 городах и высокий уровень в семи городах: (Саяногорск, Минусинск, Черемхово, Искитим, Тулун, Калачинск и Зима) (таблица 3.14).

Таблица 3.13 – Комплексный техногенный территориальный риск для крупных городов Сибири по группам кластеров

№ Кластера	Город	Риск	Интервальное значение риска по кластеру	Допустимый уровень риска	Повышенный уровень риска
1	г. Бердск	1	[1 – 8,2]		
	г. Ачинск	2,6			
	г. Усолье-Сибирское	3,3			
	г. Абакан	3,4			
	г. Междуреченск	3,4			
	г. Канск	4,5			
	г. Братск	4,6			
	г. Рубцовск	5,2			
2	г. Кемерово	8,2	[3,4 – 19,9]	[0 – 2,1]	(2,1–27]
	г. Норильск	3,4			
	г. Кызыл	5,7			
	г. Прокопьевск	8,9			
	г. Новокузнецк	9,01			
	г. Ангарск	10,3			
г. Бийск	19,9				
3	ЗАО Северск	0	[0 – 2,1]		
	ЗАО г. Железногорск	0,0002			
	г. Юрга	0,04			
	г. Анжеро-Судженск	0,1			
	г. Усть-Илимск	0,3			
	г. Ленинск-Кузнецкий	0,7			
	г. Киселевск	1,3			
	г. Белово	1,6			
	г. Черногорск	1,7			
г. Новоалтайск	2,1				

Окончание таблицы 3.13

№ Кластера	Город	Риск	Интервальное значение риска по кластеру	Допустимый уровень риска	Повышенный уровень риска
4	г. Томск	69,5	[69,5 – 169,8]	[0 – 2,1]	(2,1–27]
	г. Барнаул	115			
	г. Иркутск	169,8			
5	г. Красноярск	280,5	[280 – 1626]	[0 – 2,1]	(2,1–27]
	г. Новосибирск	776,8			
	г. Омск	1626			

Аналогичным образом комплексный территориальный техногенный риск был рассчитан для муниципальных районов СФО. На рисунке 3.10 представлено распределение комплексного техногенного риска по районам Сибири. В приложении Д представлены карты комплексного территориального техногенного риска детально по субъектам СФО.

Таблица 3.14 – Комплексный риск для средних и малых городов Сибири

Кластер	Город	Риск	Интервальное значение риска	Приемлемый уровень риска	Повышенный уровень риска
1	ЗАТО Зеленогорск	$2,7 \cdot 10^{-7}$	[0 – 0,03]	[0 – 0,03]	(0,03 – 0,35]
	г. Польшаево	$3,6 \cdot 10^{-6}$			
	г. Змеиногорск	0			
	г. Таштагол	0,001			
	г. Сорск	0,001			
	г. Кедровый	0,001			
	г. Бородино	0,002			
	г. Абаза	0,005			
	г. Мариинск	0,005			
	г. Заринск	0,005			
	г. Сосновоборск	0,005			
	г. Мыски	0,005			
	г. Называевск	0,005			
	г. Саянск	0,01			
	г. Топки	0,01			
	г. Белокуриха	0,01			
	г. Яровое	0,01			
	г. Стрежевой	0,013			
	г. Тайга	0,013			
	г. Ак-Довурак	0,02			
г. Тюкалинск	0,02				
г. Гурьевск	0,03				
г. Алейск	0,03				
г. Березовский	0,03				
г. Тара	0,03				



Окончание таблицы 3.14

2	г. Шарыпово	0,03	[0,03 – 2,4]		
	г. Обь	0,04			
	г. Боготол	0,04			
	г. Исилькуль	0,1			
	г. Назарово	0,1			
	г. Калтан	0,1			
	г. Дивногорск	0,1			
	г. Енисейск	0,1			
	г. Свирск	0,1			
	г. Камень-на-Оби	0,12			
	г. Калачинск	0,4			
	г. Саяногорск	2,4			
3	г. Осинники	0,3	[0,3 – 8,3]		
	г. Горно-Алтайск	0,3			
	г. Славгород	0,3			
	г. Лесосибирск	0,35			
	г. Тулун	0,4			
	г. Искитим	0,4			
	г. Зима	1			
	г. Черемхово	6,4			
г. Минусинск	8,3				

Для муниципальных районов были установлены следующие уровни риска: приемлемый уровень риска  $R_T^K \in [0 - 0,07]$ ; повышенный уровень  $R_T^K \in (0,07 - 1,1]$  и высокий  $R_T^K > 1,1$ . Из 268 муниципальных районов 121 район имеют допустимый уровень риска, 113 районов имеют повышенный уровень и в 34 районах наблюдается высокий уровень техногенного риска, наибольшие значения характерны для Емельяновского, Братского, Томского, Иркутского, Новосибирского районов.

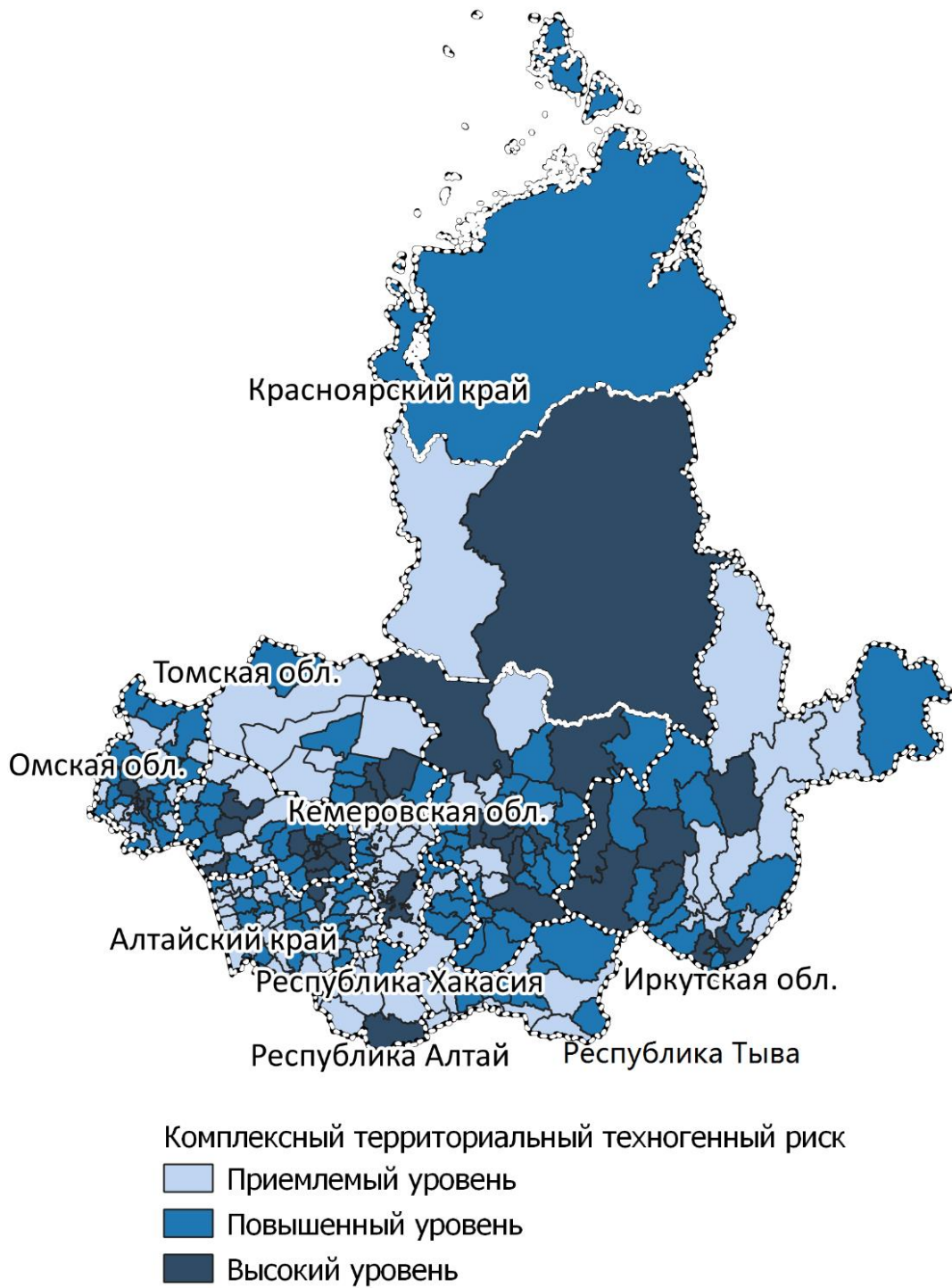


Рисунок 3.10 – Пространственное распределение комплексного риска

### 3.4 Выводы по главе

В 3 главе в соответствии с поставленной задачами 4 и 5 представлены следующие результаты

1) Проведен расчет индивидуального и комплексного техногенных территориальных рисков для территорий СФО. Определены нормативные уровни риска по административно территориальным группам (города с численностью населения более 70 тыс. чел.; города с численностью населения менее 70 тыс. чел.; муниципальные районы):

– для городов с численностью более 70 тыс. чел. приемлемый уровень индивидуального риска  $R \leq 1,2 \cdot 10^{-5}$ , приемлемый уровень комплексного техногенного территориального риска  $R_T^K \leq 2,1$ ;

– для городов с численностью менее 70 тыс. чел. приемлемый уровень индивидуального риска  $R \leq 3,7 \cdot 10^{-6}$ , приемлемый уровень комплексного техногенного территориального риска  $R_T^K \leq 0,03$ ;

– для муниципальных районов приемлемый уровень индивидуального риска  $R \leq 2 \cdot 10^{-6}$ , приемлемый уровень комплексного техногенного территориального риска  $R_T^K \leq 0,07$ ;

2) Проведено ранжирование исследуемых территорий по уровню опасности для населения по показателям риска. Представлена карта СФО с пространственным распределением комплексного техногенного риска с использованием ГИС технологий. Выявлено 51 территориальное образование, находящееся в зоне высокого риска.

## **4 ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО УПРАВЛЕНИЮ И МИНИМИЗАЦИИ ТЕХНОГЕННОГО ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО РИСКА**

### **4.1 Система принятия решения на основе риск-ориентированного подхода**

В органах территориального управления эффективное планирование должно осуществляться с использованием алгоритма принятия решений на основе комплексной оценки территориального риска (рис. 4.1), методология которой представлена в главе 2, а основные расчетные оценки рисков в главе 3.

В работе проводится анализ и оценка рисков элемента техносфера С-П-Т системы на уровне муниципальных образований, которые являются основой функционирования информационной системы территориального управления рисками и безопасностью (ИСТУ РБ). Цель информационной системы - снижение территориальных рисков до приемлемых научно обоснованных уровней. Система позволяет интегрировать накопленный опыт сетевого мониторинга состояния окружающей среды и техносферы, технологии анализа больших объёмов информации и моделирования, теории безопасности и риска, механизмы территориального управления и методы прогнозирования социально-экономического развития [88].

Информационная система позволяет решать следующие задачи:

- анализ количественной оценки экологических, технологических, индивидуальных и социальных рисков;
- разработка нормативов, характеризующих допустимое воздействие на подсистемы с учётом региональных геоэкологических особенностей и специфики антропогенного воздействия;
- оценка комплексной характеристики состояния безопасности рассматриваемой территории;
- формирование рекомендаций на основе риск-ориентированного подхода для эффективного управления территориальными образованиями.

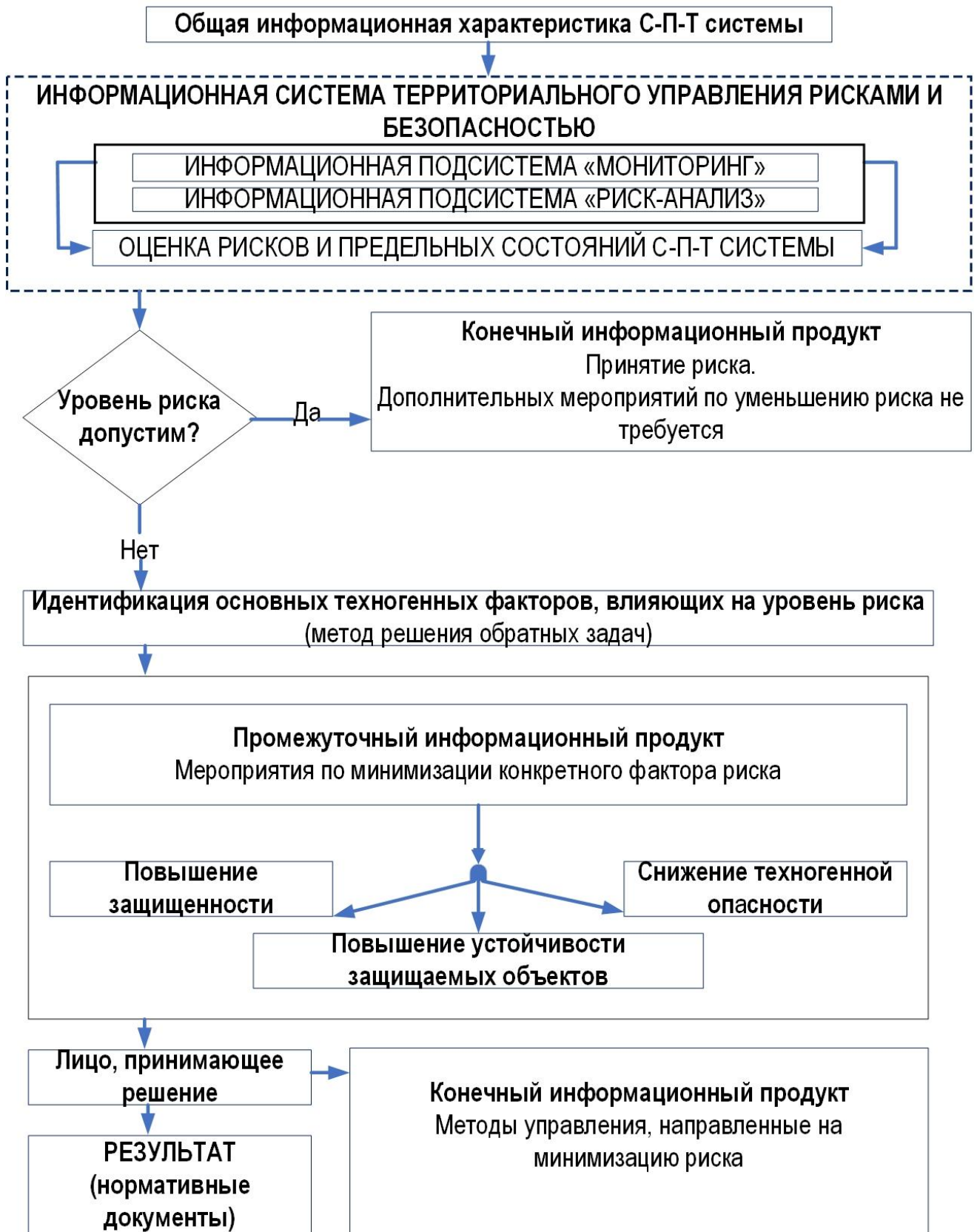


Рисунок 4.1 – Алгоритм принятия управленческих решений

В ИСТУ РБ поступают статистические данные, характеризующие С-П-Т систему (территорию). ИСТУ РБ состоит из двух подсистем:

1) информационная подсистема «Мониторинг». В данной подсистеме происходит сбор и систематизация информационных потоков систем с последующей обработкой, анализом и организацией хранения исходных и обработанных данных.

2) информационная подсистема «Риск-анализ». Данная подсистема имеет три блока: кризисные базы данных С-П-Т системы; картографическая база геоинформационной системы и блок, в который входят модели и вычислительные технологии анализа базовых рисков развития. В данной подсистеме происходит идентификация риска (выявление, классификация, оценка и определение допустимого уровня).

Прототип информационно-вычислительной подсистемы «Риск-анализ» разработан с участием автора на базе Федерального исследовательского центра информационных и вычислительных технологий в рамках государственного задания (рисунок 4.2).

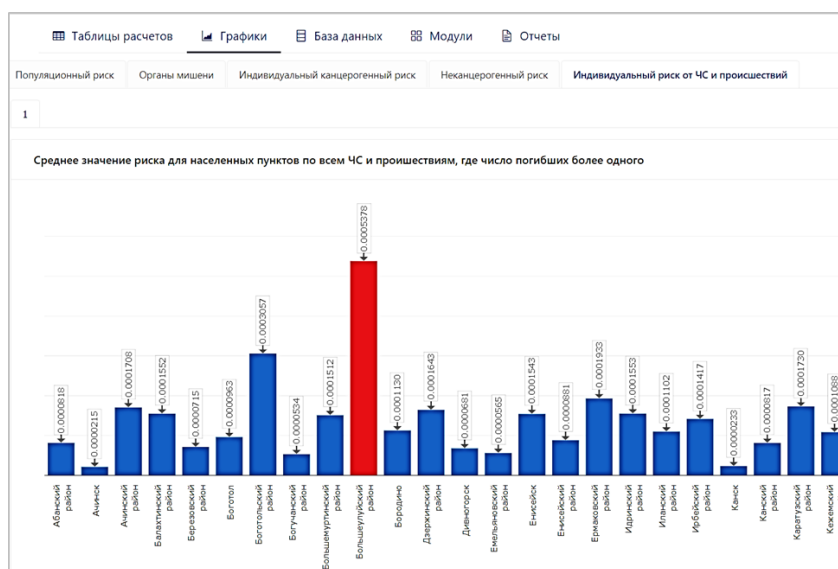


Рисунок 4.2 – Фрагмент графического интерфейса информационно вычислительной подсистемы «Риск-анализ», модуль «Техносфера»

После прохождения информации через представленные подсистемы данные обрабатываются до количественных значений риска, которые получены на основе разработанного методического подхода, представленного в главе 2. В зависимости от уровня риска формируется заключение, в котором прописываются мероприятия по управлению территорией и планированию. В случае если уровень риска приемлемый, то формируется заключение о том, что дополнительных мероприятий по уменьшению риска на рассматриваемой территории не требуется. При выявлении повышенного или высокого уровня риска проводится дополнительный анализ данных методом решения обратных задач для выявления фактора или группы факторов, вносящих основной вклад в формирование техногенной нагрузки. На основе полученной информации формируется промежуточный продукт – заключение о мероприятиях, направленных на минимизацию конкретного фактора риска за счет повышения защищенности, снижения техногенной опасности и повышения устойчивости защищаемых объектах (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Основные виды управленческого воздействия для повышения техногенной безопасности территории

Цели превентивных мероприятий	Технологические решения, превентивные мероприятия
Снижение опасностей	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ремонт, реконструкция объектов техносферы;</li> <li>- строительство по новым технологиям с учетом требований безопасности;</li> <li>- непрерывный мониторинг негативных процессов;</li> <li>- автоматизация процессов (уменьшение роли человеческого фактора)</li> </ul>
Повышение устойчивости защищаемых объектов	<ul style="list-style-type: none"> <li>- зонирование территорий, прилежащих к объектам техносферы;</li> <li>- развитие систем здравоохранения и охраны труда;</li> <li>- инженерные решения по повышению устойчивости городской среды;</li> <li>- развитие систем оповещения и информирования;</li> <li>- страхование рисков;</li> <li>- контроль, надзор, профилактика, обучение населения.</li> </ul>
Повышение защищенности	<ul style="list-style-type: none"> <li>- создание и модернизация аварийно-спасательных формирований, служб экстренного реагирования;</li> <li>- создание, пополнение, замена резервов на случай ЧС;</li> <li>- увеличение резервов финансовых средств;</li> <li>- совершенствование межведомственного взаимодействия, работа с волонтерами.</li> </ul>

Заключение о мероприятиях направляется лицу, принимающему решение, который анализирует полученную информацию и согласовывает мероприятия в рамках экономического потенциала. Результатом данной системы будут нормативные документы (приказы или постановления), прописывающие методы управления рисками. В зависимости от опасного фактора (вида техногенного события) и экономического потенциала превентивные мероприятия будут различны (таблица 4.2).

Таблица 4.2 - Превентивные мероприятия для основных рисков территорий

Вид ситуации	Превентивные мероприятия		
	Снижение вероятности возникновения	Снижение масштабов	При отсутствии ограничений ресурсов
Аварии на потенциально опасных объектах	Повышение «чувствительности» АСУ ТП к идентификации аварий и инцидентов. Проверки Ростехнадзора	Повышение готовности объектов формирований. Совершенствование планов действий по ликвидации ЧС	Переход на альтернативные технологии. Снижение объемов (полный отказ) опасных веществ и материалов
Пожары техногенные	Усиление пожарного надзора. Контроль знаний ПБ	Установка современного противопожарного оборудования. Повышение готовности объектов формирований. Совершенствование Планов действий по ликвидации ЧС	Переход на альтернативные технологии производства и строительства
Пожары бытовые и на объектах с массовым пребыванием людей	Усиление пожарного надзора. Обучение населения правилам ПБ	Увеличение количества и статуса противопожарных формирований. Создание ресурсов для тушения	Переход на альтернативные технологии строительства. Отказ от печного отопления
Аварии систем ЖКХ	Увеличение объемов и качества капитальных ремонтов	Повышение готовности формирований. Совершенствование Планов действий по ликвидации ЧС	Переход на альтернативные технологии и материалы при замене коммуникаций
Автотранспортные аварии	Законодательное регулирование	Обучение навыкам оказания первой помощи. Повышение готовности спасательных формирований	Строительство и реконструкция дорог по современным стандартам (четыре полосы, развязки)



Территориальное образование является динамической системой, с течением времени группы кластеров могут меняться, объекты (территории) переходить из одной группы в другую, тем более что работа по минимизации рисков каждого административного субъекта должна стремиться к уровню риска в эталонной группе. Таким образом для эффективного управления необходимо ежегодно проводить корректировку результатов.

#### 4.2 Идентификация основных факторов, влияющих на уровень риска

Управление территориальным техногенным риском должно основываться на выявлении наиболее опасных видов событий, которые требуют особого внимания и контроля. Основой управления является решение обратных задач. Метод решения обратных задач заключается в сравнении каждого отдельного вида техногенного риска с допустимым уровнем, что позволяет определить основные виды опасностей, вносящих наибольший вклад. В оптимальных условиях в рамках концепции ненулевого риска суммарное значение комплексного риска по различным видам техногенных событий не должно превышать приемлемого значения:

$$R_T^K = \sum_{i=1}^n R_{T_i}^K = R_{T_1}^K + R_{T_2}^K \dots + R_{T_n}^K \quad (4.1)$$

$$R_{T_1}^K \ll [R]; R_{T_2}^K \ll [R]; \dots R_{T_n}^K \ll [R],$$

где  $R_{T_i}^K$  – комплексный техногенный риск по определенному виду событий.

