

MONITORING, RISK ASSESSMENT AND SAFETY OF TECHNOSPHERE OBJECTS AND URBANIZED AREAS

Vladimir V. Moskvichev, Natalia A. Chernyakova

Institute of Computational Technologies SB RAS, Krasnoyarsk Branch – Special Designing
and Technological Bureau «Nauka»

Abstract. The regional problems assessment of natural and technogenic safety on the basis of risk-oriented approach are considered. The basic relations for calculations of territorial risks are given. The actual values of technogenic risks for technosphere hazard objects are obtained. Studies of territorial risks were carried out for the subjects of the Siberian Federal district.

Keywords: risk analysis, emergency situations, territorial risk, monitoring, technosphere objects, risk model, safety.

МОНИТОРИНГ, ОЦЕНКА РИСКОВ И БЕЗОПАСНОСТЬ ОБЪЕКТОВ ТЕХНОСФЕРЫ И УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Москвичев В.В., Чернякова Н.А

Институт вычислительных технологий СО РАН, Красноярский филиал – Специальное конструкторско-технологическое бюро «Наука», г. Красноярск

Аннотация. Рассмотрены общие постановки региональных проблем оценки природно-техногенной безопасности на основе риск-ориентированного подхода. Приведены базовые соотношения для расчетов территориальных рисков, получены фактические значения техногенных рисков для критически важных объектов техносферы. Исследования территориальных рисков выполнены для субъектов Сибирского федерального округа и муниципальных образований Красноярского края.

Ключевые слова: риск-анализ, чрезвычайные ситуации, территориальный риск, мониторинг, объекты техносферы, модель риска, защищенность.

Введение. При стратегическом планировании и прогнозном анализе социально-экономического развития территориальных образований (субъект РФ, регион, муниципальное образование, промышленная агломерация и т.д.) в качестве основных показателей устойчивого развития принимаются количественные оценки техногенных, природных, экологических, технологических, социальных и других видов рисков. Территориальное образование рассматривается как взаимосвязанная социально-природно-техногенная система (С-П-Т система) [1-3], включающая элементы техносферы (стратегически и критически важные объекты, потенциально опасные объекты и т.д.), экосферы (атмосфера, геосфера, биосфера, гидросфера), социосферы (личности, коллективы, сообщества). Устойчивое функционирование С-П-Т систем определяется эффективностью мониторинга состояния объектов техносферы и экосферы, организацией системы управления антропогенными, экологическими, природными и территориальными рисками. Мониторинг природно-техногенной безопасности выступает как фактор стабилизации кризисных явлений в социально-экономическом развитии, обеспечивающий сохранность и функционирование основных производственных фондов и защиту населения и территорий от чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного и антропогенного характера. Дестабилизация устойчивости С-П-Т систем происходит в результате игнорирования требований концепции устойчивого развития и обострения дилеммы научно-технического прогресса – высокие темпы развития с одной стороны, и возникновение новых угроз человеку, обществу, природной среде со стороны объектов техносферы.

Данные постановки проблемы природно-техногенной безопасности обуславливают необходимость оценки уровня природных и антропогенных рисков как основы экономических механизмов управления территориальными образованиями. Следует отметить, что снижение рисков ЧС обеспечивает более устойчивое функционирование экономического потенциала и повышает конкурентные (инвестиционные) преимущества соответствующей территории.

1 Мониторинг и оценка рисков. Основные задачи в области оценки территориальных рисков:

1. Разработка моделей и технологий оценки состояния, прогнозирования и управления С-П-Т системами и территориальными образованиями на основе данных мониторинга и с

учетом возможных рисков развития и возникновения ЧС природного и техногенного характера, определяющих безопасность и устойчивое развитие территорий.

2. Определение базовых и нормативных уровней рисков, характеризующих допустимое воздействие на элементы С-П-Т систем с учетом региональных социо-техно-экосферных особенностей и специфики антропогенного воздействия.

3. Ранжирование территорий по степени риска с использованием ГИС-технологий и методов пространственного интеллектуального анализа; формирование программ и разработка рекомендаций, нацеленных на снижение уровня рисков и повышение эффективности управления территориальными образованиями.

