

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Политехнический институт  
Кафедра «Инженерная экология и безопасность жизнедеятельности»

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ Т.А. Кулагина  
подпись                      инициалы, фамилия

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

## МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

«Анализ базовых рисков развития социально-природно-техногенных систем»

20.04.01 «Техносферная безопасность»

20.04.01.01 «Безопасность жизнедеятельности в техносфере»

Научный руководитель \_\_\_\_\_ д.т.н., профессор В.В. Москвичев  
подпись, дата

Выпускник \_\_\_\_\_ У.С. Иванова  
подпись, дата

Рецензент \_\_\_\_\_ В.И. Терешков  
подпись, дата

Красноярск 2018

## АННОТАЦИЯ

В исследовательской работе была рассмотрена проблема устойчивого развития промышленных территорий. Основываясь на ненулевую концепцию риска аварий и катастроф, которая характеризуется невозможностью полного предотвращения и исключения возникновения техногенных аварий, природных катастроф и других чрезвычайных ситуаций, тем самым возможно лишь снизить их количество, уменьшить ущерб от их последствий путем мониторинга и анализа рисков развития.

Для оценки безопасности любой территории необходима комплексная система. Такой системой является социально-природно-техногенная система (С-П-Т система) представляющая собой единую систему, включающую элементы техносферы, социосферы и экосферы. Каждый элемент С-П-Т системы подвержен возникновению угроз разной степени. В целях единого управления и устойчивого развития С-П-Т системы необходим информационный аппарат, объединяющий мониторинговую информацию и анализ рисков.

В исследовательской работе за основу взята информационная система территориального управления рисками и безопасностью (ИСТУ РБ), в рамках которой были проанализированы модели оценки техногенного риска.

Для решения поставленной цели были проанализированы статистические данные по территориям Красноярского края, получены результаты по индивидуальным, коллективным, материальным и социальным рискам. Итогом исследовательской работы стал анализ безопасности и оценка рисков территорий Красноярского края.

**СОЦИАЛЬНО-ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННАЯ СИСТЕМА, ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ И БЕЗОПАСНОСТЬЮ, МОНИТОРИНГ, БАЗОВЫЕ ТЕХНОГЕННЫЕ РИСКИ, ОЦЕНКА РИСКА ПРИ ЧС ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА.**

## РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация по теме «Анализ базовых рисков развития социально-природно-техногенных систем» содержит 71 страницу текстового документа, 62 использованных источников, 5 листов графического материала.

**СОЦИАЛЬНО-ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННАЯ СИСТЕМА, ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ И БЕЗОПАСНОСТЬЮ, МОНИТОРИНГ, БАЗОВЫЕ ТЕХНОГЕННЫЕ РИСКИ, ОЦЕНКА РИСКА ПРИ ЧС ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА.**

Объект исследования – анализ безопасности территорий Красноярского края с учетом возникновения аварий и катастроф техногенного характера при использовании риск-ориентированного подхода

Предмет исследования – устойчивое развитие промышленных регионов.

Цель работы – определение и анализ базовых техногенных рисков для информационной системы территориального управления рисками и безопасностью (ИСТУ РБ) промышленного региона, обеспечивающих информационную поддержку принятия решений по реализации мероприятий, направленных на снижение рисков устойчивого развития

В соответствии с поставленной целью были решены задачи:

1 Проведен анализ методов и механизмов, обеспечивающих безопасность и устойчивое развитие территорий.

2 Определена номенклатура базовых техногенных рисков развития С-П-Т систем и их нормативные уровни.

3 Проанализированы основные опасные техногенные факторы и их риски для Красноярского края.


4 Определены техногенные риски по территориям Красноярского края (по районам), и выявлены территории с повышенным индивидуальным риском.

В магистерской диссертации представлены результаты, связанные с решением задач количественной оценки комплексной безопасности территориальных образований с использованием критериев и методов анализа рисков.

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Политехнический институт  
Инженерная экология и безопасность жизнедеятельности

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 Кулагина Т. А.

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

**ЗАДАНИЕ**  
**НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ**  
**в форме магистерской диссертации**

**ЗАДАНИЕ  
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ  
в форме магистерской диссертации**

Студенту Ивановой Ульяне Сергеевне  
Группа ФЭ16-07М  
Направление (специальность) 20.04.01 «Техносферная безопасность»  
программа 20.04.01.01 «Безопасность жизнедеятельности в техносфере»  
Тема выпускной квалификационной работы: «Анализ базовых рисков развития социально-природно-техногенных систем»

Утверждена приказом по университету № 6744/с от 10.05.2018 г.

Руководитель ВКР В.В. Москвичев д.т.н., профессор, директор СКТБ «Наука» ИВТ СО РАН

Исходные данные для ВКР: справочная литература; учебная литература.

Перечень разделов ВКР:

1 Проблемы обеспечения безопасности и механизмы развития территориальных систем.

2 Модели оценки техногенных рисков.

3 Анализ и количественная оценка базовых рисков от ЧС в С-П-Т системе на примере территорий Красноярского края.

Перечень графического или иллюстративного материала с указанием основных чертежей, плакатов, слайдов:

Лист 1 – Статистические данные.

Лист 2 – Информационная система территориального управления рисками и безопасностью.

Лист 3 – Системы территориального управления.

Лист 4 – Классификация ЧС и модели оценки риска.

Лист 5 – Статистические данные и оценка риска техногенного характера для территорий Красноярского края.

Научный руководитель



подпись, дата

В. В. Москвичев

Задание принял к исполнению



подпись, дата

У. С. Иванова

**КАЛЕНДАРНЫЙ ГРАФИК**  
выполнения этапов ВКР

Наименование и содержание этапа	Сроки выполнения
Литературный обзор ранее использованных или предложенных систем мониторинга и территориального управления	10.10.2016 – 10.12.2016
Продолжение исследования литературы, патентов, книг и статей, нормативных документов по моделям оценки риска	12.01.2017 – 12.05.2017
Расчет базовых рисков ЧС техногенного характера на примере территорий Красноярского края	16.10.2017 – 12.12.2017
Оформление исследований и расчетов	12.01.2018 – 17.03.2018
Оформление пояснительной записки	20.04.2018 – 12.05.2018
Графическое оформление чертежей, доклада	17.05.2018 – 10.06.2018

Научный руководитель

  
подпись, дата

В. В. Москвичев

Задание принял к исполнению

  
подпись, дата

У. С. Иванова

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	8
1 Проблемы обеспечения безопасности и механизмы развития территориальных систем .....	10
1.1 Состояние безопасности на территории Российской Федерации ....	10
1.2 Социально-природно-техногенная система – механизм устойчивого развития территорий .....	11
1.3 Системы территориального управления.....	15
1.4 Общая характеристика безопасности на территории Красноярского края .....	19
1.5 Мониторинг – как механизм предотвращения опасности.....	23
2 Модели оценки техногенных рисков .....	33
2.1 Нормативно-правовая база в сфере рисков .....	33
2.2 Классификация и виды методов оценки рисков .....	37
2.3 Зарубежные программные комплексы по оценке риска .....	46
2.4 Отечественные программные аппараты оценки риска .....	47
3 Анализ и количественная оценка базовых рисков от ЧС в С-П-Т системе на примере территорий Красноярского края .....	51
3.1 Виды ЧС и их влияние на развитие территорий Красноярского края. Определение базовых рисков.....	51
3.2 Оценка техногенного риска ЧС на примере Красноярского края ...	55
3.3 Анализ безопасности территорий Красноярского края .....	62
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	66
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	67

## ВВЕДЕНИЕ

Научно-техническое развитие страны предопределяется наличием в городах критически и стратегически важных и потенциально опасных объектов техносферы. Проявляется две тенденции: с одной стороны формирование критической инфраструктуры техносферы, и как следствие, выдающиеся достижения в различных областях, с другой стороны наличие объектов техносферы приводят к возникновению угроз среде обитания, человеку и обществу в целом. Следует учитывать, что безопасность и защищенность объектов повышенного риска от аварий и катастроф не в полной мере соответствует современным требованиям. Ненулевая концепция риска аварий и катастроф отражает тот факт, что не возможно полностью предотвратить и исключить возникновение техногенных аварий, природных катастроф и других чрезвычайных ситуаций, возможно снизить их количество, уменьшить ущерб от их последствий путем мониторинга и анализа рисков развития. Для оценки комплексной безопасности территориальных образований большое внимание уделяется разработке и использованию критериев и методов анализа рисков. Под рисками понимается вероятность возникновения угрозы бедствия или катастрофы, ведущая к значительному ущербу.

Социально-природно-техногенная система (С-П-Т система) представляет собой единую систему, включающую элементы техносферы, социосферы и экосферы. На сегодняшний день в России отсутствует единая информационная система комплексного мониторинга экологического состояния окружающей среды и прогнозирования возможных чрезвычайных ситуаций.

Актуальность работы определяется необходимостью реализации стратегии национальной безопасности на региональном уровне.

Цель работы заключается в разработке методов и моделей анализа природно-техногенной безопасности региональных социально-природно-техногенных систем в рамках концепции устойчивого развития на основе управления рисками чрезвычайных ситуаций.

В работе поставлены следующие задачи:

- определение базовых рисков техносферы;
- расчет и анализ рисков ЧС техногенного характера на примере Красноярского края;
- анализ безопасности региона.

Анализ территориальных рисков требует комплексного подхода, учитывающего всю номенклатуру источников угроз и формы их проявления на рассматриваемой территории. Наиболее известны труды в области анализа и оценки риска промышленных аварий и катастроф представлены В.А. Акимовым, К.А. Козловым, А.М. Лепихиным, Н.А. Махутовым, В.В. Москвичевым, М.И. Фалеевым. Большинство методик по оценке территориальных рисков основываются на статистических данных о количестве ЧС по видам, времени, территории возникновения. Нормативные документы, регламентирующие методические и технологические принципы



количественной оценки территориальных рисков, до настоящего времени не разработаны, что предопределяет актуальность постановки данной работы.

Анализ базовых рисков развития социально-природно-техногенных систем является исходной основой для разработки долгосрочных, среднесрочных и краткосрочных целевых программ, планов, а также для принятия соответствующих решений по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Определение базовых рисков развития обеспечит органами территориального управления на региональном и муниципальном уровнях возможность принятия объективных управленческих решений, обеспечивающих устойчивое развитие территориальных образований.

# 1 Проблемы обеспечения безопасности и механизмы развития территориальных систем

## 1.1 Состояние безопасности на территории Российской Федерации

Российская Федерация имеет огромную территорию с большим разнообразием геологических, климатических и ландшафтных условий, и тем самым подвержена воздействию различных видов (более 30) опасных природных явлений, среди которых наиболее разрушительными являются наводнения, ураганы, смерчи, землетрясения, лесные пожары.

Развитая экономика и инфраструктура, подвергает страну воздействию широкого спектра опасностей техногенного и социального характера [1, 2].

Основная проблема устойчивого развития России - обеспечение защищенности населения и территорий от ЧС природного, техногенного и социального характера [3, 4]. Негативная динамика роста людских, материальных и финансовых потерь при ЧС определяет актуальность данной проблемы.

По данным МЧС РФ, ежегодно происходит до 1000 чрезвычайных ситуаций, из них более 60% имеют техногенный характер (на рисунках 1 и 2)

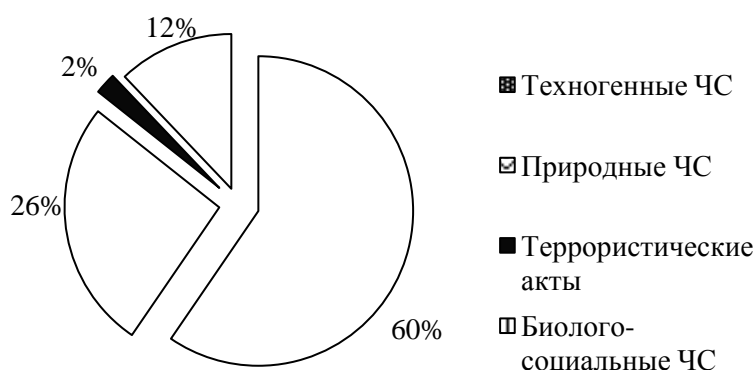


Рисунок 1 – Структура количественных показателей по видам ЧС

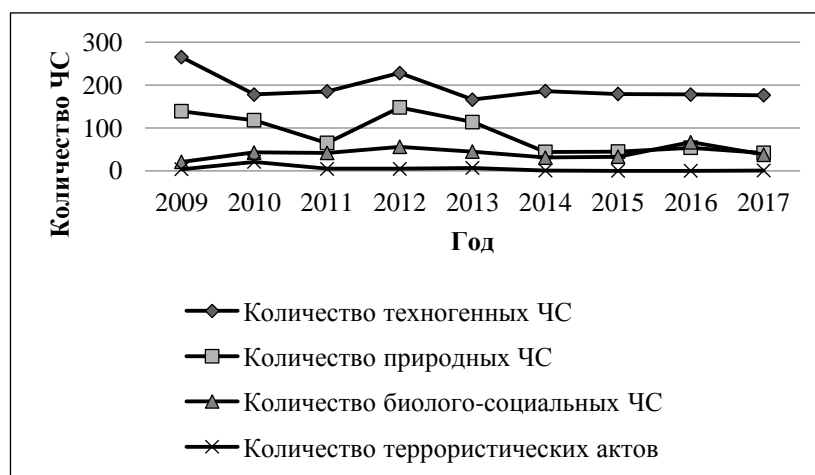


Рисунок 2 – График изменения ЧС в РФ (2009-2017 гг.)

На территории РФ функционирует более 12 000 потенциально опасных объектов [5]. Анализ чрезвычайных ситуаций техногенного характера показывает, что значительная доля приходится на аварии и катастрофы на объектах техносферы (в соответствии с рисунком 3).

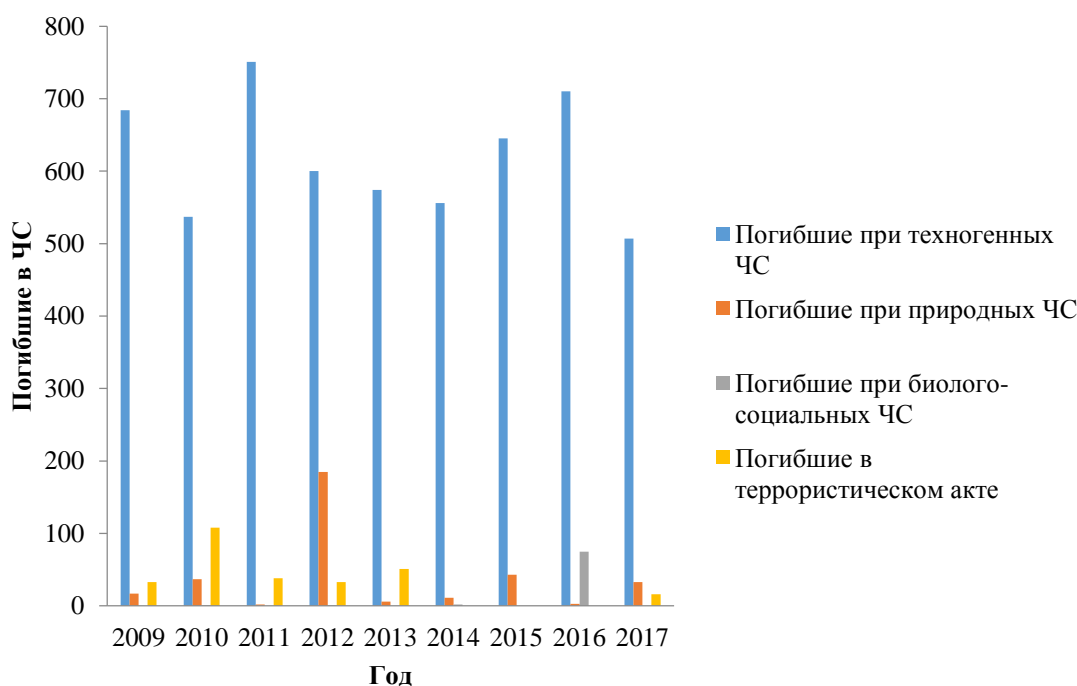


Рисунок 3 – Изменения числа погибших при разных видах ЧС в РФ (2009-2017 гг.)

Развитие промышленности оказывает негативное влияние на экологическую безопасность [6, 7]. Нерациональное природопользование и недостаточная эффективность государственного контроля приводит к истощению сырьевых запасов, биологических и водных ресурсов, загрязнению окружающей среды и деградации природных комплексов.

На основании вышеизложенного и в соответствии с Указом Президента «О стратегии национальной безопасности» от 31.12.2015 г. №683 национальная безопасность – безопасность индивидуума, общества и государства от различных угроз, основываться на развитой единой системе комплексного мониторинга, прогнозирования возможных ЧС и принятия мер по снижению риска возникновения аварийных происшествий и катастроф. Достижение стратегических целей осуществимо по средствам информационной системы территориального управления рисками и безопасностью (ИСТУ РБ).

## 1.2 Социально-природно-техногенная система – механизм устойчивого развития территорий

Стратегия национальной безопасности и федеральное законодательство в области стратегического планирования определили базовые стратегические

цели – сохранение народонаселения, повышение уровня жизни и обеспечение национальной безопасности, основывающееся на снижении рисков жизнедеятельности. Реализация комплексного подхода к достижению безопасности на всех уровнях управления (федеральный, региональный, субъектовый, муниципальный) определяется решением ряда научных и организационных задач в рамках единой социально-природно-техногенной системы (С-П-Т система) [8].

С-П-Т система – представляет собой систему взаимосвязанных элементов социо-эко-техносферы (рис. 4), в пределах которой формируются и реализуются комплексы социальных, природных и техногенных рисков ее развития и функционирования, риски создания техники и технологий, риски возникновения аварийных и катастрофических ситуаций, сопровождающихся гибелью людей, разрушением объектов инфраструктуры и поражениями природной среды.

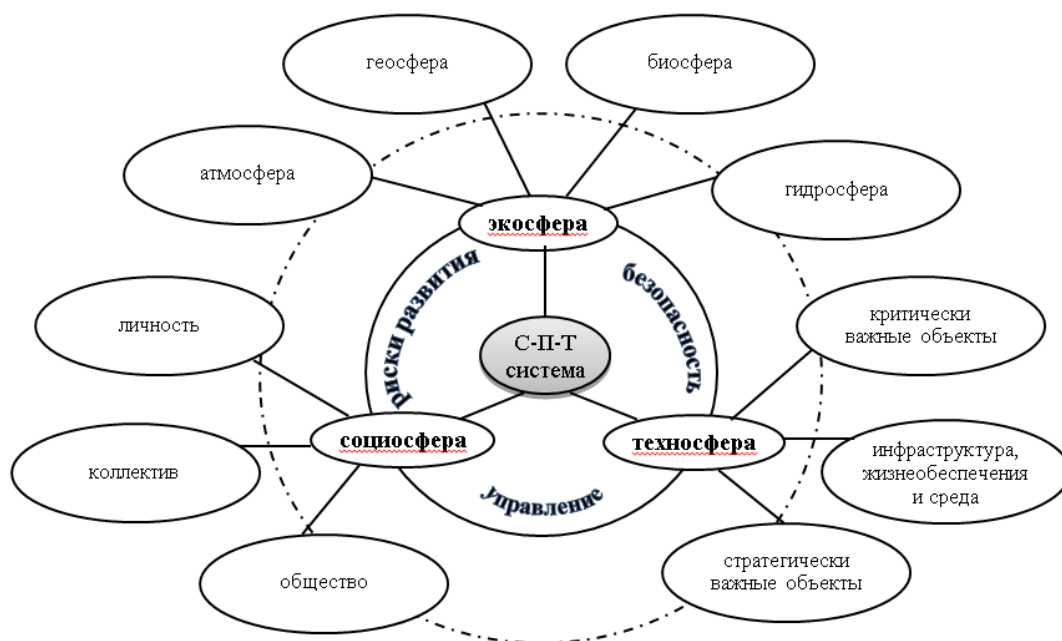


Рисунок 4 – Структурные элементы С-П-Т системы

Количественные оценки рисков развития становятся основой в решение задач управления и прогноза устойчивого развития территорий (регион, субъект, муниципальное образование) [9]. Количественная оценка рисков 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 производственных объектах;

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

Оценка рисков развития С-П-Т систем требует сбора, обработки и анализа огромных массивов данных мониторинга состояния основных элементов, что предполагает необходимость разработки информационной системы территориального управления рисками и безопасностью (ИСТУ РБ) для отдельных промышленных агломераций, субъектов и регионов, основанной на информационных технологиях нового поколения (Рисунок 5).