Пример решения обратной задачи представлен для крупнейших городов Сибири (Красноярск, Новосибирск, Омск), входящих в одну группу кластеров и имеющих наибольший комплексный техногенный территориальный риск. На рисунке 4.3 представлено процентное соотношение основных видов техногенной опасности для рассматриваемых городов.

На рисунке 4.4 представлен график распределения комплексного техногенного территориального риска по каждому виду опасных событий. Расчетным способом определено, что основная техногенная нагрузка в городских формированиях приходится на крупные дорожно-транспортные происшествия и различные пожаро-взрывоопасные ситуации (наибольшая нагрузка связана с бытовыми пожарами). Наименьший риск получен для показателей «Обрушение конструкций» и «Прочее», куда входят аварии на воздушном, ж/д и речном транспорте, аварии на промышленных объектах, аварии с выбросом РВ / ХОВ, взрывы бытовые и промышленные, аварии на системах жизнеобеспечения, обнаружение РВ/ХОВ, падение крана и аварии на магистральных нефтегазопроводах.

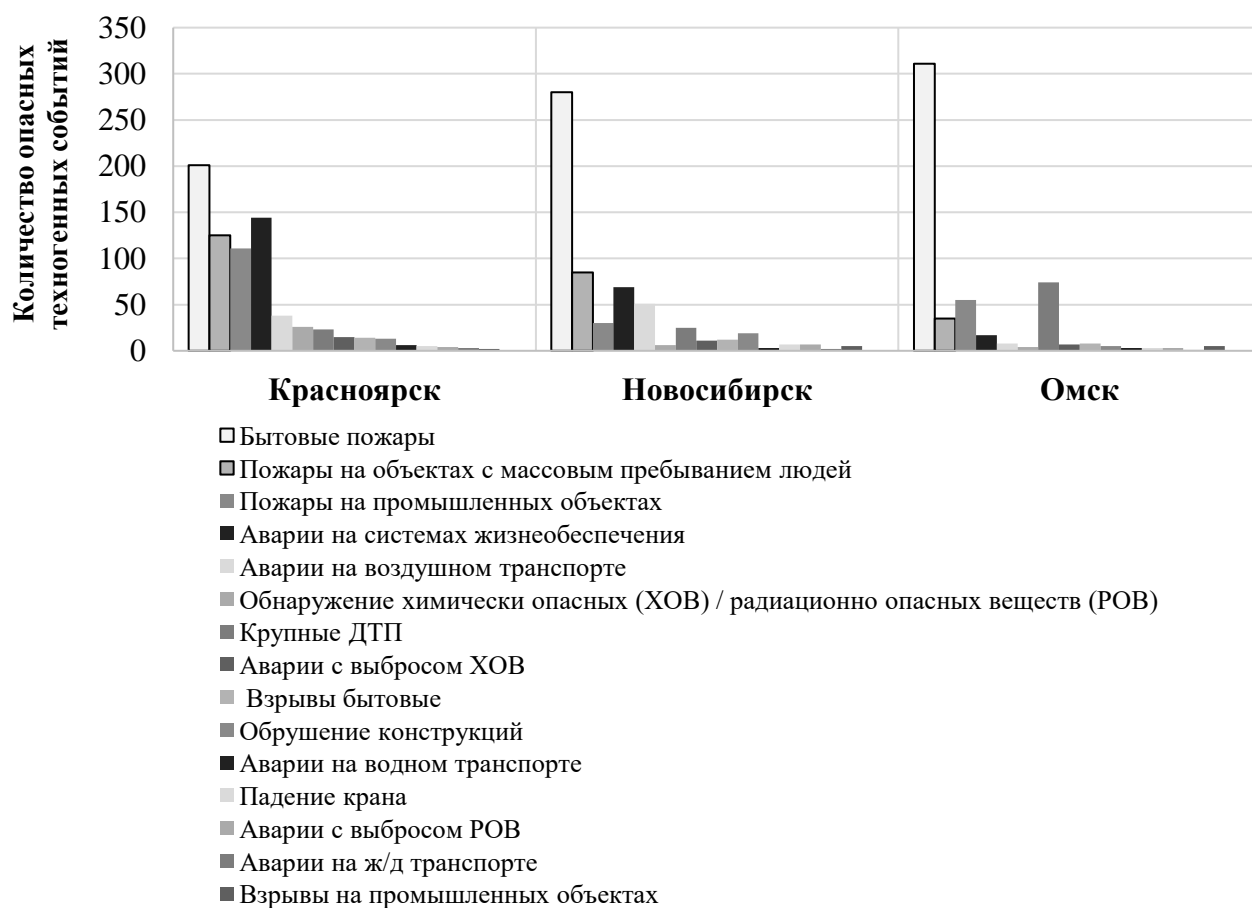


Рисунок 4.3 – Основные виды техногенной опасности по крупным городам Сибири



а)



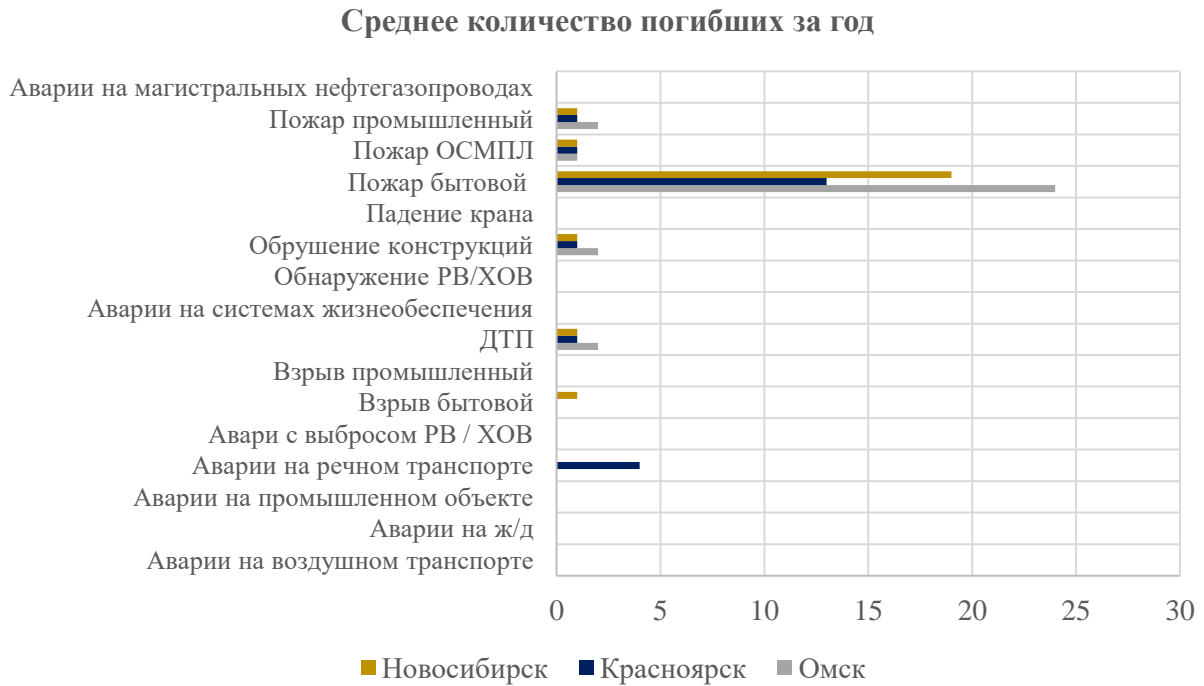
б)



в)

Рисунок 4.4 Распределение комплексного техногенного территориального риска по видам опасностей для крупнейших городов Сибири (а – Красноярск, б – Новосибирск, в – Омск)

Ниже представлены сводные данные по основным показателям, влияющим на безопасность территории (рисунок 4.5.).



а)



б)

Рисунок 4.5 - Сводные данные по основным показателям: среднее значение погибших за год (а) и средний ущерб за год (б) для крупных городов Сибири

Как видно из графика наибольшее число жертв приходится на бытовые пожары, а наибольший материальный ущерб на промышленные пожары. В задачах управления риском в соответствии с (2.12) необходимо минимизировать комплексный территориальный техногенный риск  $R_T^K = \sum_{i=1}^n R_{T_i}^K \rightarrow \min$ , значение которого зависит от двух основных характеристик: ущерб  $N_i(Q_i)$  и число погибших  $U_i(N_i, Q_i)$ :

Минимизация риска связана с двухкритериальной задачей управления – необходимо минимизировать количество фатальных исходов и ущерб:

$$\begin{aligned} N_i(Q_i) &\rightarrow \min \\ U_i(N_i, Q_i) &\rightarrow \min \end{aligned} \quad (4.2)$$

Переводя один из критериев в ограничение  $C_i$ , получаем две задачи оптимизации:

$$\begin{cases} N_i(Q_i) \rightarrow \min \\ U_i(N_i, Q_i) \leq C_1 \end{cases} \quad \begin{cases} U_i(N_i, Q_i) \rightarrow \min \\ N_i(Q_i) \leq C_2 \end{cases} \quad (4.3)$$

Таким образом, алгоритм задачи оптимизации с позиции минимизации рисков может быть представлена следующим образом:

- 1 Шаг. Определяем доминирующий фактор риска  $R_{T_i}^K \gg [R]$ .
- 2 Шаг. Выбираем мероприятия, направленные на минимизацию конкретного фактора риска (таблица 4.1 и 4.2).
- 3 Шаг. Определяем экономический потенциал для реализации мероприятий, направленных на снижения количества летальных исходов. Каждое мероприятие для минимизации летальных исходов от конкретного фактора риска характеризуется определенной стоимостью  $L_{ij}^1$ , которая входит в общие затраты  $L^1$ , выделяемые лицу, принимающему решения в зависимости от ведомственной принадлежности и приоритетных задач. Таким образом, задача управления параметром  $N_i(Q_i)$  имеет ограничения:

$$\sum_{j=1}^m N_i(Q_i)L_{ij}^1 \leq L^1 \quad (4.4)$$

4 Шаг. Определяем экономический потенциал для реализации мероприятий, направленных на снижение ущерба, которые характеризуются определенной стоимостью  $L_{ij}^2$ :

$$\sum_{j=1}^m U_i(N_i, Q_i)L_{ij}^2 \leq L^2 \quad (4.5)$$

На рисунке 4.6 представлены графики изменения комплексного территориального техногенного риска при управлении двумя показателями - изменении значений ущерба и смертельных исходов (уравнения 4.2) и (4.3)).

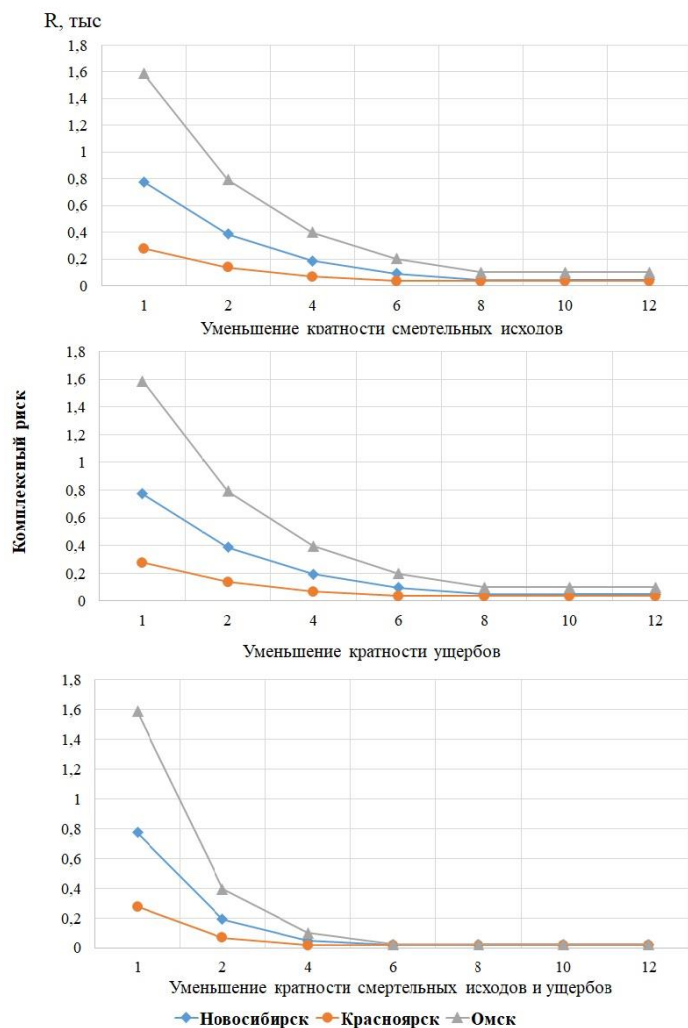


Рисунок 4.6 – Графики изменения риска при управлении ущербом и смертностью населения

Снижение одного из показателей, количества летальных исходов или последствий, позволяет уменьшить значение риска, поэтому основные рекомендации по минимизации риска должны быть направлены на повышение культуры и общего уровня безопасности, и, как следствие, снижение количества летальных исходов, и страхование имущества, которое позволит снизить ущербы в случае наступления опасного техногенного события. Для достижения приемлемого уровня риска на рассматриваемых территориях необходимо для г. Новосибирска уменьшение ущерба или числа погибших в 8 раз, для Красноярска в 6 раз, для Омска в 10.

Таким образом, методы управления риском подразделяются по решению задач, направленных на:

- снижение количества летальных исходов;
- уменьшение ущерба (смягчение последствий);
- повышение эффективности затрат направленных на уменьшения рисков до приемлемых уровней.

После идентификации основных факторов, влияющих на уровень риска и определения критериев управления, следует разработка нормативных документов (приказов или постановлений), прописывающих методы управления и реагирования на реализацию того или иного опасного события, приводящего к повышению уровня комплексного риска.

#### **4.3 Предложения по снижению комплексного техногенного территориального риска**

Идентификация основных факторов высокого техногенного территориального риска и выбор метода управления риском позволяет конкретизировать работу и предупредительные мероприятия. В качестве примера управления риском рассмотрим методы, направленные на минимизацию причин и последствий пожаров.

Одним из методов минимизации последствий является страхование имущества. У противопожарного страхования есть как плюсы, так и минусы. К

плюсам можно отнести тот факт, что при потере недвижимого имущества человек получает выплату соразмерную его стоимости, одним из основных минусов страхования является малая надежность компаний, оказывающих данные услуги. Также в РФ противопожарное страхование имеет добровольную основу, в то время как во многих европейских странах (Дании, Голландии, Франции, Бельгии, Швейцарии, Норвегии и Испании) введено обязательное страхование личного имущества.

По мнению большинства исследователей административный подход в снижении ущербов от пожаров с помощью введения механизма обязательного страхования личного имущества является важнейшим шагом в минимизации техногенного риска и повышении противопожарной устойчивости [123-125].

Другим механизмом борьбы с техногенными рисками (минимизация причин) является повышение культуры безопасности. Развитие техники и технологий приводит к тому, что человек не успевает адаптироваться к новым условиям и не осознает уровень опасности. На рисунке 4.7 представлены основные причины возникновения бытовых пожаров. Большую часть занимают неосторожное обращение с огнем (половина случаев, из которых - шалости детей с огнем) и возгорание электрооборудования. Поэтому необходимо с ранних лет вводить обучающие занятия, позволяющие довести до автоматизма правила действий при различных авариях и катастрофах. Работа с детьми позволит в будущем снизить число случаев и количество жертв при опасных техногенных событиях, однако данный механизм управления связан с временной характеристикой (результат от обучения повлияет на уровень риска только через несколько лет после введения данного мероприятия) и дополнительными финансовыми затратами (введение дополнительных штатных единиц в образовательных учреждениях или в органах государственного пожарного надзора).



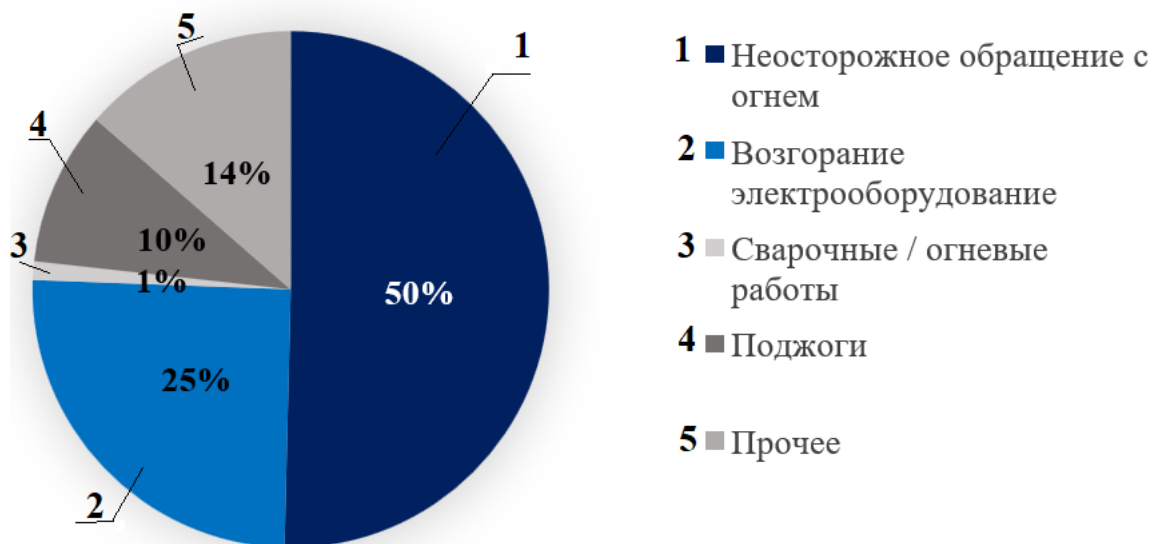


Рисунок 4.7 – Причины бытовых пожаров

Одним из способов снижения вероятности возникновения пожаров от возгорания электрооборудования, может стать введение обязательной периодической проверки электроприборов специалистами управляющих компаний. Так же при строительстве новых жилищных комплексов необходимо уделять внимание пожарной сигнализации. Чаще всего устанавливают портативные пожарные извещатели, которые сигнализируют только в том помещении, в котором установлены и не соединены с системой пожарной сигнализацией всего дома, так же они не передают сигнал на пульт управления в пожарную часть. Для решения этой проблемы можно воспользоваться разработанной системой противопожарной защиты «Стрелец-мониторинг» [126].

Еще одним способом минимизации возникновения бытовых пожаров может стать метод локальной оценки индекса пожарного риска, который основывается на определении двух основных показателей: глобального фактора риска и общего коэффициента эффективности. Данный метод основывается на детальном анализе каждого здания и сооружения и выявлении наиболее уязвимого к пожару здания, с последующим картографированием [127].

Для минимизации аварий на промышленных объектах, которые сопровождаются крупными пожарами и взрывами и влекут за собой огромные

материальные потери, целесообразна разработка на каждом объекте локальной информационной системы управления рисками и безопасностью. При многообразии федеральных и региональных информационных систем на уровне промышленных объектов единые модели и подходы, характеризующие систему управления объекта в терминах риска отсутствуют. В настоящее время для характеристики производственного объекта используются многочисленные формы статистической отчетности, которые обязаны подавать предприятия в различные министерства и ведомства, невзаимодействующие друг с другом. Многочисленные документы и отчеты не отражают текущего состояния уровней опасности и рисков производственного объекта, характера его воздействия на окружающую среду и населения, проживающее в зоне воздействия и не включают комплексные показатели.

Создание локальной информационной системы анализа и управления рисками на каждом промышленном объекте позволит решить следующие задачи: обеспечить информационную поддержку управления и принятия решений по снижению рисков и прогнозу функционирования и развития промышленного объекта; проводить комплексную оценку безопасности прилегающей к промышленному объекту территории.

#### **4.4 Основные направления повышения защищенности территориальных образований**

Понятие защищенность связано с обеспечением средствами поддержания необходимого уровня и качества защиты жизненно важных средств субъектов от снижения пользы и увеличения вреда [112, 128]. Защищенность территории от возможных техногенных опасных событий обеспечивается наличием необходимого числа медицинских учреждений и различными пожарно-спасательными службами. Количественная характеристика защищенности связана с отношением числа фактического количества пожарно-спасательных формирований и медицинских учреждений к нормативному:

$$Z_{(\tau)} = \left( \frac{N_{\text{ПЧ}}^{\Phi} + N_{\text{МУ}}^{\Phi}}{N_{\text{ПЧ}}^{\text{Н}} + N_{\text{МУ}}^{\text{Н}}} \right) \cdot 100 \geq 100\% \quad (4.6)$$

где  $N_{\text{ПЧ}}^{\Phi}$  – фактическое количество пожарно-спасательных формирований на рассматриваемой территории;

$N_{\text{ПЧ}}^{\text{Н}}$  – нормативное значение пожарно-спасательных формирований на рассматриваемой территории.

$N_{\text{МУ}}^{\Phi}$  – фактическое количество медицинских учреждений на рассматриваемой территории.

$N_{\text{МУ}}^{\text{Н}}$  – нормативное значение медицинских учреждений на рассматриваемой территории.

Территория является защищенной, когда фактическое и нормативное значение медицинских и пожарно-спасательных учреждений равно, при таких условиях  $Z_{(\tau)}$  принимается равной 100%.

Расчет нормативного значения пожарно-спасательных формирований основывается на определении нормативной численности личного состава подразделений пожарной охраны, привлекаемых к спасательным работам и типовой штатной структуре:

$$N_{\text{ПЧ}}^{\text{Н}} = \frac{N_{\text{нас}}}{N_{\text{ПФ}} \cdot N_{\text{ш}}} \quad (4.7)$$

где  $N_{\text{нас}}$  – численность населения на рассматриваемой территории;

$N_{\text{ПФ}}$  – величина количества населения, приходящего на одного сотрудника пожарно-спасательного формирования (ПФ);

$N_{\text{ш}}$  – типовое штатное количество спасателей в ПФ.