В настоящее время существующие системы территориального мониторинга охватывают федеральный и региональный уровни, методы и технологии которых регламентируются соответствующими нормативными документами (ФЗ, ПП РФ, ГОСТ и др.):

1. Мониторинг техногенных ЧС.
2. Мониторинг природных ЧС (гидрология, метеорология, сейсмология, природные пожары).
3. Государственный экологический мониторинг (состояние окружающей среды, биологические ресурсы, недра, лесопатологический, радиационный и др.).
4. Биосферный мониторинг.
5. Аэрокосмический мониторинг.
6. Социально-гигиенический.
7. Производственный экологический.

Каждый компонент указанных систем мониторинга представлен в регионе соответствующими структурами, способствующими решению задач территориального управления и прогнозных оценок состояния С-П-Т систем. Следует отметить существование в этой области значительного числа проблемных вопросов организационно-управленческого и научно-методического характера, при этом сети наблюдения и мониторинга получают огромные массивы информации, часто избыточной, но недостаточной для оценки стратегических рисков регионального развития. Для решения ряда научно-методических проблем разработан проект нормативного документа «Методические рекомендации по оценке территориальных рисков муниципальных образований», позволяющего дать комплексную оценку рисков развития С-П-Т систем по двум группам:

Группа 1. Риски чрезвычайных ситуаций (аварийные):

- индивидуальный риск;
- материальный риск;
- коллективный риск.

Группа 2. Медико-экологические риски (перманентные):

- коллективный риск;
- индивидуальный канцерогенный риск;
- популяционный канцерогенный риск;
- относительный риск;
- неканцерогенный риск;
- относительный риск смертности.

Основные соотношения для различных моделей рисков приведены в таблице.

Исходной информацией для расчетов рисков являются:

- данные государственных докладов «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера», «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации»;

- статистические данные региональных систем мониторинга;

- нормативные документы федерального и регионального уровня.

Количественная оценка рисков развития С-П-Т систем требует сбора, обработки и анализа огромных массивов разнородных данных. Значительное число параметров, характеризующих состояние таких систем, их зависимость от многочисленных факторов, сложность комплексного анализа предопределили разработку информационной системы территориального управления рисками и безопасностью (ИСТУ РБ) для отдельных промышленных агломераций, субъектов и регионов [2]. Блок-схема ИСТУ РБ представлена на рисунке 1. Создание данной системы позволяет:

- 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;

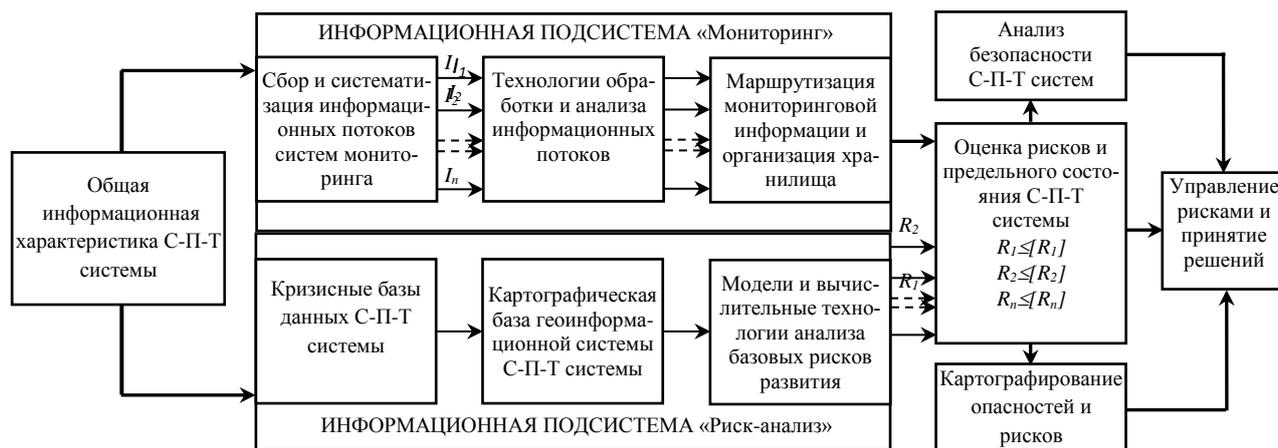


Рис. 1. Блок-схема информационной системы территориального управления рисками и безопасностью (ИСТУ РБ «Регион»).

Таблица. Основные соотношения для различных моделей рисков.