Разработка концепции и реализация ИСТУ РБ позволит интегрировать в единое целое на основе нового поколения информационных систем накопленный опыт сетевого мониторинга состояния окружающей среды и техносферы, технологии анализа больших объемов информации и моделирования, теории безопасности и риска, механизмы территориального управления и методы прогнозирования социально-экономического развития [10].

При создании ИСТУ РБ решается проблема информационного обеспечения принятия решений территориального управления исходя из данных мониторинга, модельных и прогнозных оценок рисков социально-экономического и научно-технического развития, рисков возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и обеспечения безопасности.

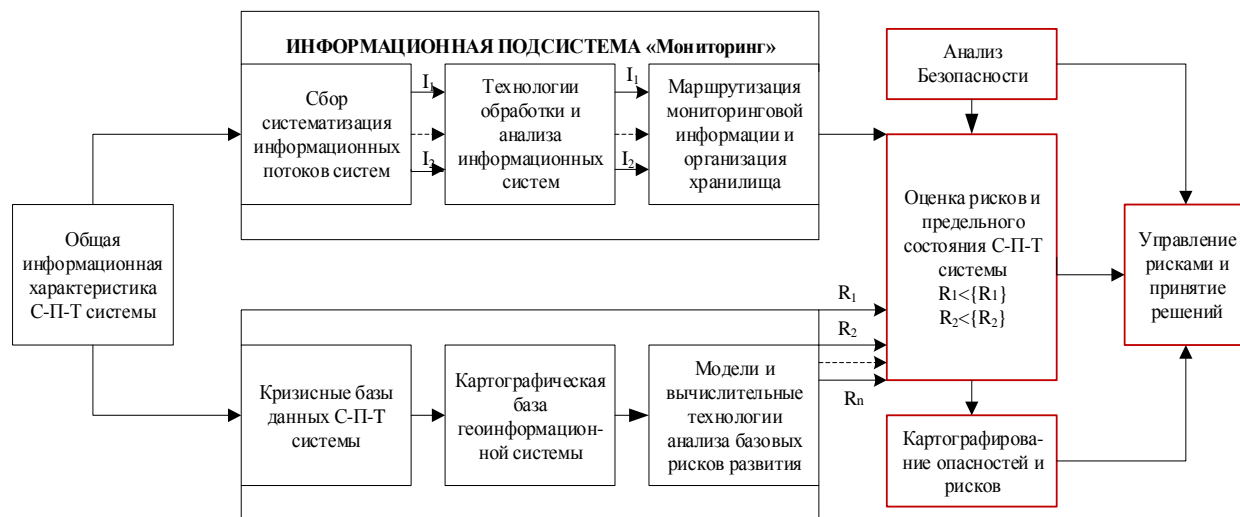


Рисунок 5 – Блок-схема информационной системы территориального управления рисками и безопасностью (ИСТУ РБ)

Информационная система направлена на решение следующих задач:  
оценку экологических, технологических, индивидуальных и социальных рисков;

- разработку экологических нормативов, характеризующих допустимое воздействие на экосистемы с учётом региональных геоэкологических особенностей и специфики антропогенного воздействия;

- комплексную характеристику состояния социально-природно-техногенных систем, ранжирование территорий по степени риска с использованием ГИС-технологий;

- формирование программ и мероприятий, нацеленных на снижение уровня риска, разработку рекомендаций по повышению эффективности управления территориальными образованиями.

ИСТУ РБ промышленного региона должна удовлетворять следующим требованиям:

- иметь универсальную структуру, включающую базовое информационное наполнение для оценки базовых рисков развития и обеспечивающую возможность отражения региональных особенностей состояния и развития С-П-Т систем;

- использовать унифицированные алгоритмы, протоколы и форматы представления исходной и результирующей информации в соответствии с требованиями нормативно-технических документов;

- обеспечивать оперативность получения и обработки исходной информации, анализа рисков развития и безопасности, формулировок принятия решений;

- допускать возможность замены и встраивание новых элементов, технологических решений, вычислительных алгоритмов и процедур;

- быть открытой и доступной для потенциальных потребителей.

Создание ИСТУ РБ позволит:

- обеспечить информационную поддержку территориального управления, научно-технологической базы мониторинга источников опасностей и чрезвычайных ситуаций, принятия решений по снижению рисков и прогнозу развития территориальных образований;

- исследовать особенности территориального управления, состояния и развития С–П–Т систем конкретных промышленных регионов страны и составляющих их элементов;

- проводить комплексную оценку безопасности и экологического состояния по данным мониторинга различных природно-техногенных систем, критических и стратегических объектов;

- на единой методологической основе осуществлять сбор, хранение, обработку и анализ неоднородной пространственной информации, характеризующей состояние С-П-Т систем, включая новейшие методы интеллектуальной обработки пространственных данных с целью получения новых знаний о процессах, происходящих в С-П-Т системах.

Основой для создания ИСТУ РБ служат система мониторинга и система анализа рисков. Магистерская диссертация выполнена в рамках последнему блока данной схемы. Проведена оценка рисков и анализ безопасности территорий Красноярского края.

Необходимость оценки территориальных рисков определяется следующими положениями [11]:

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

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.

### **1.3 Системы территориального управления**

Для эффективного управления территорией (муниципальным образованием, регионом, страной), создаются на разных уровнях и в различных областях системы, позволяющие хранить, искать и обрабатывать потоки информации для решения определенных задач в подготовке и принятии управленческих решений [12].

За последние 25 лет в России разработаны тематические геоинформационные проекты управления развитием территорий органами местного самоуправления для Москвы, Екатеринбурга, Иркутска и ряда других городов [13]. Наметилась тенденция к созданию в органах местного самоуправления комплексных информационных систем, аккумулирующих данные городских служб для решения всего спектра задач управления хозяйственным механизмом города, эффективного использования ресурсов, взаимодействия с организациями и населением. Характерный пример региональной системы экологического мониторинга – Геоинформационная система мониторинга состояния окружающей природной среды в зоне действия предприятий нефтегазовой отрасли Красноярского края, спроектированная как информационно-аналитическая, основанная на Интернет- и ГИС-технологиях [14].

Географическая информационная система (ГИС). Многофункциональная информационная система, основана на сборе, обработке, анализе, отображение и распространение данных. Основное отличие от других систем - пространственная привязка данных. Геоинформационные системы служат для формирования и накопления данных о земле, отдельных территориях, и доведении полных и достоверных данных до пользователей [15].

Эколого-социально-экономическая система (ЭСЭС) – интеграция экологической, социальной и экономической систем, позволяющая управлять городами и качеством жизни населения (рис. 6).

Все элементы представленной системы взаимосвязаны, игнорирование или нарушение хотя бы одного элемента приведет к деградации всей системы и как следствие к экологическим, социальным, экономическим и политическим последствиями [16].

Производственная система – открытая система, обменивающаяся потоками энергии что позволяет эволюционировать на всех стадиях своего существования (рисунок 7). Данная система может управлять развитием текущего состояния социально-экономической системы, выявлять дефекты, вырабатывать планово-экономические решения и осуществлять контроль их выполнения, прогнозировать изменения системы на основе универсальных мер, оценивать риски и на этой основе выстраивать тактические и стратегические планы развития в целом [17].

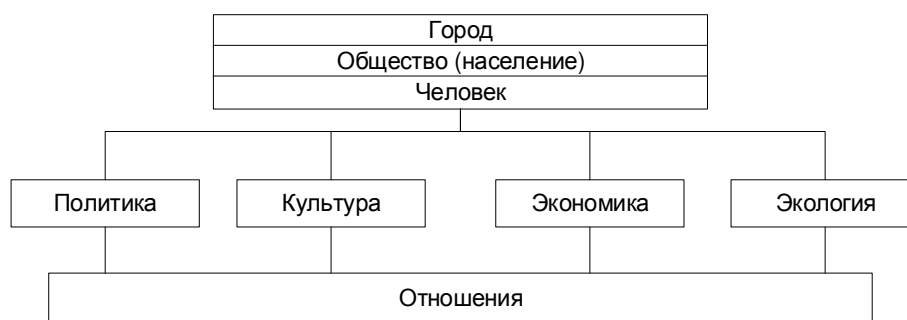


Рисунок 6 – Структура эколого-социально-экономической системы



Рисунок 7 - Схема показателей производственной системы



## 1. Информационная подсистема

Информационные потоки				
о патогенных факторах (физич., химич., биологических, психогенных)	о популяции людей (численность, структура, группы риска), факторах хозяина (восприимчивость, иммунитет и др.)	о факторах природной и социальной среды	о качестве и эффективности системы профилактических мероприятий	о проявлениях заболеваемости, смертности, инвалидизированности населения и других характеристиках здоровья

## 2. Аналитическая подсистема

Ретроспективный анализ	Оперативный анализ
<ul style="list-style-type: none"> <li>- статистический и логический анализ для установления причинно-следственных связей в системе «среда обитания – здоровье населения»;</li> <li>- последовательное использование описательно-оценочных (структура заболеваемости, её распределение по территории, группам населения и во времени), аналитических (выдвижение и логическое обоснование гипотез о факторах риска) и экспериментальных (получение достоверных знаний о факторах, формирующих заболеваемость населения и ее исходы) эпидемиологических методов исследования.</li> </ul>	
<p><b>ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИЙ ДИАГНОЗ:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Оценка санитарно-эпидемиологической обстановки: оценка качества здоровья населения, оценка качества среды обитания.</li> <li>2. Ведущие проблемы здравоохранения.</li> <li>3. Территория риска, группы риска, время риска.</li> <li>4. факторы риска: причины и условия, формирующие патологию населения и ее исходы.</li> <li>5. Оценка эпидемиологической, социальной и экономической эффективности системы профилактических мероприятий. Необходимость ее коррекция.</li> <li>6. Краткосрочный и долговременный прогноз состояния здоровья населения.</li> </ol>	

**СОЦИАЛЬНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ**

## 3. Организационно-исполнительская подсистема

1. Разработка адекватной, регионально-ориентированной программы профилактики (программно-целевое планирование).
2. Финансовое, кадровое, материально-техническое обеспечение.
3. Реализация программы профилактики. Контроль полноты и качества исполнения профилактических мероприятий.
<p><b>ВХОЖДЕНИЕ В СЛЕДУЮЩИЙ ЦИКЛ УПРАВЛЕНИЯ</b></p>

Рисунок 8 – Социально-экологическая система управления здоровьем населения

Социально-экологическая система для управления здоровьем населения (рисунок 8) - информационная система, включающая пять информационных потоков, отражающих сущность процесса формирования заболеваемости.

Два первых потока характеризуют физические, химические, биологические, психогенные факторы и популяцию людей. Третий информационный поток содержит информацию о факторах социальной и природной среды. Четвертый – качество и эффективность системы профилактики. Следствием взаимодействия всех перечисленных факторов - заболеваемость и смертность – пятый информационный поток [18].



Рисунок 9 – Уровни природно-промышленной системы

При изучении процессов функционирования природно-промышленной системы (ППС) был сделан вывод о том, что всю совокупность задач, решаемых на разных этапах принятия проектных и управленческих решений нужно рассматривать с позиций теории сложных иерархических систем. В соответствии с этими теоретическими положениями на рис. 9 представлена структурная схема подзадач разработки проекта промышленного производства (основной задачи, решаемой на локальном уровне) и определено место отдельных подзадач, непосредственно связанных с экологической безопасностью ППС.

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 [19].

Природно-промышленный комплекс (ППК) – относительно самостоятельная природно-техногенная система, включает в себя естественную природную среду и промышленные, коммунально-бытовые и аграрные объекты (рисунок 10).

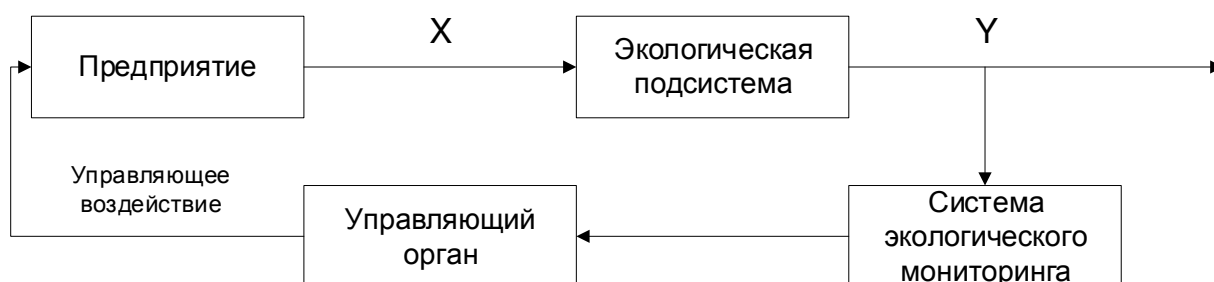


Рисунок 10 - Организационно-структурные связи ППК

Предложенная система позволяет эффективно управлять промышленным предприятием. Разработанная модель позволяет сравнивать различные по промышленному составу объекты и территории и анализировать влияние промышленной деятельности на жизнедеятельность [20].

#### 1.4 Общая характеристика безопасности на территории Красноярского края

Красноярский край — субъект Российской Федерации в Сибирском федеральном округе; относится к Восточно-Сибирскому экономическому району [20].

В Красноярский край входят следующие административно-территориальные единицы: 13 краевых городов, 3 ЗАТО и 44 района края.

Значительные запасы металлических руд, наличие энергетических ресурсов и тяжелой индустрии, позволяет краю лидировать среди регионов страны по выработке промышленного продукта [21, 22].

Однако крупная промышленность вносит основной вклад в загрязнение окружающей среды, экологическая обстановка края не удовлетворительная и сказывается на социальных аспектах. Основные выбросы производят крупные города Красноярского края (Норильск, Красноярск, Ачинск и др.). Ежегодно в крае образуется до 12 млн тонн загрязняющих веществ.

На территории Красноярского края образуется более 300 миллионов тонн отходов в год. Основной вклад в образование отходов вносят: добыча полезных ископаемых, отрасли обрабатывающих производств (металлургическое,

целлюлозно-бумажное, химическое производства, производства по обработке древесины и др.), предприятия производства и распределения электроэнергии, газа и воды.

В крае действуют 935 санкционированных свалок, десять полигонов соответствует нормативным требованиям, а также зарегистрировано свыше 300 несанкционированных свалок.

Обширная территория и наличие крупных промышленных комплексов, подвергают Красноярский край риску 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.

На рисунках 11 и 12 представлены статические данные Государственных докладов МЧС России для Красноярского края за период с 1997-2016 гг.

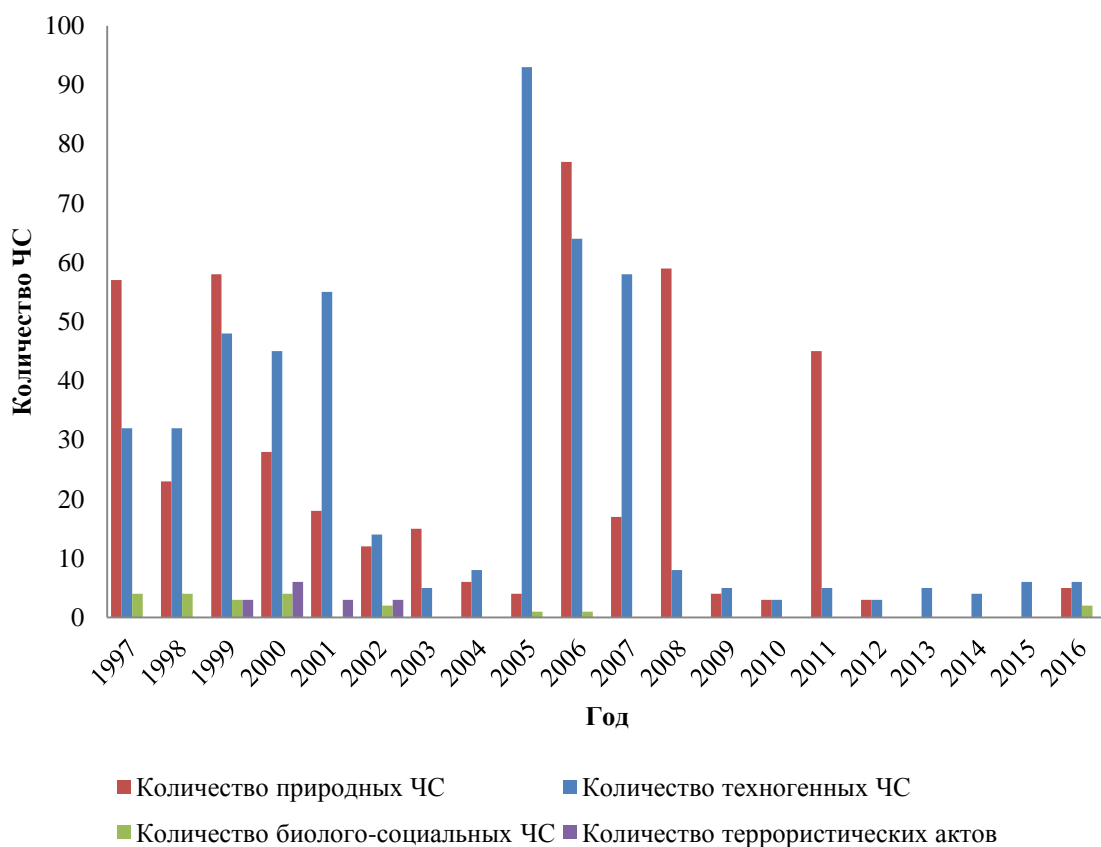


Рисунок 11 – Статистические показатели по видам ЧС в Красноярском крае (1997-2016 гг.)