Для определения величина количества населения, приходящего на одного сотрудника ПФ используется следующая формула [129]:

$$N_{\text{ПФ}} = 0,036757 \cdot P \cdot (0,036648 + 98,781 \cdot P^{-0,44823})^2 \quad (4.8)$$

где  $P$  – плотность населения на рассматриваемой территории;

Определение нормативного значения медицинских учреждений основывается на нормативном документе Министерства здравоохранения [130]. Для территорий СФО был проведен расчет количественных значений защищенности и анализ спасательных формирований и медицинских учреждений, которые сведены в таблицы 4.3 – 4.5. В таблице 4.3 представлены данные по городам СФО с численностью более 70 тыс. чел.

Определено, что для 18 городов с численностью населения более 70 тыс. чел. уровень защищенности низкий (менее 100%), из которых семь городов имеют критический уровень защищенность менее 50 %. Наименьшая защищенность выявлена для г. Кызыла, основная проблема на данной территории – недостаточное количество медицинских учреждений.

Таблица 4.3 – Количественные значения защищенности и данные по спасательным и медицинским учреждениям в городах с численностью более 70 тыс. чел

Наименование территории	Уровень техногенного риска	Защищенность, %	Фактическое кол-во ПФ	Нормативное кол-во ПФ	Фактическое кол-во мед. уч.	Нормативное кол-во мед. уч.
г. Новосибирск	высокий	84,5	25	30	68	80
г. Омск	высокий	135	22	22	85	57
г. Красноярск	высокий	98,5	10	18	55	48
г. Барнаул	высокий	129,5	11	12	46	32
г. Томск	высокий	102,4	9	12	34	30
г. Иркутск	высокий	114,6	8	11	39	30
г. Ачинск	повышенный	82,1	1	11	22	28
г. Кемерово	повышенный	48,7	10	11	9	28
г. Новокузнецк	повышенный	88,8	10	5	11	13
г. Братск	повышенный	87,5	5	5	10	11
г. Ангарск	повышенный	114,3	4	4	11	10
г. Бийск	повышенный	57,2	5	4	4	10
г. Прокопьевск	повышенный	92,9	4	5	8	9
г. Норильск	повышенный	153,9	5	4	14	9
г. Абакан	повышенный	140	6	3	10	7
г. Рубцовск	повышенный	177,8	4	3	10	6

Окончание таблицы 4.3

Наименование территории	Уровень техногенного риска	Защищенность, %	Фактическое кол-во ПФ	Нормативное кол-во ПФ	Фактическое кол-во мед. уч.	Нормативное кол-во мед. уч.
г. Кызыл	повышенный	22,2	3	3	1	6
г. Канск	повышенный	50	1	2	3	6
г. Междуреченск	повышенный	271,4	3	2	16	5
г. Усолье-Сибирское	повышенный	57,1	3	2	1	5
г. Белово	приемлемый	128,6	6	2	6	5
ЗАТО Северск	приемлемый	57,1	1	2	3	5
г. Бердск	приемлемый	57,1	3	2	1	5
г. Ленинск-Кузнецкий	приемлемый	128,6	3	2	4	5
г. Усть-Илимск	приемлемый	142,9	5	2	5	5
г. Киселевск	приемлемый	28,6	5	2	1	5
ЗАТО г. Железногорск	приемлемый	83,3	1	2	2	4
г. Юрга	приемлемый	100	3	2	3	4
г. Анжеро-Судженск	приемлемый	50	2	2	1	4
г. Черногорск	приемлемый	33,3	1	2	1	4
г. Новоалтайск	приемлемый	50	2	2	1	4

В таблице 4.4 представлены данные для средних и малых городов с численностью менее 70 тыс. чел. Из 46 городов с численностью населения менее 70 тыс. чел. 13 городов имеют низкую защищенность менее 100%. Критический уровень защищенности в г. Минусинск (40%), который связан с недостаточным количеством медицинских учреждений.

Таблица 4.4 – Количественные значения защищенности и данные по спасательным и медицинским учреждениям в городах с численностью менее 70 тыс. чел

Наименование территории	Уровень техногенного риска	Защищенность, %	Фактическое кол-во ПФ	Нормативное кол-во ПФ	Фактическое кол-во мед. Уч.	Нормативное кол-во мед. Уч.
Г. Минусинск	высокий	40	1	1	1	4
г. Саяногорск	высокий	133,3	4	2	4	4
г. Искитим	высокий	60	2	2	1	3
г. Черемхово	высокий	125	4	1	1	3
г. Тулун	высокий	100	3	1	1	3
г. Зима	высокий	50	1	1	1	3
г. Калачинск	высокий	50	1	1	1	3
г. Лесосибирск	повышенный	75	1	1	2	3
г. Горно-Алтайск	повышенный	250	1	1	9	3

Окончание таблицы 4.4

Наименование территории	Уровень техногенного риска	Защищенность, %	Фактическое кол-во ПФ	Нормативное кол-во ПФ	Фактическое кол-во мед. Уч.	Нормативное кол-во мед. Уч.
г. Назарово	повышенный	133,3	1	1	3	2
г. Осинники	повышенный	133,3	2	1	2	2
г. Камень-на-Оби	повышенный	66,7	1	1	1	2
г. Калтан	повышенный	133,3	3	1	1	2
г. Славгород	повышенный	66,7	1	1	1	2
г. Дивногорск	повышенный	100	2	1	1	2
г. Боготол	повышенный	66,7	1	1	1	2
г. Исилькуль	повышенный	66,7	1	1	1	2
г. Енисейск	повышенный	66,7	1	1	1	2
ЗАТО г. Зеленогорск	повышенный	66,7	1	1	1	2
г. Березовский	приемлемый	133,3	1	1	3	2
г. Заринск	приемлемый	133,3	3	1	1	2
г. Саянск	приемлемый	166,7	3	1	2	2
г. Мыски	приемлемый	133,3	3	1	1	2
г. Стрежевой	приемлемый	100	2	1	1	2
г. Шарыпово	приемлемый	66,7	1	1	1	2
г. Мариинск	приемлемый	100	2	1	1	2
г. Сосновоборск	приемлемый	66,7	1	1	1	2
г. Гурьевск	приемлемый	100	1	1	1	1
г. Алейск	приемлемый	100	1	1	1	1
г. Обь	приемлемый	150	2	1	1	1
г. Полысаево	приемлемый	100	1	1	1	1
г. Тара	приемлемый	100	1	1	1	1
г. Топки	приемлемый	150	2	1	1	1
г. Тайга	приемлемый	100	1	1	1	1
г. Таштагол	приемлемый	150	2	1	1	1
г. Бородино	приемлемый	150	2	1	1	1
г. Яровое	приемлемый	100	1	1	1	1
г. Абаза	приемлемый	100	1	1	1	1
г. Белокуриха	приемлемый	100	1	1	1	1
г. Свирск	приемлемый	100	1	1	1	1
г. Ак-Довурак	приемлемый	150	2	1	1	1
г. Сорск	приемлемый	100	1	1	1	1
г. Змеиногорск	приемлемый	100	1	1	1	1
г. Называевск	приемлемый	100	1	1	1	1
г. Тюкалинск	приемлемый	100	1	1	1	1
г. Кедровый	приемлемый	100	1	1	1	1

В таблице 4.5 представлены данные по защищенности территорий муниципальных районов. Анализ представленных данных выявил территории, на которых низкая защищенность и отсутствуют спасательные и медицинские

учреждения (Богучанский, Каменский, Курагинский, Усольский, Братский, Ангарский, Боготольский, Заларинский, Майминский, Нижнеингашский, Черемховский, Шушенский, Иркутский, Новосибирский, Нижнеилимский, Первомайский, Усть-Кутский, Шелеховский)

Таблица 4.5 – Количественные значения защищенности и данные по спасательным и медицинским учреждениям в муниципальных районах

Наименование района	Защищенность, %
Крапивинский, Рыбинский, Горьковский, Бодайбинский, Большереченский, Емельяновский, Новоселовский, Павлоградский, Исилькульский, Таврический, Азовский немецкий национальный, Бакчарский, Балахтинский, Благовещенский, Болотнинский, Гурьевский, Знаменский, Колыванский, Кормиловский, Крутинский, Кызылский, Ленинск-Кузнецкий, Марьяновский, Молчановский, Называевский, Одесский, Оконешниковский, Парабельский, Саргатский, Саянский, Северный, Тандинский, Таштагольский, Тяжинский, Уярский, Чаинский, Шелаболихинский, Эвенкийский, Мошковский, Ордынский, Эхирит-Булагатский, Кемеровский, Промышленновский, Слюдянский, Алейский,	≥100%
Александровский, Алтайский, Баганский, Баевский, Бай-Тайгинский, Балаганский, Барабинский, Барун-Хемчикский, Баяндаевский, Бейский, Беловский, Березовский, Бюргарский, Большеуковский, Бурлинский, Быстроистокский, Венгеровский, Верхнекетский, Волчихинский, Дзун-Хемчикский, Доволенский, Егорьевский, Ельцовский, Енисейский, Жигаловский, Завьяловский, Залесовский, Здвинский, Зональный, Ижморский, Иланский, Ирбейский, Каа-Хемский, Калачинский, Калманский, Кargasокский, Кargasатский, Киренский, Ключевский, Кожевниковский, Колосовский, Косихинский, Кочковский, Кош-Агачский, Красногорский, Краснощековский, Кривошеинский, Крутихинский, Кулундинский, Купинский, Курьинский, Кытмановский, Кыштовский, Локтевский, Любинский, Мамонтовский, Манский, Мариинский, Маслянинский, Междуреченский, Михайловский, Монгун-Тайгинский, Москаленский, Муромцевский, Назаровский, Немецкий национальный, Нижнеомский, Новичихинский, Нововаршавский, Нукутский, Овюрский, Омский, Онгудайский, Орджоникидзевский, Панкрушихинский, Партизанский, пгт.Краснобродский, Первомайский, Петропавловский, Пий-Хемский, Полтавский, Пospelихинский, Ребрихинский, Родинский, Романовский, Седельниковский, Смоленский, Советский, Солонешенский, Солтонский, Суетский, Сут-Хольский, Табунский, Таштыпский, Тегульдетский, Тере-Хольский, Тес-Хемский, Тисульский, Тогульский, Тоджинский, Топкинский, Топчихинский, Третьяковский, Троицкий, Туруханский, Тюкалинский, Убинский, Угловский, Ужурский, Улаганский, Улуг-Хемский, Усть-Илимский, Усть-Ишимский, Усть-Калманский, Усть-Канский, Усть-Коксинский, Усть-Пристанский, Усть-Таркский, Усть-Удинский, Хабарский, Целинный, Чаа-Хольский, Чановский, Чарышский, Чебулинский, Чеди-Хольский, Черлакский, Чистоозерный, Чулымский, Шебалинский, Шегарский, Ширинский, Эрзинский, Юргинский, Яйский, Яшкинский	≥100%
Тайшетский, Томский	85%
Новокузнецкий	80%
Карасукский, Колпашевский, Коченевский, Куйбышевский, Тарский	75%
Асиновский, Бийский, Краснозерский, Павловский, Прокопьевский, Русско-Полянский, Сузунский, Татарский, Шипуновский	67%

Окончание таблицы 4.5

Наименование района	Защищенность, %
Искитимский, Тогучинский	60%
Абанский, Аларский, Алтайский, Аскизский, Ачинский, Бирилюсский, Большемуртинский, Большеулуйский, Боханский, Дзержинский, Ермаковский, Заринский, Зиминский, Змеиногорский, Зырянский, Идринский, Казаченский, Казачинско-Ленский, Канский, Каратузский, Катангский, Качугский, Кежемский, Козульский, Краснотуранский, Куйтунский, Мамско-Чуйский, Минусинский, Мотыгинский, Ольхонский, Осинский, Пировский, р.п. Кольцово, Рубцовский, Северо-Енисейский, Сухобузимский, Таймырский Долгано-Ненецкий, Тальменский, Тасеевский, Тевризский, Тулунский, Турочакский, Тюменцевский, Тюхтетский, Усть-Абаканский, Чемальский, Черепановский, Чойский, Чунский, Шарыповский, Шербакульский	50%
Новосибирский, Нижнеилимский, Первомайский, Усть-Кутский, Шелеховский	40%
Заларинский, Майминский, Нижнеингашский, Черемховский, Шушенский, Иркутский	30%
Богучанский, Каменский, Курагинский, Усольский, Братский, Ангарский, Боготольский	≤25%

Таким образом для своевременного предупреждения аварий и катастроф необходимо увеличивать защищенность территории, которая связана с увеличением числа и модернизацией аварийно-спасательных формирований и служб экстренного реагирования.

#### 4.5 Апробация и внедрение результатов

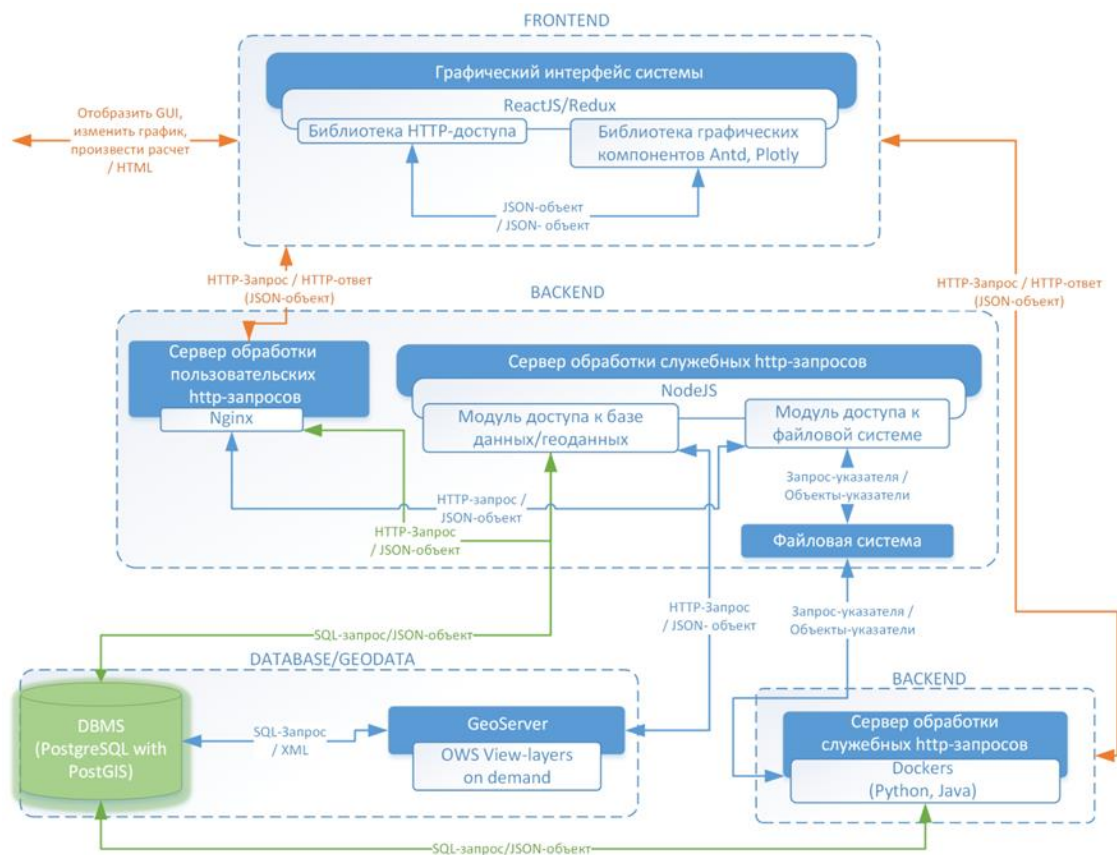
Разработанная методик оценки рисков и алгоритм поддержки принятия решений являются частью информационной системы территориального управления рисками и безопасностью, разработанной в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ № АААА-А17-117120670141.

Информационная система предназначена для интеграции накопленного опыта сетевого мониторинга состояния окружающей среды и техносферы, технологий анализа больших объемов информации и моделирования, теории безопасности и риска, механизмов территориального управления и методов прогнозирования социально-экономического развития.

Общая блок-схема ИСТУ РБ построена на базе Docker-контейнеров (рис. 4.8), которые представляют собой систему управления контейнерами (модулями),



где каждый отдельный модуль размещен как независимый компонент-программа на расчетном сервере, имеет свой порт доступа и набор библиотек. Он позволяет «упаковать» приложение или веб-сайт со всем его окружением и зависимостями в контейнер, которым в дальнейшем можно легко и просто управлять: переносить на другой сервер, масштабировать, обновлять. Графический интерфейс системы разработан на базе библиотек ReactJS+Redux. Система использует комплексную кризисную базу данных (на базе СУБД PostgreSQL).



Прим.

**Docker** является самостоятельной единицей. Содержит необходимые библиотеки доступа к служебным компонентам системы (**DATABASE/GEODATA**, **BACKEND**). Программная функциональность Docker реализуется средствами языка ООП (Python, Java). На базе Docker реализованы расчетные модули системы (**Риск последствий землетрясений**, **Индивидуальные кардиориски** и др.)

Рисунок 4.8 – Блок-схема информационной системы с использованием Docker контейнеров

Кризисная база данных для информационной системы разработана с учетом нормативных документов МЧС РФ, Ростехнадзора, Росгидромета и других ведомств, проводящих мониторинг и анализ чрезвычайных ситуаций и происшествий, опасных природных явлений, экстремальных воздействий на

окружающую среду и т.п. Объекты баз данных отображаются в таблице. Данные мониторинга обстановки имеют обязательное поле «Дата» и «Место».

В подсистеме «Мониторинг» представлены кризисные базы данных, отражающие характеристики объектов, инфраструктуры и опасности, характерные для территорий уровня муниципальных образований. Подсистема «Мониторинг» предназначена для формирования информационной базы, обеспечивающей принятие решений о проведении превентивных и оперативных мероприятий по снижению воздействия антропогенных факторов на окружающую среду, прогнозированию ЧС, обоснованию управленческих решений, касающихся развития территорий. Подсистема разработана на основе современных технологий облачного хранения и консолидации данных.

В кризисной базе данных собрана информация различных ведомственных структур (набор информации об опасных событиях, характеристиках объектов и инфраструктуры, показателей окружающей среды), позволяющей оценить базовые риски территорий Сибири.

Информационная система предусматривает оценку рисков по трем модулям – «Экосфера», «Социосфера» и «Техносфера» (рисунок 4.9).

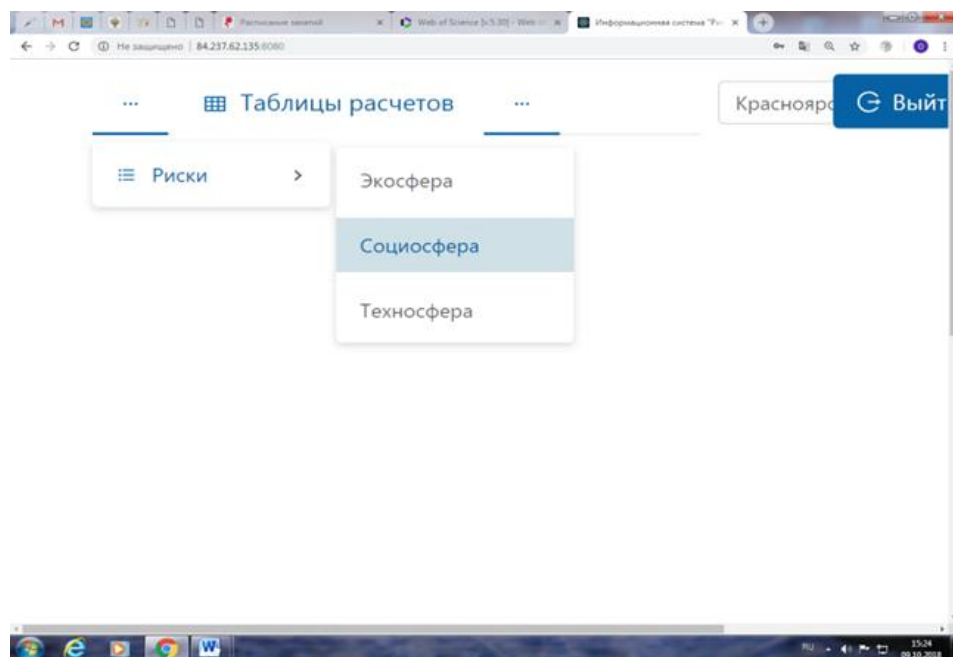


Рисунок 4.9 – Составляющие информационной системы

Количественная оценка рисков является основой решения задач управления и прогноза устойчивого развития территорий (регион, субъект, муниципальное образование). Количественная оценка рисков требует учета и анализа значительного объема исходных данных, обеспечиваемых результатами мониторинга основных элементов системы:

- экосфера (природная среда): частота опасных метеорологических, гидрологических и геодинамических ситуаций, качество атмосферного воздуха, состояние поверхностных вод, земельных и лесных ресурсов;
- техносфера: состояние технических систем, частота реализации опасных техногенных событий и ЧС, потери жизни и здоровья при возникновении опасных техногенных событий, материальный ущерб;
- социосфера: заболеваемость и смертность населения региона по основным группам болезней, продолжительность жизни, уровень доходов, образования, здравоохранения.

Основная задача автора в рамках реализации проекта стояла в оценке уровней техногенных рисков, для которых необходимо определение показателей риска, диапазонов их допустимых значений, периодичности сбора и обработки данных мониторинга. При выполнении проекта были получены следующие результаты:

- определена номенклатура базовых рисков развития С-П-Т систем и их нормативные уровни, характеризующие основные процессы, происходящие в отдельных элементах социо-техно-экосфер.
- проанализированы модели и методы оценки рисков С-П-Т системы, определены базовые территориальные риски С-П-Т системы;
- построены карты рисков и проведено ранжирование территорий муниципальных образований Красноярского края;
- разработана методика расчетной оценки индивидуального и комплексного территориального техногенного риска;
- сформулированы расчетные модули и определены риски по элементу С-П-Т системы техносфера для муниципальных образований и промышленных регионов.

- разработан проект нормативно-технического документа «Руководство по оценке территориальных рисков развития муниципальных образований и социально-природно-техногенных систем»;
- разработана алгоритм системы поддержки принятия решений на основе риск-ориентированного подхода, который внедрен в информационную систему территориального управления рисками и безопасностью.

