

УПРАВЛЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТЬЮ СОЦИАЛЬНО-ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ РЕГИОНАЛЬНОГО УРОВНЯ НА ОСНОВЕ РИСК- ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА

В.В. Москвичев, д.т.н., профессор, заслуженный деятель науки РФ

О.В. Тасейко, к.ф.-м.н., с.н.с.



НИЦ «Надежность и ресурс больших систем и машин» УрО РАН

Всероссийская конференция с международным участием

**«Риск-ориентированные междисциплинарные технологии проектирования и эксплуатации
социотехнических инфраструктур»**

г. Екатеринбург, 28-30 мая 2026 г.

НОРМАТИВНО-ПРАВОВАЯ ОСНОВА ИССЛЕДОВАНИЙ

1. **Стратегия национальной безопасности РФ** (Указ Президента РФ от 02.07.2021 г. № 400).
2. **Стратегия экономической безопасности РФ на период до 2030 года** (Указ Президента РФ от 13.05.2017 г. № 208).
3. **Стратегия научно-технологического развития РФ** (Указ Президента РФ от 28.02.2024 г. № 145). Большой вызов – **возрастание антропогенных нагрузок** на окружающую среду до масштабов, угрожающих воспроизводству природных ресурсов, и связанный с их неэффективным использованием **рост рисков для жизни и здоровья граждан**.
4. **План реализации Стратегии социально-экономического развития Сибирского федерального округа до 2035 года** (распоряжение Правительства РФ от 16.10.2023 г. № 2846-р).
5. **Стратегия социально-экологического развития Кемеровской области–Кузбасса на период до 2035 года** (Закон Кемеровской области – Кузбасса от 04.10.2024 г. №97-оз).
6. **Стратегия социально-экономического развития северных и арктических территорий и поддержки коренных малочисленных народов Красноярского края до 2035 года**. Утверждена распоряжением Правительства Красноярского края от 03.02.2023 г. № 81-р.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ГОСУДАРСТВЕННОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ



Национальная, межведомственная и отраслевая организация работ по научному обеспечению комплексной безопасности на федеральном (а) и отраслевом (б) уровнях

$$R_n(\tau) = \sum_i P_i(\tau) U_i(\tau) \leq [R_n(\tau)] = \frac{R_{\text{ки}}(\tau)}{n_R} = m_M M_R(\tau),$$

где $P_i(\tau)$ – вероятности (частоты) возникновения чрезвычайных ситуаций и $U_i(\tau)$ – ущербы от их реализации на i -ом объекте, n_R – запас по рискам ($n_R \geq 1$); $M_R(\tau)$ – необходимые затраты на анализ и снижение рисков $R_n(\tau)$ до приемлемого (допустимого) уровня $[R_n(\tau)]$; m_M – коэффициент эффективности затрат ($m_M \geq 1$).

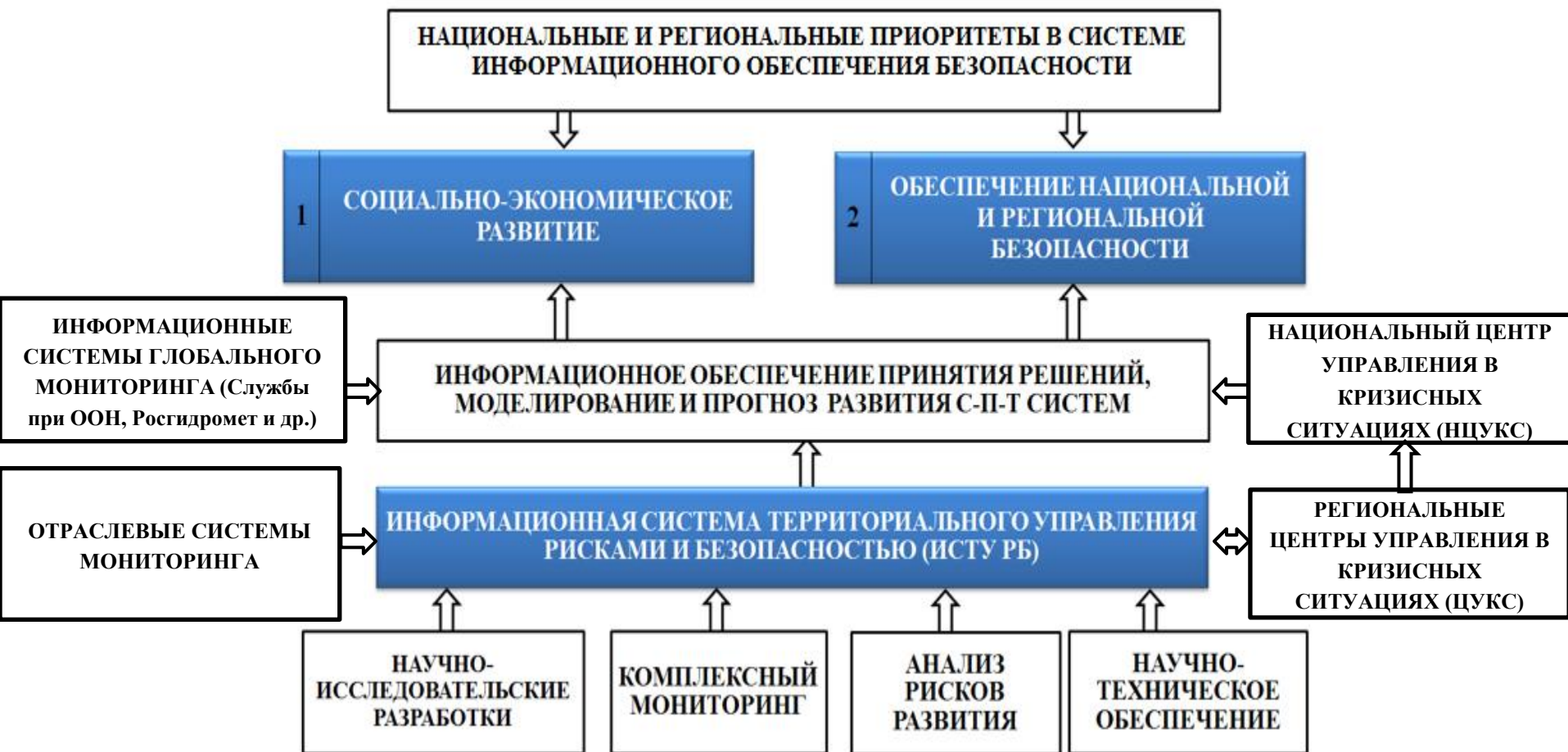
ОБЪЕКТЫ	КЛАСС ОПАСНОСТИ	РИСКИ, руб.	ГОСУДАРСТВЕННОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ	ЭКСПЕРТИЗА
СВО	Стратегический	$> 10^{10}$	СБ РФ, РАН	ЭС
КВО	Критический	$> 10^9$	СБ РФ, РАН, МЧС	ЭС
ОПО	I класс	$> 10^8$	РТН, МЧС, РАН	ЭС
	II класс	$> 10^7$	РТН, МЧС, РАН	ЭС, ЭО
	III класс	$> 10^6$	РТН, ПП	ЭО, СРО, Э
	IV класс	$> 10^5$	ПП, РТН	СРО, ЭО, Э
ОТР	Объектовый	$> 10^5$	Росстандарт	ТК, ЭО

Характеристика экспертизы безопасности высокорисковых объектов



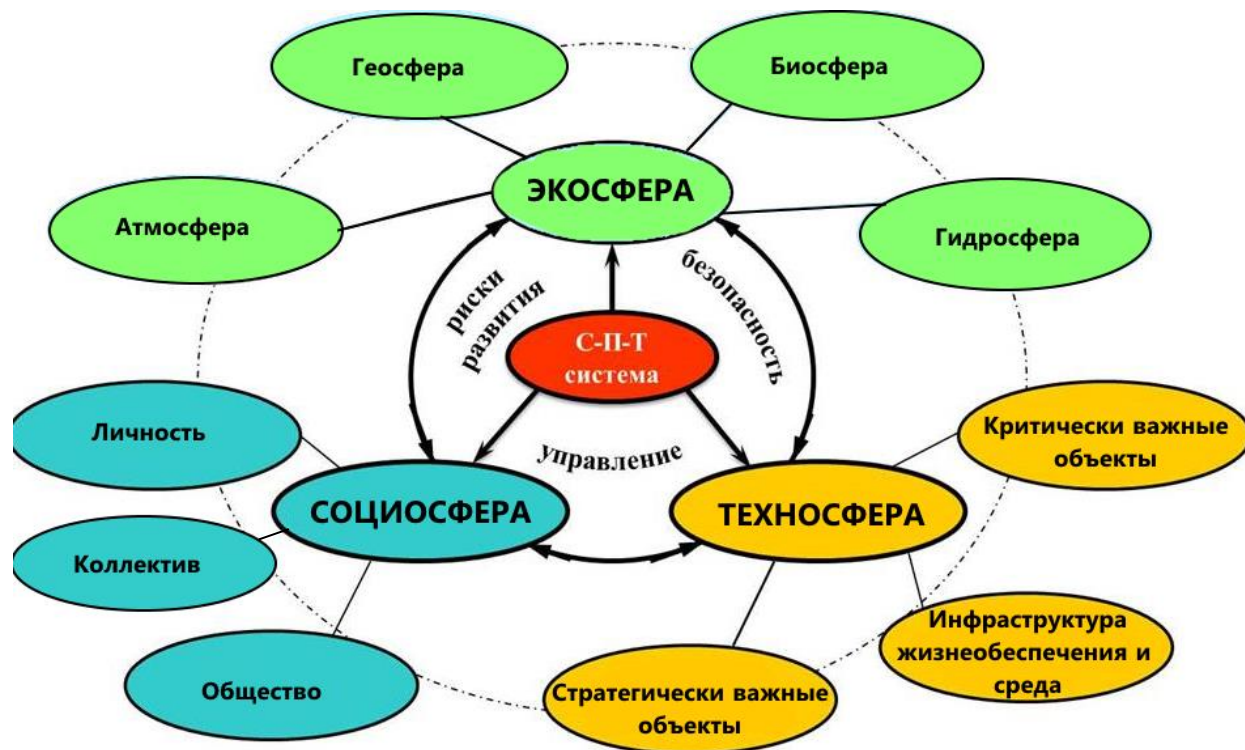
Категорирование объектов техносферы и неблагоприятных событий

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ



Стратегической целью социально-экономического развития страны (региона) является сохранение и рост численности народонаселения, повышение уровня его здоровья, качества жизни, образования, духовной культуры и народных традиций (2001 г.).

ОБЪЕКТ ИНФОРМАЦИОННОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ – СОЦИАЛЬНО-ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННАЯ СИСТЕМА (С-П-Т система)



С-П-Т система - субъект РФ, территориальное (муниципальное) образование, регион, промышленная агломерация, элементами которых являются объекты социосферы, природная среда и объекты техносферы различного назначения.