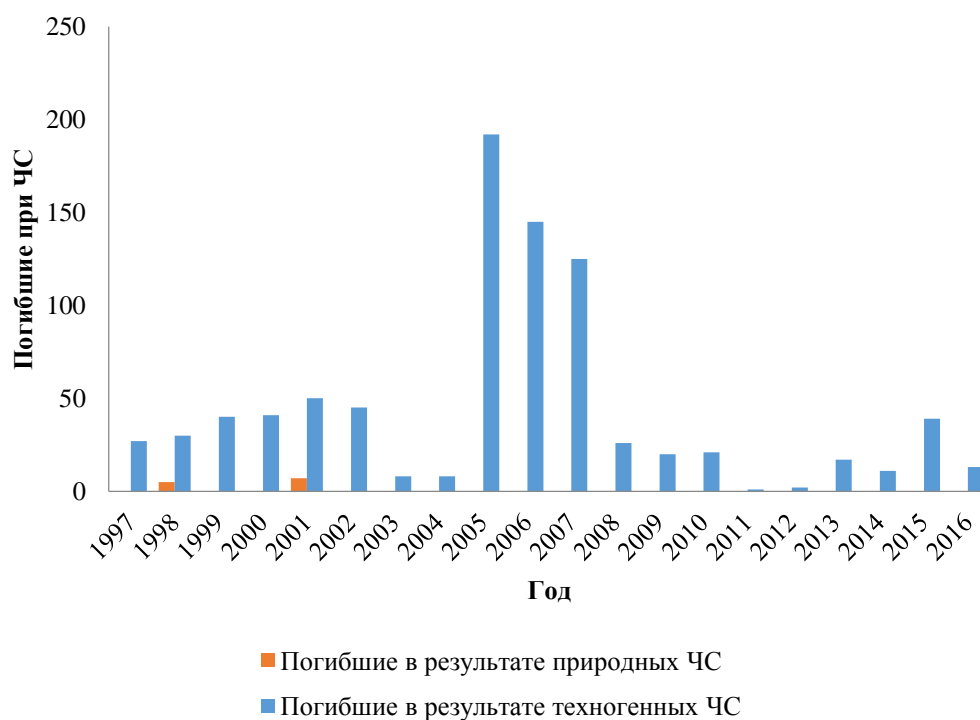


Рисунок 12 – Статистические показатели погибших в результате ЧС в Красноярском крае (1997-2016 гг.)

Главная доля чрезвычайных ситуаций в период с 1999-2017 гг. на основании данных официальной базы данных АИУС РСЧС составляют техногенные аварии и катастрофы (в таблице 1 представлена характеристика степени опасности по административным территориальным единицам Красноярского края за период с 1999-2017 гг.).

Таблица 1 – Характеристика степени опасности административно-территориальных единиц Красноярского края (1999-2016 гг.)

Административно-территориальные единицы	Средняя численность населения за период 1999-2017 гг. (тыс. чел)	Площадь, км <sup>2</sup>	Количество ЧС и происшествий техногенного характера	Количество ЧС и происшествий природного характера	Количество ЧС и происшествий биолого-социального характера
1	2	3	4	5	6
Абанский р-н	24,1	9512	26	1	
Ачинский р-н	15,4	2522,58	35		3
Балахтинский р-н	23	10249,8	33	1	1
Березовский р-н	38,4	4315,9	69		
Бирилюсский р-н	11,8	11800	11		
Боготольский р-н	11,6	2992,21	25	1	
Богучанский р-н	48,7	54000	61	38	1
Большемуртинский р-н	19,9	6855,71	30		
Большеулуйский р-н	8,3	2590	13	4	
г. Ачинск	112	101,75	85		2
г. Боготол	22,4	62,81	19		

## Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6
г. Бородино	18	35,17	4		1
г. Дивногорск	29,5	501,5	26		
г. Енисейск	19,4	66,41	21	1	
г. Канск	98,5	100,6	98	2	
г. Красноярск	958,1	379,49	1145	4	6
г. Лесосибирск	63,5	270,83	56		
г. Минусинск	69,7	60,5	55	2	
г. Назарово	54,8	87,93	35	2	
г. Норильск	173,5	4509	204	1	1
г. Сосновоборск	32,3	26,641	17		
г. Шарыпово	39,4	28,97	19	2	
Дзержинский р-н	15,3	3610	14	1	
Емельяновский р-н	46,6	7437,08	114	1	
Енисейский р-н	28,5	106300	34	4	
Ермаковский р-н	21,4	17652	22	9	2
ЗАТО г. Железногорск	90,1	456,67	15		3
ЗАТО г. Зеленогорск	66,9	162	1	1	2
Идринский р-н	13,7	6070	13		
Иланский р-н	26,4	3750,35	27	1	
Ирбейский р-н	17,8	10921	20	4	2
Казаченский р-н	11,5	5754,95	23		
Канский р-н	27,6	4246	36	2	1
Каратузский р-н	17,3	10236,17	18	2	
Кежемский р-н	23,4	34540,54	17	51	1
Козульский р-н	17,9	5305	34	2	
Краснотуранский р-н	16,1	3461,93	12		1
Курагинский р-н	49,6	24073	42	9	1
Манский р-н	17,3	5976	41	2	
Минусинский р-н	26,4	3185,29	39	4	3
Мотыгинский р-н	17,5	18100	33	4	
Назаровский р-н	23,7	4230	24	2	
Нижнеингашский р-н	35,9	6143	37		
Новоселовский р-н	15,1	3880,66	16		2
Партизанский р-н	11,2	4955,14	16	4	
Пировский р-н	8,2	6242	11		1
Рыбинский р-н	26,2	3526,5	63	1	2
Саянский р-н	13,1	8031,02	18	2	1
Северо- Енисейский р-н	11,4	47242	12	4	
Сухобузимский р- н	21,8	5600,55	37	1	
Таймырский Долгано-Ненецкий р-н	36,6	879929	40		1
Тасеевский р-н	14,8	9923	21		
Туруханский р-н	15,4	209309,18	40	4	
Тюхтетский р-н	9,5	9339	15		
Ужурский р-н	34,4	4226	27	3	
Уярский р-н	23,1	2197	33	1	
Шарыповский р-н	16,5	3764	30		
Шушенский р-н	35,1	10140	20	2	1
Эвенкийский р-н	16,8	763197	94	2	1
<b>Итого по району</b>			<b>3196</b>	<b>182</b>	<b>40</b>

Для устойчивого развития региона необходимо решение следующих задач [21]:

- совершенствование нормативной правовой базы в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций;
- объединение мониторинговой информации и анализа рисков;
- разработка информационной системы территориального управления рисками и безопасностью.

### **1.5 Мониторинг – как механизм предотвращения опасности**

Мониторинг — процесс наблюдений и регистрации параметров объекта по заданным критериям. Мониторинг имеет 4 уровня: глобальный; национальный; региональный; локальный.

Глобальный или международный, организуется межнациональными фондами, структурами, организациями. Изучает глобальные, мировые изменения в экосфере (изменения климата, загрязнения океана, образования озоновых дыр, опустынивания лесных массивов). Источниками информации служат как собственные наблюдения, так и данные национальных систем.

Национальный (государственный) мониторинг осуществляется на государственном уровне. Используется ведомственная информация и информация систем регионального мониторинга. Служит для контроля государственных обязательств по охране и сохранению окружающей среды.

Региональный мониторинг осуществляет межведомственный контроль за состоянием окружающей среды (ОС) на определенной территории. Территория разбивается на полигоны, на которых отбираются пробы воздуха, почвы, растительности и т. д. и производится оценка во времени изменения загрязнения. Данный мониторинг также использует данные локального мониторинга.

Локальный мониторинг базируется на конкретных промышленных объектах (установленных законодательством) и контролирует выбросы и сбросы [23].

По назначению мониторинг подразделяется на: стандартный; оперативный (кризисный); специальный; фоновый.

Стандартный мониторинг проводится на всех иерархических уровнях и осуществляется по определенным параметрам наблюдения.

Оперативный (кризисный) мониторинг проводится на опасных производственных объектах, которые свидетельствуют о начале аварии и ее протекании.

Специальный мониторинг проводится на определенное загрязнение, возникшее на территории в результате ЧС или в результате воздействий антропогенных объектов.

Фоновый мониторинг проводится в заповедниках для сравнения ОС на антропогенных территориях и территориях близких к природному состоянию.

Мониторинг по характеру изучаемого объекта делится на семь видов (рисунок 13).

1 Техногенный (антропогенный) мониторинг - выявляет крупные аварии, катастрофы и ЧС, ведет наблюдение за их динамикой, осуществлять информационную поддержку по процессу принятия решений, оценивает экологическую обстановку и выявлять источники загрязнения [24, 25].

2 Социально-гигиенический мониторинг — государственная система наблюдения, анализа, оценки и прогноза состояния здоровья населения и ОС, выявление причинно-следственных связей между состоянием здоровья населения и воздействием среды обитания.

3 Производственно-экологический мониторинг - контроль экологического состояния ОС в зоне влияния техногенного объекта путем сбора измерительных данных, их комплексной обработки и анализа.

4 Аэрокосмический мониторинг – наблюдение за протяженными объектами (трасс железных и шоссейных дорог, нефте-, газопроводов) и объектов, занимающих большие площади. Используется система комплексного дистанционного зондирования.

5 Биосферный мониторинг производит наблюдения за глобально-фоновыми изменениями в природе. Осуществляется в рамках Глобальной системы мониторинга окружающей среды (ГСМОС) на базе международных биосферных станций, восемь из которых располагаются в России.

6 Экологический мониторинг (мониторинг окружающей среды) — комплекс наблюдений за состоянием ОС, за происходящими в ней процессами, явлениями.

На государственном уровне существует единая система государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды), которая включает в себя подсистемы мониторинга[13]:

- состояния и загрязнения окружающей среды;
- атмосферного воздуха;
- радиационной обстановки на территории РФ;
- земель;
- объектов животного мира;
- лесопатологию;
- воспроизводства лесов;
- состояния недр;
- водных объектов;
- водных биологических ресурсов;
- внутренних морских вод и территориального моря Российской Федерации;
- исключительной экономической зоны Российской Федерации;
- континентального шельфа Российской Федерации;
- уникальной экологической системы озера Байкал;
- ресурсов и среды их обитания.



Мониторинг природных ЧС – мониторинг основных видов ЧС природного характера: землетрясения, наводнения, оползни, сель (селевый поток), снежные лавины, ураганы, тайфуны, штормы, бури, смерчи, метели, бураны, пурга, вьюга, снежные заносы, лесные, подземные, степные (полевые) пожары.



Рисунок 13 – Виды мониторинга

### 1.5.1 Нормативно-правовое регулирование системы мониторинга в Российской Федерации

Система мониторинга регулируется Правительством РФ и в зависимости от целей наблюдения реализуется различными ведомствами [25, 26].

Одно из направлений Распоряжения Правительства РФ от 17.11.2008 №1662-р (ред. от 10.02.2017) «О Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 г.» - обеспечение безопасности при чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера. Данное направление связано напрямую с совершенствованием системы мониторинга и прогнозирования ЧС, как следствие сокращение количества погибших и пострадавших в авариях и катастрофах [27, 28].

Указами Президента РФ (Указ Президента РФ от 31.12.2015 №683 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации» и Указ Президента РФ от 11.01.2018 №12 «Об утверждении основ государственной

политики Российской Федерации в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций на период до 2030 года») были выбраны основные направления защиты от ЧС, одно из них – совершенствование единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, за счет развития системы мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций (применение систем дистанционного мониторинга, с использованием космических аппаратов).

На федеральном уровне разработаны законы, регулирующие системы мониторинга. Основные из них представлены ниже:

1 Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 №7-ФЗ регулирует единую систему государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды), ее основные цели и задачи (постоянные наблюдения, хранение, обработка, анализ полученной информации за состоянием окружающей среды). Данная система позволяет осуществлять наблюдения за состоянием и загрязнением окружающей среды; атмосферного воздуха; радиационной обстановки на территории РФ; земель; объектов животного мира; воспроизводства лесов; состояния недр; водных объектов; водных биологических ресурсов; внутренних морских вод и территориального моря РФ; исключительной экономической зоны РФ; континентального шельфа РФ; уникальной экологической системы озера Байкал; охотничьих ресурсов и среды их обитания.

2 Федеральный закон «Об охране атмосферного воздуха» от 04.05.1999 №96-ФЗ регулирует Государственный мониторинг атмосферного воздуха, который является составной частью государственного экологического мониторинга.

3 Водный кодекс РФ от 03.06.2006 N 74-ФЗ установил нормы Государственного мониторинга водных объектов, который является частью государственного экологического мониторинга и представляет собой систему наблюдений, оценки и прогноза за состоянием водных объектов. Мониторинг водных объектов включает наблюдения за поверхностными водами, состоянием дна и берегов водных объектов и состоянием водоохраных зон, водохозяйственными системами, гидротехническими сооружениями и пр.

4 Лесной кодекс РФ от 04.12.2006 N 200-ФЗ предусматривает мониторинг пожарной опасности (ПО) в лесах, который включает в себя наблюдение и контроль за ПО в лесах и лесными пожарами, обнаружение и учет лесных пожаров, патрулирования лесов.

5 Федеральный закон «О защите населения от ЧС природного и техногенного характера» от 21 декабря 1994 г №68-ФЗ решает вопросы по защите населения и территорий от различных видов ЧС. Система мониторинга РСЧС функционирует на всех уровнях (федеральном, межрегиональном, региональном, муниципальном и объектовом) и осуществляет наблюдения за крупными авариями и катастрофами природного и техногенного характера.

6 Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30 марта 1999 г. № 52-ФЗ регулирует государственную систему

наблюдений (социально-гигиенический мониторинг) за состоянием здоровья населения и среды обитания, также система включает в себя анализ, оценку, прогноз, определение причинно-следственных связей воздействия среды обитания на здоровье населения.

7 Федеральный закон «Об организации дорожного движения в РФ и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ» от 29.12.2017 №443-ФЗ предусматривает мониторинг дорожного движения, который служит для организации дорожного движения, оценки деятельности органов исполнительной власти и для обоснования выбора мероприятий по организации дорожного движения, формирования комплекса мероприятий, направленных на обеспечение эффективности организации дорожного движения.

По мимо федеральных законов для управления мониторингом разработаны ГОСТы, методические рекомендации, своды правил, которые более подробно описывают принцип действия системы, методы и средства наблюдения, методы отбора проб, способы хранения и анализа информации.

### 1.5.2 Организация системы мониторинга на территории Красноярского края

В соответствии с законодательством Постановление Правительства Красноярского края от 09.02.2011 № 80-П «Об утверждении Положения о краевой подсистеме мониторинга, лабораторного контроля и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера на территории Красноярского края» на территории края действуют государственные организации, деятельность которых связана с мониторингом.

В таблице 2 представлены территориальные органы и вид мониторинга, который они осуществляют [29, 30].

Таблица 2 – Мониторинг на территории Красноярского края.

Вышестоящее ведомство	Территориальный орган исполнительной власти	Мониторинг
1	2	3
Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору	Енисейское управление "Ростехнадзора"	Учет ОПО (ГТС, ХОО, ВПОО, РОО). Учет аварий и травматизма на ОПО. Учет аварий на теплоэнергетическом, электроэнергетическом комплексах. Производственный контроль
Министерство природных ресурсов и экологии РФ	Управления Федеральной службы по надзору в сфере природопользования по Красноярскому краю	Надзор в области использования и охраны водных объектов, экологический надзор, государственный учет объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду

Продолжение таблицы 2

1	2	3
<p>Министерство природных ресурсов и экологии РФ</p>	<p>Департамент по недропользованию по Центрально-Сибирскому округу</p>	<p>Мониторинг геологической и экономической информации о недрах. Учет полезных ископаемых.</p>
	<p>Енисейское бассейновое водное управление Федерального агентства водных ресурсов</p>	<p>Наблюдения за состоянием дна, берегов, состоянием и режимом использования водоохранных зон, за водохозяйственными системами, за объемом вод при водопотреблении и водоотведении на всех водных объектах, находящихся в зоне деятельности Енисейского БВУ.</p>
	<p>Федеральное государственное бюджетное учреждение «Среднесибирское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды»</p>	<p>Мониторинг гидрометеорологических явлений, мониторинг состояния и загрязнения окружающей среды (качество воздуха, радиационная обстановка)</p>
	<p>Министерство лесного хозяйства Красноярского края</p>	<p>Учет пожаров лесного фонда и влияния вредных организмов</p>
	<p>Центр реализации мероприятий по природопользованию и охране окружающей среды Красноярского края</p>	<p>Мониторинг атмосферного воздуха (среднесуточные, максимально разовые концентрации ЗВ); мониторинг поверхностных вод суши (по 38 показателям); мониторинг почвы (рН водной вытяжки, хлорид-ион, сульфат-ион, нефтепродукты); мониторинг радиационной обстановки (измерения мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения и объемной активности гамма-излучающих радионуклидов в воде на постах наблюдений); мониторинг сейсмической обстановки (непрерывная регистрация сейсмических событий на 6 сейсмостанциях)</p>
<p>Министерство природных ресурсов и экологии РФ</p>	<p>Красноярский научно-исследовательский институт геологии и минерального сырья</p>	<p>Оперативный контроль за сейсмической обстановкой на территории Красноярского края</p>
<p>Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России)</p>	<p>Территориальный центр мониторинга и прогнозирования ЧС по Красноярскому краю</p>	<p>Сбор, обработка и анализ информации о потенциальных источниках чрезвычайных ситуаций природного, техногенного и биолого-социального характера;</p>

## Окончание таблицы 2

1	2	3
Государственная корпорация по космической деятельности "Роскосмос"	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный исследовательский центр "Красноярский научный центр Сибирского отделения РАН"	Сбор, хранение и отображение материалов космического мониторинга по территории и отдельным объектам Красноярского края
Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека	Управления Роспотребнадзора по Красноярскому краю	Мониторинг санитарно-эпидемиологической обстановки
Министерство внутренних дел РФ	УГИБДД ГУ МВД России по Красноярскому краю	Мониторинг аварийности на дорогах Красноярского края
Министерство здравоохранения РФ	Министерство здравоохранения Красноярского края	Мониторинг обращаемости населения в медицинские учреждения
Министерство экономического развития РФ	Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по Красноярскому краю	Мониторинг земель (за исключением земель сельскохозяйственного назначения)
Министерство сельского хозяйства РФ	Министерство сельского хозяйства и торговли Красноярского края	Мониторинг земель сельскохозяйственного назначения
Федеральное агентство по рыболовству (Росрыболовство)	Енисейское территориальное управление Федерального агентства по рыболовству	Мониторинг водных биологических ресурсов
Федеральное медико-биологическое агентство РФ	Федеральный сибирский научно-клинический центр ФМБА России	Социально-гигиенический мониторинг

Краевая подсистема мониторинга организована в целях:

- своевременного определения и реагирования на причины, которые способствуют возникновению природных, техногенных и биолого-социальных ЧС и происшествий;
- заблаговременного прогнозирования масштабов и характера возможных сценариев ЧС;
- снижения рисков ЧС, что приведет к повышению безопасности населения, критически важных объектов и территорий Красноярского края;
- смягчение социально-экономических последствий, что приведет к росту экономике края [31, 32].

Территориальные органы исполнительной власти подчинены разным ведомствам и министерствам, и как следствие не взаимодействуют между собой, поэтому на данный момент в Красноярском крае отсутствует

комплексная и взаимосвязанная система мониторинга, объединяющая информацию о текущем состоянии на территории края.