#### **4.6 Выводы по главе**

В четвертой главе получены следующие результаты:

- 1) Представлен алгоритм системы подготовки принятия решений по управлению территориальным техногенным риском. Данная система является частью информационной системе территориального управления рисками и безопасностью.
- 2) Предложен способ управления на основе решения обратных задач. На основании предложенного метода определены факторы, которые в большей степени влияют на формирования техногенной нагрузки.
- 3) Выявлены основные факторы управления. Определено, что для минимизации техногенного риска необходимо управлять двумя показателями: материальным ущербом и количеством фатальных исходов.
- 4) Предложены мероприятия, которые позволят минимизировать техногенный риск от пожаров до приемлемого уровня.
- 5) Представлен анализ защищенности территориальных образований СФО.
- 6) Приведена апробация результатов в решении задач по государственному заданию Министерства науки и высшего образования РФ № АААА-А17-117120670141

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оценка комплексной безопасности территориальных образований должна базироваться на разработке и использованию критериев и методов анализа рисков. Существующие на данный момент методики не в полной мере позволяют оценить сложные многофакторные процессы формирования рисков.

В соответствии с поставленными задачами в рамках данной работы получены следующие основные результаты:

1) Систематизирована и проанализирована основная статистическая информация по опасным техногенным событиям по территориальным образованиям СФО. Для каждого муниципального образования СФО определена уязвимость территории, которая включает в себя расчет вероятности наступления опасных техногенных событий, вероятность наступления ЧС техногенного характера и вероятность гибели человека при опасных техногенных событиях.

2) Проанализированы информационно-аналитические системы и программные комплексы управления и принятия решений. Большинство систем имеют узкую специализированную направленность, а для управления на региональном уровне необходима система комплексной оценки состояния С-П-Т системы.

3) Проанализированы модели и методы оценки техногенных рисков социально-природно-техногенной системы включая нормативно-техническую документацию, разработки российских и зарубежных ученых. Определена общая основа математических подходов анализа рисков. Выявлены области их практического применения. Модели оценки рисков подразделяются на две пространственно-распределенных группы: объектовые и территориальные, математический аппарат которых классифицируется в зависимости от источника возникновения, объекта воздействия и назначения. В области оценки территориальных рисков выявлен ряд методологических проблем и противоречий:

- существующие уровни приемлемого риска не являются научно-обоснованными, математический аппарат требует доработок, учитываются только

чрезвычайные ситуации, однако для анализа безопасности территориального образования необходимо анализировать весь спектр опасных техногенных событий, которые возникают на территории и в дальнейшем могут привести к крупным авариям и катастрофам.

- необходимо анализировать территорию с учетом численности и плотности населения.

4) Разработана методика определения и выполнена оценка нормативного уровня индивидуальных и комплексных техногенных территориальных рисков муниципальных образований и субъектов СФО. Методика, основан на методах многомерной статистики, что позволяет определять допустимый уровень риска для каждой рассматриваемой территориальной группы:

- для городов с численностью более 70 тыс. чел. приемлемый уровень индивидуального риска  $R \leq 1,2 \cdot 10^{-5}$ , приемлемый уровень комплексного техногенного территориального риска  $R_T^K \leq 2,1$ ;

- для городов с численностью менее 70 тыс. чел. приемлемый уровень индивидуального риска  $R \leq 3,7 \cdot 10^{-6}$ , приемлемый уровень комплексного техногенного территориального риска  $R_T^K \leq 0,03$ ;

- для муниципальных районов приемлемый уровень индивидуального риска  $R \leq 2 \cdot 10^{-6}$ , приемлемый уровень комплексного техногенного территориального риска  $R_T^K \leq 0,07$ .

5) Проведено ранжирование территорий СФО по уровню техногенной опасности (высокоопасные, повышенной опасности, безопасные). В группе «города с численностью населения свыше 70 тыс. чел» наиболее опасными являются крупнейшие города Сибири (Омск, Новосибирск, Красноярск) значения индивидуального риска превышают допустимый уровень более чем в десять раз, а комплексного в сотни раз. Для группы «города с численностью населения менее 70 тыс. чел» - г. Черемхово, Минусинск и Саяногорск, Искитим, Тулун, Калачинск и Зима. Для муниципальных районов Емельяновский, Иркутский, Новосибирский, Омский, Томский, Новокузнецкий и Нижнеудинский районы. На основе ГИС

технологий были построены карты рисков муниципальных образований Сибирского федерального округа.

б) Разработан алгоритм поддержки принятия решений для управления территориальным образованием, который является частью информационной системы территориального управления рисками и безопасностью.

7) Предложен метод количественной оценки защищенности территорий с последующим расчетом на примере территориальных образований СФО.

При анализе техногенного территориального риска на территории СФО были выявлены основные причины, которые в большей степени влияют на уровень риска. Основной вклад вносят пожары на объектах промышленного и социального значения, аварии жилищно-коммунальной сферы (теплосети, электросети, водоснабжение и пр.) и аварии на транспорте. По количеству погибших наибольший показатель от пожаров и аварий на транспорте (воздушный, наземный). Наибольший материальный ущерб обусловлен промышленными пожарами, что связано с большим числом пострадавших, экономическими потерями при ликвидации ЧС и аварийно-восстановительных работах.

На сегодняшний день при анализе техногенной безопасности территории используются статистические данные по реализованным событиям, но для предотвращения чрезвычайных ситуаций необходимо фиксировать потенциальные опасные события: аварийные ситуации связанные с отказом оборудования; инциденты и несчастные случаи на производстве; выявленные нарушения органами надзорной деятельности. Наличие большого числа неучтенных данных может привести к крупным авариям, катастрофам и неожиданным последствиям, что обуславливает необходимость в создании локальных информационных систем управления рисками и безопасностью промышленных объектов с последующей интеграцией в единую информационную систему территориального управления рисками и безопасности.

Оценка комплексной безопасности территориальных образований должна базироваться на разработке и использовании критериев и методов анализа рисков. С ростом антропогенной нагрузки, применением технологий, угрожающих

воспроизводству природных ресурсов, ростом рисков для жизни и здоровья граждан необходимы механизмы эффективного территориального управления, основанные на использовании системы поддержки принятия решений в составе ИСТУ РБ, в основе которой лежит комплексная оценка рисков развития территорий.



### Список литературы

- 1 Махутов Н.А. Научные проблемы безопасности техногенной сферы // Проблемы машиностроения и надежности машин. 1999. № 1. С. 109.
- 2 Махутов Н.А., Петров В.П., Ахметханов Р.С. Природно-техногенно-социальные системы и риски // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2004. № 3. С. 3-28.
- 3 Малинецкий Г.Г. Проектирование будущего и модернизация России // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. 2010. № 41. 32 с.
- 4 Акимов В.А., Олтян И.Ю., Иванова Е.О. Методика ранжирования чрезвычайных ситуаций природного, техногенного и биолого-социального характера по степени их катастрофичности // Технологии гражданской безопасности. 2021. Т. 18. № 1 (67). С. 4-7.
- 5 Акимов В.А., Диденко С.Л., Олтян И.Ю. Моделирование биолого-социальных чрезвычайных ситуаций с использованием эпидемиологической модели SIR // Технологии гражданской безопасности. 2020. Т. 17. № 4 (66). С. 4-8.
- 6 Акимов В.А., Соколов Ю.И. Риски аварий в сфере жилищно-коммунального хозяйства России // Издательство: Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России (Москва). Москва, 2013. 344 с.
- 7 Фалеев М.И., Олтян И.Ю., Арефьева Е.В., Болгов М.В. Методология и технология дистанционной оценки риска // Проблемы анализа риска. 2018. Т. 15. № 4. С. 6-19.
- 8 Олтян И.Ю., Арефьева Е.В., Крапухин В.В., Верескун А.В., Котосонова М.Н., Балер М.А. Реализация Сендайской рамочной программы по снижению риска бедствий в Российской Федерации // Издательство: Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России. Итоги пятилетия (Москва). Москва, 2021. 344 с.
- 9 Артюхин В.В., Арефьева Е.В., Верескун А.В., Морозова О.А., Посохов Н.Н., Сосунов И.В., Олтян И.Ю., Чяснавичюс Ю.К., Гутарев С.В., Леонова Е.М.,

Леонова А.Н., Брык Д.И., Жукова Л.А. Управление рисками техногенных катастроф и стихийных бедствий (пособие для руководителей организаций) // Под общей редакцией М.И. Фалеева. Москва, 2016. 270 с.

10 Махутов Н.А., Гаденин М.М., Петров В.П., Ахметханов Р.С. Прогнозирование повреждений, живучести и рисков машин и конструкций при техногенных чрезвычайных ситуациях // Качество: теория и практика. 2005. № S6. С. 119-121.

11 Гаденин М.М., Юдина О.Н. Информационное обеспечение в решении проблем техногенной безопасности // В сборнике: Безопасность и мониторинг природных и техногенных систем. материалы и доклады. 2020. С. 13-22.

12 Москвичев В.В. Проблемы безопасности и риски металлургического производства // В сборнике: ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ И МИНЕРАЛЫ - 2016. сборник тезисов докладов Восьмого международного конгресса. 2016. С. 382-383.

13 Лисанов М.В., Печеркин А.С., Сумской С.И., Швыряев А.А. Методическое обеспечение и проблемы анализа риска аварий на опасных производственных объектах нефтегазового комплекса // Научно-технический сборник Вести газовой науки. 2017. № 1 (29). С. 179-186.

14 Острейковский В.А., Шевченко Е.Н. Математическое моделирование количественной оценки техногенного риска в теории безопасности критически важных объектов // В сборнике: Север России: стратегии и перспективы развития. материалы II Всероссийской научно-практической конференции. 2016. С. 293-300.

15 Козлитин А.М., Шанбахер К.А. Анализ экологических рисков линейной части магистральных нефтепроводов // В сборнике: Инновации в природообустройстве и защите в чрезвычайных ситуациях. Материалы IV международной научно-практической конференции. 2018. Издательство: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова (Саратов). 2018. С. 224-228.

16 Лесных В.В., Каширин А.Б., Суворова О.С., Ивенков С.Г. Анализ современных подходов к оценке профессионального риска в газовой промышленности // Газовая промышленность. 2017. № 9 (757). С. 128-136.

17 Жуков И.С., Лисанов М.В., Самусева Е.А. Критерии допустимого социального риска при авариях на опасных производственных объектах // Безопасность труда в промышленности. 2020. № 5. С. 79-86.

18 Махутов Н.А., Резников Д.О., Лисанов М.В. Нормирование и управление рисками, связанными с эксплуатацией опасных производственных объектов // Безопасность труда в промышленности. 2020. № 12. С. 85-91.

19 Осипов В.И., Карфидова Е.А., Сизов А.П. Насущные проблемы оценки природного риска на урбанизированных землях // В сборнике: Тенденции и проблемы развития земельного законодательства. Материалы к Парламентским слушаниям Совета Федерации Федерального Собрания Российской Федерации и к Столыпинским чтениям в Государственном университете по землеустройству 19 апреля 2018 года. Под общ. ред. С.Н. Волкова, А.А. Фомина. Москва, 2018. С. 163-170.

20 Анисимова Т.Б. Плотникова Т.В. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации (под ред. Шойгу С.К.), М. 2004. – 272 с.

21 Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации/ Под общей редакцией С.К. Шойгу. – М.: ИПЦ «Дизайн. Информация. Картография», 2011. – 450 с.

22 РД 03-357-00. Методические рекомендации по составлению декларации промышленной безопасности опасного производственного объекта. Утверждены постановлением Госгортехнадзора России от 26.04.2000 N 23. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200029036>

23 Федеральный закон «О защите населения и территории от ЧС природного и техногенного характера» от 21.12.1994 № 68-ФЗ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_5295/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5295/)

24 Федеральный закон «О промышленной безопасности» от 21.07.1997 № 116-ФЗ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_15234/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15234/)

25 Федеральный закон «О пожарной безопасности» от 21.12.1994 г. № 69-ФЗ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_5438/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5438/)

26 Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_34823/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/)

27 Федеральный закон «О техническом регулировании» от 27.12.2002 г. № 184-ФЗ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_40241/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_40241/)

28 Федеральный закон «Технический регламент» от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_78699/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699/)

29 ГОСТ Р 51901.1-2002. Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200030153>

30 ГОСТ Р 22.2.02-2015 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Менеджмент риска чрезвычайной ситуации. Оценка риска чрезвычайной ситуации при разработке проектной документации объектов капитального строительства. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200124969>

31 Положение о системе независимой оценки рисков в области пожарной безопасности, гражданской обороны и защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера на территории РФ (Утверждено Приказом Государственной экспертизы МЧС России от 27 августа 2007 г. N 174). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=EXP&n=412894#07932858192366072>

32 ГОСТ 33433-2015 Безопасность функциональная. Управление рисками на железнодорожном транспорте. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200127759>

33 Руководство по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200121455>

34 Методические рекомендации МЧС РФ от 15.07.2016 №2-4-71-40 По порядку разработки, проверки, оценки и корректировки электронных паспортов территорий (объектов). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/456080084>

35 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 № 1-4-60-9 от 09.01.2008. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/471811748>

36 Приказ Ростехнадзора от 13.05.2015 № 188 «Об утверждении Руководства по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах»

37 Методика комплексной оценки индивидуального риска чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Методика аттестована Межведомственной комиссией по предупреждению и ликвидации ЧС (МВК) протокол от 29.10.2002. 34 с.

38 Методические рекомендации МР 5.1.0116-17 "Риск-ориентированная модель контрольно-надзорной деятельности в сфере обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия. Классификация хозяйствующих субъектов, видов деятельности и объектов надзора по потенциальному риску причинения вреда здоровью человека для организации плановых контрольно-надзорных мероприятий" (утв. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 11 августа 2017 г.). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71681784/>

39 Акимов В.А. Козлов К.А. Оценка природной и техногенной опасности субъектов Сибирского региона России // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. 2000. № 5. С. 229-241

40 Махутов Н.А. Комплексный анализ безопасности и рисков перспективных систем жизнеобеспечения и жизнедеятельности // В сборнике: Безопасность и мониторинг природных и техногенных систем. Материалы и доклады. 2020. С. 7-11.

41 Акимов, В. А., Новиков, В. Д. и Радаев, Н. Н. Природные и техногенные чрезвычайные ситуации: опасности, угрозы, риски. М. : ЗАО ФИД "Деловой экспресс", 2001. 344 с.

42 Акимов, В. А., Лесных, В. В. и Радаев, Н. Н. Риски в природе, техносфере, обществе и экономике. М. : Деловой экспресс, 2004. 352 с.

43 Хайруллина А.Д., Мингазова А.И., Хайруллина Я.Ф. Исследование рисков нефтеперерабатывающей отрасли РФ// Проблемы анализа риска. 2016 г., Т. 13, №4. С. 22-33.

44 Лесных В.В. Анализ риска и механизмы возмещения ущерба от аварий на объектах энергетики. Новосибирск «Наука», 1999, 251 с.

45 Махутов Н.А., Ахметханов Р.С., Гаденин М.М., Резников Д.О., Юдина О.Н. Техногенные риски в комплексных проблемах безопасности // В сборнике: Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность - 2019. Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции. Под редакцией Л.И. Лукиной, Н.В. Ляминой. 2019. С. 1027-1031.

46 Махутов Н.А., Гаденин М.М., Юдина О.Н. Научный анализ рисков в жизнеобеспечении человека, общества и государства // Проблемы анализа риска. 2019. Т. 16. № 2. С. 70-86.

47 Махутов Н.А. Научные основы анализа стратегических приоритетов и рисков развития России // Информационно-аналитическая справка по проблемам стратегического прогнозирования, планирования и программирования в целях устойчивого социально-экономического развития и обеспечения национальной безопасности (В помощь просветительскому и лекторскому активу)

Информационно-методический выпуск / Рабочая группа при Президенте РАН по анализу риска и проблем безопасности «Риск и безопасность» МЧС России, Общероссийская просветительская организация Российское общество «Знание». Москва, 2018.

48 Москвичев В.В., Шокин Ю.И. Антропогенные и природные риски на территории Сибири // Вестник Российской академии наук. 2012. № 2. С. 131-140.

49 Шокин Ю.И., Москвичев В.В., Ничепорчук В.В. Методика оценки антропогенных рисков территорий и построения картограмм рисков с использованием геоинформационных систем // Вычислительные технологии. 2010. № 1. С. 120-131.

50 Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Безопасность и устойчивое развитие крупных городов. – М.: МГФ «Знание», 1998. – 492 с.

51 Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Функционирование и развитие сложных народнохозяйственных, технических, энергетических, транспортных систем, систем связи и коммуникаций. Раздел 1. Теоретические основы безопасного функционирования сложных технических систем – М.: МГФ «Знание», 1998. – 448 с.

52 Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера – М.: МГФ «Знание», 1999. – 592 с.

53 Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Региональные проблемы безопасности с учетом риска возникновения природных и техногенных катастроф – М.: МГФ «Знание», 1999. – 650 с.

54 Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Анализ риска и проблем безопасности. Часть I. Основы анализа и регулирования безопасности – М.: МГФ «Знание», 2006. – 639 с.

55 Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Анализ риска и проблем безопасности. Часть II. Безопасность гражданского и оборонного комплексов и управление рисками – М.: МГФ «Знание», 2006. – 751 с.

56 Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Анализ риска и проблем безопасности. Часть III. Прикладные вопросы анализа рисков критически важных объектов – М.: МГФ «Знание», 2007. – 800 с.

57 Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Анализ риска и проблем безопасности. Часть IV. Научно-методическая база анализа риска и безопасности – М.: МГФ «Знание», 2007. – 857 с.

58 Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Анализ риска и управление безопасностью – М.: МГФ «Знание», 2008. – 672 с.

59 Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Безопасность и защищенность критически важных объектов (в двух частях). Часть 1. Научные основы безопасности и защищенности критически важных для национальной безопасности объектов – М.: МГФ «Знание», 2012. – 896 с.

60 Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Безопасность и защищенность критически важных объектов (в двух частях). Часть 2. Обеспечение защищенности критически важных объектов от чрезвычайных ситуаций – М.: МГФ «Знание», 2012. – 588 с.

61 Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Системные исследования чрезвычайных ситуаций – М.: МГФ «Знание», 2015. – 864 с.

62 Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Научные основы техногенной безопасности – М.: МГФ «Знание», 2015. – 936 с.



63 Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Техногенная, технологическая и техносферная безопасность – М.: МГФ «Знание», 2018. – 1016 с.

64 International Organization for Standardization (ISO) International Standard ISO 17776, Petroleum and Natural Gas Industries – Offshore Production Installations – Guidelines on Tools and Techniques for Hazard Identification and Risk Assessment, first ed., 2000. 67 с.

65 Risk Management Standard AS/NZS ISO 31000:2009. 79 p.

66 Ales Bernatik, Pavel Senovsky, Michail Senovsky, David Rehak Territorial Risk Analysis and Mapping // Chemical Engineering Transactions. 2013. Vol 31(1). P. 69-74

67 Maestria en dirección y gestión pública local curso de experto/a en dirección y gestión pública local. Modulo 3. Prof. Carlos M. Rodrigues Otero. Documentacion De Apoyo. 2009. 70 p

68 Yafei Zhou\* and Mao Liu Risk Assessment of Major Hazards and its Application in Urban Planning: A Case Study // Risk Analysis, Vol. 32, No. 3, 2012

69 National Estimates Methodology for Building Fires and Losses. U.S. Fire Administration / National Fire Data Center. 2012. 18 p.

70 Katarina Holla Complex model for risk assessment of industrial processes // Journal of integrated disaster risk management. 2014. 4(2). P. 93-102

71 Приказ Ростехнадзора от 05.06.2017 N 192 «Об утверждении Руководства по безопасности "Методические рекомендации по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на угольных шахтах». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/456073363>

72 Приказ Ростехнадзора от 03.06.2016 № 217 «Об утверждении Руководства по безопасности "Методы обоснования взрывоустойчивости зданий и сооружений при взрывах топливно-воздушных смесей на опасных производственных объектах". [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/456007202>

73 Приказ Ростехнадзора от 11.04.2016 № 144 «Об утверждении Руководства по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/420347908>

74 Приказ от 10 июля 2009 года № 404 Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902170886>

75 ГОСТ Р 22.10.02-2016 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Менеджмент риска чрезвычайной ситуации. Допустимый риск чрезвычайных ситуаций. Утв. приказом Росстандарта от 29.06.2016 №724-ст.

76 «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» Государственный доклад. Москва: Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. 2005-2020 гг. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.mchs.gov.ru/deyatelnost/itogi-deyatelnosti-mchs-rossii>

77 Распоряжение Правительства РФ от 02.02.2015 N 151-р (ред. от 13.01.2017) «Об утверждении Стратегии устойчивого развития сельских территорий Российской Федерации на период до 2030 года». [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_174933/2844094b7ba6e57e91fd5bb036ee91d9f6727238/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_174933/2844094b7ba6e57e91fd5bb036ee91d9f6727238/)

78 Москвичев В.В., Прохоров В.А., Иванова У.С. Техногенно-экологические риски: Красноярский край, Республика Саха (Якутия) // Экология и промышленность России. 2020. Т. 24. № 4. С. 53-59.

79 Ivanova U.S., Chernykh D.A., Taseiko O.V. Probabilistic methods for risk assessment of anthropogenic accidents and emergency //Procedia Structural Integrity. «International Conference on Integrity and Lifetime in Extreme Environment, ILEE 2019». 2019. С. 136-142.

80 «О состоянии защиты населения и территорий Красноярского края от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»: Государственный доклад. – Москва: МЧС России, 1996-2016 гг.

81 [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://irkipedia.ru/content/irkutskaya\\_oblast](http://irkipedia.ru/content/irkutskaya_oblast)

82 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.nso.ru/page/2263>

83 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://22.mchs.gov.ru/glavnoe-upravlenie/harakteristika-subekta/kratkaya-informaciya-ob-altayskom-krae>

84 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://orv.gov.ru/Regions>

85 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://55.mchs.gov.ru/glavnoe-upravlenie/harakteristika-omskoy-oblasti>

86 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://old.duma.tomsk.ru/page/23000/>

87 Научные основы прогнозирования и прогнозные показатели социально-экономического и научно-технического развития России до 2030 года с использованием критериев стратегических рисков / Махутов Н.А., Кузык Б.Н., Абросимов Н.В. и др. – М.: ИНЭС, 2011. – 136 с.

88 Системные стратегические риски и приоритеты прогнозного социально-экономического и научно-технологического развития России до 2030 года / Н.А. Махутов, Б.Н. Кузык и др. – М: ИНЭС, 2012. 78 с.