1. С-П-Т система включает элементы техносферы, экосферы и социосферы.
2. Характеризуется стратегическими рисками развития с учетом территориального фактора, масштабов, состава и уровня показателей развития.
3. Реализуются техногенные, природные, экологические, технологические, социальные и другие группы рисков.
4. Задача- мониторинг состояния техносферы и экосферы, организация системы управления антропогенными, экологическими, природными, геодинамическими и территориальными рисками.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ С-П-Т СИСТЕМ

1 Проблемы природно-техногенной безопасности – результат дестабилизации системы «социум – техносфера – природная среда»:

- игнорирование требований концепции устойчивого развития (Коптюг В.А., Шокин Ю.И.);
- обострение дилеммы научно-технического прогресса: высокие темпы развития техносферы и возникновение новых угроз человеку, обществу, природной среде со стороны объектов техносферы (Легасов В.И., Махутов Н.А., Фролов К.В.).

2 Переход от решения отдельных экологических проблем к комплексному обеспечению природно-техногенной безопасности регионов с минимизацией рисков до научно-обоснованного уровня.

3 Мониторинг природно-техногенной безопасности – фактор стабилизации кризисных явлений в экономике, обеспечивающий:

- сохранность и функционирование основных производственных фондов;
- защиту населения и территорий от ЧС природного и антропогенного характера.

4 Оценка уровня природных и техногенных рисков – основа экономических механизмов регулирования природно-техногенной безопасности.

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

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ И БЕЗОПАСНОСТЬЮ. СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ОКРУГ

Регионы СФО	Площадь тыс. км ²	Численность населения на 2019 г., тыс. чел.	Среднее кол-во ЧС за 5 лет	Среднее кол- во погибших при ЧС	Средний ущерб, млн. руб.
Республика Алтай	92,9	220,6	1	3	5,4
Республика Тыва	168,6	327,4	2	7	8,5
Республика Хакасия	61,6	534,3	1	7	232,4
Алтайский край	168,0	2017,6	3	9	26,5
Красноярский край	2366,8	2866,3	6	20	634,7
Иркутская область	774,8	2391,2	6	28	90,9
Кемеровская область	95,7	2657,9	3	13	30,5
Новосибирская область	177,8	2798,2	2	5	8,4
Омская область	141,1	1926,7	3	13	299,4
Томская область	314,4	1079,3	1	1	0



Общая площадь – 4361,8 тыс. км², **общая численность населения** около 17000 тыс. чел., **плотность населения** – 3,9 чел. на 1 км², **ВРП** 7134 млрд. руб., **экологически неблагоприятные города**: Красноярск, Норильск, Абакан, Ангарск, Искитим, Иркутск, Зима, Братск, Кызыл, Лесосибирск и др.

ЭКОЛОГО-ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ СИБИРИ

1. Антропогенное технологическое воздействие и загрязнение атмосферы, водных ресурсов, почвенного покрова промышленными предприятиями металлургического, топливно-энергетического, горнодобывающего, лесопромышленного, нефтегазодобывающего комплексов.
2. Проблемы природно-техногенной безопасности стратегических, критически важных и потенциально опасных объектов техносферы и гидротехнических сооружений.
3. Проблемы бореальных лесов Сибири (лесные пожары, эпидемиологическое поражение, нелегальная заготовка, низкий уровень лесовосстановления).
4. Значительные экологические и ландшафтные изменения, увеличение площадей нарушенных и деградированных земель, изменение генезиса почв, ветровая эрозия.
5. Проблемы сбора, утилизации, захоронения бытовых и промышленных отходов, включая радиационно-активные отходы.
6. Повышенная опасность климатических изменений и геодинамических процессов (сейсмичность, оползни, обвалы, сели и т.д.).
7. Проблемы водопользования (чрезмерное загрязнение водных объектов, нерегулируемое потребление и т. д.).
8. Обострение санитарно-эпидемиологической обстановки.
9. Изменение видового состава флоры и фауны, не смотря на большие площади природоохранных территорий.

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕГИОНОВ СИБИРИ И АРКТИКИ

Этап I. 1990-начало 2000 гг. Формирование информационных и экспертных моделей региональных ЧС в рамках Государственных научно-технических программ «Безопасность населения и народохозяйственных объектов с учетом риска возникновения природных и техногенных катастроф» (1990–2000 гг.) и «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации до 2005 года».

Этап II. 2000-е годы. Приложения ГИС-технологий при выполнении междисциплинарных и интеграционных проектов СО РАН и программа совместных исследований с НАН Беларуси.

- Выполнение междисциплинарных интеграционных проектов СО РАН «Антропогенные риски угледобывающих и нефтедобывающих территорий Сибири (2009–2011 гг.) и «Природные и техногенные риски критически важных гидротехнических объектов, водохранилищ и водных систем Сибири» (2012–2014 гг.).
- Выполнение проекта «Концепция устойчивого развития и природно-техногенной безопасности территорий Беларуси и Сибири на основе учета рисков с применением геоинформационных технологий» (2012-2015 гг.) в рамках программы совместных фундаментальных исследований НАН Беларуси и СО РАН.

Этап III. 2010 г. -н.в. Информационные системы и цифровые технологии безопасности С-П-Т систем. Территориальные образования рассматриваются в формате социально–природно–техногенной системы, включающей элементы техносферы, экосферы и социосферы и характеризующейся стратегическими рисками развития с учетом территориального фактора, масштабов, состава и уровня показателей развития.
Задача – мониторинг состояния техно-экосферы, организация системы управления антропогенными, экологическими, природными, геодинамическими и территориальными рисками.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ. ЭТАП I

Выполнен ряд проектов, связанных с решением задач природно–техногенной безопасности отдельных регионов Сибири (Красноярский край, Кемеровская и Иркутская области, Республика Саха (Якутия)), в том числе:

1. Создание ГИС "Безопасность региона: вероятностные модели и экспертные системы для районирования территорий по уровню риска возникновения чрезвычайных ситуаций" (1998-2001 гг., ИВМ СО РАН).
2. Математическое моделирование катастрофических процессов в природной среде и аварийных ситуаций в техносфере (2003-2005 гг., ИВМ СО РАН).
3. Расчет значений индивидуальных и комплексных рисков возникновения ЧС природного и техногенного характера для населения городов и районов Красноярского края, районирование территорий по степени риска (2004-2006 гг., ИВМ СО РАН).
4. Моделирование антропогенных воздействий и разработка методов оценки риска территорий Сибири и Крайнего Севера (2006-2008 гг., ИВМ СО РАН, ИВТ СО РАН, ИФТПС СО РАН, ИУУ СО РАН).

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ. ЭТАП II

На втором этапе исследований можно выделить два цикла работ:

1. Выполнение междисциплинарных интеграционных проектов СО РАН «Антропогенные риски угледобывающих и нефтедобывающих территорий Сибири (2009–2011 гг.) и «Природные и техногенные риски критически важных гидротехнических объектов, водохранилищ и водных систем Сибири» (2012–2014 гг.).

2. Выполнение проекта «Концепция устойчивого развития и природно-техногенной безопасности территорий Беларуси и Сибири на основе учета рисков с применением геоинформационных технологий» (2012–2015 гг.) в рамках программы совместных фундаментальных исследований НАН Беларуси и СО РАН.

- Выполнены исследования по развитию геоинформационной системы «Безопасность региона». Разработаны базовые статические, кинетические и динамические модели для оценки конструкционного риска потенциально опасных объектов.
- Проведены комплексные исследования сейсмоопасности Красноярской промышленной агломерации и уточнены карты сейсмического микрорайонирования.
- Создан паводковый атлас Красноярского края и проведены работы по созданию экспертной ГИС «Паводки» в составе разработанной структуры ГИС «Безопасность региона».
- Выполнены оценки индивидуальных и комплексных рисков природных и техногенных ЧС в Красноярском крае. Разработана ГИС–технология построения карт рискоопасных территорий. Выполнено районирование территорий края по уровню риска.
- Сформулирована общая концепция оценки экологического риска территориальных образований.
- Выполнены оценки степени опасности субъектов Сибирского федерального округа от ЧС техногенного и природного характера.
- Выполнены оценки степени опасности субъектов Сибирского федерального округа от ЧС техногенного и природного характера.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ. ЭТАП III

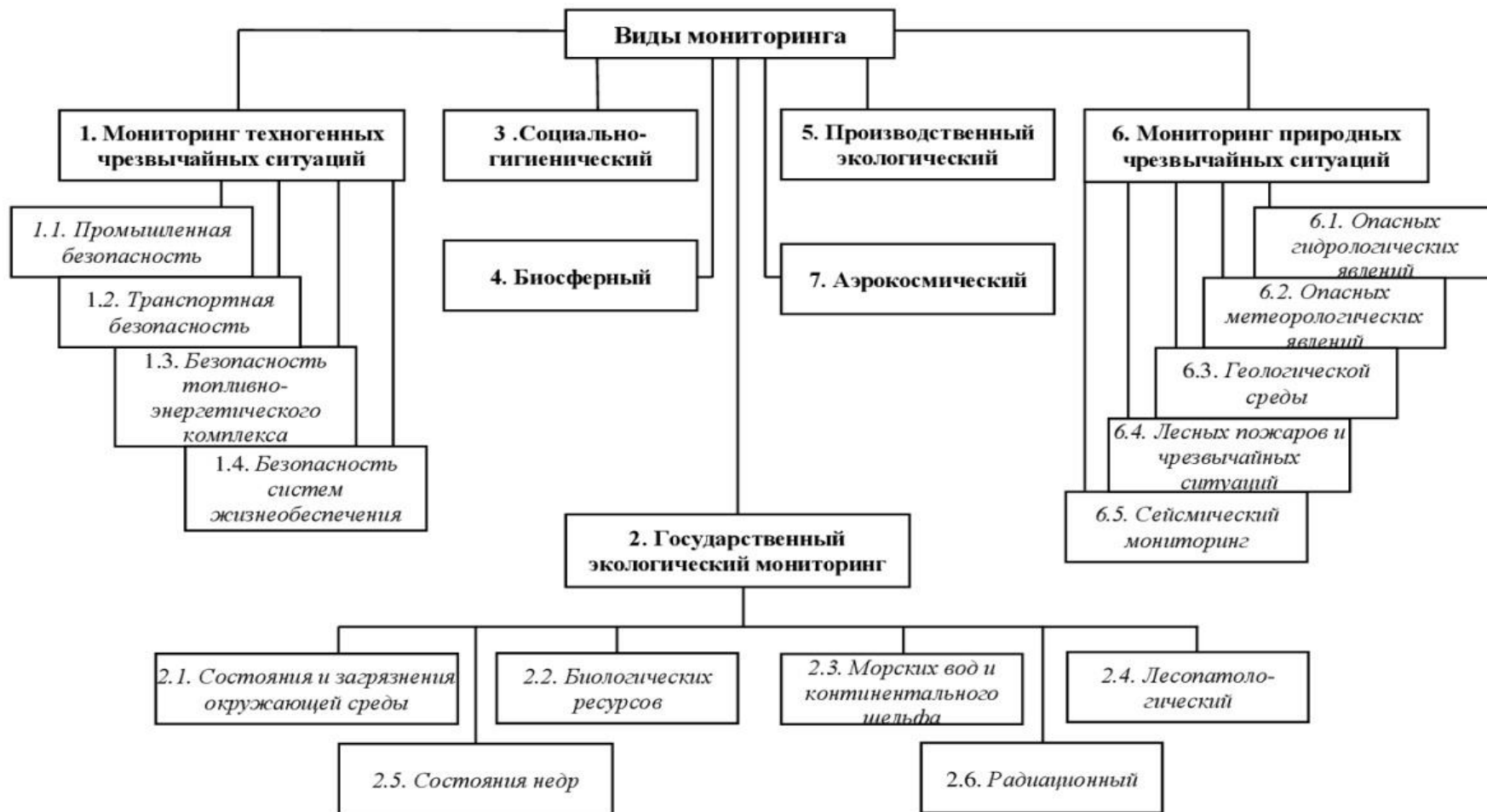
1. Разработана и реализована концепция информационной системы территориального управления рисками и безопасностью (ИСТУ РБ).
2. Разработаны концепции и структуры цифрового паспорта безопасности территорий, интегрирующего данные мониторинга за состоянием природной среды, контроля объектов техносферы и характеристик социосферы. Концепция цифрового паспорта безопасности территории увязывает виды возможных рисков, информационное обеспечение показателей рисков с параметрами управления территорией.
3. Сформулирована методология и реализована вычислительная технология оценки техногенного территориального риска, включая показатели защищенности, на основе кластерного анализа и риск-ориентированного подхода для субъектов и муниципальных образований СФО. В рамках данного подхода разработан алгоритм принятия управленческих решений на основе методов многомерного статистического анализа.
4. Предложена методика оценки уровня комплексного территориального техногенного риска муниципальных образований Сибирского федерального округа. Анализ территорий проводился отдельно по разным видам административно-территориальных единиц: города с населением свыше 70 тыс. человек, города с населением менее 70 тыс. чел. и муниципальным районам.
5. Разработаны алгоритмы расчетной оценки нормативов качества атмосферного воздуха и питьевой воды с использованием методологии оценки приемлемых уровней риска здоровью населения под влиянием веществ канцерогенного и неканцерогенного действия. Показано, что уровни предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ, рассчитанных в зависимости от величины приемлемых рисков, значительно ниже действующих санитарно-гигиенических нормативов, что требует их уточнения и пересмотра на региональном и федеральном уровнях.