## **1.6 Риск ориентированный подход в решении научных задач обеспечения безопасности**

Риск возник в результате человеческой деятельности и существует во всех сферах жизни. Общее понимание риска - «неопределенность» исхода каких-либо случайных событий [33, 34]. Неопределенность имеет два вида: событие несет «пользу», либо — причинит «вред». Риск - возможность выполнения чего-то со значительными последствиями, но природа риска отличается в зависимости области применения (для объектов промышленности, в сфере охраны труда, в сфере финансового рынка, и т.д.). Чем выше значимость последствий, тем больше риск, но чем он больше, тем возможность чему-то произойти должна быть меньше. На Западе этот подход называют параметрическим, и в России – риск-ориентированным. Суть риск-ориентированного подхода - то, что объекты классифицированы согласно степени опасности (угроза вреда жизни и здоровью граждан, повреждения окружающей среды, культурного наследия, угрозы чрезвычайных ситуаций естественного, антропогенного и социального характера) [35].

Опыт риск-ориентированного подхода успешно применяется в деятельности многих зарубежных государств, в том числе Великобритании, Португалии, США. В европейских странах деятельность по оценке и нормированию техногенного риска наиболее широко и активно стала проявляться после серии аварий в:

- Стейтен Исланд (США, 1973 г., пожар с участием сжиженного природного газа, погибли 40 человек);
- Фликсборо (Великобритания, 1974 г., взрыв циклогексана, погибли 28 и травмированы 89 человек);
- Декейтор (США, 1974 г., взрыв пропана, погибли 7 и травмированы 152 человека);
- Беек (Нидерланды, 1975 г., взрыв пропилена, погибли 14 и травмированы 107 человек);
- Севезо (Италия, 1976 г., токсическое заражение от выброса диоксида, пострадали 30 чел., переселены 220 тыс. чел.).

Единый научно-методический аппарат объединяет риски. Анализ риска главный этап по управлению безопасностью, заключающийся в определении поражающих факторов. По результатам анализа рисков разрабатываются и реализуются мероприятия по снижению риска, которые направлены на влияющие факторы (факторы риска). Основные причины образования риска являются человек и его деятельность, природные и производственные процессы. Риск отражается через человека и общество, поэтому выделяют две его составляющие: объективная, которая может идентифицировать, оценивать и предсказывать на базе фундаментальных закономерностей (измеряется на

основе статистических данных произошедших событий или с использованием вероятностных методов и моделей); субъективная, связанная с восприятием субъекта, попавшего в ситуацию неопределенности или сомнений относительно последствий некоторого события (измеряется на основе субъективной вероятности) [36, 37].

Выделяется ряд общих свойств, связанных с понятием и проявлением риска:

- 1 Риск - многомерная характеристика будущих состояний мира;
- 2 Риск связан со случайными явлениями и процессами;
- 3 Проявление риска - условное событие;
- 4 Риск проявляется через взаимодействие природы, человека и техносферы;
- 5 Риск измеряемая величина.

В настоящее время используется ряд концепций риска. Наиболее популярные из них:

1 Риск как опасность или угроза. Данная концепция рассматривает негативные события для человека, окружающей среды или производства (организации), приводящие к вреду, а под риском понимается возможность наступления событий с негативными последствиями (реализации предполагаемой опасности).

2 Риск как возможность — взаимосвязь между риском и доходностью.

3 Риск как неопределенность — вероятностное распределение возможных исходов (благоприятных и неблагоприятных). В основе данной концепции риск — мера несоответствия между различными результатами, которые оцениваются через их свойства (полезность, вредность и эффективность и пр.).

4 Концепции приемлемого (ненулевого) риска. Заключается в определении такой малой безопасности, которую приемлет общество в данное время. Ненулевой риск сочетает в себе технические, экологические, экономические, социальные, политические аспекты и представляет собой взаимосвязь между уровнем безопасности и возможностями ее достижения.

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 по снижению рисков бедствий 14–18 марта 2015 г. в городе Сендай (Япония). Основные направления деятельности по снижению риска бедствий: понимание риска бедствий; совершенствование организационно-правовых документов по управлению рисками бедствий; инвестиции в меры по снижению риска бедствий для укрепления потенциала противодействия; обеспечение эффективного реагирования.

На объектовом уровне управление рисками может опираться на подход, включающий три направления:

- оценка всего спектра возможных опасностей и угроз природного, техногенного и социального характера (опасности);
- оценка состояния защищенности объекта (его уязвимость);
- оценка системы реагирования на ЧС (потенциал противодействия).

После идентификации опасностей (выявления возможных угроз) необходимо оценить их уровень и последствия, к которым они могут привести, т. е. вероятность соответствующих событий и связанных с ними потенциальный ущерб. Для этого используют методы оценки риска, которые в наиболее общем смысле можно разделить на количественные и качественные (рисунок 14).

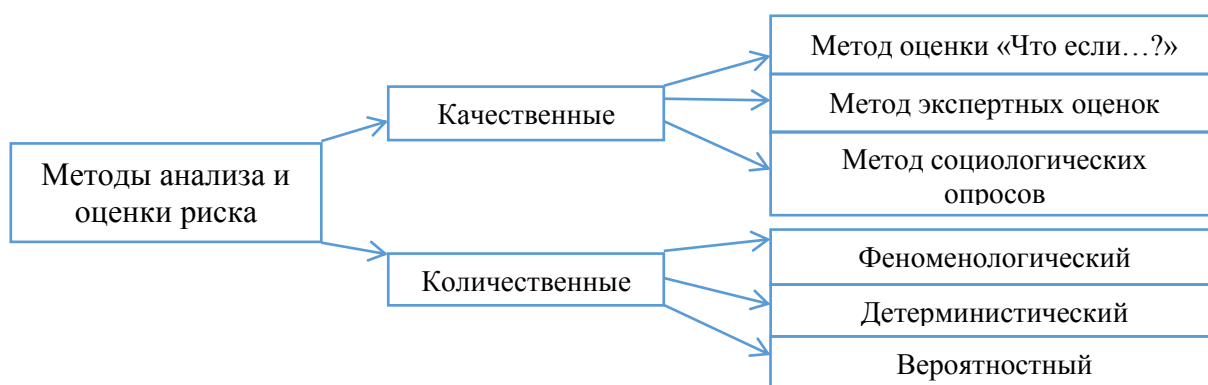


Рисунок 14 – Методы анализа и оценки риска

Результаты мониторинга и риск-ориентированный подход - исходная основа для разработки целевых программ и планов (долгосрочных, среднесрочных и краткосрочных), для принятия соответствующих решений по развитию региона. Активно внедряются методы планирования мероприятий на основе мониторинга и анализа рисков [38].

Статистические данные мониторинга включают в себя: чрезвычайные ситуации и происшествия природного и техногенного характера; промышленные, бытовые и лесные пожары; крупные ДТП; радиационная обстановка; сейсмические события; метеоданные; гидрологическую и ледовую обстановку. Основываясь на данных мониторинга возможно оценить следующие риски: риск гибели в природных ЧС; риск гибели от техногенных ЧС; канцерогенный и неканцерогенный риски от загрязнения окружающей среды; профессиональные риски; риски заболевания и смертности от климатических факторов; риск, связанный с воздействием факторов образа жизни. Следует подчеркнуть, что без учета данных мониторинга и анализа рисков чрезвычайных ситуаций нельзя планировать развитие территорий, принимать решения на строительство промышленных и социальных объектов, разрабатывать программы и планы по предупреждению и ликвидации возможных чрезвычайных ситуаций. От эффективности проведения мониторинга и прогнозирования во многом зависит качество разрабатываемых программ, планов и принятия решений [39].



## 2 Модели оценки техногенных рисков

### 2.1 Нормативно-правовая база в сфере рисков

В различных сферах жизнедеятельности оцениваются риски (промышленность, страхование, банковское дело и др.). Ненулевая концепция риска аварий гласит о невозможности полного устранения неудач, аварии и катастрофы, но анализ и оценка риска позволит уменьшить человеческие и финансовые потери, тем самым повысить устойчивость рассматриваемых территорий [32].

Нормативно-правовая база РФ риск-ориентированная [40, 41]. В более чем 50 документах встречаются термины, связанные с риском. Проведен анализ употребления термина «риск». В таблице №3 приведены основные нормативные документы, в которых вводится понятие «риск».

Таблица 3 - Определения рисков в соответствии с нормативными документами

Нормативный документ	Термины	Определения
1	2	3
ФЗ № 68 от 21.12.1994 г. «О защите населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера»	Территория, подверженная риску возникновения быстро развивающихся опасных природных явлений и техногенных процессов	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.
ФЗ № 69 от 21.12.1994 г. «О пожарной безопасности»	Независимая оценка пожарного риска	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;
ФЗ № 116 от 21.07.1997 г. «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»	Обоснование безопасности ОПО	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;
ФЗ № 7 от 10.01.2002 г. «Об охране окружающей среды»	Экологический риск	вероятность наступления события, имеющего неблагоприятные последствия для природной среды и вызванного негативным воздействием хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера;
ФЗ № 184 от 27.12.2002 г. «О техническом регулировании»	Риск	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;

Продолжение таблицы 3

1	2	3
ФЗ № 123 от 22.07.2008 г. «Технический регламент	Допустимый пожарный риск	пожарный риск, уровень которого допустим и обоснован исходя из социально-экономических условий;
	Индивидуальный пожарный риск	пожарный риск, который может привести к гибели человека в результате воздействия опасных факторов пожара
	Пожарный риск	мера возможности реализации пожарной опасности объекта защиты и ее последствий для людей и материальных ценностей
	Социальный пожарный риск	степень опасности, ведущей к гибели группы людей в результате воздействия опасных факторов пожара
ГОСТ Р 51901.1-2002. Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем	Риск	сочетание вероятности события и его последствий
	Анализ риска	систематическое использование информации для определения источников и количественной оценки риска.
	Оценка риска	общий процесс анализа риска и оценивания риска
	Управление риском	действия, осуществляемые для выполнения решений в рамках менеджмента рисков.
МР от 15.07.2016 №2-4-71-40	Риск возникновения чрезвычайной ситуации	вероятность или частота возникновения источника чрезвычайной ситуации.
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 (от 27.08.2007)	Риск	сочетание вероятности нанесения ущерба и тяжести этого ущерба
	Риск возникновения ЧС	вероятность или частота возникновения источника ЧС, определяемая соответствующими показателями риска
	Риск аварии	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
	Приемлемый риск аварии	риск, уровень которого допустим исходя из социально-экономических соображений.
ГОСТ 33433-2015 Безопасность функциональная. Управление рисками на ж/д транспорте	Анализ риска	систематическое использование информации для определения источников и количественной оценки риска
	Идентификация риска	процесс нахождения, составления перечня и описания элементов риска.
	Источник риска	фактор, который может самостоятельно или в сочетании с другими факторами способствовать возникновению рисков.
	Критерии риска	правила, по которым оценивают значимость риска.
	Риск	сочетание вероятности события и его последствий
Руководство по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на ОПО	Показатели риска	количественные показатели опасности
	Риск аварии	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:

Продолжение таблицы 3

1	2	3
	Потенциальный территориальный риск	(или потенциальный риск) - частота реализации поражающих факторов аварии в рассматриваемой точке на площадке ОПО и прилегающей территории;
	Технический риск	вероятность отказа технических устройств с последствиями определенного уровня (класса) за определенный период функционирования ОПО;
	Индивидуальный риск	ожидаемая частота (частота) поражения отдельного человека в результате воздействия исследуемых поражающих факторов аварии;
	Коллективный риск	(или ожидаемые людские потери) - ожидаемое количество пораженных в результате возможных аварий за определенный период времени;
	Социальный риск	(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.
МР МЧС РФ от 15.07.2016 №2-4-71-40	Риск возникновения чрезвычайной ситуации	вероятность или частота возникновения источника чрезвычайной ситуации.
	Приемлемый риск	уровень индивидуального риска, обусловленный хозяйственной деятельностью, который является приемлемым для регулирующего органа. Он находится в диапазоне от предельно допустимого уровня до пренебрежимого уровня риска
	Неприемлемый риск	уровень риска, устанавливаемый административными или регулирующими органами как максимальный, выше которого необходимо принимать меры по управлению им.
Методики оценки рисков чрезвычайных ситуаций № 1-4-60-9 от 09.01.2008	Риск	количественная характеристика меры возможной опасности и размера последствий ее реализации.
	Риск чрезвычайной ситуации	потенциальная возможность возникновения чрезвычайной ситуации с негативными последствиями, представляющими угрозу жизни, здоровью и имуществу населения, объектам экономики и окружающей среде.
	Риск индивидуальный	частота поражения отдельного человека в результате воздействия всей совокупности исследуемых факторов опасности в рассматриваемой точке пространства.
	Риск социальный	зависимость между частотой реализации определенных факторов опасностей и размером последствий для здоровья людей (числом погибших или пострадавших)
	Риск экономический	понимается зависимость между частотой реализации определенных факторов опасностей и размером материального ущерба.
	Риск коллективный	ожидаемое количество погибших или пострадавших в результате возможных реализаций факторов опасности за определенный период времени.
	Риск материальный	понимаются ожидаемые материальные потери в результате возможных реализаций факторов опасности за определенный период времени.
	Риск предельно допустимый	нормативный уровень риска, определяющий верхнюю границу допустимого риска.
	Риск неприемлемый (недопустимый)	риск, уровень которого превышает величину предельно допустимого уровня риска.
	Риск допустимый	риск, уровень которого ниже допустимого уровня риска.
	Риск повышенный	риск, уровень которого близок к предельно допустимому, требуются меры по его снижению и контролю.
	Риск условно приемлемый	риск, уровень которого разумно оправдан с социальной, экономической и экологической точек зрения, но рекомендуются меры по его дальнейшему снижению.
Риск приемлемый	риск, уровень которого, безусловно оправдан или пренебрежимо мал.	

Окончание таблицы 3

1	2	3
Руководство ИСО/МЭК 51:1999; ГОСТ Р 21898-2002 МР 5.1.1-14	Риск	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
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»	Риск аварии	мера опасности, характеризующая возможность возникновения аварии на ОПО и соответствующую ей тяжесть последствий
	Технический риск	вероятность отказа технических устройств с последствиями определенного уровня (класса) за определенный период функционирования ОПО
	Индивидуальный риск	ожидаемая частота (частота) поражения отдельного человека в результате воздействия исследуемых поражающих факторов аварии
	Потенциальный территориальный риск	частота реализации поражающих факторов аварии в рассматриваемой точке на площадке ОПО и прилегающей территории
	Коллективный риск (или ожидаемые людские потери)	ожидаемое количество пораженных в результате возможных аварий за определенный период времени
	Социальный риск (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. Характеризует социальную тяжесть последствий (катастрофичность) реализации совокупности сценариев аварии и представляется в виде соответствующей F/N-кривой
	Материальный риск (или риск материальных потерь)	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 опасных аварий и представляется в виде соответствующей F/G-кривой
	Экологический риск	вероятность развития у растений и животных (кроме человека) неблагоприятных эффектов, обусловленных воздействием факторов окружающей среды
Сравнительный риск	выражение рисков, возникающих от двух различных (или более) факторов и ведущих к одному и тому же эффекту; может выражаться количественно (например, как отношение 1,5) или качественно (один риск больше, чем другой); другими словами, любое сравнение рисков двух или более опасностей в единой шкале.	
Методика комплексной оценки индивидуального риска чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера от 29.10.2002	Индивидуальный риск	вероятность смертельного исхода (потери здоровья) из-за действия на человека опасных факторов при стихийном бедствии или в процессе аварии за год на рассматриваемой территории.
	Комплексный индивидуальный риск	вероятность смертельного исхода из-за действия на человека опасных факторов от всех стихийных бедствий или аварий за год на рассматриваемой территории.
	Коллективный риск	ожидаемое число пораженных в результате возможных аварий и стихийных бедствий за определенное время.

## 2.2 Классификация и виды методов оценки рисков

Устойчивое развитие регионов и страны в целом в значительной мере определяется проблемами природно-техногенной безопасности [27]. Наблюдается многофакторность угроз, взаимно влияющих друг на друга и обусловленных природными, техногенными и социальными факторами. Аварийная ситуация приводит к одному или совокупности следующих последствий: ухудшению состояния окружающей среды, гибели человека или отклонению здоровья от среднестатистического значения, материальным потерям [28, 29].

В настоящее время разработаны различные методы прогноза и оценки рисков, связанных с ЧС природного и техногенного характера. Модели оценки рисков классифицируются в зависимости от источника возникновения, объекта воздействия, назначению. Классификация моделей оценки риска представлена на рисунке 15.



Рисунок 15 – Классификация моделей оценки риска

Для своевременного прогнозирования и обнаружения опасного явления необходима общегосударственная система мониторинга и оценки риска [40, 41].

Официальные нормативно-правовые документы предлагают следующие методы анализа риска [42, 43]:

1. В Руководстве по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах» (утв. Приказом Ростехнадзора от 11.04.2016 №144) представлены модели оценки потенциального, индивидуального, коллективного и социального рисков.

1.1 Потенциальный риск рассчитывается по формуле:

$$R_{\text{пот}} = \sum_{i=1}^I Q_i \cdot \min(1, 1 - \prod_{j=1}^{\Phi_i(x,y)} (1 - \vartheta_{\text{уяз}}^{ij}(x,y) \cdot P_{\text{гиб}}^{ij}(x,y)), \quad (1)$$

где  $R_{\text{пот}}$  – величина потенциального риска в определенной точке  $(x, y)$ , на территории площадочного объекта и в зонах, граничащих с площадочным объектом.

$I$  - число сценариев развития аварий;

$Q_i$  - частота реализации в течение года  $i$ -го сценария развития аварии;

$\vartheta_{\text{уяз}}^{ij}$  - коэффициент уязвимости человека, находящегося в определенной точке от  $j$ -го поражающего фактора, который может реализоваться в ходе  $i$ -го сценария аварии, и зависит от защитных свойств помещения, укрытия, в котором может находиться человек в момент аварии, и изменяющийся от 0 (человек неуязвим) до 1 (человек не защищен из-за незначительных защитных свойств укрытия), или превышать 1 в случае гибели людей при обрушении зданий;

$P_{\text{гиб}}^{ij}$  - условная вероятность гибели незащищенного человека на от  $j$ -го поражающего фактора при реализации  $i$ -го сценария аварии.

1.2 Модель индивидуального риска представлена. Индивидуальный риск рекомендуется оценивать частотой поражения определенного человека (группы людей) в результате аварии в течение года.

$$R_{\text{инд}} = \sum_{k=1}^G q_{ik} \cdot R_{\text{пот}}(x, y), \quad (2)$$

где  $q_{ik}$  - 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, при условии, что величина потенциального риска на всей площади каждой из таких областей можно считать одинаковой.

1.3 Коллективный риск рассчитывается по формуле:

$$R_{\text{колл}} = \sum_{j=1}^J N_{\Gamma}^j Q_j, \quad (3)$$

где  $Q_j$  – частота  $j$ -го сценария;

$N_{\Gamma}^j$  - количество погибших.

1.4 Социальный риск рекомендуется представлять в виде графика ступенчатой функции:

$$F(x) = \sum_{i=1}^{I(x)} Q_i^x, \quad (4)$$

где  $Q_i^x$  - ожидаемые частоты реализаций аварийных ситуаций  $C_i$ , при которых гибнет не менее  $x$  человек.