89 Москвичев В.В., Бычков И.В., Потапов В.П., Тасейко О.В., Шокин Ю.И. Информационная система территориального управления рисками развития и безопасностью // Вестник Российской академии наук. 2017. № 8. С. 696-705.

90 Безопасность и риски устойчивого развития территорий / В.Е. Левкевич, В.В. Москвичев, А.М. Лепихин и др. – Красноярск: СФУ, 2014. 222 с.

91 Большаков Б.Е., Шевенина Е.В. Методологические принципы бездефектного управления безопасностью и развитием территориальных и производственных систем // Науковедение. Том 8. №2. 2016. С 1-18.

92 Состояние окружающей среды: Постановление Правительства РФ № 477 от 6 июня 2013 г. «Об осуществлении государственного мониторинга

состояния и загрязнения окружающей среды» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.meteorf.ru/upload/iblock/30b/PPRF-477-20130606.pdf>

93 Приказ Федерального агентства по недропользованию «Об утверждении Положения о функциональной подсистеме мониторинга состояния недр единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» от 24.11.2005 № 1197: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_224058/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_224058/)

94 Немтинов В.А. Информационные технологии принятия решений по обеспечению экологической безопасности промышленных объектов // Вестник ТГТУ. -2008. - №14. С. 13-19.

95 P. Neirotti, Current trends in Smart City initiatives: some stylized facts // Cities 38, 2014. Pp. 25-36.

96 H. Fraker The hidden potential of sustainable neighborhoods: Lessons for Low-Carbon Communities. Washington, DC: Island Press, 2013. 248 p.

97 La Greca, L. Barbarossa, M. Ignaccolo, G. Inturri, F. Martinico The density dilemma. A proposal for introducing smart growth principles in a sprawling settlement within Catania Metropolitan Area // Cities, 28. 2011. Vol 6. Pp. 527-535

98 Бычков И.В., Ружников Г.М., Хмельнов А.Е. и др. Инфраструктура информационных ресурсов и технологии создания информационно-аналитических систем территориального управления. Новосибирск: Изд-во СО РАН. 2016. 242 с.

99 Интеграция информационно-аналитических ресурсов и обработка пространственных данных в задачах управления территориальным развитием / И.В. Бычков [и др.]; под ред. И.В. Бычкова; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т динамики систем и теории управления. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. — 369 с.

100 Ничепорчук В.В., Ноженков А.И., Ноженкова Л.Ф. Программный комплекс ЭСПЛА-ПРО: средства сбора, аналитической обработки данных и поддержки принятия решений для органов управления МЧС России // СИББЕЗОПАСНОСТЬ-СПАССИБ. 2009. № 1. С. 114-123

101 Барановский В.Ю. интеллектуально-информационные системы как источник повышения рационализации процедуры управления промышленного предприятия в условиях неопределенности // Евразийский союз ученых. 2021. № 4-3 (85). С. 17-20.

102 Береговая М.П. Экономические информационные системы: перспективы использования и развития // Фундаментальные и прикладные исследования в науке и образовании. Сборник статей Международной научно-практической конференции. 2020. С. 47-49.

103 Кротова А.В. Экономические информационные системы как основа повышения качества управления организацией // Менеджер. 2020. № 3 (93). С. 84-90.

104 Вожаков А.В. Интеллектуальные информационные системы управления предприятием: модели и практики: моногр./ Вожаков А.В., Столбов В.Ю., Федосеев С.А. – М: Университетская книга. 2021. 304 с.

105 Киселев В.М., Данько Т.П., Афанасьев М.А. Географические информационные системы для обеспечения экономической безопасности страны во время эпидемиологических кризисов // Инновации и инвестиции. 2020. № 10. С. 249-253.

106 Кузнецов Е.М., Лебедев И.В., Масалов А.А., Пантюхин О.И. Информационные системы в интересах управления техническим обеспечением телекоммуникационных сетей // В сборнике: Региональная информатика (РИ-2020). Материалы конференции. 2020. С. 85-86.

107 Глотова О.И., Радько О.Ю. Современные информационные системы как средство поддержки процесса принятия управленческих решений // В сборнике: Цифровая трансформация бизнеса: модели и решения. сборник научных трудов по материалам II Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. 2020. С. 59-62.

108 Taseiko, O., Ivanova, U., Rihter, E., Pitt, A. Using multivariate statistics to solve risk assessment problems for forest ecosystems // International Multidisciplinary

Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM, 2020, 2020-August (3.1), стр. 777–784

109 Joe H. Ward Jr. Hierarchical grouping to optimize an objective function // Journal of the American Statistical Association. 1963. 58:301. С. 236-244

110 Tromelin A., Chabanet C., Audouze K., Koensgen F. Multivariate statistical analysis of a large odorants database aimed at revealing similarities and links between odorants and odors // Flavour Fragr J. 2017. P. 1-21.

111 Mingqiu Shan, Sam Frong Yau Li, Sheng Yu, Yan Qian, Shuchen Guo, Li Zhang and Anwei Ding Chemical fingerprint and quantitative analysis for the quality evaluation of platyclade cacumen by ultra-performance liquid chromatography coupled with hierarchical cluster analysis // Journal of Chromatographic Science. 2018. Vol. 56. No 1. P. 41-48.

112 Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Словарь терминов и определений. Издание 2-е, дополнительное – М.: МГФ «Знание», 1999. – 368 с.

113 Ирина Яцкив, Лада Гусарова. Методы определения количества кластеров при классификации без обучения. Транспорт и телекоммуникации Vol.4, № 1, 2003. С. 23-28.

114 Иванова У.С., Москвичев В.В., Тасейко О.В. Ранжирование территорий Красноярского края с использованием риск-ориентированного подхода // Проблемы анализа риска. 2019. Т. 16. № 4. С. 48-63.

115 Ivanova U.S., Chernykh D.A., Taseiko O.V., Nikulina T.N. The differentiated approach to assessment individual risk of emergency // CEUR Workshop Proceedings. SDM 2019 - Proceedings of the All-Russian Conference "Spatial Data Processing for Monitoring of Natural and Anthropogenic Processes". 2019. С. 354-358.

116 Ivanova U.S., Moskvichev V.V. Risk Assessment and Safety of Technosphere Objects and Urban Territories for Siberia and Arctic // The Second Eurasian CONFERENCE RISK-2020. P. 34-35.

117 Приказ Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных

бедствий № 631 от 1.09.2020 «Об утверждении Методики оценки ущерба от чрезвычайных ситуаций». 31 с.

118 Карабчук Т.С., Никитина М.В., Ремезкова В.П., Соболева Н.Э. Как оценить стоимость человеческой жизни // Экономическая социология. Т. 15. № 1. 2014. С. 89-105

119 Быков А. О методологии оценки стоимости среднестатистической жизни человека // Страховое дело. № 3. 2007 С. 10–25.

120 Трунов И., Айвар Л., Харисов Г. Эквивалент стоимости человеческой жизни // Представительная власть: законодательство, комментарии, проблемы. 3 (69). 2006. С. 24–29

121 Шмаков Д. Оценка экономического ущерба в результате смертности населения от несчастных случаев, отравлений и травм. Сборник научных трудов Института народнохозяйственного прогнозирования РАН. М.: МАКС-Пресс. 2003. С. 377–385.

122 Градостроительный кодекс РФ от 7 мая 1998 г. N 73-ФЗ. Принят Государственной Думой 8 апреля 1998 г. 46 с.

123 Деревянко, В. М. Социально-экономические аспекты противопожарного страхования в современной России / В. М. Деревянко // Новая наука: современное состояние и пути развития. – 2016. – № 9. – С. 248-250.

124 Моисеенко, М. В. Преемственность традиций российского страхового дела - от манифеста Екатерины Великой до наших дней / М. В. Моисеенко // Страховой рынок Российской Федерации в условиях вступления в ВТО: состояние и перспективы развития: материалы Междунар. науч.-практ. конф. - Нижний Новгород: ВГАВТ, РОСГОССТРАХ, 2012. - 653 с.

125 Дрыга В.О., Ланец В.А., Щукина Н.Г. К вопросу о противопожарном страховании // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования. 2020. № 1 (5). С. 247-253.

126 ГОСТ Р 56935-2016 «Услуги по построению системы мониторинга автоматических систем противопожарной защиты и вывода сигналов на пульт централизованного наблюдения "01" и "112"». Утв. Приказом Федерального

агентства по техническому регулированию и метрологии от 31 мая 2016 г. N 447-ст.

127 Tiago Miguel Ferreira, Romeu Vicente, José António Raimundo Mendes da Silva, Humberto Varum, Aníbal Costa, Rui Maio Urban fire risk: Evaluation and emergency planning // Journal of Cultural Heritage. Vol. 20. 2016, P. 739-745.

128 Махутов Н.А. Развитие лабораторных исследований и диагностики материалов // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. Т. 88. № 1. Ч. I. 2022. С. 5-13.

129 Организационно-методические рекомендации по определению численности противопожарной службы субъекта Российской Федерации и ее технической оснащенности. [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://www.mchs.gov.ru/dokumenty/metodicheskie-materialy/metodicheskie-rekomendacii/prochee/organizacionno-metodicheskie-rekomendacii-po-opredeleniyu-chislennosti-protivopozharnoy-sluzhby-subekta-rossiyskoy-federacii-i-ee-tehnicheskoy-osnashchennosti>

130 Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 27.02.2016 № 132н «О Требованиях к размещению медицинских организаций государственной системы здравоохранения и муниципальной системы здравоохранения исходя из потребностей населения» (Зарегистрирован 22.03.2016 № 41485). 8 с.



## Приложение А

### Терминология и определения рисков в соответствии с нормативными документами

Таблица А. 1 – Термины и определения рисков

№	Термины	Определения
1	2	3
1	Территория, подверженная риску возникновения [24]	это участок земельного, водного или воздушного пространства либо критически важный или потенциально опасный объект производственного и социального значения, отнесенные к указанной территории путем прогнозирования угрозы возникновения чрезвычайных ситуаций и оценки социально-экономических последствий ЧС.
2	Независимая оценка пожарного риска [26]	оценка соответствия объекта защиты требованиям пожарной безопасности и проверка соблюдения организациями и гражданами противопожарного режима, проводимые не заинтересованным в результатах оценки или проверки экспертом в области оценки пожарного риска;
3	Обоснование безопасности ОПО [25]	документ, содержащий сведения о результатах оценки риска аварии на опасном производственном объекте и связанной с ней угрозы, условия безопасной эксплуатации опасного производственного объекта, требования к эксплуатации, капитальному ремонту, консервации и ликвидации опасного производственного объекта;
4	Экологический риск [27]	вероятность наступления события, имеющего неблагоприятные последствия для природной среды и вызванного негативным воздействием хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера;
5	Риск [28]	вероятность причинения вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений с учетом тяжести этого вреда;
6	Допустимый пожарный риск [29]	пожарный риск, уровень которого допустим и обоснован исходя из социально-экономических условий;
7	Индивидуальный пожарный риск [29]	пожарный риск, который может привести к гибели человека в результате воздействия опасных факторов пожара
8	Пожарный риск [29]	мера возможности реализации пожарной опасности объекта защиты и ее последствий для людей и материальных ценностей
9	Социальный пожарный риск [29]	степень опасности, ведущей к гибели группы людей в результате воздействия опасных факторов пожара
10	Риск [30]	сочетание вероятности события и его последствий
11	Анализ риска [30]	систематическое использование информации для определения источников и количественной оценки риска.

Продолжение таблицы А.1

1	2	3
12	Оценка риска [30]	общий процесс анализа риска и оценивания риска
13	Управление риском [30]	действия, осуществляемые для выполнения решений в рамках менеджмента рисков.
14	Риск возникновения чрезвычайной ситуации [31]	вероятность или частота возникновения источника чрезвычайной ситуации.
15	Риск [32]	сочетание вероятности нанесения ущерба и тяжести этого ущерба
16	Риск возникновения ЧС [32]	вероятность или частота возникновения источника ЧС, определяемая соответствующими показателями риска
17	Риск аварии [32]	мера опасности, характеризующая возможность возникновения аварии на опасном производственном объекте и тяжесть ее последствий. Основные количественные показатели - технический риск, индивидуальный риск, потенциальный территориальный риск (потенциальный риск), коллективный риск, социальный риск, ожидаемый ущерб
18	Приемлемый риск аварии [32]	риск, уровень которого допустим исходя из социально-экономических соображений.
19	Анализ риска [33]	систематическое использование информации для определения источников и количественной оценки риска
20	Идентификация риска [33]	процесс нахождения, составления перечня и описания элементов риска.
21	Источник риска [33]	фактор, который может самостоятельно или в сочетании с другими факторами способствовать возникновению рисков.
22	Критерии риска [33]	правила, по которым оценивают значимость риска.
23	Риск [33]	сочетание вероятности события и его последствий
24	Показатели риска [34]	количественные показатели опасности
25	Риск аварии [34]	мера опасности, характеризующая возможность возникновения аварии на ОПО и соответствующую ей тяжесть последствий. В анализе риска аварий в качестве основных количественных показателей опасности (показателей риска) рекомендуется использовать:
26	Потенциальный территориальный риск [34]	(или потенциальный риск) - частота реализации поражающих факторов аварии в рассматриваемой точке на площадке ОПО и прилегающей территории;
27	Технический риск [34]	вероятность отказа технических устройств с последствиями определенного уровня (класса) за определенный период функционирования ОПО;
28	Индивидуальный риск [34]	ожидаемая частота (частота) поражения отдельного человека в результате воздействия исследуемых поражающих факторов аварии;
29	Коллективный риск [34]	(или ожидаемые людские потери) - ожидаемое количество пораженных в результате возможных аварий за определенный период времени;

Продолжение таблицы А.1

1	2	3
30	Социальный риск [34]	(или риск поражения группы людей) - зависимость частоты возникновения сценариев аварий F, в которых пострадало на определенном уровне не менее N человек, от этого числа N.
31	Риск возникновения чрезвычайной ситуации [35]	вероятность или частота возникновения источника чрезвычайной ситуации.
32	Приемлемый риск [35]	уровень индивидуального риска, обусловленный хозяйственной деятельностью, который является приемлемым для регулирующего органа. Он находится в диапазоне от предельно допустимого уровня до пренебрежимого уровня риска
33	Неприемлемый риск [35]	уровень риска, устанавливаемый административными или регулирующими органами как максимальный, выше которого необходимо принимать меры по управлению им.
34	Риск [36]	количественная характеристика меры возможной опасности и размера последствий ее реализации.
35	Риск чрезвычайной ситуации [36]	потенциальная возможность возникновения чрезвычайной ситуации с негативными последствиями, представляющими угрозу жизни, здоровью и имуществу населения, объектам экономики и окружающей среде.
36	Риск индивидуальный [36]	частота поражения отдельного человека в результате воздействия всей совокупности исследуемых факторов опасности в рассматриваемой точке пространства.
37	Риск социальный [36]	зависимость между частотой реализации определенных факторов опасностей и размером последствий для здоровья людей (числом погибших или пострадавших)
38	Риск экономический [36]	понимается зависимость между частотой реализации определенных факторов опасностей и размером материального ущерба.
39	Риск коллективный [36]	ожидаемое количество погибших или пострадавших в результате возможных реализаций факторов опасности за определенный период времени.
40	Риск материальный [36]	понимаются ожидаемые материальные потери в результате возможных реализаций факторов опасности за определенный период времени.
41	Риск предельно допустимый [36]	нормативный уровень риска, определяющий верхнюю границу допустимого риска.
42	Риск неприемлемый (недопустимый) [36]	риск, уровень которого превышает величину предельно допустимого уровня риска.
43	Риск допустимый [36]	риск, уровень которого ниже допустимого уровня риска.
44	Риск повышенный [36]	риск, уровень которого близок к предельно допустимому, требуются меры по его снижению и контролю.
45	Риск условно приемлемый [36]	риск, уровень которого разумно оправдан с социальной, экономической и экологической точек зрения, но рекомендуются меры по его дальнейшему снижению.
46	Риск приемлемый [36]	риск, уровень которого, безусловно оправдан или пренебрежимо мал.

Окончание таблицы А.1

1	2	3
47	Риск [37]	сочетание вероятности нанесения вреда (ущерба) и тяжести этого вреда (ущерба). Тяжесть заболеваний оценена в диапазоне от 0 до 1, где 0 – полное здоровье, 1 – смерть
48	Риск [71]	мера опасности, характеризующая возможность возникновения негативного события (взрыва) и тяжесть его последствий
49	Риск аварии [72]	мера опасности, характеризующая возможность возникновения аварии на ОПО и соответствующую ей тяжесть последствий
50	Технический риск [72]	вероятность отказа технических устройств с последствиями определенного уровня (класса) за определенный период функционирования ОПО
51	Индивидуальный риск [72]	ожидаемая частота (частота) поражения отдельного человека в результате воздействия исследуемых поражающих факторов аварии
52	Потенциальный территориальный риск [72]	частота реализации поражающих факторов аварии в рассматриваемой точке на площадке ОПО и прилегающей территории
53	Коллективный риск (или ожидаемые людские потери) [72]	ожидаемое количество пораженных в результате возможных аварий за определенный период времени
54	Социальный риск (или риск поражения группы людей) [72]	зависимость частоты возникновения сценариев аварий $F$ , в которых пострадало на определенном уровне не менее $N$ человек, от этого числа $N$ . Характеризует социальную тяжесть последствий (катастрофичность) реализации совокупности сценариев аварии и представляется в виде соответствующей $F/N$ -кривой
55	Материальный риск (или риск материальных потерь) [72]	зависимость частоты возникновения сценариев аварий $F$ , в которых причинен ущерб на определенном уровне потерь не менее $G$ , от количества этих потерь $G$ . Характеризует экономическую тяжесть последствий реализации опасностей аварий и представляется в виде соответствующей $F/G$ -кривой

## Приложение Б

### Нормативно-правовые документы РФ и базовые соотношения в области оценки техногенного риска

Таблица Б.1 – Модели и методы оценки техногенного риска

Уровень	Название и формула риска	Параметры
Объектовый (угольные шахты)	Риск аварии на угольной шахте [70]  $W_x = \frac{r_x}{\sum_{i=1}^n r_i}$	$W$ – вес $x$ -го фактора; $r_x$ – ранг $x$ -го фактора; $n$ – количество факторов в блоке
Объектовый (ж/д транспорт)	Риск аварии на ж/д транспорте [31]  $R = F_R\{C, P\} = \sum_i [F_{Ri}(C_i, P_i)]$  $R = F_R\{C, P\} = f \cdot \bar{C}$  $f = \frac{N}{T}$  $\bar{C} = \frac{\sum_{i=1}^N C_i}{N}$	$R$ - величина риска; $F_R$ - функционал, связывающий вероятность возникновения события и математическое ожидание последствия (ущерба) от этого события; $P$ - вероятность (частота) возникновения события; $C$ - величина последствия возникновения события; $i$ - вид события $N$ - число опасных случаев за интервал $T$ ; $T$ - рассматриваемый интервал времени; $C_i$ - величина ущерба вследствие возникновения события, тыс. руб.

Продолжение таблицы Б.1

Уровень	Название и формула риска	Параметры
Объектовый (ОПО)	<p>Риск взрыва топливно-воздушной смеси на ОПО [71]</p> $P(C_n   A) = P(G_s   A) P(U_{\mu\phi}) P(S_{e\phi}) \cdot P(KY   U_{\mu\phi} S_{e\phi}) P_{\text{деф}}(И   A)$ $R_{p\Delta P_\phi}(x, y) = \sum_n \lambda C_n \cdot P[\Delta P_\phi(x, y) \geq \Delta P_\phi   C_n]$	<p><math>P(C_n   A)</math> - условные вероятности реализации сценариев <math>C_n</math></p> <p><math>P(G_s   A)</math> - относительная частота реализации утечки продукта с интенсивностью <math>G_s</math> ;</p> <p><math>A</math> – вид аварии;</p> <p><math>P(U_{\mu\phi})</math> - относительная частота повторяемости в году скорости ветра;</p> <p><math>P(S_{e\phi})</math> относительная частота реализуемости сезона, в течение года равна 1;</p> <p><math>P(KY   U_{\mu\phi} S_{e\phi})</math> - относительная частота реализуемости данного класса устойчивости (КУ) атмосферы по Паскуилу при скорости ветра в s-м диапазоне в -й сезон <math>S_{e\phi}</math></p> <p><math>P_{\text{деф}}</math> - условная вероятность сгорания;</p> <p><math>P(И   A)</math> - условная вероятность зажигания облака;</p> <p><math>R_{p\Delta P_\phi}(x, y)</math> – частота реализации сценария в каждой точке;</p>
Объектовый (ОПО)	<p>Риск аварий на ОПО [72]</p> $R_{\text{пот}} = \sum_{i=1}^I Q_i \cdot \min(1, 1 - \prod_{j=1}^{\Phi_i(x,y)} (1 - \vartheta_{\text{уяз}}^{ij}(x, y)) \cdot P_{\text{гиб}}^{ij}(x, y))$	<p><math>R_{\text{пот}}(x, y)</math> - величину потенциального риска год в определенной точке <math>(x, y)</math>, на территории площадочного объекта и в зонах, граничащих с площадочным объектом.</p> <p><math>I</math> - число сценариев развития аварий;</p> <p><math>Q_i</math> - частота реализации в течение года <math>i</math>-го сценария развития аварии, год<sup>-1</sup></p>

Продолжение таблицы Б.1

Уровень	Название и формула риска	Параметры
	Индивидуальный риск на ОПО [72]  $R_{\text{инд}} = \sum_{k=1}^G q_{ik} \cdot R_{\text{пот}}(x, y)$	$R_{\text{инд}}$ - индивидуальный риск; $q_{ik}$ - вероятность присутствия $i$ -го индивида в $k$ -ой области территории с учетом продолжительности действия поражающего фактора; $G$ - число областей, на которые условно можно разбить территорию.
	Коллективный риск на ОПО [72]  $R_{\text{колл}} = \sum_{j=1}^J N_{\Gamma}^j Q_j$	$R_{\text{колл}}$ - коллективный риск. $Q_j$ - частота $j$ -го сценария, при котором ожидаемо количество погибших $N_{\Gamma}^j$
	Социальный риск на ОПО [72]  $F(x) = \sum_{i=1}^{I(x)} Q_i^x$  $F(N_j) = F(N_j) \cdot \frac{N_j}{[N_j]}$	$Q_i^x$ - ожидаемые частоты реализаций аварийных ситуаций $C_i$ , при которых гибнет не менее $x$ человек; $N(x)$ - число сценариев $C_i$ при которых гибнет не менее $x$ человек; $F(N_j)$ - сумма частот сценариев с ожидаемым числом погибших не менее $N_j$ .