№	Определение риска	Соотношение для расчета риска	Пояснения, параметры	Источник
1	Уровень индивидуального пожизненного канцерогенного риска при воздействии вещества в дозе LADD	$CR = LADD \cdot SF$	CR – индивидуальный пожизненный канцерогенный риск; LADD – среднесуточная доза в течение жизни, мг/(кг x день); SF – фактор наклона [мг/(кг x день)] ¹	МосМР 2.1.9.001-03; МР 2.1.4.0032-11.2.1.4; Р 2.1.10.1920-04
2	Популяционный канцерогенный риск характеризует дополнительное число	$PCR = LADD \cdot SF \cdot POP$	PCR – популяционный канцерогенный риск; POP – численность исследуемой популяции;	

	случаев злокачественных образований при воздействии в течение всей жизни		70 лет – средняя продолжительность жизни	
3	Риск развития неканцерогенных эффектов (оценивается по коэффициенту опасности)	$HQ = AD/RfD$ <p style="text-align: center;">или</p> $HQ = AC/RfC$	HQ – коэффициент опасности; AD – средняя суточная доза за период воздействия, мг/кг; AC – средняя концентрация, мг/м ³ ; RfD – референтная (безопасная) доза, мг/кг; RfC – референтная (безопасная) концентрация, мг/м ³	
4	Модель оценки неканцерогенного риска беспороговым методом	$\text{Risk} = 1 - \exp\left(\frac{\ln(0,84)}{(\text{ПДК} \cdot K_3) \cdot C}\right)$	Risk – неканцерогенный беспороговый риск от химических веществ для питьевой воды, поступивших пероральным путем; K ₃ – коэффициент запаса; C – средняя ежедневная концентрация вещества, поступающего в организм человека с питьевой водой в течение его жизни; ПДК – предельно-допустимые концентрации веществ для питьевой воды	MP 2.1.4.0032-11.2.1.4
5	Социальный риск (или риск поражения группы людей) – зависимость частоты возникновения аварий F, в которых пострадало на определенном уровне не менее N человек, от этого числа N	$F(x) = \sum_{i=1}^{I(x)} Q_i^x$ $F(N_j) = F(N_j) \cdot \frac{N_j}{[N_j]}$	Социальный риск рекомендуется представлять в виде графика ступенчатой функции F(x). Q _i ^x – ожидаемые частоты реализаций аварийных ситуаций C _i , при которых гибнет не менее x человек; N(x) – число сценариев C _i , при которых гибнет не менее x человек; F(N _j) – сумма частот сценариев с ожидаемым числом погибших не менее N _j	Приказ Ростехнадзора от 11.04.2016 N 144 «Об утверждении Руководства по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах»
6	Модель оценки индивидуального риска ЧС	$R = \frac{N_n}{N_n}$	R – индивидуальный риск; N _n – среднее количество погибших в год за последние 5 лет при определенном виде ЧС и происшествии на заданной территории; N _n – количество населения, проживающего на данной территории	Методические рекомендации МЧС РФ №2-4-71-40

- 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;

- обеспечить внедрение нового поколения прикладных информационно-аналитических систем на основе технологий BigData и программных комплексов с использо-

ванием технологий облачных сервисов как универсальных элементов мониторинговых систем.

2 Основные концептуальные положения и примеры риск-анализа объектов техносферы.

1. Результатом аварийных и катастрофических ситуаций объектов техносферы является поражение персонала, окружающей среды, объектов и систем с образованием прямых и косвенных ущербов.

2. Причинно-следственные связи в процессе эксплуатации, возникновение предельных состояний и аварийных ситуаций (АС), сценарное развитие АС и реализации катастрофического разрушения носят вероятностный характер.

3. Расчетный риск-анализ технических систем (ТС) проводится для следующих основных процедур и этапов:

- проектная экспертиза технических решений по результатам моделирования АС;
- оперативная диагностика технического состояния в процессе эксплуатации;
- экспертиза последствий аварийных ситуаций;
- оценка остаточного ресурса для предельных состояний ТС на базе критериев механики деформирования и разрушения.

4. Расчетный риск-анализ базируется на применении вероятностных моделей прочности, ресурса и безопасности: структуры и свойств конструкционных материалов, нагрузок и воздействий, технологической и эксплуатационной дефектности, накопления и развития повреждений, моделей анализа предельных и напряженно-деформированных состояний, причинно-следственного комплекса отказов и сценариев АС, остаточной прочности, ресурса и живучести, риск-анализа и безопасности ТС.

Расчетно-экспериментальные оценки риск-анализа выполнены для следующих объектов техносферы: гидротехнические сооружения и оборудование ГЭС, сварные элементы корпуса реактора ВВЭР-1000, элементы ракетно-космической техники (металлокомпозитные баки, рефлектора, ферменные конструкции и т.д.), потенциально опасные объекты (трубопроводные системы, крановые конструкции, карьерная техника).