2. Руководство по безопасности «Методические рекомендации по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на угольных шахтах» (Приказ Ростехнадзора от 05.06.2017 №192). Оценка риска аварии на угольной шахте проводится на основании факторов, влияющих на опасности аварии. При оценке риска аварии используют метод весовых коэффициентов, предполагающий разбиение факторов на блоки по критериям опасности. По каждому блоку факторов оценивается итоговый балл как среднее число по баллам факторов с учетом весов. Оценка веса рассчитывается по формуле:

$$W_x = \frac{r_x}{\sum_{i=1}^n r_i}, \quad (5)$$

где  $W$  – вес  $x$ -го фактора;

$r_x$  – ранг  $x$ -го фактора;

$n$  – количество факторов в блоке.

Опасность аварии определяется средневзвешенным баллом по блоку факторов с наибольшим итоговым баллом. Уровень риска аварии определяется согласно четырехуровневой лингвистической шкале в зависимости от попадания средневзвешенного балла, характеризующего опасность аварии в пределах одного из диапазона баллов, приведенных в Руководстве.

3. ГОСТ 33433-2015 Безопасность функциональная. Управление рисками на железнодорожном транспорте. Оценка риска аварий на транспорте рассчитывается по формуле:

$$R = F_R\{C, P\} = \sum_i [F_{Ri}(C_i, P_i)], \quad (6)$$

где  $R$  - 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  $(1, \dots, N)$ , тыс. руб.

4. Руководство по безопасности «Методы обоснования взрывоустойчивости зданий и сооружений при взрывах топливно-воздушных смесей на опасных производственных объектах» (Приказ Ростехнадзора от 03.06.2016 № 217). Оценка риска разрушения зданий рассчитывается по формуле:

$$R_{p\Delta P_\phi}(x, y) = \sum_n \lambda C_n \cdot P[\Delta P_\phi(x, y) \geq \Delta P_\phi | C_n], \quad (7)$$

где  $\Delta P_\phi(x, y) = \Delta P_\phi P[\Delta P_\phi(x, y) \geq \Delta P_\phi | C_n]$  - вероятность превышения в точке с координатами  $(x, y)$  давления  $\Delta P_\phi$  во фронте ударной волны при реализации сценария  $C_n$ .

Анализ риска взрывоустойчивости анализируемых зданий проводится путем сравнения расчетных показателей с критерием допустимого риска согласно Руководства.

5. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах (Приказ МЧС РФ от 10 июля 2009 г. №404).

5.1 Оценка потенциального пожарного риска на территории объекта и в жилебной зоне определяется по формуле:

$$P(a) = \sum_{j=1}^J Q_{aj}(a) \cdot Q_j, \quad (8)$$

где  $P(a)$  – потенциальный пожарный риск;

$Q_{aj}(a)$  – 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>.

5.2 Величина индивидуального пожарного риска для работника при его нахождении на территории объекта определяется по формуле:



$$R_m = \sum_{i=1}^I q_{im} \cdot P(i), \quad (9)$$

где  $R_m$  – индивидуальный пожарный риск;

$P(i)$  – 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.

5.3 Социальный пожарный риск определяется частотой возникновения событий, ведущих к гибели 10 и более человек:

$$S = \sum_{j=1}^L Q_j, \quad (10)$$

где  $L$  – число сценариев развития пожароопасных ситуаций (пожаров), для которых выполняется условие  $N_i \geq 10$ ;

$N_i$  – среднее число погибших людей в селитебной зоне вблизи объекта в результате реализации  $j$ -го сценария в результате воздействия опасных факторов пожара, взрыва.

$Q_j$  – частота реализации в течение года  $j$ -го сценария пожара, год<sup>-1</sup>;

б. 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. Методика оценки рисков чрезвычайных ситуаций и нормативы приемлемого риска чрезвычайных ситуаций предлагает модели по оценки индивидуального, коллективного, материального рисков.

6.1 Индивидуальный риск представляется частотой поражения отдельного человека в результате воздействия всей совокупности исследуемых факторов опасности в рассматриваемой точке пространства:

$$R_{\Sigma} = \sum_{i,j} \lambda_i E_{ij}(x, y) P_j, \quad (11)$$

где  $\lambda_i$  – частота реализации  $i$ -го сценария;

$E_{ij}(x, y)$  – вероятность реализации  $j$ -го механизма воздействия в точке  $(x, y)$  для  $i$ -го сценария;

$P_j$  – вероятность поражения при реализации  $j$ -го механизма воздействия.

6.2 Коллективный риск является математическим ожиданием дискретной случайной величины людских потерь:

$$R_{\text{кол}} = \sum_{i=1}^k n_i \rho_i, \quad (12)$$

где  $n_i$  - значение величины людских потерь при реализации  $i$ -го сценария аварийной ситуации из  $k$  возможных;

$\rho_i$  – вероятность аварийной ситуации.

6.3 Материальный риск (математическое ожидание дискретной случайной величины материального ущерба) рассчитывается по формуле:

$$R_{\text{мат}} = \sum_{i=1}^k g_i \rho_i, \quad (13)$$

где  $g_i$  - значение стоимостной оценки материального ущерба при реализации  $i$ -го сценария аварийной ситуации;

$\rho_i$  – вероятность аварийной ситуации.

7. Методические рекомендации МЧС РФ от 15.07.2016 №2-4-71-40 По порядку разработки, проверки, оценки и корректировки электронных паспортов территорий (объектов). Расчет индивидуального риска осуществляется по следующей модели [43]:

$$R = \frac{N_{\text{п}}}{N_{\text{н}}}, \quad (14)$$

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.

8. 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) предлагает следующие модели оценки риска:

8.1 Индивидуальный риск, определяется как вероятность смертельного исхода или потери здоровья населения за год при чрезвычайной ситуации или в процессе аварии:

$$R_{ei} = H \cdot P, \quad (15)$$

где  $R_{ei}$  – индивидуальный риск при  $i$ -ой чрезвычайной ситуации;

$H$  – частота чрезвычайной ситуации за год;

$P$  – вероятность наступления неблагоприятного события при условии, что случилась чрезвычайная ситуация.

8.2 Коллективный риск, определяется число пораженных от аварии или чрезвычайной ситуации за год:

$$R_i = H \cdot M(N), \quad (16)$$

где  $R_i$  – коллективный риск при  $i$ -ой чрезвычайной ситуации;

$H$  — вероятность наступления чрезвычайной ситуации (частота аварий, катастроф) за год;

$M(N)$  — математическое ожидание потерь населения.

8.3 Комплексный индивидуальный риск – оценка поражения людей при всех чрезвычайных ситуациях, характерных для рассматриваемого региона:

$$R_e = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - R_{ei}), \quad (17)$$

где  $n$  — число рассматриваемых чрезвычайных ситуаций;

$R_{ei}$  — индивидуальный риск при  $i$ -й чрезвычайной ситуации.

8.4 Комплексный коллективный риск определяется по формуле:

$$R = \sum_{i=1}^n R_i, \quad (18)$$

где  $n$  — число рассматриваемых чрезвычайных ситуаций;

$R_i$  — коллективный риск при  $i$ -й чрезвычайной ситуации.

8.5 Индивидуального риска от аварий на пожаро-взрывоопасных объектах формула:

$$R_{ei}(x, y) = \sum_k H_k \sum_j E_{kj}(x, y) \cdot P_j(x, y), \quad (19)$$

где  $H_k$  — вероятность аварии за год по сценарию  $k$ ;

$E_{kj}(x, y)$  — вероятность реализации механизма воздействия  $j$  в точке для сценария аварии;

$P_j(x, y)$  — вероятность летального исхода при реализации механизма воздействия.

8.6 Оценка индивидуального риска на химически опасном объекте рассчитывается по формуле:

$$R_e = \frac{H}{N} \iint_{S_r} \int_0^{V_{max}} \int_{V_{min}}^{2\pi} f(a, V) \cdot P[D(x, y)] \cdot \psi(x, y) dV da dx dy, \quad (20)$$

где  $S_r$  — область части города, в пределах которой возможно поражение людей при авариях на заданном объекте;

$\psi(x, y)$  — плотность размещения людей в окрестностях;

$P[D(x, y)]$  — вероятность поражения людей от величины токсодозы;

$D(x, y)$  — токсодоза;

$H$  — вероятность аварии в течение года;

$N$  — численность населения.

8.7 Оценка риска на радиационно-опасных объектах представлена формулой:

$$R_e = H \int_0^{2\pi} \int_{V_{min}}^{V_{max}} f(a, V) \cdot P[D(x, y)] dV da, \quad (21)$$

где  $H$  - вероятность аварии за год;

$f(a, V)$  - функция плотности распределения направления и скорости ветра;

$P[D(x, y)]$  - вероятность поражения людей от величины дозы радиоактивного заражения.

8.8 Оценка сейсмического риска определяется по формуле:

$$R_e = \frac{H}{N} \iint_{S_r} \int_0^{I_{max}} \int_0^{I_{min}} f(x, y, I) \cdot P(I) \cdot \psi(x, y) dI dt dx dy, \quad (22)$$

где  $f(x, y, I)$  — плотность вероятности распределения интенсивности землетрясения;

$P(I)$  — параметрический закон поражения людей, размещенных в  $i$ -м типе зданий, от землетрясения с интенсивностью  $I$ ;

$H$  — вероятность землетрясения для рассматриваемого района.

Помимо моделей представленных в нормативных документах в научной сфере как в России, так и зарубежом ведутся разработки оптимальных моделей по оценке рисков:

1. Комплексный риск рассчитывается по формуле (23) и определяется средним числом погибших на рассматриваемой территории [11]:

$$R_c = \frac{1}{L} \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n N_i(Q_j) \cdot P_i(Q_j), \quad (23)$$

где  $L$  — общая численность населения на рассматриваемой территории;

$m$  — число видов угроз;

$n$  — число зон поражения с разными вероятностями гибели людей;

$N_i(Q_j)$  — число погибших;

$P_i(Q_j)$  — вероятность появления угрозы.

2. Допустимый индивидуальный риск чрезвычайных ситуаций. Данная модель позволяет унифицировать критерии риска ЧС [35].

$$R_{\text{доп.инд}} = n / (\Delta T \cdot N), \quad (24)$$

где  $n$  — количество погибших в ЧС в субъекте РФ за период наблюдения  $\Delta T$  (включая техногенные, природные, биолого-социальные ЧС, техногенные пожары и террористические акты);

$\Delta T$  — период наблюдения, лет;

$N$  — среднее арифметическое численности населения, проживающего в субъекте Российской Федерации за период времени  $\Delta T$ .

3. Оценка риска матричным методом [45,46]. Матрица рисков, представленная на рисунке 16, совмещает два индекса (частоту и тяжесть) и позволяет определить уровень риска [47,48].

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					

Приемлемая ситуация     
  Неприемлемая ситуация     
  Необходимы меры по снижению риска

Рисунок 16 - Матрица ранжирования рисков

В европейских правилах не существует стандартного метода оценки Частоты [49,50]. Расчет частоты основан на делении числа каждого события, собранного за определенный период времени и на расчетное количество производств [51,52].

$$\text{Частота} = \frac{\left( \frac{\text{Количество событий}}{\text{период времени}} \right)}{\text{расчетное количество производственных объектов}} \quad (25)$$

Класс тяжести и уровни частоты определяются в соответствии с таблицами 4 и 5 [53,54].

Таблица 4 - Уровни частоты

Частота происшествий в год		Класс частоты
Качественное определение	Количественное определение	Ранг в матрице рисков
Маловероятное происшествие	$F \leq 10^{-4}$	F <sub>0</sub>
Низкая частота (один раз в 1000 лет)	$10^{-4} \leq F \leq 10^{-3}$	F <sub>1</sub>
Частый (один раз в 100 лет)	$10^{-3} \leq F \leq 10^{-2}$	F <sub>2</sub>
Высокая частота (один раз в 10 лет)	$10^{-2} \leq F \leq 10^{-1}$	F <sub>3</sub>
Очень высокая частота происшествий (несколько раз в год)	$F > 10^{-1}$	F <sub>4</sub>

Таблица 5 - Класс последствий для каждого события

События	Последствия					Класс тяжести
	Человек	Окружающая среда	Производство	Характер последствий	Репутация	
Промакх	Отсутствие повреждений	Нет влияния	Нет потерь	Нет эффекта	Нет влияния	C1
Неудача	Незначительные последствия для здоровья	Незначительные влияния	Производственные потери/потери рабочих часов	Незначительные влияния	Незначительные влияния	C2
Происшествие	Значительные последствия для здоровья или травма	Локальные последствия	Значительные потери/потери рабочих дней	Локальные последствия	Значительные влияния	C3
Авария	1 или несколько смертельных исходов или инвалидность	Значительные последствия	Тяжелые финансовые последствия	Значительный ущерб	Репортаж в национальном СМИ	C4
Катастрофа или бедствие	Несколько смертельных исходов	Огромные экологические последствия	Огромный ущерб/остановке производства	Огромный ущерб	Репортаж в международном СМИ	C5

## 2.3 Зарубежные программные комплексы по оценки риска

### 1 Программный модуль DNV Leak 3.3 (Норвегия)

Программный модуль позволяет определить вероятность утечек на различном оборудовании, упрощая сложные вычисления. Определение вероятности утечек («частоты утечек»), связанных с технологическим оборудованием, является ключевым требованием для технических оценок, связанных с безопасностью (количественные оценки рисков, QRA). Программа Leak использует базы данных о частоте отказов, которая облегчает расчет вероятности утечек.

Достоинства программы:

- быстрый способ генерации данных частоты утечки;
- объединяет в себе базу данных по частоте утечек, британскую базу данных по выбросам углеводородов (HCRD), UK HSE (UK Health and Safety Executive)
- интегрирование любых данных;
- оценка вероятностей утечек по различным параметрам (размер отверстия, скорость выброса, фаза (жидкость или газ) и для различных типов оборудования (сосуды, клапаны, насосы и т.д.).

### 2 Программное обеспечение DNV GL (Норвегия)

DNV GL программного обеспечения объединяющее энергетическую, технологическую и морскую отрасли. Данная программа направлена на проектирование, инжиниринг и оценку рисков.

### 3 Программа ITEM QT v10.1.2 (Англия)

Представляет собой настраиваемую платформенную. ITEM QT (iQT) программный инструмент по определению и оценки надежности, безопасности

и анализа рисков. Предварительно выпущенные и доступные в настоящее время модули являются стандартами прогнозирования надежности.

#### 4 Программный модуль ITEM iQRAS v2.5.2 (Англия)

Система количественной оценки ИТЭМ (iQRAS) может помочь выявить риски, найти основных источники возникновения опасности и эффективные способы снижения рисков. Программа интегрирует иницирующие события с временными рядами, последовательностями событий, характеристикой вероятности отказа, ранжированием риска и анализом рисков.

#### 5 Honeywel lRisk-IT v1.0 (США)

Risk-IT автоматизированная программа по оценке рисков (RBI), позволяет количественно оценить риски и управлять ими, а также установить приоритетность осмотра оборудования для обеспечения оптимального срока службы и безопасности оборудования.

#### 6 Shell SHEPHERD v3.1.0.13 (Германия)

Программного обеспечения SHEPHERD представляет собой программу по оценке рисков, включающую все имеющиеся модели рисков. Программное обеспечение разработано для выполнения количественного анализа риска (QRA) для целого ряда береговых промышленных объектов, в том числе нефтеперерабатывающих заводов, газовых заводов, химических заводов, газораспределительных площадок сжиженного нефтяного газа, трубопроводных систем и т.п.

#### 7 TWI RiskWISE 5 for Process Plant v5.1.0.28350 (Финляндия)

Программное обеспечение RBI / Maintenance Based Maintenance (RBM) для нефтегазовой и химической промышленности и электростанций. Программа основана для оптимизации проверок и обслуживания оборудования, оценивает риски в обобщенном виде, охватывающие все механизмы повреждения для каждого элемента оборудования, чтобы определить безопасные интервалы осмотра и технического обслуживания.

## **2.4 Отечественные программные аппараты оценки риска**

1 Программный модуль «ТОКСИ» разработан на основе «Методики оценки последствий химических аварий».

Программа позволяет определять:

- количество поступивших в атмосферу опасных химических веществ при различных сценариях аварии;
- пространственно-временное поле концентраций опасных химических веществ в атмосфере;
- размеры зон химического заражения и нанесение на карту зон;

Программа полезна для использования:

- при проведении анализа опасностей и рисков при промышленных авариях с выбросом опасных химических веществ;
- при разработке планов локализации и ликвидации последствий аварий;

– при разработке мероприятий, уменьшающих риск для персонала опасных промышленных объектов и проживающего вблизи населения.

2 Программный модуль «Магистраль» разработан в соответствии с «Методическими указаниями по проведению анализа риска для опасных производственных объектов газотранспортных предприятий ОАО «ГАЗПРОМ» (СТО РД Газпром 39-1.10-084-2003).

Особенности программного комплекса:

– позволяет определить вероятностную оценку формы пламени пожара в зависимости от свойств грунта и диаметра трубопровода;

– формирует сценарии;

– учитывается воздействие основных сценариев развития аварий, что позволяет осуществить зонирование территории по критерию индивидуального риска.

Модуль рекомендуется для использования:

– при проведении анализа опасностей и рисков при авариях на магистральных газопроводах;

– при разработке планов локализации и ликвидации последствий аварий;

– при разработке мероприятий, уменьшающих риск для персонала опасных промышленных объектов и проживающего вблизи населения.

3 Программный модуль «Экспресс оценка последствий ЧС» разработан на основе «Методических рекомендаций по определению количества пострадавших при чрезвычайных ситуациях техногенного характера» от 1.09.2007 г. № 1-4-60-9-9, МЧС 2007 г.

Модуль позволяет осуществлять расчет:

– глубин и площадей распространения поражающих факторов чрезвычайной ситуации, связанных со взрывами конденсированных взрывчатых веществ, горючих жидкостей, легко воспламеняющихся жидкостей, горючих газов, проливами химически опасных веществ;

– величины потерь персонала и населения.

4 Программный модуль "Экология-нефть-трубопровод" разработан на основе «Методики определения ущерба окружающей природной среде при авариях на магистральных нефтепроводах», утвержденной Минтопэнерго РФ 01.11.1995 г.

Программа позволяет:

– рассчитать общий объем (массы) нефти, вылившейся при аварии из нефтепровода, и загрязнившую окружающую природную среду;

– рассчитать площадь загрязненных нефтью земель (почв) и водных объектов;

– рассчитать ущерб от загрязнения.

5 Программный модуль «Аварийный взрыв» разработан на основе РБГ-05-039-96 «Руководство по анализу опасности аварийных взрывов и определению параметров механического воздействия».

Программный аппарат позволяет осуществлять расчеты:



- параметров воздушной ударной волны, зон барического поражения при взрыве конденсированных взрывчатых веществ и зон риска поражения людей избыточным давлением;

- наносить на карту зоны потенциального риска;

6 Программный модуль «Риск ГТС» разработан на основе «Методических рекомендаций по оценке риска аварий гидротехнических сооружений, водохранилищ и накопителей промышленных отходов» (ГНЦ РФ НИИ ВОДГЕО, Москва, 2000 г.).