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ И БЕЗОПАСНОСТЬЮ (ИСТУ РБ). ОБЩАЯ БЛОК-СХЕМА



ЦЕЛЬ – снижение индивидуальных и социальных рисков до приемлемых научно-обоснованных уровней. Система позволяет интегрировать накопленный опыт сетевого мониторинга состояния окружающей среды и техносферы, технологий анализа больших объемов информации и моделирования, теории безопасности и риска, механизмов территориального управления.

СТРУКТУРА МОНИТОРИНГА ЭЛЕМЕНТОВ С-П-Т СИСТЕМ

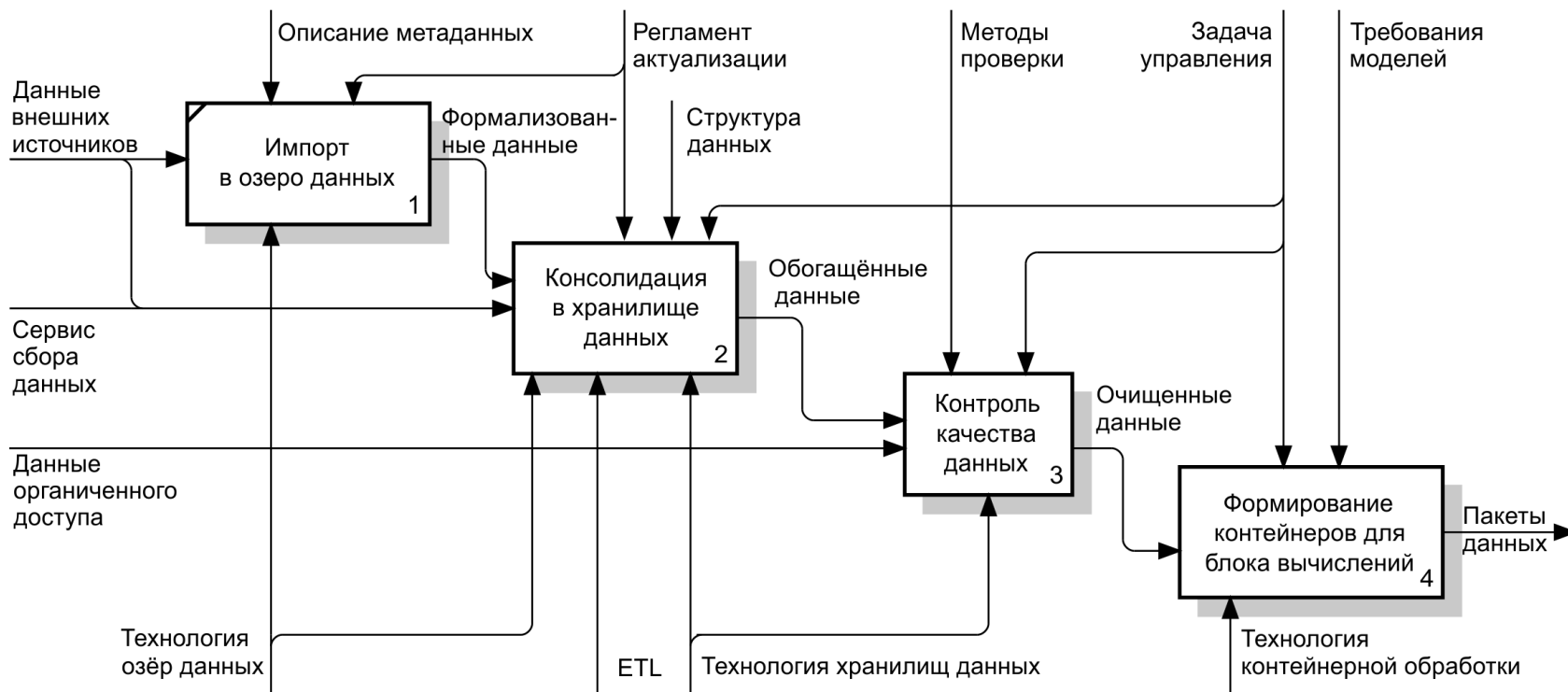


1. Нормативное обеспечение – ФЗ, ПП РФ, ГОСТ (более 20 документов).

2. Децентрализация сбора, анализа и использования мониторинговой информации.

3. Анализ ретроспективных данных МЧС, Ростехнадзора, Росприроднадзора и др.

ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ПОДСИСТЕМЫ «МОНИТОРИНГ»



СТРУКТУРА ИСТУ РБ Подсистема «Риск-анализ»

КРИЗИСНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ

- Источники риска
- Реципиенты риска
- Системы обеспечения территориальной безопасности
- Данные мониторинга обстановки

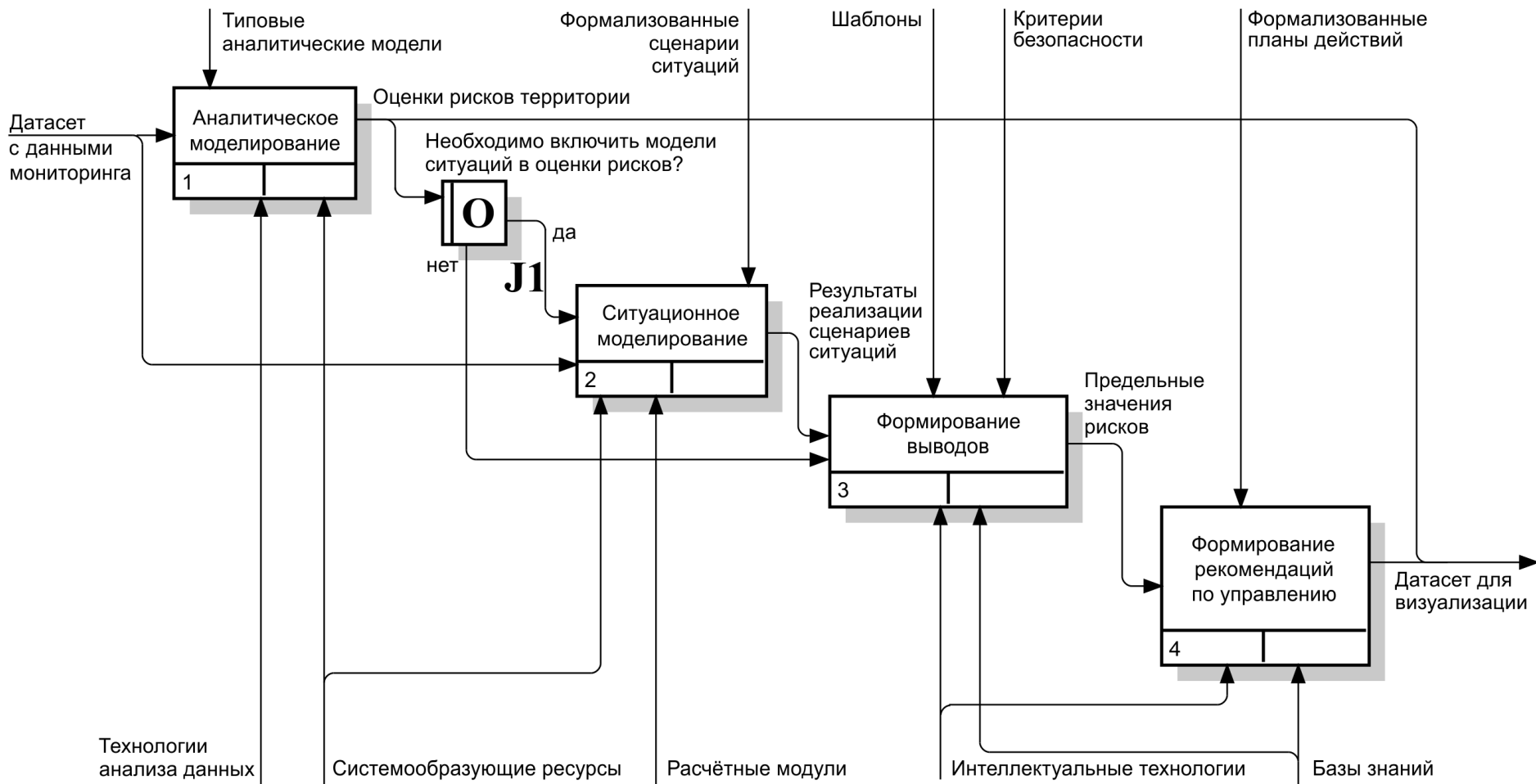
КАРТОГРАФИЧЕСКАЯ БАЗА

- Топографическая основа карт субъекта: рельеф, водные объекты, железные и автодороги, населенные пункты
- Тематические слои карт уровня субъекта: административно-территориальное деление, сеть мониторинга, дислокация спасательных формирований, распределение населения
- Топографическая основа карт населенных пунктов: застройка, промышленные объекты, объекты инфраструктуры