Продолжение таблицы Б.1

Уровень	Название и формула риска	Параметры
Объектовый (производственные объекты)	Потенциальный пожарный риск [73] $P(a) = \sum_{j=1}^J Q_{aj}(a) \cdot Q_j$ $Q_{aj}(a) = 1 - \prod_{k=1}^h (1 - Q_k \cdot Q_{ajk}(a))$	$P(a)$ - величина потенциального пожарного риска (год <sup>-1</sup> ); $J$ - число сценариев развития пожароопасных ситуаций (пожаров, ветвей логического дерева событий); $Q_{aj}(a)$ - условная вероятность поражения человека в определенной точке территории ( $a$ ) в результате реализации $j$ -го сценария развития пожароопасных ситуаций, отвечающего определенному инициирующему аварии событию; $Q_j$ - частота реализации в течение года $j$ -го сценария развития пожароопасных ситуаций, год <sup>-1</sup> . $h$ - число рассматриваемых опасных факторов; $Q_k$ - вероятность реализации $k$ -го опасного фактора; $Q_{ajk}(a)$ - условная вероятность поражения $k$ -ым опасным фактором
	Потенциальный пожарный риск в конкретной точке объекта [73] $P_i = \sum_{j=1}^J Q_j \cdot Q_{aij}$ $Q_{aij} = (1 - P_{эij}) \cdot (1 - D_{ij})$	$P_i$ - величина потенциального риска в $i$ -ом помещении здания; $J$ - число сценариев возникновения пожара в здании; $Q_j$ - частота реализации в течение года $j$ -го сценария пожара, год <sup>-1</sup> ; $Q_{aij}$ - условная вероятность поражения человека при его нахождении в $i$ -ом помещении при реализации $j$ -го сценария пожара. $P_{эij}$ - вероятность эвакуации людей, находящихся в $i$ -ом помещении здания, при реализации $j$ -го сценария пожара; $D_{ij}$ - вероятность эффективной работы технических средств по обеспечению безопасности людей в $i$ -ом помещении при реализации $j$ -го сценария пожара.



Продолжение таблицы Б.1

Уровень	Название и формула риска	Параметры
	Индивидуальный риск при пожаре [73]  $R_m = \sum_{i=1}^I q_{im} \cdot P(i)$	$R_m$ - величина индивидуального риска для $R_m$ (год <sup>-1</sup> ) работника $m$ объекта при его нахождении на территории объекта определяется по формуле: $P(i)$ - величина потенциального риска в $i$ -ой области территории объекта, год <sup>-1</sup> ; $q_{im}$ - вероятность присутствия работника $m$ в $i$ -ой области территории объекта.
	Социальный пожарный риск [73]  $S = \sum_{j=1}^L Q_j$	$S$ - социальный пожарный риск принимается равным частоте возникновения событий, ведущих к гибели 10 и более человек. $L$ - число сценариев развития пожароопасных ситуаций (пожаров), для которых выполняется условие $N_i \geq 10$ ; $Q_j$ – вероятность поражения человека, находящегося в $i$ -ой области, опасными факторами при реализации $j$ -го сценария
Объектовый (КВО)	Индивидуальный риск на КВО [34] $R_{\Sigma} = \sum_{i,j} \lambda_i E_{ij}(x, y) P_j$ Коллективный риск при ЧС [34]  $R_{\text{кол}} = \sum_{i=1}^k n_i \rho_i$ Материальный риск [34]  $R_{\text{мат}} = \sum_{i=1}^k g_i \rho_i$ Вероятность возникновения ОС [34]  $\rho_i = \lambda_i t$	$\lambda_i$ - частота реализации $i$ -го сценария; $E_{ij}(x, y) P_i$ – вероятность реализации $j$ -го механизма воздействия в точке $(x, y)$ для $i$ -го сценария; $P_j$ – вероятность поражения при реализации $j$ -го механизма воздействия. $N(x, y)$ - плотность распределения населения и/или персонала по поверхности, прилегающей к опасному объекту. $N$ - величина людских потерь; $n_i$ - значение величины людских потерь при реализации $i$ -го сценария аварийной ситуации из $k$ возможных, который может осуществиться с вероятностью, равной $\rho_i$ ; $g_i$ - значение стоимостной оценки материального ущерба при реализации $i$ -го сценария аварийной ситуации, который может осуществиться с вероятностью, равной $\rho_i$ .

Продолжение таблицы Б.1

Уровень	Название и формула риска	Параметры
Территориальный	<p>Индивидуальный риск при ЧС на территории [33]</p> $R = N_{\Pi} / N_{\text{н}}$	<p><math>N_{\Pi}</math> – среднее количество погибших в год за последние 5 лет при определённом виде ЧС и происшествии на заданной территории,  <math>N_{\text{н}}</math> – количество населения, проживающего на данной территории</p>
Объектовый (ПВОО, ХОО, РОО)	<p>Индивидуального риска от аварий на пожаровзрывоопасных объектах (ПВОО) [36]</p> $R_{ei}(x, y) = \sum_k H_k \sum_j E_{kj}(x, y) \cdot P_j(x, y)$	<p><math>H_k</math> — вероятность аварии за год по сценарию <math>k</math> (в качестве сценариев аварии могут рассматриваться: пожар, огненный шар, взрыв и др.  <math>E_{kj}(x, y)</math> — вероятность реализации механизма воздействия <math>j</math> в точке <math>(x, y)</math> для сценария аварии <math>k</math> ;  <math>P_j(x, y)</math> — вероятность летального исхода в точке <math>(x, y)</math> при реализации механизма воздействия <math>j</math> .</p>

Продолжение таблицы Б.1

Уровень	Название и формула риска	Параметры
	<p>Индивидуальный риск на ХОО [36]</p> $R_e = \frac{H}{N} \iint_{S_r} \int_0^{2\pi} \int_{V_{min}}^{V_{max}} f(a, V) \cdot P[D(x, y)] \cdot \psi(x, y) dV da dx dy$	<p><math>S_r</math> — область интегрирования – площадь части города, в пределах которой возможно поражение людей при авариях на заданном объекте;</p> <p><math>\psi(x, y)</math> — плотность размещения людей в окрестностях точки с координатами <math>(x, y)</math>;</p> <p><math>P[D(x, y)]</math> — вероятность поражения людей от величины токсодозы в точке города с координатами <math>(x, y)</math>, определяемая из параметрического закона поражения людей ядовитыми веществами;</p> <p><math>D(x, y)</math> — токсодоза, определяемая при переменной во времени концентрации химически опасного вещества для точки с координатами <math>(x, y)</math> формуле;</p> <p><math>H</math> — вероятность аварии в течение года;</p> <p><math>N</math> — численность населения.</p>
	<p>Индивидуальный риск на РОО [36]</p> $R_e = H \int_0^{2\pi} \int_{V_{min}}^{V_{max}} f(a, V) \cdot P[D(x, y)] dV da$	<p><math>H</math> - вероятность аварии за год;</p> <p><math>f(a, V)</math> - функция плотности распределения направления <math>a</math> и скорости ветра <math>V</math>;</p> <p><math>P[D(x, y)]</math> - вероятность поражения людей от величины дозы радиоактивного заражения в точке с координатами <math>x, y</math>.</p>
Объектовый (производственные объекты)	<p>Потенциальный риск причинения вреда здоровью определенным видом деятельности [37]</p> $R^l = \sum_i R_i(l)$	<p><math>R^l</math> – потенциальный риск причинения вреда здоровью 1-м видом деятельности ЮЛ или ИП;</p> <p><math>R_i(l)</math> – потенциальный риск причинения вреда здоровью 1-м видом деятельности на <math>i</math>-м производственном объекте.</p>

Продолжение таблицы Б.1

Уровень	Название и формула риска	Параметры																																				
Территориальный (природные и техногенные опасности)	<p>Индивидуальный риск ЧС в определенной точке селитебной территории (x, y) [29]</p> $R(x, y) = R_T(x, y) + R_{\Pi}(x, y)$ $R_T(\alpha) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M P_{\text{ЧС}i} \cdot C_{ij} \cdot P_{\text{ПОР}ij}(x, y)$ $R_{\Pi}(\alpha) = \sum_{i=1}^K R_{\Pi i}(x, y)$	<p><math>R_T(x, y)</math> – количественное значение индивидуального риска техногенных ЧС в определенной точке селитебной территории (x, y);  <math>R_{\Pi}(x, y)</math> – количественное значение индивидуального риска природных ЧС в определенной точке селитебной территории (x, y);  <math>P_{\text{ЧС}i}</math> – вероятность возникновения техногенной чрезвычайной ситуации от i-го источника для различных типов производств;  <math>C_{ij}</math> – вероятность реализации j-го сценария от i-го источника;  <math>P_{\text{ПОР}ij}</math> – вероятность гибели отдельного человека в определенной точке селитебной территории (x, y) при возникновении техногенной чрезвычайной ситуации от i-го источника при реализации j-го сценария;  <i>i</i> - порядковый номер источника ЧС;  <i>j</i> - порядковый номер сценария развития ЧС;  <math>R_{\Pi i}</math> – значения индивидуального риска при реализации природных опасностей.</p>																																				
Объектовый (ХОО)	<p>Расчет частоты [63, 64]</p> $\text{Частота} = \frac{\left( \frac{\text{Количество событий}}{\text{период времени}} \right)}{\text{расчетное количество ПО}}$	<p>В странах Европейского союза применяется матричный метод для оценки риска. Матрица рисков совмещает два индекса (частоту и тяжесть) и позволяет определить уровень риска.</p> <table border="1" data-bbox="1272 1062 1991 1334"> <thead> <tr> <th>Частота \ Тяжесть</th> <th>F<sub>0</sub></th> <th>F<sub>1</sub></th> <th>F<sub>2</sub></th> <th>F<sub>3</sub></th> <th>F<sub>4</sub></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th>C1</th> <td style="background-color: #c8e6c9;"></td> <td style="background-color: #c8e6c9;"></td> <td style="background-color: #fff9c4;"></td> <td style="background-color: #fff9c4;"></td> <td style="background-color: #f44336;"></td> </tr> <tr> <th>C2</th> <td style="background-color: #c8e6c9;"></td> <td style="background-color: #fff9c4;"></td> <td style="background-color: #fff9c4;"></td> <td style="background-color: #f44336;"></td> <td style="background-color: #f44336;"></td> </tr> <tr> <th>C3</th> <td style="background-color: #c8e6c9;"></td> <td style="background-color: #fff9c4;"></td> <td style="background-color: #f44336;"></td> <td style="background-color: #f44336;"></td> <td style="background-color: #f44336;"></td> </tr> <tr> <th>C4</th> <td style="background-color: #fff9c4;"></td> <td style="background-color: #fff9c4;"></td> <td style="background-color: #f44336;"></td> <td style="background-color: #f44336;"></td> <td style="background-color: #f44336;"></td> </tr> <tr> <th>C5</th> <td style="background-color: #fff9c4;"></td> <td style="background-color: #f44336;"></td> <td style="background-color: #f44336;"></td> <td style="background-color: #f44336;"></td> <td style="background-color: #f44336;"></td> </tr> </tbody> </table> <p> <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #c8e6c9; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Приемлемая ситуация         <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #f44336; border: 1px solid black; margin-left: 20px; margin-right: 5px;"></span> Неприемлемая ситуация         <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #fff9c4; border: 1px solid black; margin-left: 20px; margin-right: 5px;"></span> Необходимы меры по снижению риска       </p>	Частота \ Тяжесть	F <sub>0</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	C1						C2						C3						C4						C5					
Частота \ Тяжесть	F <sub>0</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>																																	
C1																																						
C2																																						
C3																																						
C4																																						
C5																																						

Продолжение таблицы Б.1

Уровень	Название и формула риска	Параметры
Территориальный	<p>Метод SIPROCI [65, 66]</p> <p>Метод вычисляет величину риска как функцию опасности, уязвимости и значения элемента риска:</p> $R = f(H, V, E)$ $R_s = f(H, V)$ <p>Для конкретного вида опасности определяется степень риска:</p> $R_i = MR_i \cdot Z$ $R_{kum} = \sum_{i=1}^n R_i$	<p><math>R</math> – риск;  <math>R_s</math> – упрощенный риск;  <math>H</math> – опасность;  <math>V</math> – уязвимость;  <math>E</math> – значение элемента, подверженного риску.  <math>R_i</math> – риск, связанный с данным видом опасности;  <math>R_{kum}</math> – совокупный риск для оцениваемой территории;  <math>MR</math> – уровень риска;  <math>Z</math> – уязвимость территории.</p>
Объектовый	<p>Индивидуальный риск [67]</p> $IR = P_f \cdot P_{d/f}$ $IR(x, y) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m f_{i,j} d_{i,j}(x, y)$	<p><math>P_f</math> – вероятность несчастного случая,  <math>P_{d/f}</math> – индивидуальная вероятность смерти в результате несчастного случая.  <math>IR(x, y)</math> – индивидуальный риск в точке <math>(x, y)</math> под действием множественных опасностей,  <math>f_{i,j}</math> – вероятность возникновения аварии <math>j</math> для источника риска <math>i</math>,  <math>d_{i,j}(x, y)</math> – индивидуальная вероятность смерти в точке <math>(x, y)</math> при наступлении аварии.</p>

Окончание таблицы Б.1

Уровень	Название и формула риска
Территориальный (строительные пожары) [68]	$\text{Национальная оценка строительных пожаров} = \frac{\text{NFIRS Необработанный подсчет пожаров в зданиях}}{\text{NFIRS Необработанный подсчет пожаров конструкции}} \cdot \text{NFPA Оценка возгорания}$
	$\text{Национальная оценка смертности от пожаров} = \frac{\text{NFIRS необработанный подсчет смертей от пожаров в зданиях}}{\text{NFIRS Необработанный подсчет гибели при пожаре в конструкции}} \cdot \text{NFPA Оценка гибели при пожаре}$
	$\text{Национальная оценка ущерба от пожаров} = \frac{\text{NFIRS необработанный подсчет ущерба от пожаров в зданиях}}{\text{NFIRS Необработанный подсчет ущерба при пожаре в конструкции}} \cdot \text{NFPA Оценка ущерба при пожаре}$

## Приложение В

## Характеристика опасных событий муниципальных образований СФО

Таблица В.1 – Количественные значения опасных событий на территории СФО

АТЕ	Численность населения	Площадь, км <sup>2</sup>	Кол-во опасных техногенных событий	Кол-во опасных природных событий	Кол-во опасных биолого-социальных событий
1	2	3	4	5	6
<b>Красноярский край</b>					
Абанский р-н	24100	9512	26	1	
Ачинский р-н	15400	2522,58	36		3
Балахтинский р-н	23000	10249,8	32	1	1
Березовский р-н	38400	4315,9	57		
Бирилюсский р-н	11800	11800	11		
Боготольский р-н	11600	2992,21	25	1	
Богучанский р-н	48700,0	54000	56	38	1
Большемуртинский р-н	19900	6855,71	28		
Большеулуйский р-н	8300	2590	13	4	
г. Ачинск	112000	101,75	63		2
г. Боготол	22400	62,81	17		
г. Бородино	18000	35,17	3		1
г. Дивногорск	29500	501,5	24		
г. Енисейск	19400	66,41	18	1	
г. Канск	98500	100,6	82	2	
г. Красноярск	1 096 073	379,49	670	4	6
г. Лесосибирск	63500	270,83	51		
г. Минусинск	69700	60,5	39	2	
г. Назарово	54800	87,93	23	2	
г. Норильск	173500	4509	163	1	1
г. Сосновоборск	32300	26,641	10		
г. Шарыпово	39400	28,97	15	2	
Дзержинский р-н	15300	3610	14	1	
Емельяновский р-н	46600	7437,08	98	1	
Енисейский р-н	28500	106300	31	4	
Ермаковский р-н	21400	17652	22	9	2
ЗАТО г. Железногорск	90100	456,67	7		3
ЗАТО г. Зеленогорск	66900	162	1	1	2
ЗАТО п. Солнечный	10950	3,84	-	-	-
Идринский р-н	13700	6070	11		
Иланский р-н	26400	3750,35	21	1	
Ирбейский р-н	17800	10921	19	4	2
Казаченский р-н	11500	5754,95	23		
Канский р-н	27600	4246	24	2	1
Каратузский р-н	17300	10236,17	17	2	
Кежемский р-н	23400	34540,54	34	51	1

Продолжение таблицы В.1

1	2	3	4	5	6
Козульский р-н	17900	5305	31	2	
Краснотуранский р-н	16100	3461,93	11		1
Курагинский р-н	49600	24073	42	9	1
Манский р-н	17300	5976	39	2	
Минусинский р-н	26400	3185,29	31	4	3
Мотыгинский р-н	17500	18100	33	4	
Назаровский р-н	23700	4230	24	2	
Нижнеингашский р-н	35900	6143	36		
Новоселовский р-н	15100	3880,66	15		2
Партизанский р-н	11200	4955,14	15	4	
Пировский р-н	8200	6242	11		1
Рыбинский р-н	26200	3526,5	50	1	2
Саянский р-н	13100	8031,02	16	2	1
Северо-Енисейский р-н	11400	47242	10	4	
Сухобузимский р-н	21800	5600,55	35	1	
Таймырский Долгано-Ненецкий р-н	36600	879929	35		1
Тасеевский р-н	14800	9923	19		
Туруханский р-н	15400	209309,18	37	4	
Тюхтетский р-н	9500	9339	15		
Ужурский р-н	34400	4226	28	3	
Уярский р-н	23100	2197	30	1	
Шарыповский р-н	16500	3764	28		
Шушенский р-н	35100	10140	20	2	1
Эвенкийский р-н	16800	763197	87	2	1
<b>Итого по району</b>			<b>2482</b>	<b>182</b>	<b>40</b>
<b>Кемеровская область</b>					
г. Анжеро-Судженск	77600	119,2	12	0	0
г. Белово	128100	171,3	41	0	1
г. Березовский	49000	86	12		1
г. Гурьевск	30900	89,9	8	0	0
г. Калтан	30300	32,4	16	7	0
г. Кемерово	556900	278,6	74	4	
г. Киселевск	96200	214,6	33		1
г. Ленинск-Кузнецкий	99000	127,7	38	0	0
г. Мариинск	39100	48,4	5	1	0
г. Междуреченск	97900	335,4	28	0	0
г. Мыски	43800	108,7	9	0	0
г. Новокузнецк	552400	424,3	85	2	1
г. Осинники	47800	79,8	38	0	0
г. Полысаево	29500	34,4	8	1	0
г. Прокопьевск	196400	216,7	89	0	0
г. Тайга	26000	49,9	5	0	0



Продолжение таблицы В.1

1	2	3	4	5	6
г. Таштагол	23100	79	4	1	0
г. Топки	28000	51,7	7	0	0
г. Юрга	81700	44,8	11	0	0
пгт.Краснобродский	14400		1	0	0
Беловский р-н	27600	3180	25	3	0
Гурьевский р-н	9600	2390	7	0	0
Ижморский р-н	11400	3580	2	0	0
Кемеровский р-н	47100	4510	18	0	1
Крапивинский р-н	23500	6930	7	0	0
Ленинск-Кузнецкий р-н	21800	2400	28	0	0
Мариинский р-н	15900	5580	9	0	0
Междуреченский р- н	1960	7322,9	3	2	0
Новокузнецкий р-н	50500	13290	38	3	0
Прокопьевский р-н	31000	3500	15	1	0
Промышленновский р-н	47800	3080	17	1	1
Таштагольский р-н	29900	11320	8	2	0
Тисульский р-н	21400	8060	7	0	0
Топкинский р-н	15900	2690	17	0	0
Тяжинский р-н	22700	3531	9	0	0
Чебулинский р-н	14500	3780	5	0	0
Юргинский р-н	21700	2520	10	0	0
Яйский р-н	18100	2760	6	0	0
Яшкинский р-н	28300	3480	13	0	0
<b>Итого</b>			<b>768</b>	<b>28</b>	<b>6</b>
<b>Иркутская область</b>					
г. Ангарск	224 630	294	138	1	4
г. Иркутск	580 708	280	355	3	15
г. Братск	249 657	428	73	1	1
г. Зима	34 067	52,9	33	1	0
г. Саянск	43 852	82,4	10	0	0
г. Свирск	14 211	22,4	21	1	0
г. Тулун	46 787	133,5	31	4	1
г. Усолье-Сибирское	85 570	74	81	0	0
г. Усть-Илимск	96 311	226,8	22	0	0
г. Черемхово	53 592	114,4	50	0	1
Аларский р-н	27 157	2 700	15	1	2
Ангарский р-н	252518	1 150	28	0	0
Балаганский р-н	9 721	6 600	10	2	1
Баяндаевский р-н	12 664	37 600	7	2	0
Бодайбинский р-н	23 835[7]	92 000	39	3	0
Боханский р-н	27 721	3 700	12	3	0

Продолжение таблицы В.1

1	2	3	4	5	6
Братский р-н	61 248	33 660	81	2	1
Жигаловский р-н	9 998	2 300	10	2	0
Заларинский р-н	32 223	7 540	21	3	1
Зиминский р-н	15 051	7 000	22	5	0
Иркутский р-н	72 324	9 200	110	21	2
Казачинско-Ленский р-н	20 278	33 300	21	12	1
Катангский р-н	4 172	139 000	11	9	2
Качугский р-н	20 585	31 400	21	7	1
Киренский р-н	21 456	43 800	51	18	0
Куйтунский р-н	35 252	11 200	34	0	1
Мамско-Чуйский р- н	5 971	43 000	78	6	0
Нижнеилимский р-н	58 659	18 900	35	3	0
Нижнеудинский р-н	74 151	50 000	84	8	0
Нукутский р-н	16 809	2 400	5	1	0
Ольхонский р-н	9 998	15 900	14	38	0
Осинский р-н	21736	4 400	13	0	1
Слюдянский р-н	42 331	5 300	48	13	0
Тайшетский р-н	86 206[8]	27 800	68	10	0
Тулунский р-н	27 943	13 500	33	5	0
Усольский р-н	53 412	6 900	85	9	0
Усть-Илимский р-н	21 420	36 800	39	2	1
Усть-Кутский район	53 951[9]	34 600	69	11	3
Усть-Удинский р-н	16 110	20 400	15	0	0
Черемховский р-н	30 639	9 900	25	5	1
Чунский р-н	39 314	25 800	35	7	1
Шелеховский р-н	63 876	2 100	54	5	1
Эхирит-Булагатский р-н	29 207	5 200	29	5	2
<b>Итого</b>			<b>2036</b>	<b>229</b>	<b>44</b>
<b>Новосибирская область</b>					
г. Новосибирск	1618000	500,3	608	3	8
г. Бердск	104 334	72,07	62	0	0
г. Искитим	56443	62,2	31	0	0
г. Обь	29900	21,95	20	0	0
р.п. Кольцово	17465	18,97	2	0	0
Баганский р-н	14900	3 367	8	1	0
Барабинский р-н	40902	5 358	45	0	0
Болотнинский р-н	26720	3400	31	0	0
Венгеровский р-н	18300	6400	15	0	0
Доволенский р-н	15800	4400	8	1	2
Здвинский р-н	13800	4970	5	0	0
Искитимский р-н	59200	4300	45	0	0
Карасукский р-н	42800	4300	27	0	0