Программа разработана для оценки риска аварий ГТС на основе экспертного анализа всей совокупности факторов, влияющих на надежность и безопасность их работы.

7 Программный модуль "Риск-нефть-трубопровод" разработан на основе руководящего документа «Методическое руководство по оценке степени риска аварий на магистральных нефтепроводах» (утвержденное ОАО «АК "Транснефть"» (приказ от 30.12.1999г. №152), а также согласованное Госгортехнадзором России от 07.07.1999г. №10-03/418).

Модуль позволяет осуществлять:

- определение количества нефти, вылившейся из магистрального нефтепровода вследствие аварии;

- оценку площади загрязнения земель и водных объектов;

- интегральный экологический риск;

- экологический ущерб.

8 Программный модуль «Оценка риска» разработан на основе СП 12.13130.2009 Свода правил «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности».

Программа производит расчеты зон барического поражения взрывом топливно-воздушных смесей, термического поражения пожаров пролива и «огненного шара», потенциального риска (индивидуального риска для селитебной зоны) для одного или нескольких сценариев развития аварийных ситуаций.

9 Программный комплекс ТОХИ+Risk 5 разработан в соответствии с действующими нормативно-методическими документами Ростехнадзора. С помощью программного комплекса могут быть решены следующие расчетные задачи:

- Расчет показателей риска на территории опасного производственного объекта и за его пределами;

- Расчет взрывоустойчивости зданий и сооружений;

- Расчет пожарного риска в производственных и непромышленных зданиях;

- Моделирование рассеяния опасных веществ в атмосфере (по моделям «тяжелого» и «легкого» газов);

- Расчет последствий теплового воздействия от пожара пролива, огненного шара, аварийных факелов, пожара-вспышки (в шттилевых условиях);

- Расчет массовой скорости истечения горючих газов, зон загазованности и зон теплового воздействия при авариях на магистральных газопроводах;
- Расчет размеров разрушения и частоты их возникновения на магистральных нефте- и газопроводах;
- Расчет категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности;
- Расчет концентрации в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий;
- Расчет зон радиационного заражения при авариях на энергетических реакторах;

10 Программный комплекс «Русь». Программа позволяет строить сценарии, деревья событий, деревья отказов, поля потенциального риска, рассчитывать риски, анализировать опасности техногенной среды и параметров технологических процессов на объекте, рассчитывать размеры взрывоопасных зон, определять параметры волны давления, определять категории помещений, зданий по взрывопожарной и пожарной опасности, определять категории наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности, определять расчетные величины пожарного риска на производственных объектах.

Программа реализует методические рекомендации по определению количества пострадавших при ЧС техногенного характера (утв. от 01.09.2007 № 1-4-60-9-9), РД03-418-01 Методические указания по проведению анализу риска ОПО (от 10.07.2007 № 30), СТО РД Газпром 39-1.10-084-2003, Методические указания по проведению анализа риска для ОПО газотранспортных предприятий ОАО Газпром, СТП ВНИИГ 210.02.НТ-04, методику оценки комплексного риска для населения от ЧС природного и техногенного характера, Р2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду.

### **3 Анализ и количественная оценка базовых рисков от ЧС в С-П-Т системе на примере территорий Красноярского края**

#### **3.1 Виды ЧС и их влияние на развитие территорий Красноярского края. Определение базовых рисков**

Проблема чрезвычайных ситуаций остается актуальной на сегодняшний день. Представлено невероятно много трактовок понятия "чрезвычайная ситуация". Самое распространенное определение чрезвычайной ситуации – это обстановка на определенной территории/объекте, сложившаяся в результате аварии или катастрофы природного, техногенного или социального характера, которая может повлечь или повлекла за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, привела к нарушению условий жизнедеятельности людей, значительным материальным потерям и экономическому ущербу и требует на свою ликвидацию крупных материальных, временных и людских затрат [37].

Основная классификация ЧС зависит от характера и условий происхождения различных опасных событий. Существует шесть основных групп:

1 ЧС техногенного характера. К техногенным авариям, относятся транспортные катастрофы, взрывы или угрозы взрывов, некоторые виды пожаров, выброс или угроза выброса различных ядохимикатов, радиоактивных или биологических веществ, разрушение построек, зданий или сооружений. Сюда же стоит отнести аварии и катастрофы, произошедшие на инженерных сетях, угрозы аварий или непосредственные катастрофы на дамбах, плотинах, других водных сооружения и т. д.

2 Природные ЧС, характеризуются крайне опасными природными явлениями. Существует множество видов различных ситуаций, входящих в данную группу. Однако все они приводят, как правило, к заболеванию людей, массовым поражениям биологических существ и т. д.

3 Биолого-социальные ЧС, характеризуются массовым заболеванием (инфицирование) людей, животных, растений.

4 ЧС экологического характера, характеризуются изменением состояния суши, водной среды, воздушной среды и биосферы.

5 Военные ЧС характеризуется массовыми и обширными мероприятиями по разрушению или заражению определенных территорий с использованием оружия массового поражения. Сюда относятся религиозные, социальные, политические взрывы и волнения, терроризм, противостояние государств и другое.

6 Социально-политические ЧС. Все виды чрезвычайных ситуаций этой группы можно охарактеризовать как антиконституционные и террористические. Как правило, сюда относится похищение людей, взятие группы лиц в заложники, незаконная торговля оружием т. д. Социально-

политические ЧС характеризуются как опасные явления, возникшие в результате общественных и политических конфликтов.

Постановлением Правительства РФ № 304 от 21 мая 2007 года введена следующая классификация для единого подхода к оценке ЧС представлены в таблице 6.

Таблица 6 Классификация чрезвычайных ситуаций

Вид ЧС	Характерологические признаки		
	Количество пострадавших (чел)	Размер материального ущерба	Зона ЧС
Локальная	Не более 10	Не более 100 тыс. руб.	Не выходит за пределы объекта
Муниципальная	Не более 50	Не более 5 млн. руб.	Не выходит за пределы территории одного поселения или внутригородской территории города Федерального значения
Межмуниципальная	Не более 50	Не более 5 млн. руб.	Затрагивает территорию двух и более поселений, внутригородских территории города Федерального значения или межселенную территорию
Региональная	Свыше 50, но не более 500	Свыше 5 млн. руб., но не более 500 млн. рублей	Не выходит за пределы территории одного субъекта РФ
Межрегиональная	Свыше 50, но не более 500	Свыше 5 млн. руб., но не более 500 млн. рублей	Затрагивает территорию двух и более субъектов РФ
Федеральная	Свыше 500 чел.	Свыше 500 млн. руб.	

Во время ЧС на людей и окружающую природную среду могут воздействовать следующие поражающие факторы:

- динамический (механический) – приводит к различным травмам и ранениям. Такие поражения часто встречаются при землетрясениях, смерчах, транспортных авариях.

- термический – приводит к различной степени ожогам или обморожениям (световое излучение, пожары, морозы, наводнения и т.д.)

- радиационный – приводят к лучевой болезни, лучевым ожогам кожи и поражениям внутренних органов при попадании РВ внутрь.

- химический – воздействует на людей при химических авариях, вызывая разнообразные по характеру и тяжести поражения (отравления).

- биологический – это бактерии и др. биологические агенты, выброс и распространение которых возможен при авариях на биологически опасных

объектах, что может привести к массовым инфекционным заболеваниям (эпидемиям).

- психоэмоциональный (психотравмирующий) – приводит к различным нарушениям психики, от легких психогенных реакций (ступор, страх, истерия), до стойких нервно-психических заболеваний (депрессия, психоз) требующих длительной госпитализации и лечения. Подобные явления наблюдались в 10-13% случаев среди пострадавших в Арзамасе и Иванове и до 64% – при землетрясениях. Зачастую психотравмирующие факторы усиливаются через печать и электронные средства массовой информации (телевидение, радио и др.). На рисунке 17 представлена классификация ЧС по признакам и видам.



Рисунок 17 – Классификация ЧС

Проблема комплексного исследования безопасности природной среды и техносферы актуальна для территорий Сибири. Сибирский регион занимает важное стратегическое положение и имеет огромное экономическое значение. Анализ потенциальных источников ЧС, расчетных зон воздействия поражающих факторов и количества населения, проживающего в этих зонах, позволил классифицировать территорию Сибири по степени опасности возникновения ЧС [38]. На территории Сибири семь субъектов РФ отнесены к

группе первой степени опасности, три – ко второй и два – к третьей. Наиболее опасными по степени риска возникновения ЧС являются: Красноярский край, Кемеровская, Новосибирская, Омская, Иркутская, Томская области и Алтайский край, отнесены к первой категории опасности.

По данным МЧС России, за период с 2000 по 2017 г. На территории субъектов Сибирского федерального округа произошло более 3000 ЧС природного и техногенного характера, при этом основную часть составляют ЧС техногенного характера (более 80 %), особенно по субъектам, отнесенным к первой группе по степени опасности.

Красноярский край – индустриально развитый регион, в котором более 700 потенциально опасных объектов с функционально сложными и высокоопасными системами производства, характеризующимися как явными угрозами жизни и здоровью населения (риски возникновения аварий и катастроф), так и скрытыми (загрязнение окружающей среды). Наличие большого числа потенциально-опасных объектов с функционально сложными и высокоопасными системами производства увеличивает вероятность возникновения различных аварий и катастроф техногенного характера:

- аварии на химически опасных объектах;
- аварии на радиационно-опасных объектах;
- аварии на пожаро- и взрывоопасных объектах;
- аварии на транспорте (ж/д, воздушном, автомобильном, водном);
- аварии на гидродинамических опасных объектах;
- аварии на коммунально-энергетических сетях.

Явные чрезвычайные ситуации несут незамедлительный эффект (гибель и травмирование людей), скрытые могут проявиться и через много лет (последствия от загрязнения почвы, воды, атмосферы).

Концепция риска напрямую связана с понятием опасность [39]. Опасность – негативное воздействие на общество, личность, окружающую среду. Опасность техногенного характера – поражающее воздействие источников техносферы. Последствия чрезвычайных ситуаций и катастроф подразделяются на три группы ущербов [40]:

- причинение ущерба жизни и здоровью людей;
- экономические ущербы;
- ущерб и неблагоприятные последствия для окружающей среды и культурных ценностей.

Таким образом, к базовым рискам развития промышленных регионов относятся [41]:

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

### 3.2 Оценка техногенного риска ЧС на примере Красноярского края

Оценка уровня техногенных рисков – основа регулирования природно-техногенной безопасности. Аварийная ситуация приводит к одному или совокупности негативных последствий: ухудшению состояния окружающей среды, гибели человека или отклонению здоровья от среднестатистического значения, материальным потерям. Доля техногенных опасностей в структуре риска для жизнедеятельности населения постоянно возрастает.

При анализе Государственных докладов МЧС России по Красноярскому краю с 1996 по 2016 гг. были выявлены основные виды чрезвычайных ситуаций техногенного характера, которым подвержен регион. На рисунке 18 представлены основные виды техногенных ЧС и их доля в общем числе за период с 1996-2016 гг. [55, 56]:

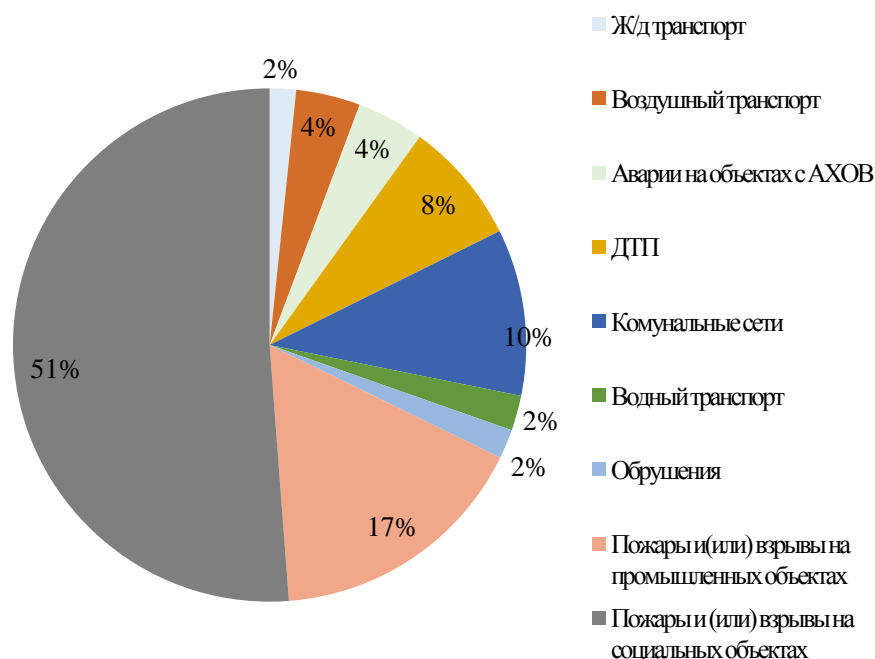


Рисунок 18 – Диаграмма соотношений ЧС техногенного характера по видам

На основании Государственных докладов МЧС России и методических рекомендаций проведен анализ базовых техногенных рисков при чрезвычайных ситуациях техногенного характера на примере Красноярского края [42, 57]:

1 Индивидуальный риск. При техногенных опасностях индивидуальный риск определяется потенциальным территориальным риском – вероятностью нахождения человека в районе возможного действия опасных факторов, характеризуется одним числовым значением и является универсальной характеристикой опасности для человека. Определяется в соответствии с методикой [43, 58], в таблице 7 приведены расчетные показатели индивидуального риска, а на рисунке 19 изображена кривая индивидуального риска от ЧС техногенного характера.

Таблица 7 – Количественные показатели индивидуального риска при ЧС техногенного характера для Красноярского края

Год	Погибшие	Численность населения	Индивидуальный риск	Расчетная формула	Допустимое значение
1996	50	3099424	$1,61 \cdot 10^{-5}$	$R = \frac{N_{\text{п}}}{N_{\text{н}}}$	$1 \cdot 10^{-5}$
1997	27	3085791	$8,75 \cdot 10^{-6}$		
1998	30	3067863	$9,78 \cdot 10^{-6}$		
1999	40	3048716	$1,31 \cdot 10^{-5}$		
2000	41	3022092	$1,36 \cdot 10^{-5}$		
2001	50	3000891	$1,67 \cdot 10^{-5}$		
2002	45	2966042	$1,52 \cdot 10^{-5}$		
2003	8	2961871	$2,7 \cdot 10^{-6}$		
2004	8	2941993	$2,72 \cdot 10^{-6}$		
2005	192	2925330	$6,56 \cdot 10^{-5}$		
2006	145	2906181	$4,99 \cdot 10^{-5}$		
2007	125	2893748	$4,32 \cdot 10^{-5}$		
2008	26	2890350	$9 \cdot 10^{-6}$		
2009	20	8669355	$6,92 \cdot 10^{-6}$		
2010	21	2828187	$7,43 \cdot 10^{-6}$		
2011	1	2829105	$3,53 \cdot 10^{-7}$		
2012	2	2838396	$2,47 \cdot 10^{-6}$		
2013	17	2846475	$5,97 \cdot 10^{-6}$		
2014	11	2852810	$3,86 \cdot 10^{-6}$		
2015	39	2858773	$1,36 \cdot 10^{-5}$		
2016	13	2866490	$4,54 \cdot 10^{-6}$		



Рисунок 19 – Кривая индивидуального риска при ЧС техногенного характера для Красноярского края



2 Коллективный риск определяет ожидаемое количество пострадавших людей в результате возможных аварий за определенный интервал времени [43, 59], в таблице 8 и на рисунке 20 приведены количественные показатели коллективного риска при ЧС техногенного характера.

Таблица 8 – Расчетные значения коллективного риска при ЧС техногенного характера для Красноярского края

Год	Количество ЧС	Погибшие	Частота	Коллективный риск	Расчетная формула
1996	54	50	0,147945	0,813699	$R_{\text{колл}} = \sum_{i=1}^k n_i p_i$
1997	32	27	0,084932	0,339726	
1998	32	30	0,087671	0,268493	
1999	48	40	0,131507	0,920548	
2000	45	41	0,123288	1,115068	
2001	55	50	0,150685	0,986301	
2002	14	45	0,038356	0,30137	
2003	5	8	0,013699	0,027397	
2004	8	8	0,021918	0,131507	
2005	93	192	0,254795	46,12329	
2006	64	145	0,175342	20,78082	
2007	58	125	0,158904	14,72329	
2008	8	26	0,021918	0,356164	
2009	5	20	0,013699	0,109589	
2010	3	21	0,008219	0,057534	
2011	5	1	0,013699	0,00274	
2012	3	2	0,008219	0,005479	
2013	5	17	0,013699	0,134247	
2014	4	11	0,010959	0,030137	
2015	6	39	0,016438	0,641096	
2016	6	13	0,016438	0,213699	



Рисунок 20 – Кривая коллективного риска при ЧС техногенного характера для Красноярского края

3 Материальный риск, связан с потерей материальных или финансовых средств, в результате возможных техногенных ЧС [43, 60], расчетные показатели по оценке материального риска представлены в таблице 9:

Таблица 9 – Материальный риск при ЧС техногенного характера для Красноярского края

Год	Погибшие	Пострадавшие	Ущерб	Материальный риск	Расчетная формула
1996	50	52	71,123	1,389427	$R_{\text{мат}} = \sum_{i=1}^k g_i p_i$
1997	27	44	97,375	2,028151	
1998	30	554	119,509	0,678463	
1999	40	359	85,15	2,08434	
2000	41	67	72,622	1,701553	
2001	50	88	118,21	1,942329	
2002	45	76	58,109	0,391008	
2003	8	299	78,1	0,456164	
2004	8	23	11,92	0,175671	
2005	192	170	217,652	50,64674	
2006	145	6613	817,04	27,92882	
2007	125	100	193,164	17,5298	
2008	26	43	31,12	0,412986	
2009	20	31	23,79	0,130548	
2001	21	732	94,452	0,258773	
2011	1	20648	2068,934	5,669863	
2012	2	40	11	0,030137	
2013	17	23	19,303	0,151801	
2014	11	22	19,32	0,052932	
2015	39	121	55,574	0,913545	
2016	13	36	23,35	0,383836	

Для материального риска введены параметры приемлемого риска, представленные в таблице 10 и на рисунке 21.