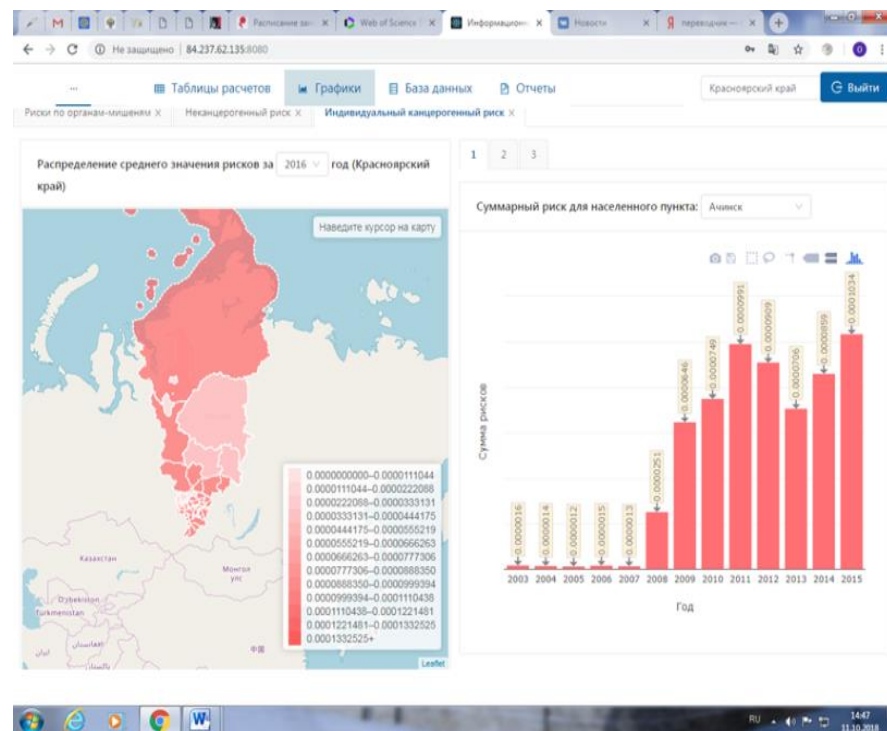
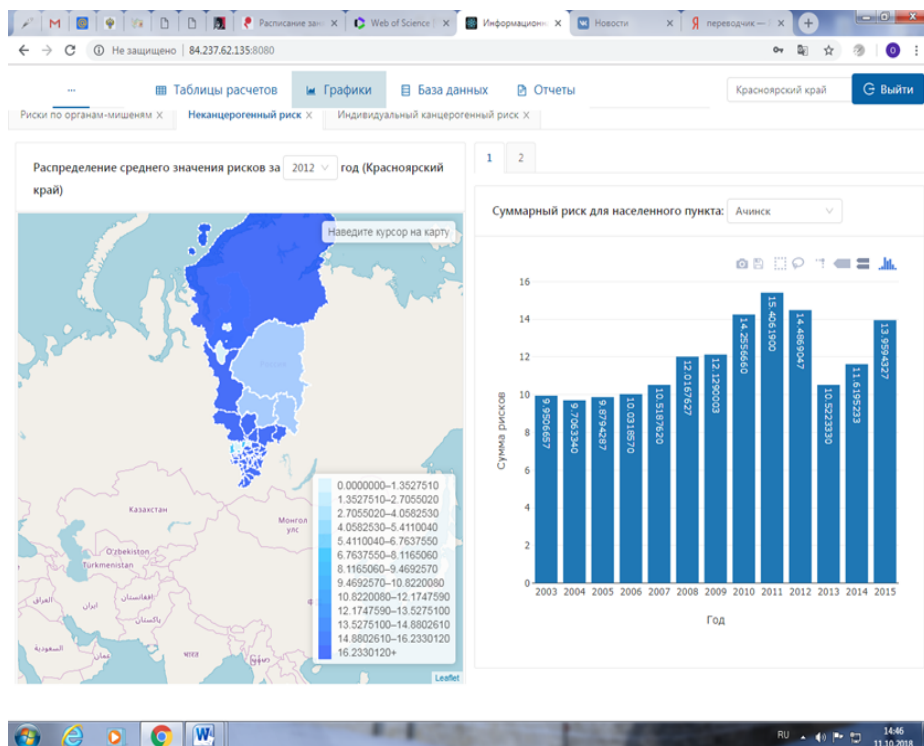
ЭКСПЕРТНЫЕ И РАСЧЕТНЫЕ МОДЕЛИ АНАЛИЗА РИСКА

- Риск гибели в природных ЧС
- Риск гибели от техногенных ЧС
- Канцерогенный и неканцерогенный риски от загрязнения ОС
- Профессиональные риски
- Риски заболевания и смертности от климатических факторов
- Риск, связанный с воздействием факторов образа жизни

ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ПОДСИСТЕМЫ «РИСК-АНАЛИЗ»



ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ СЕРВИСОВ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ИСТУ РБ, ПОДСИСТЕМА РИСК-АНАЛИЗ, МОДУЛЬ «СОЦИОСФЕРА», раздел «Суммарный канцерогенный и неканцерогенный риск»



КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ СХЕМА АНАЛИЗА ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ РИСКОВ. ЦИФРОВОЙ ПАСПОРТ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИИ (ЦПБТ)



Цель – интеграция данных мониторинга природной среды, объектов техносферы и характеристик социосферы.

ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА «РИСК»: ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ «РИСК-ЭКСПЕРТ»

Графический интерфейс системы «Риск-эксперт»



РИСК-ЭКСПЕРТ
Региональный мониторинг,
риски и безопасность

+ Создать новый диалог

Сегодня ▾
Как изменился трофический стат... ▾

Помощь

Добро пожаловать, Иван Огурцов.

сего очередь может привести к кислородному голоданию и гибели водных организмов.

4. Нитраты (NO₃⁻): Нитраты являются одной из форм азота и часто поступают в водные объекты из удобрений и сточных вод. Высокие концентрации нитратов могут представлять опасность для здоровья человека, особенно для младенцев, вызывая метгемоглобинемию (синий младенец).

Снижение сброса этих загрязняющих веществ связано с общим снижением уровня хозяйственного использования водных объектов, что отражено в данных для Красноярского края и Кемеровской области (рис. 1.10.4-1.10.5) [1.10.13, 1.10.16]. В Красноярском крае тенденция снижения показателей выражена более значительно, чем в Кемеровской области. Это свидетельствует о том, что меры по снижению загрязнения водных объектов в Красноярском крае более эффективны или активно реализуются.

Рис. 1.10.4. Сброс загрязняющих веществ – индикатор входного воздействия, критерий 3: (1) сульфаты, (2) хлориды, (3) азот общий, (4) нитраты



Кемеровская область



Рис. 1.10.5. Динамика забора и сброса сточных вод в поверхностные водные объекты в Красноярском крае и Кемеровской области – индикаторы управления, критерий 1 (объем, млн м³, без учета Норильского промышленного района): (1) забрана, (2) использована, (3) сброшена [3, 16]

Введите свой вопрос...

Случайный вопрос

Отправить сообщение

Риск-эксперт может выдавать неточную информацию. Сверяйтесь с другими источниками данных.



БАЗА ДАННЫХ СИСТЕМЫ «РИСК-ЭКСПЕРТ»



Разработана специализированная вопросно-ответная информационно-справочная система на основе архитектуры Retrieval-Augmented Generation (RAG), интегрирующая многомодальные данные на базе **многотомного научного издания «Безопасность России»**. Система реализует контекстно-зависимую генерацию ответов с использованием параметрических больших языковых моделей (Qwen2.5-72B-instruct), развернутых в локальной инфраструктуре через платформу Text Generation Interface.

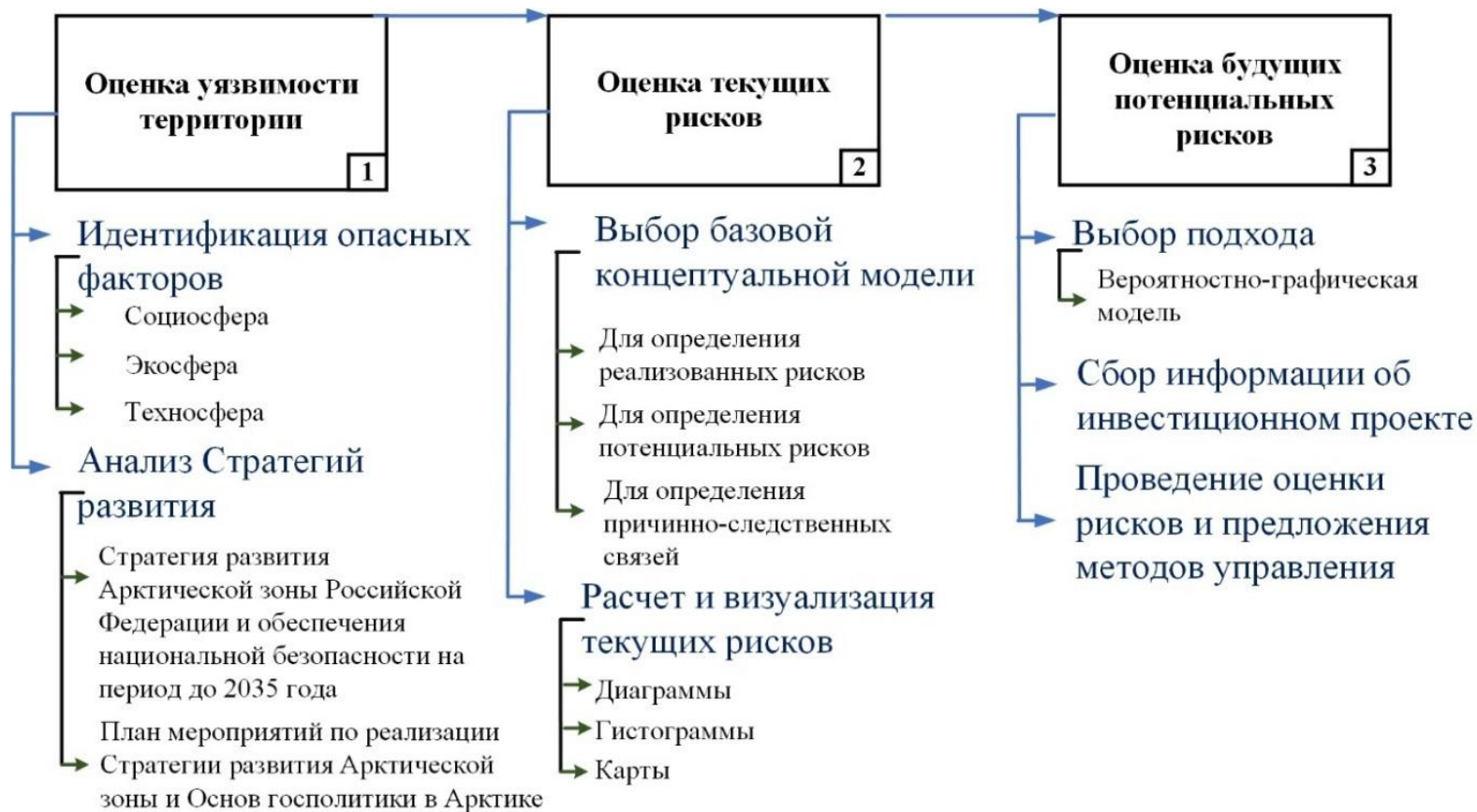
В отличие от классических информационно-поисковых систем, предложенное решение обеспечивает семантическое понимание запроса, динамическое извлечение релевантных документов и генерацию обоснованных, подкреплённых ответов в области мониторинга и поддержки принятия управленческих решений в социально-природно-техногенных системах.