Продолжение таблицы В.1

1	2	3	4	5	6
Каргатский р-н	15900	5600	16	0	0
Кольванский р-н	28757	10572,72	29	1	0
Коченевский р-н	45932	5100	42	0	0
Кочковский р-н	14003	2518	8	7	2
Краснозерский р-н	29105	5329	16	3	0
Куйбышевский р-н	56815	8817,2	37	0	0
Купинский р-н	27488	5800	17	2	1
Кыштовский р-н	10110	11100	6	1	0
Маслянинский р-н	23400	3500	15	2	0
Мошковский р-н	41800	2590	52	0	0
Новосибирский р-н	132500	2900	106	1	0
Ордынский р-н	36000	4748	23	2	0
Северный р-н	9400	15600	13	0	0
Сузунский р-н	31900	4700	28	2	1
Татарский р-н	37620	5101,28	29	1	0
Тогучинский р-н	56300	6060	55	2	0
Убинский р-н	14900	13869	13	0	0
Усть-Таркский р-н	12000	4060	8	0	0
Чановский р-н	23400	5500	17	0	0
Черепановский р-н	46304	2936	42	0	1
Чистоозерный р-н	16850	5730	17	0	0
Чулымский р-н	21540	8600	19	0	0
<b>Итого</b>			<b>1515</b>	<b>29</b>	<b>15</b>
<b>Томская область</b>					
г. Томск	596500	300	223	6	4
г. Кедровый	3000	1700	3	0	0
г. Стрежевой	41200	200	11	0	0
ЗАТО Северск	113300	480	5	0	3
Александровский р-н	7900	30000	12	0	0
Асиновский р-н	33200	5900	49	0	2
Бакчарский р-н	11600	24700	7	2	0
Верхнекетский р-н	15800	43300	14	2	0
Зырянский р-н	11400	4000	11	0	1
Каргасокский р-н	18900	86900	24	0	0
Кожевниковский р-н	20300	3900	25	1	0
Колпашевский р-н	38300	17100	26	4	0
Кривошеинский р-н	11900	4400	15	3	0
Молчановский р-н	12100	6400	18	2	0
Парабельский р-н	12200	35100	11	0	0
Первомайский р-н	16500	15600	9	0	0

Продолжение таблицы В.1

1	2	3	4	5	6
Тегульдетский р-н	6000	12300	9	1	1
Томский р-н	76900	10000	86	5	1
Чаинский р-н	7200	11500	15	3	0
Шегарский р-н	18900	5000	16	0	0
<b>Итого</b>			<b>589</b>	<b>29</b>	<b>12</b>
<b>Омская область</b>					
г. Омск	1154116	572,9	541	3	2
г. Исилькуль	22 371	39	15	0	1
г. Калачинск	22 599	24	16	0	3
г. Называевск	10 865	68,7	4	0	1
г. Тара	28 241	118,64	12	1	0
г. Тюкалинск	10 253	44,6	6	0	0
Азовский немецкий национальный р-н	22 925	1400	8	0	3
Большереченский р-н	28486	4 332	18	1	1
Большеуковский р-н	8174	9 500	3	1	0
Горьковский р-н	20807	2 990	22	0	0
Знаменский р-н	12427	3 650,60	15	0	0
Исилькульский р-н	43424	2 788,60	9	0	0
Калачинский р-н	41753	2 840	13	1	0
Колосовский р-н	12803	4 752,90	8	0	0
Кормиловский р-н	24726	1 908,20	24	0	0
Крутинский р-н	17408	5 721,30	20	0	0
Любинский р-н	37735	3 280,80	40	1	0
Марьяновский р-н	27595	1 651,90	26	0	0
Москаленский р-н	28968	2 478	12	0	0
Муромцевский р-н	23795	6 660,80	20	1	1
Называевский р-н	23987	5 873,90	14	0	1
Нижнеомский р-н	15826	3 354	11	0	0
Нововаршавский р-н	24450	2 218	10	1	3
Одесский р-н	17422	1 800	9	2	0
Оконешниковский р-н	14791	3 084,70	7	0	1
Омский р-н	94086	3 590,70	66	1	8
Павлоградский р-н	20034	2 494,30	14	0	0
Полтавский р-н	21772	2 803,60	13	0	2
Русско-Полянский р-н	19333	3 320,80	12	0	2
Саргатский р-н	20014	3 731	13	2	3
Седельниковский р-н	10943	5 221,40	10	0	0

Продолжение таблицы В.1

1	2	3	4	5	6
Таврический р-н	36458	2 735,90	19	0	1
Тарский р-н	46650	15 700	18	0	1
Тевризский р-н	15485	9 800	17	0	1
Тюкалинский р-н	26106	6 389,60	22	0	4
Усть-Ишимский р-н	13480	7 886	18	0	0
Черлакский р-н	30344	4 279,30	18	3	2
Шербакульский р-н	21342	2 321,80	8	0	2
<b>Итого</b>			<b>1131</b>	<b>18</b>	<b>43</b>
<b>Алтайский край</b>					
г. Алейск	30 000	44	12	0	0
г. Барнаул	640 000	320	291	5	2
г. Белокуриха	15 000	92	5	0	1
г. Бийск	200 000	290	107	6	1
г. Заринск	46 000	79	7	0	0
г. Змеиногорск	11 000	34	0	0	0
г. Камень-на-Оби	41 000	49	17	0	0
г. Новоалтайск	73 769	72	49	0	1
г. Рубцовск	143 000	84	78	2	0
г. Славгород	30 000	53	37	0	0
г. Яровое	18 000	44	7	0	0
Алейский р-н	14 500	3 401	23	1	1
Алтайский р-н	25 900	3 490	13	1	0
Баевский р-н	9 200	2 740	5	0	2
Бийский р-н	31 800	2 175	21	4	0
Благовещенский р-н	28 500	3 640	13	0	1
Бурлинский р-н	10 400	2 746	10	0	0
Быстроистокский р-н	9 000	1 925	8	1	0
Волчихинский р-н	17 400	3 580	9	1	0
Егорьевский р-н	13 300	2 510	8	0	3
Ельцовский р-н	6 200	2 155	9	0	0
Завьяловский р-н	18 100	2 190	15	1	1
Залесовский р-н	14 500	3 290	15	0	0
Заринский р-н	17 800	5 212	17	0	0
Змеиногорский р-н	19 800	2 799	13	2	1
Зональный р-н	21 000	1 598	12	0	0
Калманский р-н	13 000	1 820	19	0	0
Каменский р-н	52 500	3 627	14	4	0
Ключевский р-н	17 200	3 099	4	0	0
Косихинский р-н	16 300	1 890	18	1	0
Красногорский р-н	15 100	3 080	12	9	0
Краснощековский р-н	16 900	3 540	12	1	3

Продолжение таблицы В.1

1	2	3	4	5	6
Крутихинский р-н	11 000	2 049	6	0	0
Кулундинский р-н	22 400	2 002	9	0	1
Курьинский р-н	9 500	2 470	7	0	0
Кытмановский р-н	12 800	2 550	7	0	0
Локтевский р-н	25 800	2 320	17	1	0
Мамонтовский р-н	23 200	2 288	16	1	0
Михайловский р-н	20 100	3 095	12	3	1
Немецкий нац-ый р-н	17 100	1 445	4	0	0
Новичихинский р-н	9 700	1 870	7	0	2
Павловский р-н	41 000	2 188	25	0	0
Панкрушихинский р-н	12 300	2 800	15	0	0
Первомайский р-н	55 000	3 605	62	0	1
Петропавловский р-н	12 000	1 610	8	1	0
Поспелихинский р-н	24 000	2 380	14	1	0
Ребрихинский р-н	22 500	2 690	22	0	0
Родинский р-н	19 000	3 105	16	0	1
Романовский р-н	12 000	2 080	4	0	1
Рубцовский р-н	25 000	3 310	29	0	2
Смоленский р-н	22 500	2 030	1	0	0
Советский р-н	16 000	1 550	6	1	0
Солонешенский р-н	10 000	3 492	9	0	0
Солтонский р-н	8 000	2 995	5	2	0
Суетский р-н	5 000	1 105	0	0	0
Табунский р-н	10 000	1 800	3	0	0
Тальменский р-н	47 000	3 895	43	3	1
Тогульский р-н	8 000	2 005	4	0	0
Топчихинский р-н	22 500	3 280	19	0	0
Третьяковский р-н	13 000	1 998	11	1	0
Троицкий р-н	23 500	4 197	34	0	0
Тюменцевский р-н	14 500	2 304	15	0	1
Угловский р-н	12 800	4 796	14	1	0
Усть-Калманский р-н	14 500	2 202	23	0	0
Усть-Пристанский р-н	12 000	2 649	3	4	0
Хабарский р-н	14 800	2 753	10	1	0
Целинный р-н	15 500	2 903	12	0	2
Чарышский р-н	11 600	6 893	1	1	1
Шелаболихинский р-н	12 700	2 511	22	2	0

Продолжение таблицы В.1

1	2	3	4	5	6
Шипуновский р-н	33 000	4 105	15	3	0
<b>Итого</b>			<b>1410</b>	<b>65</b>	<b>31</b>
<b>Республика Алтай</b>					
г. Горно-Алтайск	60 828	95,5	40	1	2
Кош-Агачский р-н	18 318	20000	15	24	1
Майминский р-н	29 397	1400	32	8	4
Онгудайский р-н	14 513	11700	13	7	2
Турочакский р-н	12 530	11000	34	4	1
Улаганский р-н	11 500	18400	13	39	0
Усть-Канский р-н	14 491	6300	19	2	0
Усть-Коксинский р-н	16 988	12900	19	3	0
Чемальский р-н	9755	3000	26	6	5
Чойский р-н	8471	4500	14	6	0
Шебалинский р-н	13 553	3900	16	3	3
<b>Итого</b>			<b>241</b>	<b>103</b>	<b>18</b>
<b>Республика Тыва</b>					
г. Кызыл	108070	200,37	96	5	1
г. Ак-Довурак	14118	48,69	12	3	1
Бай-Тайгинский р-н	12395	7922,82	12	7	1
Барун-Хемчикский р-н	12337	6259,66	12	4	2
Дзун-Хемчикский р-н	20973	6484,56	14	3	0
Каа-Хемский р-н	12720	25726,04	12	41	0
Кызылский р-н	23678	8526,65	42	9	1
Монгун-Тайгинский р-н	6249	4414,2	14	4	3
Овюрский р-н	8029	4522,5	7	1	2
Пий-Хемский р-н	11135	8194,12	15	5	1
Сут-Хольский р-н	8660	6691,25	3	3	1
Тандинский р-н	13498	5091,7	13	9	1
Тере-Хольский р-н	1830	10050,02	2	14	0
Тес-Хемский р-н	9394	6687,23	10	5	3
Тоджинский р-н	6123	44757,49	18	18	1
Улуг-Хемский р-н	19398	5335,4	19	11	2
Чаа-Хольский р-н	6521	2903,1	14	1	0
Чеди-Хольский р-н	7963	3706,32	15	4	1
Эрзинский р-н	8528	11081,45	15	4	1
<b>Итого</b>			<b>345</b>	<b>151</b>	<b>22</b>
<b>Республика Хакасия</b>					
г. Абакан	173200	112,38	87	1	3
г. Абаза	16 009	17	10	4	1
г. Саяногорск	61 977	19	24	0	0

Окончание таблицы В.1

1	2	3	4	5	6
г. Сорск	11 485	70	12	1	0
г. Черногорск	76 259	117,87	48	0	0
Алтайский р-н	23500	1740	23	3	2
Аскизский р-н	43300	8200	42	3	2
Бейский р-н	21800	4500	19	4	1
Боградский р-н	15300	6600	21	2	3
Орджоникидзевский р-н	14500	6600	16	3	2
Таштыпский р-н	15800	19700	13	4	1
Усть-Абаканский р-н	40900	8880	37	4	1
Ширинский р-н	27800	6808	34	0	4
<b>Итого</b>			<b>386</b>	<b>29</b>	<b>20</b>
<b>Всего по СФО</b>			<b>10903</b>	<b>863</b>	<b>251</b>



## Приложение Г

### Пример иерархического кластерного анализа

1) Расчетные значения уязвимости для крупных городов Сибири сводим в таблицу 1, где  $X_1$  – вероятность наступления опасного техногенного события (ОС);  $X_2$  – вероятность наступления ЧС;  $X_3$  – вероятность гибели.

Таблица Г.1 – Анализируемые данные

Наименование населенного пункта	Номер объекта	Характеризующие переменные		
		$X_1$	$X_2$	$X_3$
г. Абакан	1	0,00798	0,004927842	0,00055
г. Ангарск	2	0,01266	0,008359732	0,001284
г. Анжеро-Судженск	3	0,0011	0,001143963	9,17E-05
г. Ачинск	4	0,00578	0,005455825	0,001009
г. Барнаул	5	0,02669	0,021735304	0,004311
г. Белово	6	0,00376	0,003783879	0,000183
г. Бердск	7	0,00569	0,00404787	0,000825
г. Бийск	8	0,00981	0,01126364	0,002476
г. Братск	9	0,0067	0,005807814	0,000642
г. Иркутск	10	0,03256	0,032470961	0,004586
г. Канск	11	0,00752	0,005983809	0,001101
г. Кемерово	12	0,00679	0,007215769	0,000642
г. Киселевск	13	0,00303	0,003343893	0,000275
г. Красноярск	14	0,06145	0,029215065	0,005228
г. Кызыл	15	0,0088	0,008183738	0,001192
г. Ленинск-Кузнецкий	16	0,00349	0,002903907	0,000275
г. Междуреченск	17	0,00257	0,010647659	0,000367
г. Новоалтайск	18	0,00449	0,003783879	0,000367
г. Новокузнецк	19	0,0078	0,010031679	0,000825
г. Новосибирск	20	0,05576	0,039158747	0,008346
г. Норильск	21	0,01495	0,008359732	0,001926
г. Омск	22	0,04962	0,051478353	0,009722
г. Прокопьевск	23	0,00816	0,00906371	0,000642
г. Рубцовск	24	0,00715	0,006775783	0,001009
г. Томск	25	0,02045	0,016807462	0,003852
г. Усолье-Сибирское	26	0,00743	0,005191834	0,001009
г. Усть-Илимск	27	0,00202	0,001495952	0,000183
г. Черногорск	28	0,0044	0,003079901	0,000183
г. Юрга	29	0,00101	0,001495952	9,17E-05
ЗАТО г. Железногорск	30	0,00064	8,80E-05	0
ЗАТО г. Северск	31	0,00046	0	0,000183436

2. На основе данных таблицы 1 рассчитывается первоначальная матрица расстояний  $D_0$  между объектами, используя расстояние Чебышева. Тогда, например, расстояние между первым и вторым объектами:

$$d_{12} = \max\{|0,00798 - 0,01266|; |0,004927842 - 0,008359732|; |0,00055 - 0,001284|\} = 0,005$$

$D_0$   
=

0	0,005	0,007	0,002	0,019	0,004	0,002	0,006	0,001	0,028	0,001	0,002	0,005	0,053	0,003	0,004	0,006	0,003	0,005	0,048	0,007	0,047	0,004	0,002	0,012	0,001	0,006	0,004	0,007	0,007	0,008	
	0	0,012	0,007	0,014	0,009	0,007	0,003	0,006	0,024	0,005	0,006	0,010	0,049	0,004	0,009	0,010	0,008	0,005	0,043	0,002	0,043	0,004	0,006	0,008	0,005	0,011	0,008	0,012	0,012	0,012	
		0	0,005	0,026	0,003	0,005	0,010	0,006	0,031	0,006	0,006	0,002	0,060	0,008	0,002	0,010	0,003	0,009	0,055	0,014	0,050	0,008	0,006	0,019	0,006	0,001	0,003	0,001	0,001	0,001	
			0	0,021	0,002	0,001	0,006	0,001	0,027	0,002	0,002	0,003	0,056	0,003	0,003	0,005	0,002	0,005	0,050	0,009	0,046	0,004	0,001	0,015	0,002	0,004	0,002	0,005	0,005	0,005	
				0	0,023	0,021	0,017	0,020	0,011	0,019	0,020	0,024	0,035	0,018	0,023	0,024	0,022	0,019	0,029	0,013	0,030	0,019	0,020	0,006	0,019	0,025	0,022	0,026	0,026	0,026	
					0	0,002	0,007	0,003	0,029	0,004	0,003	0,001	0,058	0,005	0,001	0,007	0,001	0,006	0,052	0,011	0,048	0,005	0,003	0,017	0,004	0,002	0,001	0,003	0,004	0,004	
						0	0,007	0,002	0,028	0,002	0,003	0,003	0,056	0,004	0,002	0,007	0,001	0,006	0,050	0,009	0,047	0,005	0,003	0,015	0,002	0,004	0,001	0,005	0,005	0,005	
							0	0,005	0,023	0,005	0,004	0,008	0,052	0,003	0,008	0,007	0,007	0,002	0,046	0,005	0,040	0,002	0,004	0,011	0,006	0,010	0,008	0,010	0,011	0,011	
								0	0,027	0,001	0,001	0,004	0,055	0,002	0,003	0,005	0,002	0,004	0,049	0,008	0,046	0,003	0,001	0,014	0,001	0,005	0,003	0,006	0,006	0,006	
									0	0,026	0,026	0,030	0,029	0,024	0,030	0,030	0,029	0,025	0,023	0,024	0,019	0,024	0,026	0,016	0,027	0,031	0,029	0,032	0,032	0,032	
										0	0,001	0,004	0,054	0,002	0,004	0,005	0,003	0,004	0,048	0,007	0,045	0,003	0,001	0,013	0,001	0,006	0,003	0,007	0,007	0,007	
											0	0,004	0,055	0,002	0,004	0,004	0,003	0,003	0,049	0,008	0,044	0,002	0,001	0,014	0,002	0,006	0,004	0,006	0,007	0,007	
												0	0,058	0,006	0,001	0,007	0,001	0,007	0,053	0,012	0,048	0,006	0,004	0,017	0,004	0,002	0,001	0,002	0,003	0,003	
													0	0,053	0,058	0,059	0,057	0,054	0,010	0,047	0,022	0,053	0,054	0,041	0,054	0,059	0,057	0,060	0,061	0,061	
														0	0,005	0,006	0,004	0,002	0,047	0,006	0,043	0,001	0,002	0,012	0,003	0,007	0,005	0,008	0,008	0,008	
															0	0,008	0,001	0,007	0,052	0,011	0,049	0,006	0,004	0,017	0,004	0,001	0,001	0,002	0,003	0,003	
																0	0,007	0,005	0,053	0,012	0,047	0,006	0,005	0,018	0,005	0,009	0,008	0,009	0,011	0,011	
																	0	0,006	0,051	0,010	0,048	0,005	0,003	0,016	0,003	0,002	0,001	0,003	0,004	0,004	
																		0	0,048	0,007	0,042	0,001	0,003	0,013	0,005	0,009	0,007	0,009	0,010	0,010	
																			0	0,041	0,012	0,048	0,049	0,035	0,048	0,054	0,051	0,055	0,055	0,055	
																				0	0,043	0,007	0,008	0,008	0,008	0,013	0,011	0,014	0,014	0,014	
																					0	0,042	0,045	0,035	0,046	0,050	0,048	0,050	0,051	0,051	
																						0	0,042	0,045	0,035	0,046	0,050	0,048	0,050	0,051	0,051
																							0	0,002	0,012	0,004	0,008	0,006	0,008	0,009	0,009
																								0	0,013	0,002	0,005	0,004	0,006	0,007	0,007
																									0	0,013	0,018	0,016	0,019	0,020	0,020
																										0	0,005	0,003	0,006	0,007	0,007
																											0	0,053	0,054	0,054	0,002
																												0	0,051	0,051	0,004
																													0	0,001	0,0015
																														0	0,0002
																															0

Первоначально матрица расстояния  $D_0$  характеризуется расстоянием между отдельными объектами, каждый из которых на первом шаге является отдельным кластером

3. Определение пары самых близких кластеров. Как видно по элементам матрицы  $D_0$  наиболее близкими являются объекты  $n_{30}$  и  $n_{31}$  ( $d_{3031} = 0,0002$ ). Объединим их в один кластер и присвоим ему номер  $S_{30}$ . Пересчитаем расстояния всех оставшихся объектов (кластеров) до кластера  $S_{30}$ , получим новую матрицу расстояний  $D_1$ .

4. Процедура 2, 3 повторяется до тех пор, пока все объекты не будут объединены в один кластер.

5. Результаты классификации представляются в виде дендрограммы.