Таблица 10 – Допустимые значения материального риска

Значения риска	Материальный ущерб, руб.	Частота ЧС
Приемлемый риск	≤100 тыс.	$10^{-4} \geq$
	100 тыс. - 50 млн.	$10^{-5} \geq$
	50 млн. - 500 млн.	$10^{-6} \geq$
Условно приемлемый риск	≤100 тыс.	$10^{-2} - 10^{-4}$
	100 тыс. - 50 млн.	$10^{-3} - 10^{-5}$
	50 млн. - 500 млн.	$10^{-4} - 10^{-5}$
	≥ 500 млн.	$10^{-5} \geq$
Повышенный риск	≤100 тыс.	$1 - 10^{-2}$
	100 тыс. - 50 млн.	$10^{-1} - 10^{-3}$
	50 млн. - 500 млн.	$10^{-2} - 10^{-4}$
	≥ 500 млн.	$10^{-3} - 10^{-5}$
Недопустимый риск	≤100 тыс.	$\geq 1$
	100 тыс. - 50 млн.	$1 - 10^{-1}$
	50 млн. - 500 млн.	$1 - 10^{-2}$
	≥ 500 млн.	$1 - 10^{-3}$

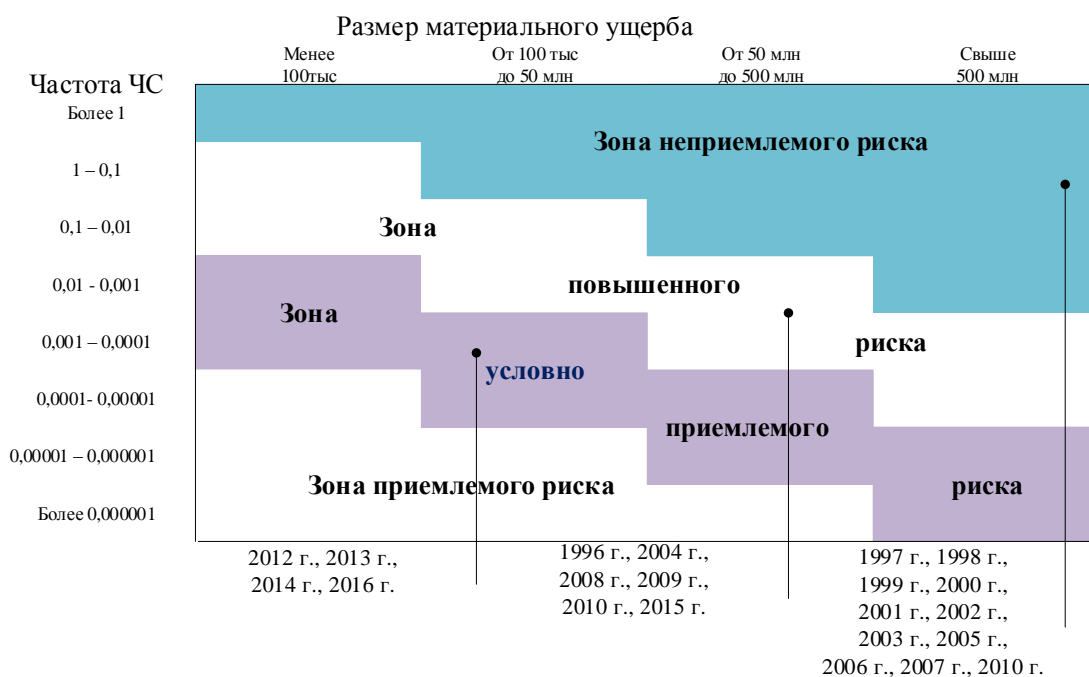


Рисунок 21 – Значения материального риска при ЧС техногенного характера для Красноярского края по годам

3 Социальный риск оценивается динамикой погибших, в пересчете на 1000 человек и характеризует масштабы и тяжесть чрезвычайных ситуаций (расчетные показатели представлены в таблице 11):

$$R_c = \frac{10000 C}{L} (t), \quad (26)$$

где  $C$  – число умерших в единицу времени  $t$  (смертность) в исследуемой группе;

$L$  – общая численность исследуемой группы.

Социальный риск возможно представлять в виде диаграммы зависимости вероятности события или частоты на количество погибших по данному событию [61]. На рисунке 22 представлена диаграмма социального риска от ЧС техногенного характера.

Таблица 11 – Количественные значения социального риска при ЧС техногенного характера для Красноярского края

Год	Погибшие	Численность населения	Социальный риск
1	2	3	4
1996	50	3099424	0,16132
1997	27	3085791	0,087498
1998	30	3067863	0,097788
1999	40	3048716	0,131203
2000	41	3022092	0,135668
2001	50	3000891	0,166617
2002	45	2966042	0,151717
2003	8	2961871	0,02701

### Окончание таблицы 11

1	2	3	4
2004	8	2941993	0,027192
2005	192	2925330	0,656336
2006	145	2906181	0,498937
2007	125	2893748	0,431966
2008	26	2890350	0,089955
2009	20	8669355	0,069209
2001	21	2828187	0,074253
2011	1	2829105	0,003535
2012	2	2838396	0,024662
2013	17	2846475	0,059723
2014	11	2852810	0,038558
2015	39	2858773	0,136422
2016	13	2866490	0,045352



Рисунок 22 – Кривая социального риска при ЧС техногенного характера для Красноярского края за 20 лет (интервал 5 лет)

4 Экономический риск определяется соотношением пользы и вреда, получаемых обществом, от рассматриваемого вида деятельности [43]. Определение экономического риска от техногенных ЧС достаточно сложно, в связи с отсутствием полноты информации по данным показателям. Тем не менее экономический риск может определяться диаграммой зависимости частоты от ущерба. На рисунках 23 представлена диаграмма экономического риска от ЧС техногенного характера

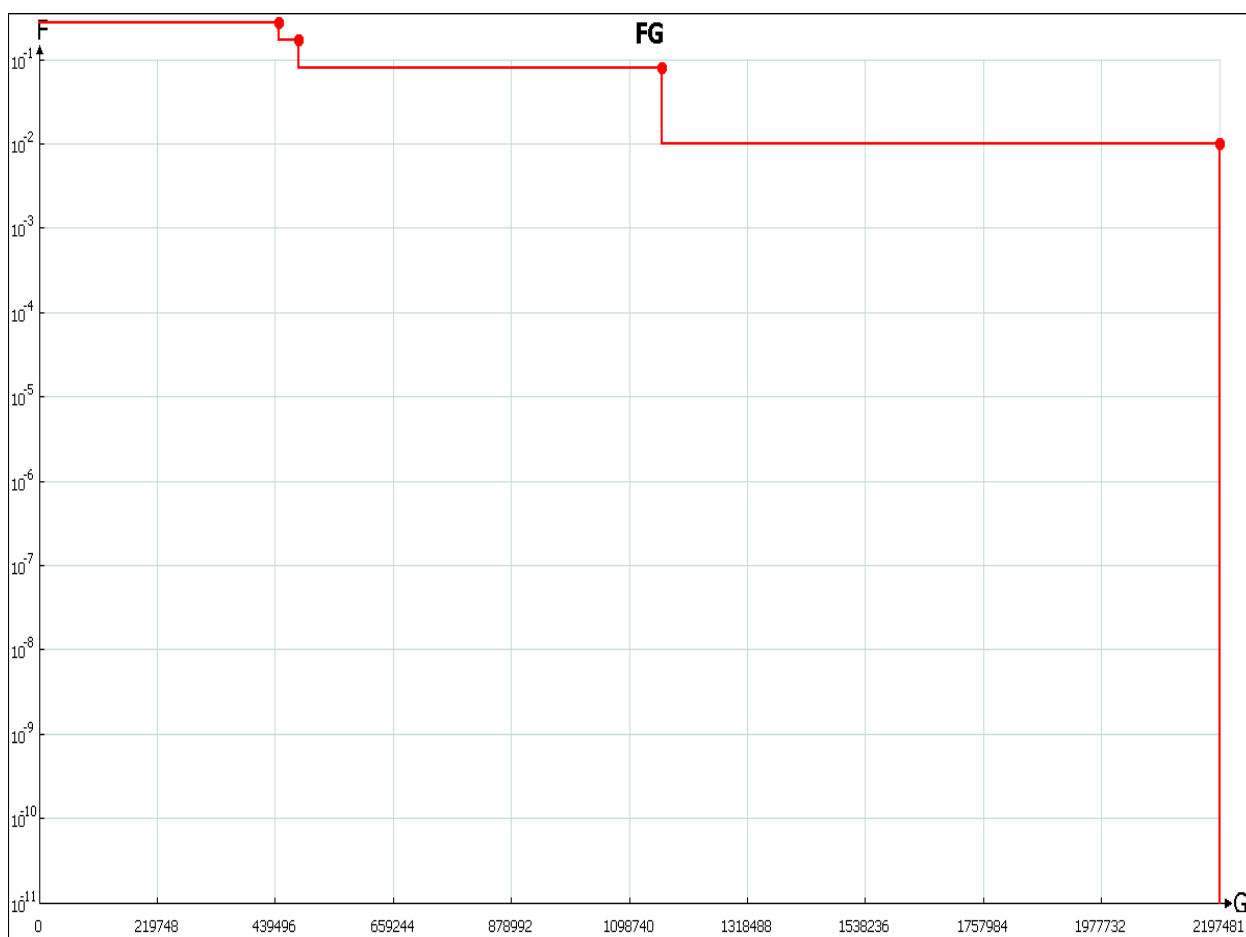


Рисунок 23 – Кривая экономического риска при ЧС техногенного характера для Красноярского края за 20 лет (интервал 5 лет)

При анализе риска на территории Красноярского края были выявлены основные причины, которые в большей степени влияют на уровень риска (рис. 24). Основной вклад по количеству ЧС вносят пожары и взрывы 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 взрывов и аварий на транспорте (воздушный, наземный). Однако наибольший материальный ущерб вносят аварии в жилищно-коммунальной сфере, связано это с большим числом пострадавших и экономическими потерями при восстановлении аварий. Значения индивидуальных рисков (среднее значение за 20 лет по каждому показателю) не превышают предельно допустимого ( $R \leq 10^{-5}$ ), но наблюдается высокий риск от ЧС связанных с пожарами и взрывами [62].

При комплексном анализе базовых рисков от ЧС для Красноярского края наблюдается повышенные характеристики индивидуального, социального и материального рисков, что свидетельствует о необходимости снижения рисков, что способствует экономическому развитию региона.

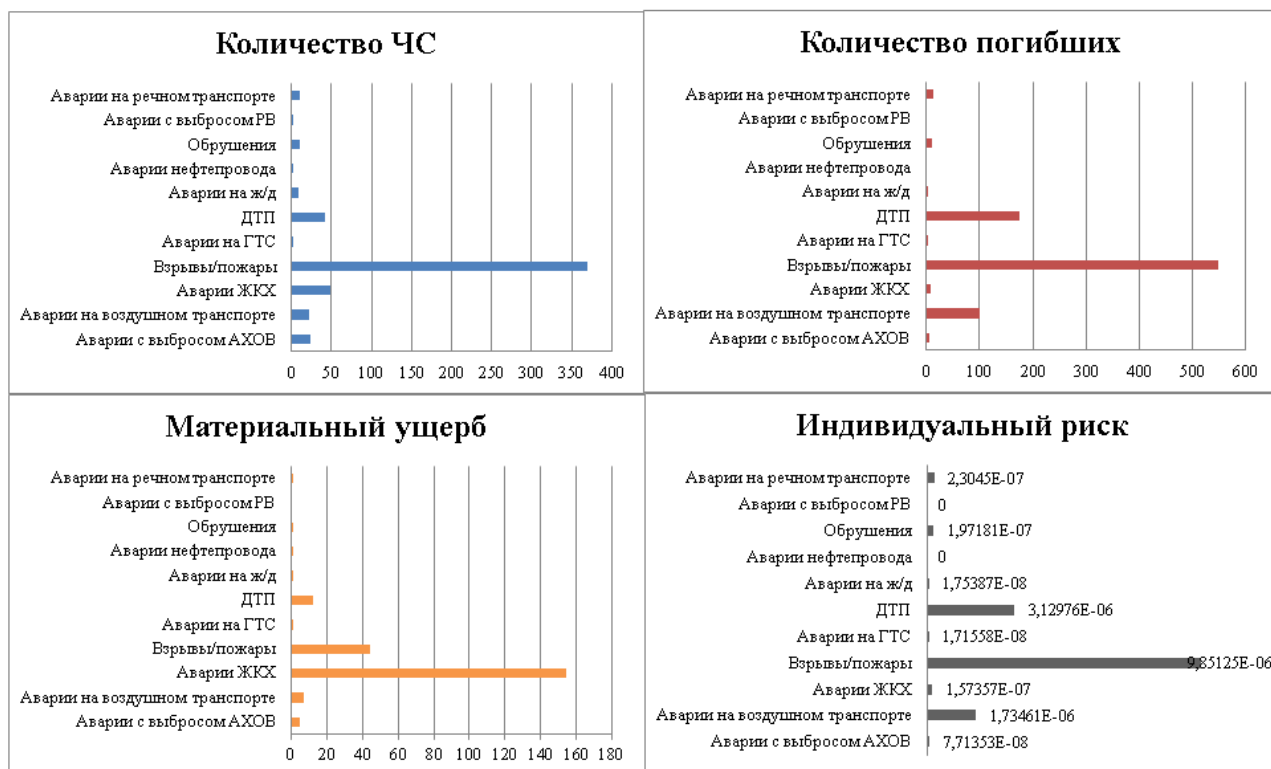


Рисунок 24 – Основные показатели для анализа риска по Красноярскому краю

### 3.3 Анализ безопасности территорий Красноярского края

Красноярский край один из крупнейших районов Российской Федерации, его площадь составляет — 2366,797 тыс. км<sup>2</sup>., что составляет 13,86% территории России.

На территории Красноярского края расположено более 1748 населенных пунктов. Всего в регионе 575 муниципальных образований:

- 17 городских округов (г. Ачинск, г. Боготол, г. Бородино, г. Дивногорск, г. Енисейск, г. Канск, г. Красноярск, г. Лесосибирск, г. Минусинск, г. Назарово, г. Норильск, г. Сосноборск, г. Шарыпово, ЗАТО г. Железногорск, ЗАТО г. Зеленогорск, ЗАТО п. Солнечный, п. Кедровый).

- 44 муниципальных района (Абанский, Ачинский, Балахтинский, Березовский, Бирилюсский, Боготольский, Богучанский, Большемууртинский, Большеулуйский, Держинский, Емельяновский, Енисейский, Ермаковский, Идринский, Иланский, Ирбейский, Казачинский, Канский, Каратузский, Кежемский, Козульский, Краснотуранский, Курагинский, Манский, Минусинский, Мотыгинский, Назаровский, Нижнеингашский, Новоселовский, Партизанский, Пировский, Рыбинский, Саянский, Северо-Енисейский, Сухобузимский, Таймырский Долгано-Ненецкий, Тасеевский, Туруханский, Тухтетский, Ужурский, Уярский, Шарыповский, Шушенский, Эвенкийски).

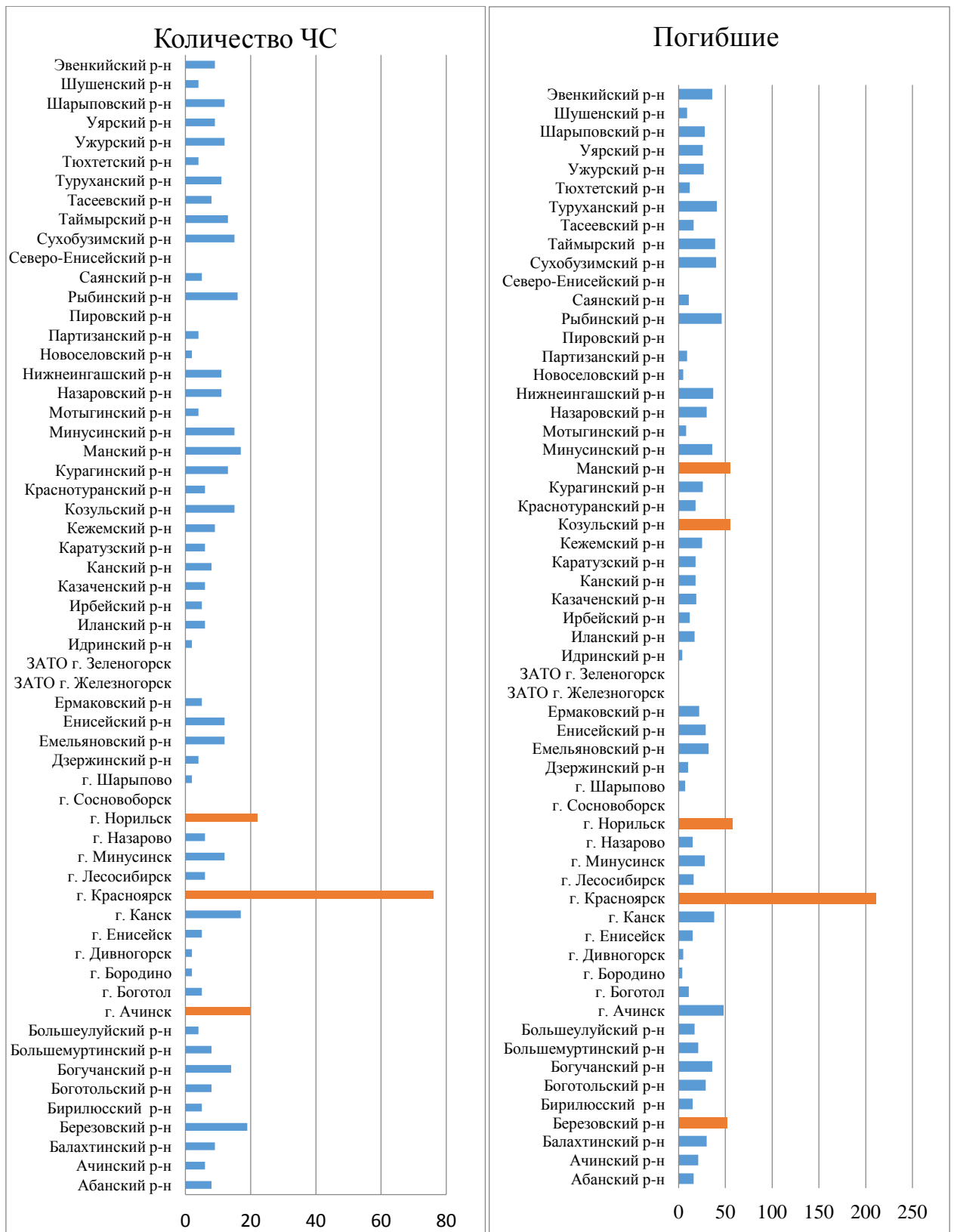


Рисунок 25 – Количественные характеристики (количество ЧС и погибшие) по районам Красноярского края

На рисунке 25 представлены статические данные официальной базы данных АИУС РСЧС. Данные анализировались за 20 лет и оценивались случаи (аварии и происшествия) число погибших в которых 2 и более человек. По количеству происшествий и числу погибших выделяются три крупных города: Красноярск, Норильск и Ачинск, по районном – наибольшие отрицательные показатели у Манского, Козульского и Березовского районов.