Результат имеет прикладную значимость для органов управления, научных и надзорных структур, обеспечивая доступ к структурированной, актуальной и верифицируемой экспертной информации в режиме реального времени.

Система доступна по следующему адресу в сети Интернет: <https://risk-expert.ict.nsc.ru>.

1. Попов С.Е. , Потапов В.П., Замираев Р.Ю. Об одном подходе к разработке информационно-справочных систем на основе больших языковых моделей // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. 2025. Т.23, №1. С. 46–66.
2. Попов С. Е., Потапов В. П., Москвичев В. В, Чернякова Н. А. Разработка информационно-справочной системы для базы знаний по природно-техногенной безопасности регионов Сибири // Программная инженерия. 2025. Том 16. №12. С. 632- 645.

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РИСКОВ СОЦИАЛЬНО-ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ



ОЦЕНКА И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РИСКОВ СОЦИАЛЬНО-ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ

Для оценки реализованных рисков используется классическая формула:

$$R_{real} = P_i \cdot U_i$$

Оценка потенциальных рисков, при возникновении аварий на опасных производственных объектах, основывается на суммировании среднего показателя вероятности опасного события и соответствующих условиям поправочных коэффициентов

$$P_i^* = x \cdot 10^{-(N_i + n_1 + n_2 + n_3)}$$

$$R_{pot} = P_i^* \cdot U_i^*$$

где x — значение целой части средней вероятности P_i^* ; N_i — показатель дробной части средней вероятности (например, средняя вероятность опасного события равна $2 \cdot 10^{-4}$, то $x = 2$, а $N_i = -4$); n_1 — поправка на категорию риска чрезвычайных ситуаций (ЧС); n_2 — поправка на категорию риска охраны труда (ОТ); n_3 — поправка, учитывающая наличие или отсутствие аварийного-спасательного формирования (АСФ); U_i^* — возможный ущерб, при реализации аварийной ситуации.

Категория риска ЧС		Категория риска ОТ		Обеспеченность АСФ	
Уровень	n_1	Уровень	n_2	Показатель	n_3
Низкий	-1	Низкий	-1	Наличие	-1
Умеренный	0	Умеренный	0	Отсутствие	1
Средний	0,5	Средний	0,5		
Значительный	0,75	Значительный	0,75		
Высокий	1	Высокий	1		

Для установления причинно-следственных связей влияния факторов опасности на устойчивость территорий целесообразно использовать байесовский подход.

$$P(AB_i) = \frac{P(B_i) \cdot P(AB_i)}{P(B_1) \cdot P(AB_1) + P(B_2) \cdot P(AB_2) + \dots + P(B_n) \cdot P(AB_n)}$$



АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ БАЗОВЫХ РИСКОВ ДЛЯ СОЦИО-ЭКО-ТЕХНОСФЕР МО

1. Выбор или разработка модели оценки
базового риска для каждого опасного фактора,

$$R = P \cdot U$$

2. Выбор методики оценки ущерба для каждого
показателя базового риска

3. Оценка вероятностей событий и ущерба для каждого
показателя базового риска

4. Оценка базовых рисков социосферы R^C , техносферы R^T ,
экосферы $R^Э$

$$R_{\Pi} = \sum_{i=1}^I R_i$$

$$R_P = \sum_{j=1}^J R_j$$

5. Построение карт рисков

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ РИСКОВ СОЦИАЛЬНО- ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

В структуре С-П-Т систем, характерных для северных и арктических регионов, промышленных агломераций и муниципальных образований (МО), реализуется:

- техногенные риски (индивидуальные, комплексные и др.);**
- экосферные риски (гидро, био, гео, атмосферные риски);**
- социальные риски (медико-экологические, канцерогенные и неканцерогенные и др.)**

Основные этапы оценки территориальных рисков:

1 этап – определение и формирование массива исходных данных;

2 этап – расчеты и аналитическое моделирование рисков;

3 этап – динамическое представление результатов анализа, включая картографирование рисков и рекомендации по управлению рисками и безопасностью МО.

ОЦЕНКА ОПАСНОСТЕЙ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

1 Чрезвычайные ситуации техногенного характера:

- химическо-опасные объекты;
- радиационно-опасные объекты;
- взрывопожароопасные объекты.

Параметры: число объектов, площадь поражения, население в зонах поражения.

2 Чрезвычайные ситуации природного характера:

- наводнения;
- лесные пожары;
- землетрясения.

Параметры: площади и количество населения в зонах наводнения, пожаров, сейсмоопасных территорий.

3 Общая статистика ЧС по видам, годам, зонам поражения, ущербам, числу погибших и пострадавших

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ РИСКОВ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНОГО И КОМПЛЕКСНОГО РИСКА, ОБЩЕГО УЩЕРБА

Определение индивидуального риска оценивается частотой поражения человека (группы людей) в результате аварий в течение года. Величина индивидуального риска $R_{\text{инд}}^i$, год⁻¹ для i -го индивида определяется по формуле где $N_{\text{п}}$ – среднее количество погибших в год при определённом виде ЧС и происшествии на заданной территории; $N_{\text{н}}$ – количество населения, проживающего на данной территории; k – дифференцированный показатель

$$R_{\text{инд}}^i = k \cdot \frac{N_{\text{п}}}{N_{\text{н}}},$$

$$k = \frac{N_i}{N_{\text{ср}} - N_{\text{ср.мин}}}$$

где N_i – численность населения муниципального образования в составе региона; $N_{\text{ср}}$ – средняя численность на рассматриваемой территории; $N_{\text{ср.мин}}$ – средняя минимальная численность на рассматриваемой территории.

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ РИСКОВ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНОГО И КОМПЛЕКСНОГО РИСКА, ОБЩЕГО УЩЕРБА

Определение комплексного риска представляется как математическое ожидание дискретной случайной величины людских потерь и материального ущерба, рассчитывается по формуле

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

где n – число видов опасных техногенных событий; $N_i(Q_i)$ – число погибших от опасных техногенных событий; $P_i(Q_i)$ – вероятность появления опасного техногенного события на рассматриваемой территории в единицу времени; $U_i(N_i, Q_i)$ – материальный ущерб от опасного техногенного события и числа человеческих жертв, измеряется в млн. руб.; $[R]$ – допустимый уровень риска, единицы измерения $\text{год}^{-1} \cdot \text{млн. руб.}$

Определение общего ущерба и его составляющих проводится через обобщенный функционал (сумму) ущербов, наносимых населению, объектам техносферы и окружающей среде.

$$U = F_U\{U_N, U_T, U_S\} = \sum_i [F_{U_i}(U_{N_i}, U_{T_i}, U_{S_i})]$$

где U – общий ущерб; U_i – составляющие общего ущерба для населения U_N , объекта техносферы U_T , окружающей среды U_S .

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ РИСКОВ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАНЦЕРОГЕННОГО РИСКА

Оценка канцерогенного риска, обусловленного длительным воздействием неблагоприятных внешних факторов, рассчитывается с использованием данных о величине экспозиции и значений факторов канцерогенного потенциала (фактор наклона) по формуле:

$$CR_i = LADD \cdot SF_i \quad \text{или} \quad CR_i = LADC \cdot UR_i ,$$

где CR_i – индивидуальный канцерогенный риск, вероятность; $LADD$ – среднесуточная доза в течение жизни, мг/(кг · день); SF_i – фактор наклона, SF_i – для ингаляционного и SF_o – для перорального путей поступления, (мг/(кг · день))⁻¹. UR_i – единичный риск для воды UR_o (риск на 1 мг/л) или воздуха. CR_i – индивидуальный канцерогенный риск, вероятность; $LADC$ – средняя концентрация вещества в исследуемом объекте окружающей среды за весь период усреднения экспозиции (питьевая вода, мг/л; воздух, мг/м³); UR_i (риск на 1 мг/м³).

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ РИСКОВ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАНЦЕРОГЕННОГО РИСКА

Единичный риск рассчитывается с использованием величины SF и стандартных значений массы тела человека (70 кг), суточного потребления воздуха (20 м³/сут.) и питьевой воды (2 л/сут.)

$$UR_i = SF_i \cdot \frac{1}{70} \cdot 20, \quad UR_o = SF_o \cdot \frac{1}{70} \cdot 2,$$

где UR_i – единичный риск для воздуха (риск на 1 мг/м³); UR_o – единичный риск для воды (риск на 1 мг/л); SF_i – фактор наклона, (мг/(кг · день))⁻¹; SF_o – фактор наклона, (мг/(кг · день))⁻¹.

Стандартное уравнение для расчета $LAAD$

$$LAAD = \frac{C \cdot CR \cdot ED \cdot EF}{BW \cdot AT \cdot 365},$$

где $LAAD$ – средняя суточная доза или поступление (I), мг/(кг · день); C – концентрация вещества в загрязненной среде в атмосферном воздухе – мг/м³ и в питьевой воде – мг/л; CR – скорость поступления воздействующей среды (ст. значения для воздуха – 20 м³/сут. и питьевой воды – 2 л/сут.) м³/день; ED – продолжительность воздействия, лет (ст. знач. – 30 лет); EF – частота воздействия, дней/год (ст. знач. 365 дней); BW – масса тела человека, кг (ст. знач. 70 кг); AT – период усреднения экспозиции, лет (ст. знач. 70 лет); 365 – число дней в году.

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ РИСКОВ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕКАНЦЕРОГЕННОГО РИСКА

Неканцерогенный определяется риск по формуле:

$$Risk_i = 1 - \exp \left(-0,174 \cdot \frac{\left(\frac{C_{с.г.}}{ПДК_{с.с.}} \right)^b}{K_3} \right) ,$$

где $Risk_i$ – индивидуальный неканцерогенный беспороговый риск от химических веществ;
 $ПДК_{с.с.}$ – предельно допустимая среднесуточная концентрация; K_3 – коэффициент запаса, принимаемый равным 100 у веществ с выраженной вероятностью отдаленных последствий и 10 у остальных веществ; $C_{с.г.}$ – среднегодовая концентрация вещества; b – коэффициент, учитывающий особенности токсикологических свойств вещества.