3 Оценка территориальных рисков развития. Исследования территориальных рисков развития выполнены для ряда субъектов Сибирского федерального округа и муниципальных образований Красноярского края, Иркутской области, Республика Саха (Якутия) [3-5]. Проведены расчеты индивидуальных и материальных рисков ЧС техногенного характера (рисунки 2-4), канцерогенных и неканцерогенных рисков загрязнения воздушной среды и

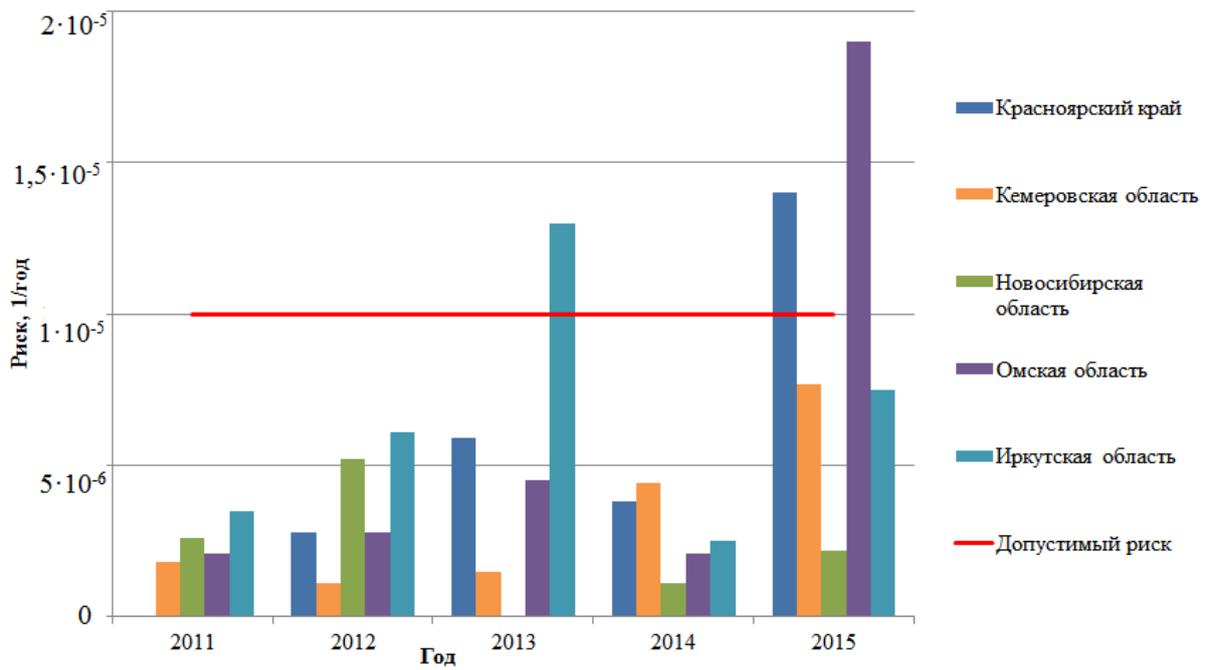


Рис. 2. Индивидуальный риск ЧС техногенного характера регионов центральной Сибири