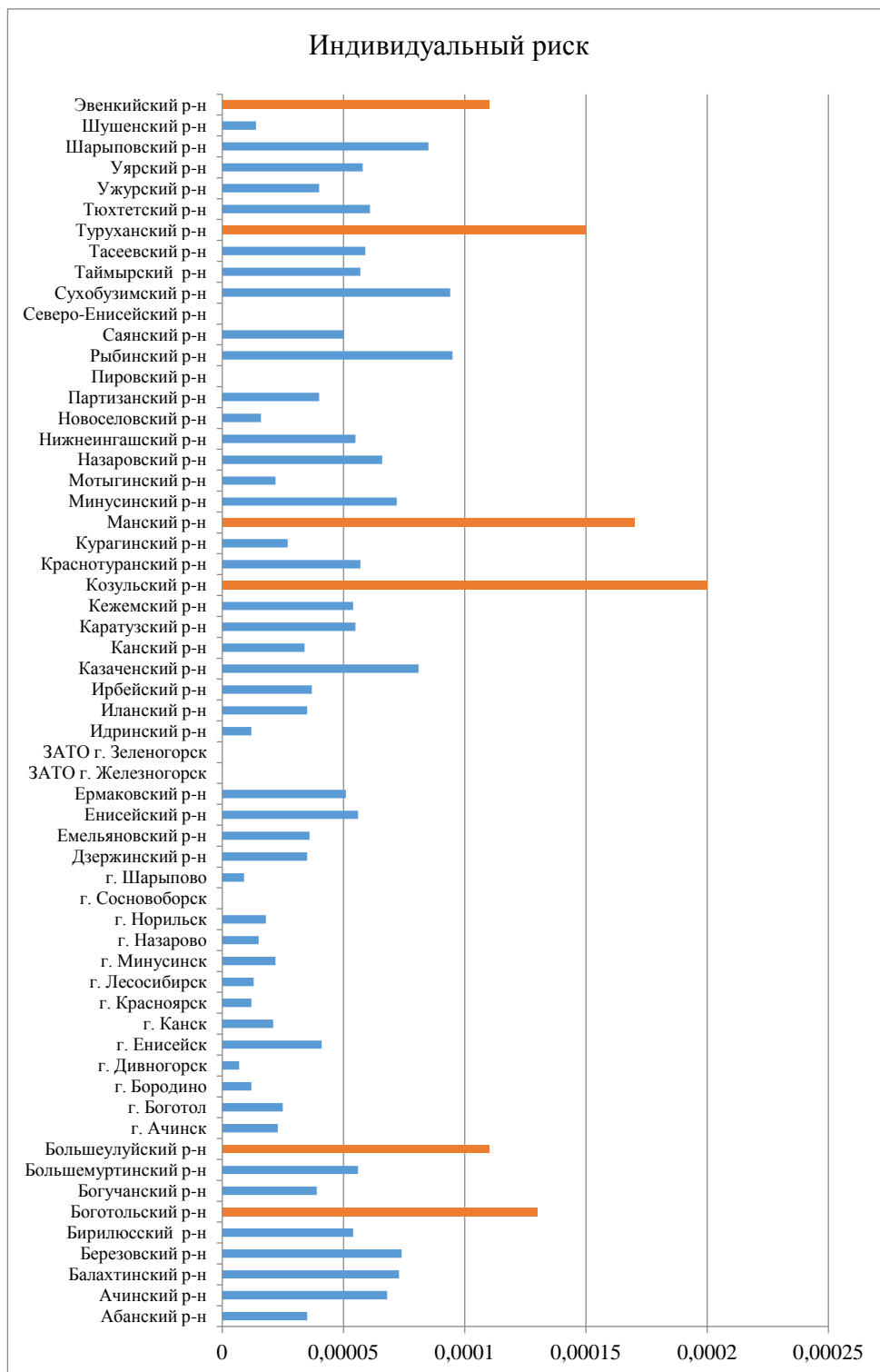


Рисунок 26 – Индивидуальный риск при ЧС техногенного характера по районам Красноярского края



При анализе индивидуального риска от ЧС техногенного характера (среднее значение за 20 лет) по районам Красноярского края (рисунок 26) было выявлено в большинстве районов незначительное превышение предельно допустимого значения риска. В Боготольском, Большеулуйском, Козульском, Манском, Туруханском и Эвенкийском районах наблюдается значительные превышения допустимого значения. В таблице 12 представлены развернутые количественные показатели риска по 6 районам.

Таблица 12 – Количественные показатели риска при ЧС техногенного характера (Боготольский, Большеулуйский, Козульский, Монский, Туруханский и Эвенкийский районы)

Населенный пункт	Риски за период	2001-2005 гг.	2006-2010 гг.	2011 -2015 гг.
Боготольский район	Индивидуальный риск (ИР)	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$7,3 \cdot 10^{-5}$
	Социальный риск (СР)	0,13	0,3	0,07
	Материальный риск (МР)	$4 \cdot 10^{-3}$	0,015	$4 \cdot 10^{-3}$
	Коллективный риск (КР)	$4 \cdot 10^{-3}$	0,015	$4 \cdot 10^{-3}$
Большеулуйский район	ИР	$6,81 \cdot 10^{-5}$	0	$3 \cdot 10^{-4}$
	СР	0,07	0	0,25
	МР	$2 \cdot 10^{-3}$	0	3,4
	КР	$2 \cdot 10^{-3}$	0	0,03
Козульский район	ИР	0	$2 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$
	СР	0	0,2	0,41
	МР	0	0,34	$8 \cdot 10^{-3}$
	КР	0	0,03	0,03
Манский район	ИР	$2 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$
	СР	0,18	0,16	0,23
	МР	1,38	0,14	0,02
	КР	0,02	0,12	0,02
Туруханский район	ИР	$1 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$
	СР	0,13	0,2	0,16
	МР	0,03	3,38	0,11
	КР	$4 \cdot 10^{-3}$	0,028	0,01
Эвенкийский район	ИР	$3 \cdot 10^{-4}$	$8,3 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$
	СР	0,28	0,08	0,05
	МР	2,51	0,39	$4 \cdot 10^{-3}$
	КР	0,02	0,03	$4 \cdot 10^{-3}$

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Возрастает актуальность проблем снижения техногенного риска. Снижение рисков ЧС обеспечивает более устойчивое функционирование региона и позволяет минимизировать затраты на ликвидацию последствий техногенных чрезвычайных ситуаций и катастроф. Рациональное планирование основывается на уровнях приемлемого риска. Управление рисками позволит обеспечить устойчивое развитие общества (безопасность человека и окружающей среды, в условиях повышения качества жизни). Цель управления рисками – повышение уровня благосостояния общества. Практическая деятельность не может быть оправдана, если ущерб превышает выгоду от нее для общества. Устойчивое развитие напрямую связано с минимизацией рисков.

На основании анализа существующих подходов к оцениванию и управлению территориальными рисками можно сделать вывод, что ощутимый прогресс в поиске путей достижения приемлемых значений рисков может быть достигнут при комплексном системном подходе к многофункциональному мониторингу территорий. Перечень показателей, используемых для оценки состояния социально-природно-техногенных систем должен формироваться не только на основе анализа предметной области, но и с учётом доступности актуализируемых данных мониторинга территорий, объёмов и качества архивов наблюдений.

В рамках магистерской диссертации были получены следующие результаты:

1. Определены базовые риски развития и алгоритмы оценки территориальных рисков с использованием статистического анализа, позволившие осуществить расчеты значений индивидуальных, коллективных, социальных и материальных рисков возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного характера для населения городов и районов Красноярского края.

2. Для Красноярского края получен диапазон значений индивидуального риска при ЧС техногенного характера от  $5,97 \cdot 10^{-6}$  до  $6,56 \cdot 10^{-5}$ . Среднее значение индивидуального риска при ЧС техногенного характера  $1,5 \cdot 10^{-5}$ , наблюдается превышение допустимого показателя риска.

3. Получен диапазон значений материального риска, который находится в условно приемлемой, повышенной и неприемлемой зонах.

4. Нормативные методики оценки коллективного и социального риска не имеют предельно-допустимых показателей, на основании которых возможен анализ. Необходима доработка нормативно-правовой базы.

5. Проведено ранжирование территорий Красноярского края по степени техногенной опасности (высокоопасные, пограничные, безопасные). Наиболее опасными являются Боготольский, Большеулуйский, Козульский, Манский, Туруханский и Эвенкийский районы края (значение индивидуального риска превышает допустимый уровень более чем в 10 раз).

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 О состоянии защиты населения и территорий Красноярского края от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: Государственный доклад. – Москва: МЧС России, 1996-2016 гг.
- 2 Интеграция информационно-аналитических ресурсов и обработка пространственных данных в задачах управления территориальным развитием / И.В. Бычков и др. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. — 369 с.
- 3 Якубайлик О.Э. Проблемы формирования информационно-вычислительного обеспечения систем экологического мониторинга // Вестник СибГАУ. № 3. 2012. С. 96–102.
- 4 Шокин Ю.И., Москвичев В.В., Ноженкова Л.Ф., Ничепорчук В.В. Кризисные базы данных для управления территориальными рисками // Вычислительные технологии. 2011. №6. С. 115-125.
- 5 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. Т.15, №1. С. 120-131.
- 6 Данилин А.В. Технологии интеграции информационных систем на основе стандартов XML и Web-служб // Современные технологии в информационном обеспечении науки: Сборник научных трудов десятого семинара. – Москва: Научный Мир, 2003. С. 134-140.
- 7 Москвичёв В.В., Шокин Ю.И. Антропогенные и природные риски на территории Сибири // Вестник РАН. 2012. № 2. С. 131-140.
- 8 Махутов Н.А., Кузык Б.Н. Абросимов Н.В. Научные основы прогнозирования и прогнозные показатели социально-экономического и научно-технологического развития России до 2030 года с использованием критериев стратегических рисков. – Москва: ИНЭС, 2011. 137 с.
- 9 Махутов Н.А., Абросимов Н.В., Гаденин М.М. Обеспечение безопасности – приоритетное направление в области фундаментальных и прикладных исследований // Экологические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2013. № 3 (27). С. 46-71.
- 10 Оценка кризисных ситуаций и террористических угроз национальной безопасности. В 2-х книгах / В.Л. Шульц, В.А. Соболев, Н.А. Махутов – М.: Наука, 2012. – Кн.1-414 с., кн.2-141 с.
- 11 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.
- 12 Безопасность и риски устойчивого развития территорий / В.Е. Левкевич, В.В. Москвичев, А.М. Лепихин и др. – Красноярск: СФУ, 2014. 222 с.
- 13 Системные стратегические риски и приоритеты прогнозного социально-экономического и научно-технологического развития России до

2030 года / Н.А. Махутов, Б.Н. Кузык и др. – Москва: ИНЭС РАН, ИМАШ РАН, 2012. 78 с.

14 Далматов В.В., Стасенко В.Л., Турчанинов Д.В. Реализация системного подхода в теории и практике современной эпидемиологии // Здоровье населения и среда обитания. - 2004. - №5. - С. 29-34.

15 Геоинформационные технологии.GIStechnik: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gistechinik.ru/publik/git.html>.

16 Шибаков В.Г., Котляр Л.В., Шибакова И.А. Город как сложная эколого-социально-экономическая система // Фундаментальные исследования. – 2004. – № 5. – С. 71-72;

17 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.

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

19 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>

20 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/)

21 Курдюмов А.В. Концептуальные основы экономико-экологического моделирования процесса управления природно-техногенной территориальной системой // Экономика природопользования. -2011. -№33. С. 136-141.

22 Распоряжение правительства РФ от 27.08.2005 № 1314-р «Об одобрении Концепции федеральной системы мониторинга критически важных объектов и (или) потенциально опасных объектов инфраструктуры РФ и опасных грузов» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=55325&fld=134&dst=100008,0&rnd=0.9947080386050011>

23 Федеральный закон от 21.07.1997 N 116-ФЗ (ред. от 13.07.2015) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»

24 Распоряжение Правительства РФ от 22.11.2008 N 1734-р (ред. от 11.06.2014) «О Транспортной стратегии Российской Федерации» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=164761>

25 Постановление Правительства РФ № 681 от 9 августа 2013 г. «О государственном экологическом мониторинге (государственном мониторинге окружающей среды) и государственном фонде данных государственного

экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды)» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.meteorf.ru/upload/iblock/4bd/%E2%84%96681\\_09-08-2013.pdf](http://www.meteorf.ru/upload/iblock/4bd/%E2%84%96681_09-08-2013.pdf)

26 Стратегии национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года / Утверждена Указом Президента Российской Федерации от 12 мая 2009 г. №537. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_87685/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_87685/)

27 Сендайская рамочная программа по снижению риска бедствий на 2015–2030 гг. / Принята на Третьей Всемирной конференции в Сендае (Япония) 18 марта 2015 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.preventionweb.net/files/43291\\_russiansendaiframeworkfordisasterri.pdf](https://www.preventionweb.net/files/43291_russiansendaiframeworkfordisasterri.pdf)

28 Стратегии социально-экономического развития Сибири до 2020 г. / Распоряжение Правительства Российской Федерации от 12 мая 2009 г. №1120-р. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_103600/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_103600/)

29 Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Биологическая безопасность. – М.: МГОФ «Знание», 2010. 800 с.

30 Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Безопасность строительного комплекса. – М.: МГОФ «Знание», 2012. 800 с.

31 Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Безопасность и защищенность критически важных объектов. В 2-х частях. / Ч.1. Научные основы безопасности и защищенности критически важных для национальной безопасности объектов. – М.: МГОФ «Знание», 2012. 896 с.

32 Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Безопасность и защищенность критически важных объектов. В 2-х частях. / Ч.2. Обеспечение защищенности критически важных для национальной безопасности объектов от чрезвычайных ситуаций. – М.: МГОФ «Знание», 2012. 588 с.

33 Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. ГГЛОНАСС в системе обеспечения безопасности. – М.: МГОФ «Знание», 2013. 480 с.

34 Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Системные исследования чрезвычайных ситуаций / С.И. Абрахин, С.Е. Байда. – Москва: МГОФ «Знание», 2015. 864 с.

35 Техногенные риски с учетом территориальных особенностей Красноярского края / В.В. Москвичев, С.П. Воронов. – Препринт № 4. – Красноярск: ИВМ СО РАН, 2004. 60 с.

36 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.

37 Акимов В.А. Козлов К.А. Региональный аспект государственной стратегии снижения рисков и смягчения последствий чрезвычайных ситуаций // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. 1997. № 7. С. 3-23.

38 Шокин Ю.И., Махутов Н.А., Москвичев В.В. Природно-техногенная безопасность регионов Сибири: состояние проблемы и направления действий // Вычислительные технологии, 2001. Т. 6, Ч. 2. С. 427-436.

39 Потапов Б.В., Радаев Н.Н. Экономика природного и техногенного рисков. – Москва: ЗАО ФИД «Деловой экспресс», 2001. 513 с.

40 Сборник методических документов, применяемых для независимой оценки рисков в области пожарной безопасности, гражданской обороне и защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций. Союз организаций, осуществляющих, экспертную деятельность в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций промышленной, пожарной и экологической безопасности. – Москва, 2008. Ч. 1. 704 с.

41 Сборник методических документов, применяемых при анализе и оценке техногенных рисков. Союз организаций, осуществляющих экспертную деятельность в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, промышленной, пожарной и экологической безопасности. – Москва, 2011. 416 с.

42 МР 2-4-71-40 Методические рекомендации «По порядку разработки, проверки, оценки и корректировки электронных паспортов территорий (объектов): утв. Министерством РФ по гражданской обороне, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий от 15.07.2016).

43 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) / В.А. Акимов, А.А. Быков и др. // Проблемы анализа риска. 2005. №1. С. 6-32.

44 Amine Dakkoune, Lamiae Vernieres-Hassimi, Sebastian Leveneur, Dimitri Lefebvre Risk analysis of French chemical industry // Safety Science/ -2018. - №105. 77-85 p.

45 Ale, B.J.M., Kluin, M.H.A., Koopmans, I.M. Safety in the Dutch chemical industry 40 years after Seveso // Loss Prev. Process Ind / - 2017. - №47. 203-209 p.

46 Sari M, Selcuk A S, Karpuz C and Duzgun H S B Stochastic modeling of accident risks associated with an underground coal mine in Turkey // Saf. Sci. / - 2009 / - №47. 78–87 p.

47 Onder M, Onder S, Akdag T and Ozgun F Investigation of dust levels in different areas of underground coal mines. // Int. J. Occup. Saf. Ergon / -2009 / - № 15. 125–130 p.

48 Ciarapica F. E., Giacchetta G. Classification and prediction of occupational injury risk using soft computing techniques // Saf. Sci. / - 2009 / - №47.36–49 p.

49 Zhang M, Kecojevic V and Komljenovic D 2014 Investigation of haul truck-related fatal accidents in surface mining using event tree analysis. // Saf. Sci. / - 2014. - №65: 106–117 p.

50 Sanmiquel L., Freijo M., Rossell J. Exploratory analysis of Spanish energetic mining accidents // *Int. J. Occup. Saf. Ergon.* / -2012. - №18. 209–219 p.

51 Mizrak Ozfirat P. A new risk analysis methodology integrating fuzzy prioritization method and failure modes and effects analysis // *J. Fac. Eng. Archit. Gazi Univ* / -2014. - №29: 755–768 p.

52 Onder M., Onder S., Adiguzel E. Applying hierarchical loglinear models to nonfatal underground coal mine accidents for safety management // *Int. J. Occup. Saf. Ergon* / -2014. - №20. 239–248 p.

53 Chan A. H. S., Ng A. W. Y. The guessing of mine safety signs meaning: effects of user factors and cognitive sign features // *Int. J. Occup. Saf. Ergon.* / -2012. - №18. 195–208 p.

54 Martyka J., Lebecki K. Safety culture in high-risk industries // *Int. J. Occup. Saf. Ergon.* / -2014. - № 20. 561–572 p.

55 Владимиров В.А., Измалков В.И., Измалков А.В. Оценка риска и управление техногенной безопасностью. – Москва: Деловой экспресс, 2002. 183 с.

56 Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Космические системы и технологии повышения безопасности и снижения рисков / Н.В. Абросимов, А.М. Лепихин, Н.А. Махутов, В.В. Москвичев и др. – Москва: МГОФ «Знание», 2017. 608 с.

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

58 Москвичев В.В., Тасейко О.В., Иванова У.С., Черных Д.А. Базовые риски природно-техногенной безопасности Красноярской промышленной агломерации // *Проблемы анализа рисков.* – 2018. - №15. С. 42-47.

59 Иванова У.С. Динамика изменений техногенных рисков промышленных регионов: Красноярский край, Кемеровская область // *Обработка пространственных данных в задачах мониторинга природных и антропогенных процессов (SDM-2017): Труды Всероссийской конференции* – Новосибирск: ИВТ СО РАН, 2017. С. 316-318.

60 Иванова У.С. Показатели и риски развития промышленной агломерации на примере Красноярского края // *Конференция молодых ученых по математическому моделированию и информационным технологиям: Тезисы докладов XVIII Всероссийской конференции (г. Иркутск 21-25 августа 2017 г.)*. – Новосибирск: Издательство ИВТ СО РАН, 2017. С. 35.

61 Иванова У.С. Модели оценки техногенных рисков промышленных регионов на примере Красноярского края // *Перспективны: – Красноярск: СФУ, 2017. С. 3-7.*

62 Иванова У.С., Тасейко О.В. Анализ индивидуальных рисков чрезвычайных ситуаций техногенного характера в регионах Сибири // *Решетневские чтения: – Красноярск: СибГУ им. М. Ф. Решетнева, 2017. Ч. 2. С. 102-103.*

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт

Кафедра инженерной экологии и безопасности жизнедеятельности

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 Т.А. Кулагина

подпись

« 15 » 06 2018 г.

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Анализ базовых рисков развития социально-природно-техногенных систем

20.04.01 Техносферная безопасность

20.04.01.01 Безопасность жизнедеятельности в техносфере

Научный руководитель  д.т.н., профессор В.В. Москвичев

подпись, дата

Выпускник

 25.06.2018

подпись, дата

У.С. Иванова

Рецензент

25.06.18г.  
подпись, дата



В.И. Терешков

Красноярск 2018