Популяционный неканцерогенный риск рассчитывается по формуле

$$PRisk_i = Risk_i \cdot POP,$$

где $Risk_i$ – индивидуальный неканцерогенный беспороговый риск от химических веществ;
 POP – численность исследуемой популяции, чел.

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ РИСКОВ. КОМПЛЕКСНЫЙ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЙ РИСК

Комплексный территориальный риск представляется в виде вектора в трёхмерном пространстве социо- R_C , эко- $R_{\mathcal{E}}$, техно- R_T сфер $\overrightarrow{R_{\text{компл}}} = (R_C, R_{\mathcal{E}}, R_T)$. Каждый компонент С-П-Т-системы оценивается суммой базовых территориальных рисков:

$$\overrightarrow{R_{\text{компл}}} = \left(\sum_{f=1}^F R_C, \sum_{g=1}^G R_{\mathcal{E}}, \sum_{h=1}^H R_T \right),$$

где F - количество базовых территориальных рисков социосферы, G — количество базовых рисков экосферы, H - количество базовых рисков техносферы.

$$R_{\text{компл}} = \sqrt{R_C^2 + R_{\mathcal{E}}^2 + R_T^2},$$

где R_C - суммарный территориальный риск социосферы, млн. руб. год⁻¹, $R_{\mathcal{E}}$ - суммарный территориальный риск экосферы, млн. руб. год⁻¹, R_T - суммарный территориальный риск техносферы, млн. руб. год⁻¹.

Базовый риск оценивался по классической формуле:

$$R = P \cdot U,$$

где P - вероятность события, год⁻¹, U - ущерб, млн. руб.

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ РИСКОВ С-П-Т СИСТЕМ

Картографические ресурсы:

- мелкомасштабные цифровые карты (М1:1000 000) – для анализа и отображения агрегированной информации по субъекту в целом;
- среднемасштабные цифровые карты (М1:200 000) – для моделирования и отображения рисков в муниципальных районах, на особо охраняемых природных территориях и местах промышленного освоения;
- крупномасштабные цифровые планы (М1:10 000) – для моделирования и отображения рисков в промышленных городах, где ведутся регулярные наблюдения за состоянием окружающей среды.

Данные хранятся в стандартных форматах ГИС – Shape, MapInfo

Перечень картографических слоев ГИС

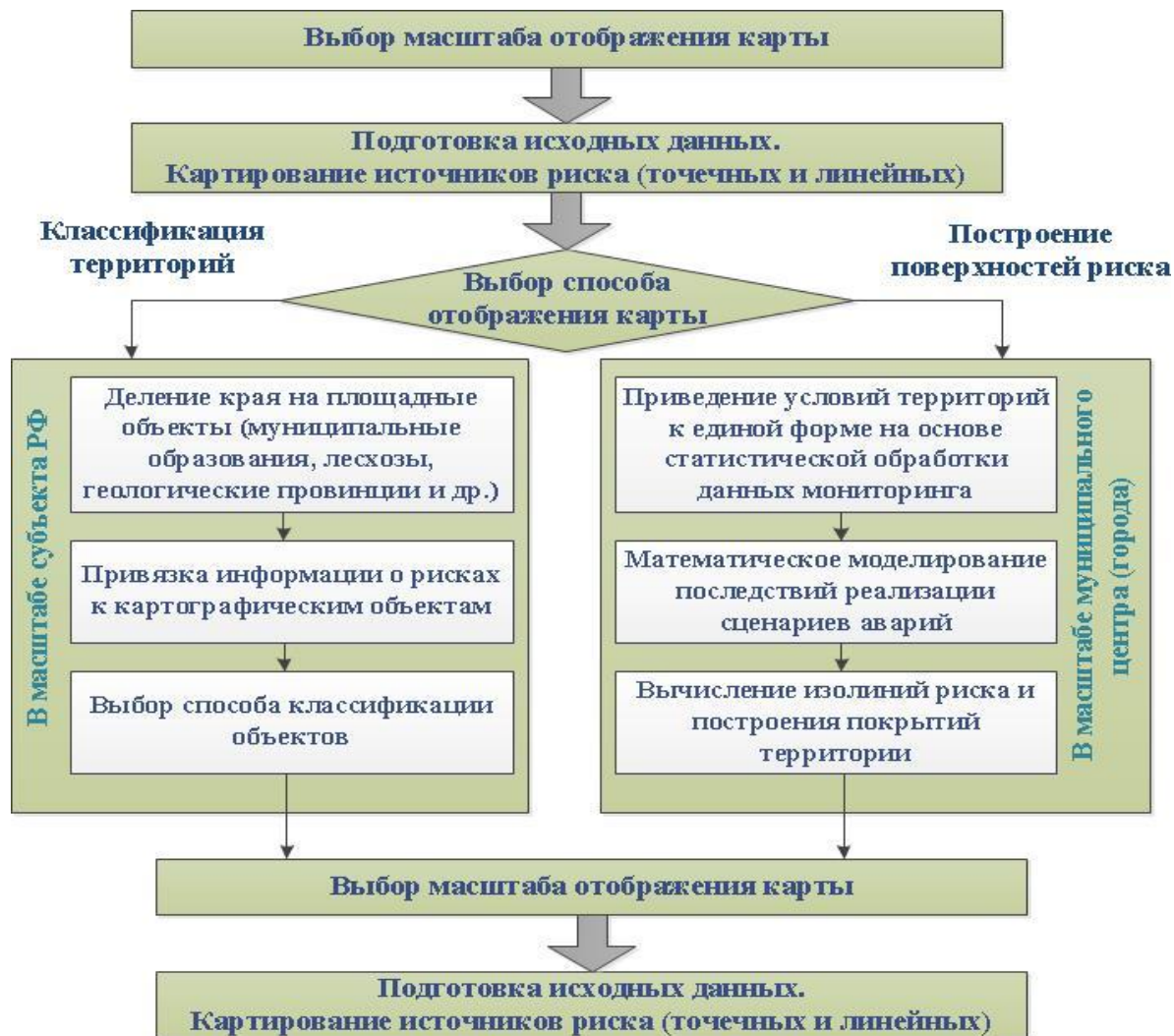
№ п/п	Название	Тип покрытия*
1 Топографическая основа карт субъектов		
1	Рельеф	S
2	Водоемы	S
3	Реки и притоки	L
4	Железные дороги	L
5	Автомобильные дороги	L
6	Населенные пункты	S, P
2 Тематические слои карты уровня субъекта		
1	Административно-территориальное деление	S
2	Дислокация спасательных формирований МЧС и других ведомств	P
3	Сеть мониторинга обстановки	P
4	Распределение населения по территории	S
5	Сейсморайонирование (по картам ОСР А, В, С)	S

Перечень картографических слоев ГИС

№ п/п	Название	Тип покрытия*
3 Топографическая основа карт населенных пунктов		
1	Водные объекты	S, L
2	Изолинии рельефа	L
3	Застройка (кварталы, дома)	S
4	Транспортные коммуникации (улицы, проезды, мосты, дороги)	S, L
5	Объекты (промышленные, с массовым пребыванием людей и т.п.)	S, L
6	Объекты инфраструктуры (ЛЭП, линии связи, тепло- водоснабжение)	L

Типы векторных покрытий: S – площадные; L – линейные; P – точечные. Каждому покрытию (тематическому слою) соответствует таблица с собственной информацией.

ТЕХНОЛОГИИ ПОСТРОЕНИЯ КАРТ РИСКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС



МЕТОДИКА ОЦЕНКИ УРОВНЯ ЗАЩИЩЕННОСТИ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

$$Z(\tau) = \frac{1}{3} \left(\frac{N_{ПЧ}^{\Phi}}{N_{ПЧ}^H} + \frac{N_{МУ}^{\Phi}}{N_{МУ}^H} + \frac{N_{АСФ}^{\Phi}}{N_{ОПО}^{\Phi}} \right) \cdot 100 \geq 100\%$$

где $N_{ПЧ}^{\Phi} / N_{ПЧ}^H$ – фактическое/нормативное количество пожарных частей на рассматриваемой территории; $N_{МУ}^{\Phi} / N_{МУ}^H$ – фактическое/нормативное количество медицинских учреждений на рассматриваемой территории; $N_{АСФ}^{\Phi}$ – фактическое количество аварийно-спасательных формирований на рассматриваемой территории; $N_{ОПО}^{\Phi}$ – фактическое число опасных промышленных объектов на рассматриваемой территории.

$$N_{ПЧ}^H = \frac{N_{нас}}{N_{ПФ} \cdot N_{ш}}$$

$N_{нас}$ – численность населения на рассматриваемой территории; $N_{ПФ}$ – величина количества населения, приходящего на одного сотрудника пожарно-спасательного формирования (ПФ); $N_{ш}$ – типовое штатное количество спасателей в ПФ.

$$N_{ПФ} = 0,036757 \cdot P \cdot (0,036648 + 98,781 \cdot P^{-0,44823})^2 \quad P \text{ – плотность населения на рассматриваемой территории.}$$

$$\frac{N_{МУ}^{\Phi}}{N_{МУ}^H} = \left(\frac{N_{бo}^{\Phi} + N_{лпо}^{\Phi} + N_{сбo}^{\Phi} + N_{бк}^{\Phi} + N_{чв}^{\Phi} + N_{чм}^{\Phi} + N_{нл}^{\Phi}}{N_{бo}^H + N_{лпо}^H + N_{сбo}^H + N_{бк}^H + N_{чв}^H + N_{чм}^H + N_{нл}^H} \right) \geq 1$$