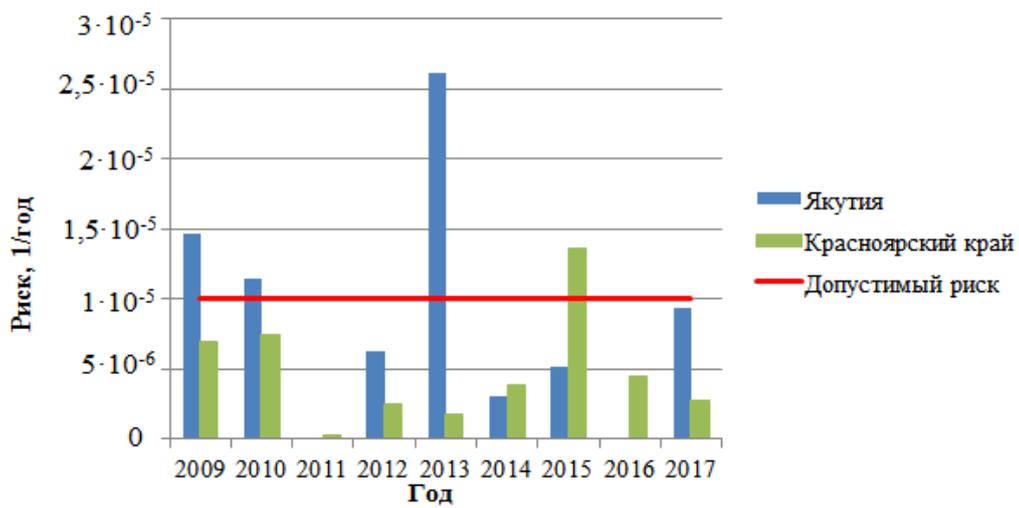


Рис. 3. Индивидуальный риск ЧС техногенного характера Красноярского края и Республики Саха (Якутия)

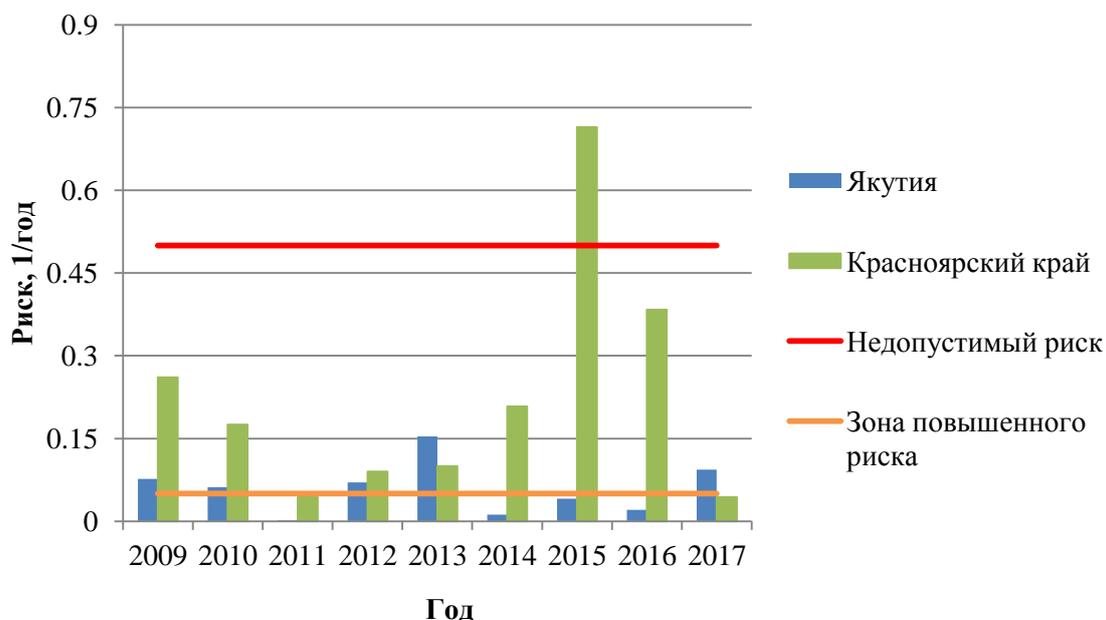


Рис.4. Материальный риск ЧС техногенного характера Красноярского края и Республики Саха (Якутия)

водных ресурсов, популяционных и социальных рисков. Ранжирование муниципальных образований по уровням рисков проведено с разделением их на три группы (опасные, пограничные, безопасные) в зависимости от числа погибших и пострадавших, величины ущерба, ожидаемой продолжительности жизни. Необходимо отметить значительное, в ряде случаев, повышение установленных уровней риска нормативных значений в ретроспективе последнего десятилетия. Полученные результаты позволили сформулировать требования и необходимые мероприятия по повышению защищенности населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Махутов Н.А. Безопасность и риски: системные исследования и разработки. Новосибирск: Наука, 2017. 724 с.
- [2] 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.
- [3] Левкевич А.М., Москвичев В.В., Шокин Ю.И. и др. Безопасность и риски устойчивого развития территорий. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2014. 222 с.
- [4] Москвичев В.В., Тасейко О.В., Иванова У.С., Черных Д.А. Базовые региональные риски развития территорий Сибирского федерального округа // Вычислительные технологии. 2018. № 4. С. 95-109.
- [5] Москвичев В.В., Тасейко О.В., Иванова У.С., Черных Д.А. Базовые риски природно-техногенной безопасности Красноярской промышленной агломерации // Проблемы анализа риска. 2018. № 1. С. 42-47.