## Приложение Д

### Карты комплексного территориального техногенного риска по субъектам СФО

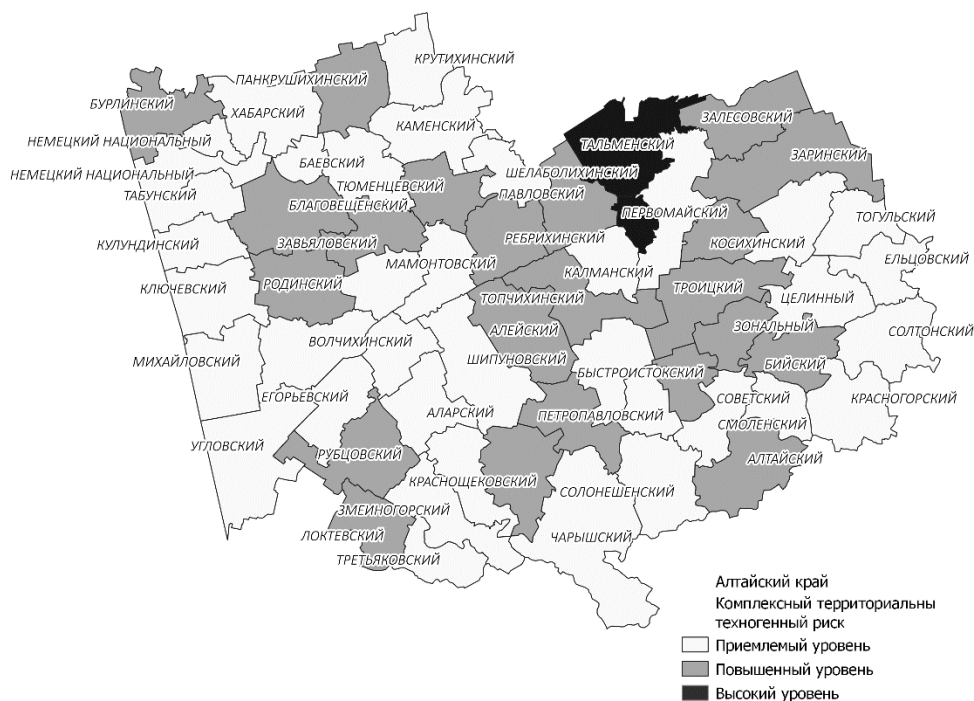


Рисунок Д.1 – Карта Алтайского края

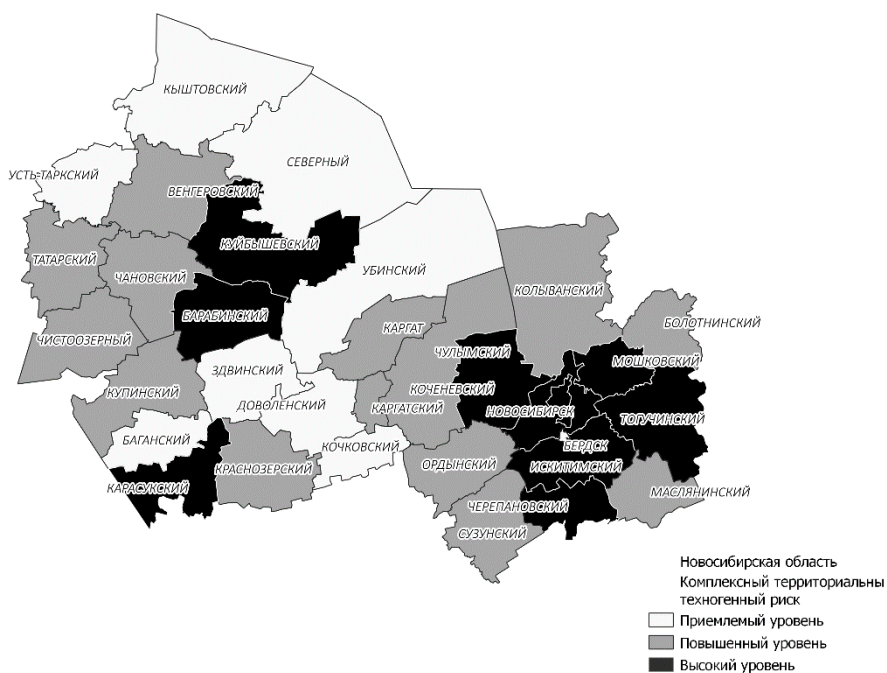


Рисунок Д.2 – Карта Новосибирской области



Рисунок Д.3 – Карта Красноярского края

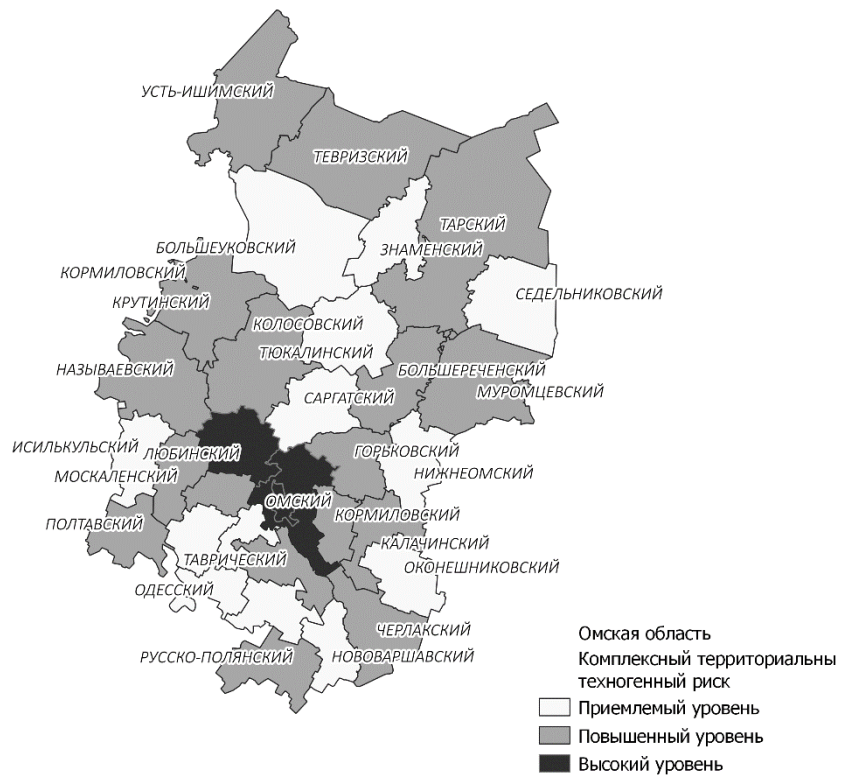


Рисунок Д.4 – Карта Омской области

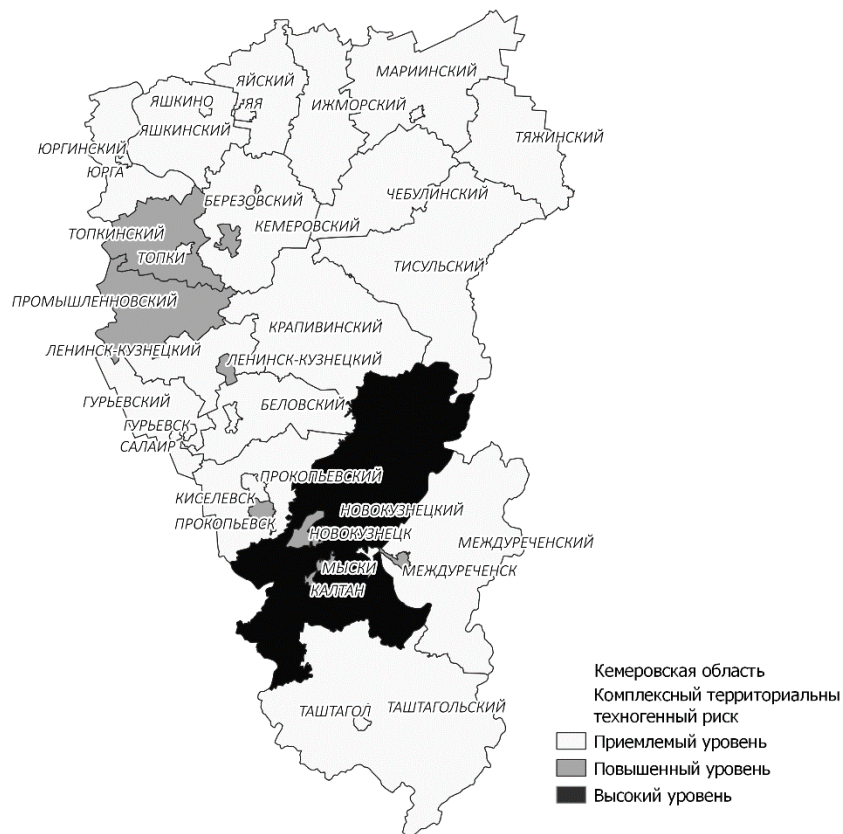


Рисунок Д.5 – Карта Кемеровской области



Рисунок Д.6 – Карта Иркутской области

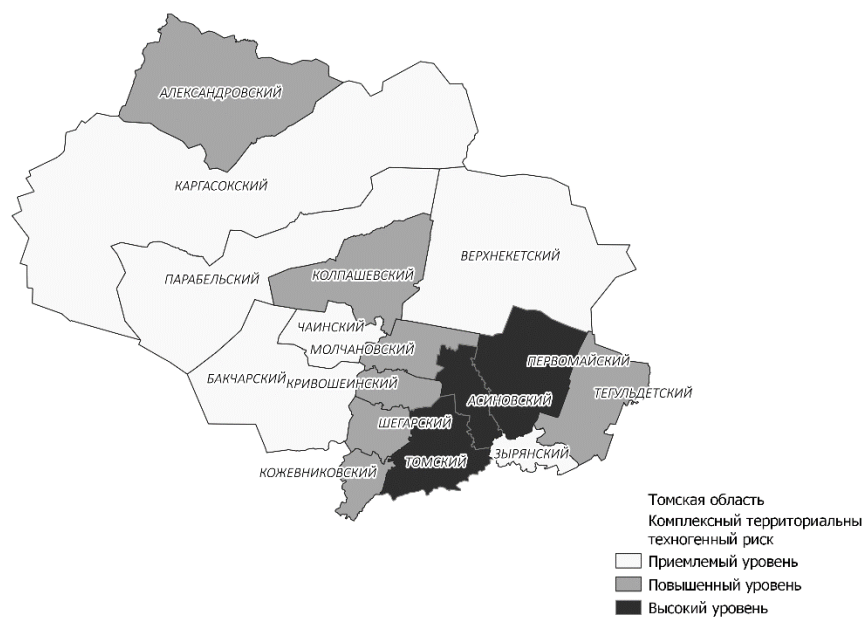


Рисунок Д.7 – Карта Томской области



Рисунок Д.8 – Карта Республики Алтай



Рисунок Д.9 – Карта Республики Тыва

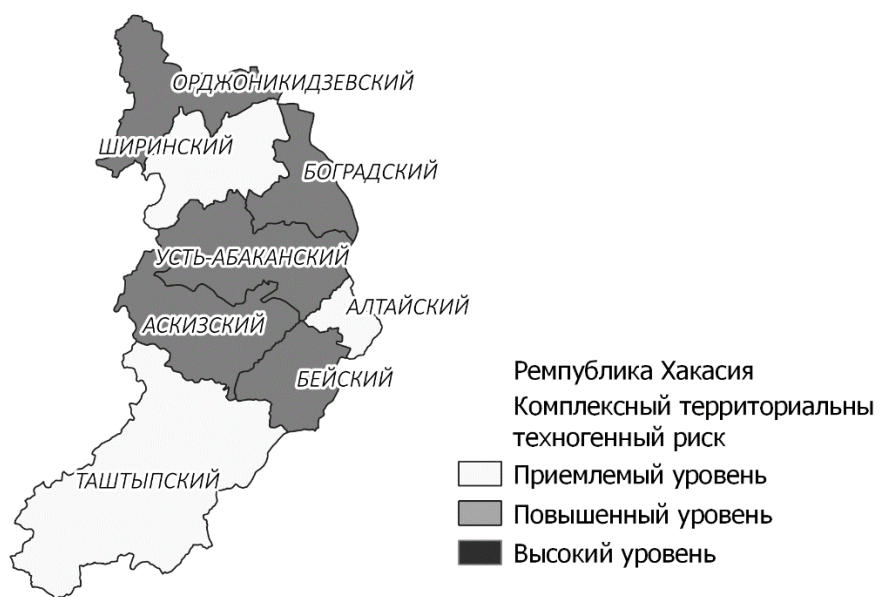


Рисунок Д.10 – Карта Республики Хакасия



## Приложение Е

### Документы о применении результатов диссертационной работы

МИНОБРНАУКИ РОССИИ



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
**«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР  
 ИНФОРМАЦИОННЫХ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»**  
 (ФИЦ ИВТ)

Проспект Академика Лаврентьева, д. 6, г. Новосибирск, 630090  
 Тел.: +7 (383) 330-6150, факс: +7 (383) 333-18-24, e-mail: ict@ict.nsc.ru  
 ОКПО 05222159, ОГРН 1025403650920, ИНН/КПП 5408105390/540801001



УТВЕРЖДАЮ

И.о. директора, д.ф.-м.н.,  
 Медведев С.Б.

#### АКТ

о применении результатов диссертационной работы У.С. Постниковой  
 «Оценка и управление территориальными техносферными рисками социально-природно-техногенных систем промышленных регионов Сибири»

Результаты диссертационной работы У.С. Постниковой использованы при выполнении государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ № АААА-А17-117120670141 по теме «Теоретические основы, алгоритмическое обеспечение и информационные технологии для решения фундаментальных и прикладных задач исследования сложных техногенных, природных и биологических систем» в рамках проекта «Разработка нового поколения информационных систем мониторинга и оценки рисков развития социально-природно-техногенных систем для управления промышленными регионами страны». Исследования по проекту проводились в период 2017-2020 годов. Исследования выполнялись по двум основным направлениям:

– оценки рисков территориального развития субъектов, городских и муниципальных образований СФО (индивидуальный, популяционный, риски здоровья населения (канцерогенный и неканцерогенный), риски опасных производственных объектов);

– развитие методов и технологий экологического, геомеханического и геодинамического мониторинга, применение систем дистанционного зондирования (космический мониторинг, беспилотные летательные аппараты), методы нейросетевых технологий для оценки экологического состояния территорий промышленных регионов и С-П-Т систем.

В процессе реализации проекта Постниковой У.С. решалась одна из основных задач проекта: определение базовых и разработка нормативных уровней рисков, характеризующих допустимое воздействие на элемент С-П-Т системы «техносфера» с учетом региональных социо-техно-экосферных особенностей и специфики техногенного воздействия с последующим

ранжированием территорий по степени риска с использованием ГИС-технологий и разработкой рекомендаций, нацеленных на снижение уровня рисков и повышение эффективности управления территориальными образованиями.

Получены следующие результаты:

- определена номенклатура базовых рисков развития С-П-Т систем и их нормативные уровни, характеризующие основные процессы, происходящие в отдельных элементах социо-техно-экосфер.
- проанализированы модели и методы оценки рисков С-П-Т системы, определены базовые территориальные риски С-П-Т системы;
- построены карты рисков и проведено ранжирование территорий муниципальных образований Красноярского края;
- разработана методика расчетной оценки индивидуального и комплексного территориального техногенного риска;
- сформулированы расчетные модули и определены риски по элементу С-П-Т системы «техносфера» для муниципальных образований и промышленных регионов;
- разработан проект нормативно-технического документа «Руководство по оценке территориальных рисков развития муниципальных образований и социально-природно-техногенных систем»;
- разработан алгоритм системы поддержки принятия решений на основе риск-ориентированного подхода, который внедрен в информационную систему территориального управления рисками и безопасностью.

Заведующий лабораторией мониторинга и  
Природно-техногенной безопасности, г.н.с.,  
д.т.н., профессор



В.В. Москвичев



СИБИРСКИЙ | SIBERIAN  
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ | FEDERAL  
УНИВЕРСИТЕТ | UNIVERSITY

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Сибирский федеральный университет»

660041, Красноярский край,  
г. Красноярск, проспект Свободный, д. 79  
телефон: (391) 244-82-13, тел./факс: (391) 244-86-25  
http://www.sfu-kras.ru, e-mail: office@sfu-kras.ru

ОКПО 02067876; ОГРН 1022402137460;  
ИНН/КПП 2463011853/246301001



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе  
Денис Сергеевич

№ \_\_\_\_\_  
на № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

### АКТ

#### о внедрении результатов научных исследований в учебный процесс

Комиссия в составе: председатель – д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой техносферной и экологической безопасности (ТиЭБ) ПИ СФУ Кулагина Т.А.,  
члены комиссии: к.т.н., доцент, доцент кафедры ТиЭБ ПИ СФУ Енютина Т.А.;  
государственный советник РФ 3 класса, доцент базовой кафедры ТиЭБ ПИ СФУ Терешков В.И.

составили настоящий акт о том, что результаты научных исследований, проведенных Постниковой Ульяной Сергеевной в рамках диссертационной работы на тему «Оценка и управление территориальными техносферными рисками социально-природно-техногенных систем промышленных регионов Сибири», включены в курс лекций «Риск-анализ аварийных ситуаций и катастроф» для подготовки магистров, обучающихся по направлению 20.04.01 – техносферная безопасность.

Председатель комиссии \_\_\_\_\_ Кулагина Т.А.

Члены комиссии: \_\_\_\_\_ Енютина Т.А.

\_\_\_\_\_ Терешков В.И.

**АКТ**

О внедрении результатов диссертационного исследования У.С. Постниковой «Оценка и управление территориальными техносферными рисками социально-природно-техногенных систем промышленных регионов Сибири» в работу оперативной дежурной смены Центра управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по Красноярскому краю

Выдана в диссертационный Совет о том, что результаты диссертационного исследования, а именно методика оценки территориального техногенного риска, основанная на методах математической классификации данных внедрена в работу оперативной дежурной смены Центра управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по Красноярскому краю (далее - ЦУКС).

Методика оценки риска применяется в ЦУКС для идентификации опасностей и угроз, выявления наиболее опасных видов событий, которые требуют особого внимания и контроля, детального анализа территориальной безопасности региона по уровню риска. Методика позволила решить ряд смежных задач, включая анализ территориальных рисков техногенного характера, формирование аналитических отчётов, методических рекомендаций для муниципальных образований, обоснования инновационных методов снижения рисков и экстренного реагирования на опасности и угрозы.

Заместитель начальника ЦУКС  
ГУ МЧС России по Красноярскому краю  
подполковник внутренней службы

А.В. Яровой

Подпись заместителя начальника ЦУКС Главного управления МЧС России по Красноярскому краю подполковника внутренней службы А.В. Ярового, верна.

Начальник управления кадровой,  
воспитательной работы и профессионального обучения  
ГУ МЧС России по Красноярскому краю  
полковник



А.М. Медведев

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ  
И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования

**«Сибирский государственный  
университет науки и технологий  
имени академика М.Ф. Решетнева»  
(СибГУ им. М.Ф. Решетнева)**

проспект им. газеты Красноярский рабочий, 31  
г. Красноярск, 660037  
тел.: +7 (391) 264-00-14 факс: +7 (391) 264-47-09  
<http://www.sibsau.ru> e-mail: [info@sibsau.ru](mailto:info@sibsau.ru)  
ОКПО 02069734, ОГРН 1022402056038  
ИНН/КПП 2462003320/246201001

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по НИД  
Ю. Ю. Логинов



№ \_\_\_\_\_

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

**АКТ о внедрении результатов научных  
исследований в учебный процесс**

Комиссия в составе: председатель д.т.н., профессор кафедры безопасности жизнедеятельности В.А. Рогов  
члены комиссии: д.с.-х.н., проф., зав. кафедрой лесного инжиниринга Е.В. Авдеева,  
к.т.н., доцент, зав. кафедрой лесоводства, охраны и защиты леса  
П.В. Михайлов,  
к.т.н., доцент, директор института гражданской авиации и таможенного дела  
Е.В. Кузнецов

составили настоящий акт о том, что результаты научных исследований, проведенных Постниковой Ульяной Сергеевной в рамках диссертационной работы на тему «Оценка и управление территориальными техносферными рисками социально-природно-техногенных систем промышленных регионов Сибири», включены в курс лекций по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности», разработаны методические указания к лабораторным работам «Безопасность жизнедеятельности. Производственный травматизм» для студентов бакалавриата по всем направлениям подготовки всех форм обучения и методические указания к практическим работам «Оценка рисков социосферы (статистические методы)» для подготовки магистров по направлениям подготовки 20.04.01 — Техносферная безопасность. Полученные в диссертационной работе результаты использованы:

– при выполнении проекта Краевого государственного автономного учреждения «Красноярский краевой фонд поддержки научной и научно-технической деятельности», проект № 2021101907838 «Разработка методов управления территориальным развитием на основе риск-ориентированного подхода»;

– при выполнении проекта Российского фонда научных исследований и Краевого государственного автономного учреждения «Красноярский краевой фонд поддержки научной и научно-технической деятельности», проект № 18-47-240006 р\_а «Методы и информационные технологии оценки рисков развития социально-природно-техногенных систем промышленного региона».

Председатель комиссии

В.А. Рогов

Члены комиссии

Е.В. Авдеева  
П.В. Михайлов  
Е.В. Кузнецов



**КОМИССИЯ РАН  
ПО ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

119991 Москва, Ленинский просп., 32-а; тел.: (495) 930-80-78; факс: (495) 930-80-75, e-mail: kei51@mail.ru

Исх. от 23.05.2022 г. №1058

**ЭКСПЕРТНОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ  
на проект нормативно-технического документа  
«Руководство по оценке территориальных рисков развития муниципальных образований и социально-природно-техногенных систем»**

Представленное Руководство является системой взаимосвязанных методических материалов, определяющих процедуру оценки рисков развития социально-природно-техногенных систем. Целью данного документа является обеспечение информационной поддержки принятия решений на территории муниципального образования в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций и происшествий природного и техногенного характера на основе риск-ориентированного подхода.

Нормативный документ состоит из 6 разделов, в которых подробно описана процедура оценки рисков по трем укрупненным группам (техногенные, медико-экологические и экосферные риски), методы ранжирования муниципальных образований по уровню риска и защищенности, картографирования рисков с использованием ГИС-технологий и соответствующая информационная система территориального управления рисками и безопасностью (ИСТУ РБ).

Руководство выполнено в рамках федерального законодательства и предназначено для экспертной оценки состояния территориальной безопасности и защищенности с целью формирования предложений и программных мероприятий по минимизации рисков развития.

Руководство в простой и ясной форме дает сопоставительную оценку рисков на основе анализа всей совокупности факторов и опасностей, возникающих на территории муниципального образования.

Рекомендуется для практического использования в структурных подразделениях МЧС России, обеспечивающих разработку целевых программ по снижению риска и смягчения последствий ЧС природного и техногенного характера.

Руководство имеет высокий потенциал для использования территориальными структурами Росприроднадзора и Роспотребнадзора для целей комплексного оценивания рискоопасности и защищенности муниципальных образований, выявления основных факторов риска с целью их парирования.

Председатель Комиссии РАН  
по техногенной безопасности  
член-корреспондент РАН

 Н.А. Махутов