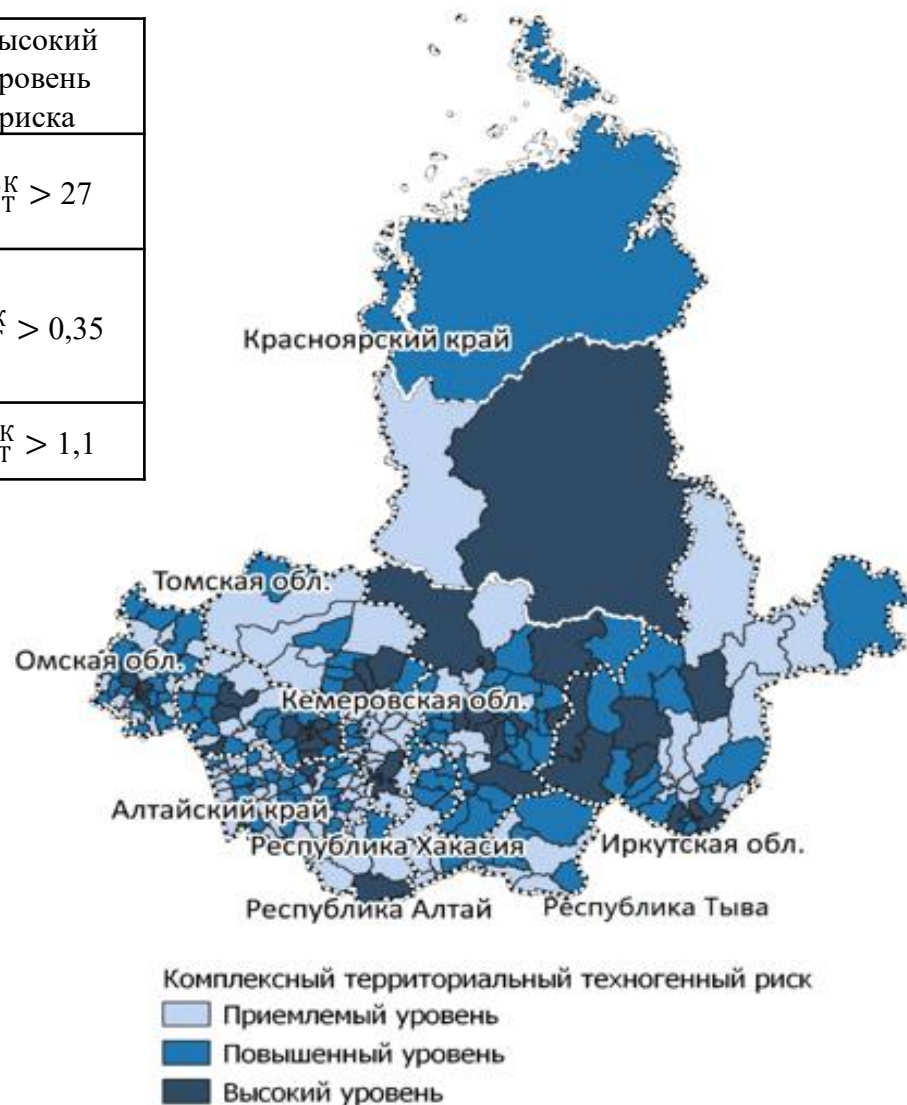
Определение нормативного значения медицинских учреждений основывается на Приказе Министерства здравоохранения Российской Федерации от 27.02.2016 № 132н

где $N_{бo}^{\Phi} / N_{бo}^H$ – фактическое/нормативное количество больничных организаций (отделений) здравоохранения на рассматриваемой территории; $N_{лпо}^{\Phi} / N_{лпо}^H$ – фактическое/нормативное количество лечебно-профилактических организаций на рассматриваемой территории; $N_{сбo}^{\Phi} / N_{сбo}^H$ – фактическое/нормативное количество самостоятельных муниципальных больничных учреждений и отделений в составе муниципальных учреждений на рассматриваемой территории; $N_{бк}^{\Phi} / N_{бк}^H$ – фактическое/нормативное количество больничных коек на рассматриваемой территории; $N_{чв}^{\Phi} / N_{чв}^H$ – фактическая/нормативная численность врачей всех специальностей (без зубных) на рассматриваемой территории; $N_{чм}^{\Phi} / N_{чм}^H$ – фактическая/нормативная численность среднего медицинского персонала на рассматриваемой территории; $N_{нл}^{\Phi} / N_{нл}^H$ – фактическое/нормативное количество негосударственных лечебно - профилактических организаций на рассматриваемой территории;

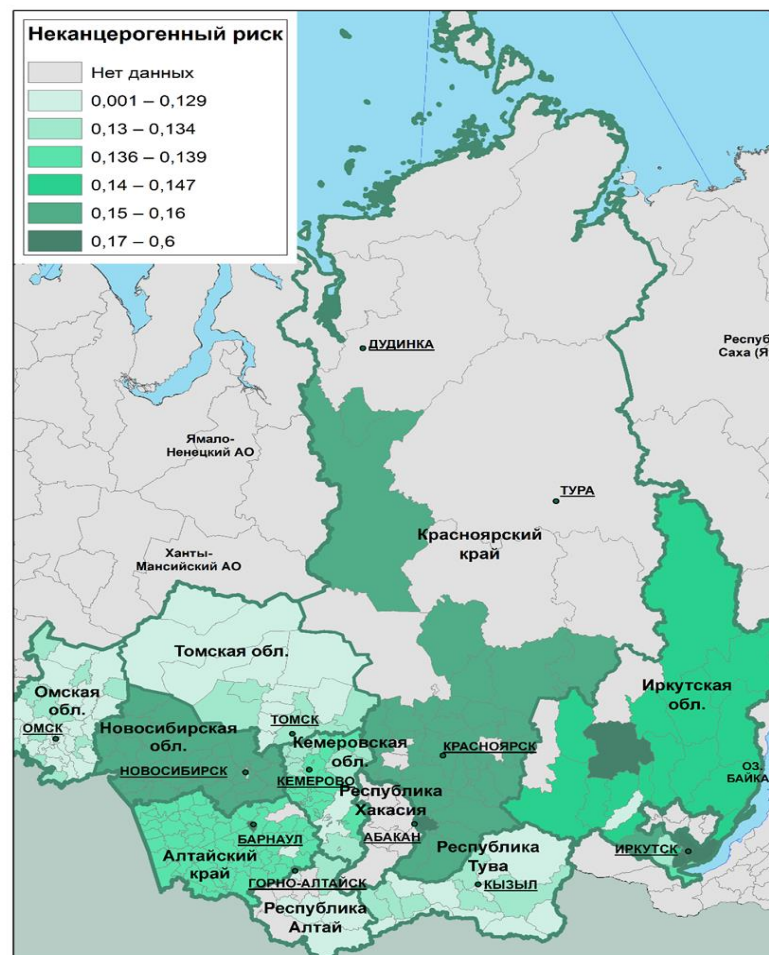
ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ТЕХНОГЕННОГО РИСКА НА ТЕРРИТОРИИ СФО

Территориальные группы	Приемлемый уровень риска	Повышенный уровень риска	Высокий уровень риска
Города с численностью населения более 70 тыс. чел.	$R_T^K \leq 2,1$	$R_T^K \in (2,1-27]$	$R_T^K > 27$
Города с численностью населения менее 70 тыс. чел.	$R_T^K \leq 0,03$	$R_T^K \in (0,03-0,35]$	$R_T^K > 0,35$
Муниципальные районы	$R_T^K \leq 0,07$	$R_T^K \in (0,07 - 1,1]$	$R_T^K > 1,1$

1. Выполнен анализ для 256 МО.
2. В зоне приемлемого уровня риска - 165 МО, в зоне повышенного - 140 и в зоне высокого риска - **47** территориальных образований (необходимы мероприятия по минимизации риска).
3. Наибольшая опасность сосредоточена в крупнейших городах: **Красноярск, Омск, Новосибирск.**
4. Низкий уровень защищенности в городах **Анжеро-Судженск, Черногорск, Ново-Алтайск, Канск, Минусинск, Зима, Калачинск** и в 70 МО.

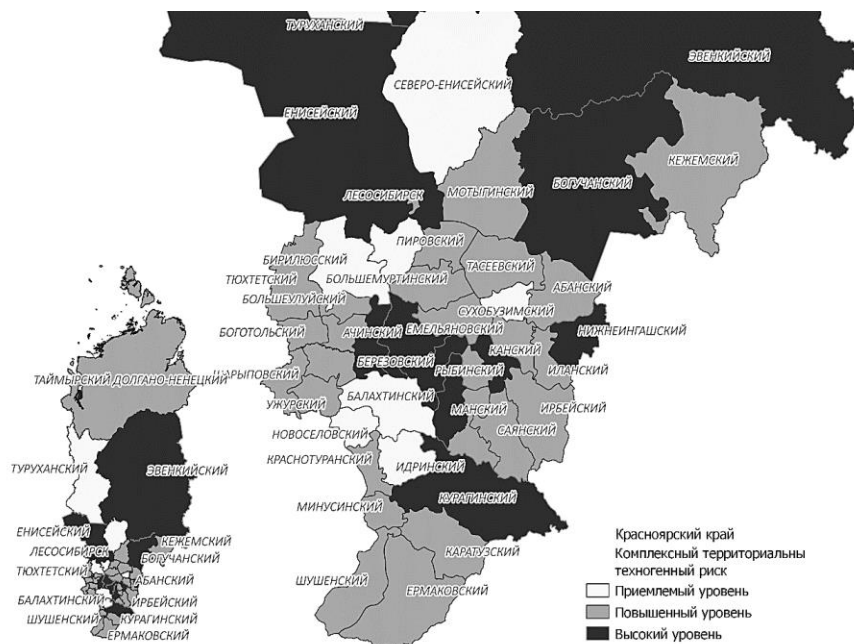


ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КАНЦЕРОГЕННОГО И НЕКАНЦЕРОГЕННОГО РИСКОВ НА ТЕРРИТОРИИ СФО

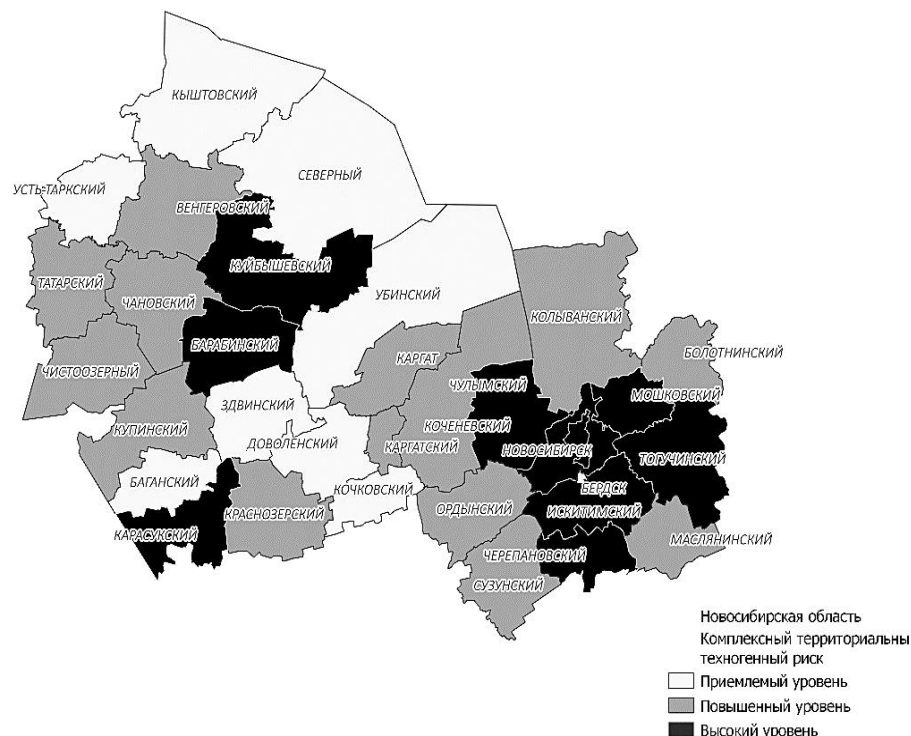


ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОМПЛЕКСНОГО РИСКА ПО СУБЪЕКТАМ СФО

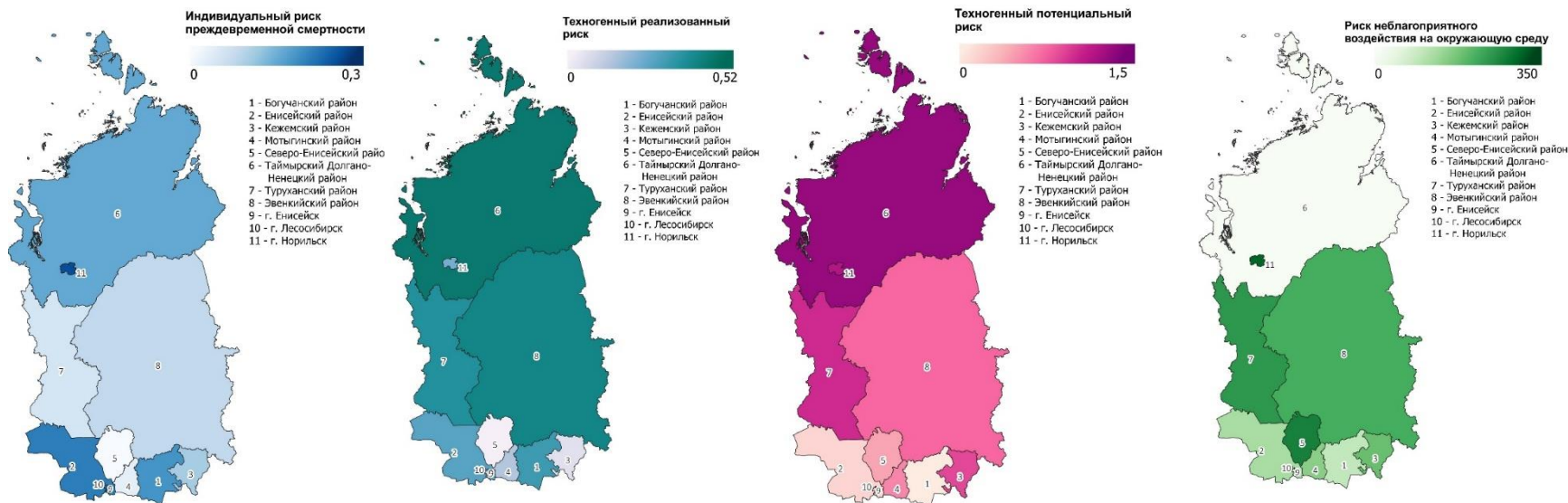
Красноярский край



Новосибирская область



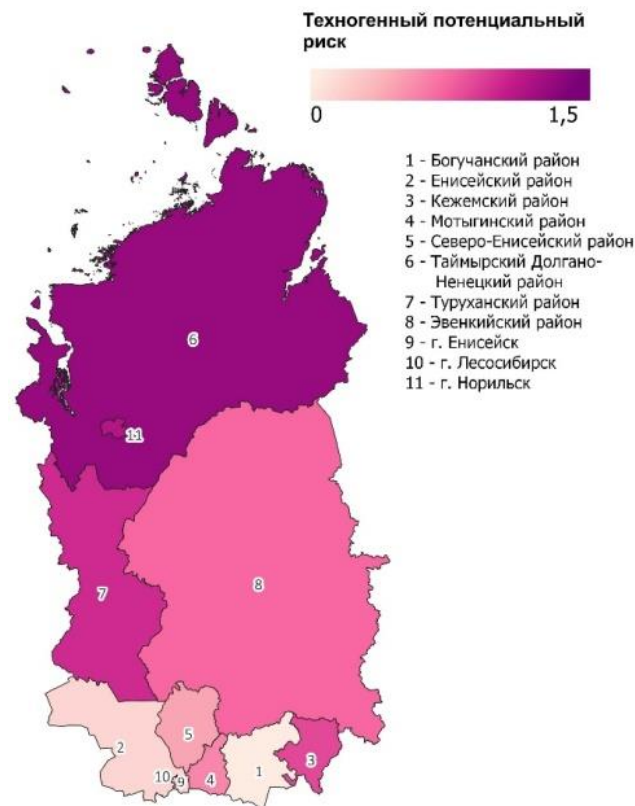
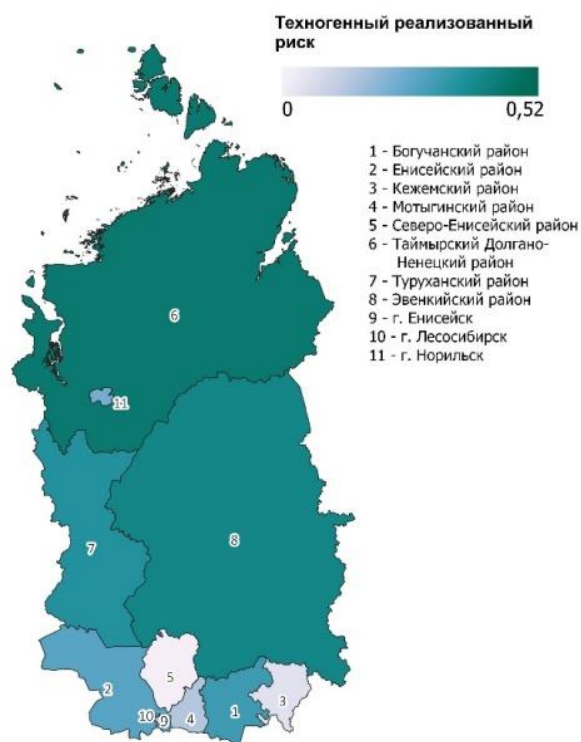
ОЦЕНКА ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ РИСКОВ АРКТИЧЕСКИХ И СЕВЕРНЫХ РЕГИОНОВ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ



Муниципальное образование	Индивидуальный риск смертности	Техногенный риск		Риск неблагоприятного воздействия на ОС
		реализованный	потенциальный	
Богучанский р-н	$8,55 \cdot 10^{-2}$	$9,8 \cdot 10^{-2}$	$9,76 \cdot 10^{-5}$	$3,2 \cdot 10^{-2}$
г. Енисейск	$1,88 \cdot 10^{-2}$	$3,1 \cdot 10^{-2}$	-	$1,52 \cdot 10^{-2}$
г. Лесосибирск	0,19	$5,1 \cdot 10^{-3}$	$1,85 \cdot 10^{-2}$	$1,7 \cdot 10^{-2}$
г. Норильск	0,25	$6,1 \cdot 10^{-2}$	0,79	345,3
Енисейский р-н	$8,97 \cdot 10^{-2}$	$7,6 \cdot 10^{-2}$	$5,4 \cdot 10^{-3}$	0,68
Кежемский р-н	$1,52 \cdot 10^{-2}$	$3,4 \cdot 10^{-3}$	$7,7 \cdot 10^{-2}$	2,23
Мотыгинский р-н	$9,32 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-2}$	$2,6 \cdot 10^{-2}$	0,95
Северо-Енисейский р-н	$6,96 \cdot 10^{-3}$	$2,08 \cdot 10^{-5}$	$2,25 \cdot 10^{-2}$	2,47
Таймырский Долгано-Ненецкий р-н	$2,54 \cdot 10^{-2}$	0,52	1,11	$2,1 \cdot 10^{-2}$
Туруханский р-н	$1,21 \cdot 10^{-2}$	0,11	0,24	2,9
Эвенкийский р-н	$1,5 \cdot 10^{-2}$	0,18	$5,6 \cdot 10^{-2}$	2,49

При анализе опасностей, влияющих на уязвимость социо-эко-техносферы территории, в каждой сфере определяется объект воздействия. В социосфере объектом воздействия является человек, на которого влияют факторы окружающей и производственной среды. В экосфере – окружающая природная среда (ОС) и ее способность сохранять свою структуру и функциональные особенности при воздействии внешних и внутренних факторов. Устойчивое функционирование техносферы определяется отсутствием катастрофических событий на потенциально опасных объектах.

РАНЖИРОВАНИЕ АРКТИЧЕСКИХ И СЕВЕРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ ПО УРОВНЮ ТЕХНОГЕННОГО РИСКА

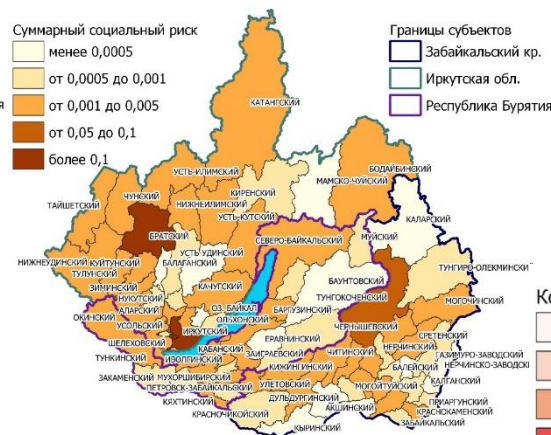


Высокие значения реализованного риска получены для Таймырского, Долгано-Ненецкого, Эвенкийского, Туруханского, Богучанского районов; потенциального риска – для г. Норильск, Таймырского Долгано-Ненецкого, Эвенкийского и Кежемского районов.

КОМПЛЕКСНЫЕ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЕ РИСКИ РАЗВИТИЯ БАЙКАЛЬСКОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ

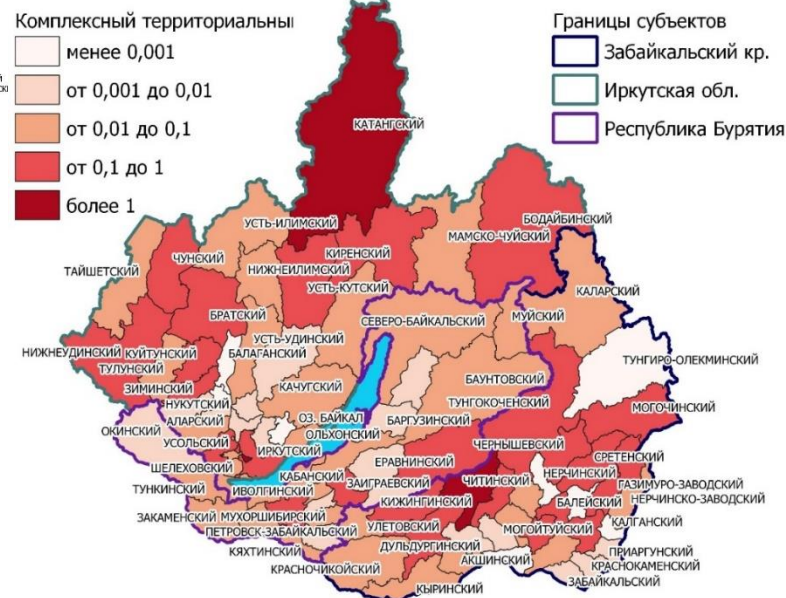


природный риск

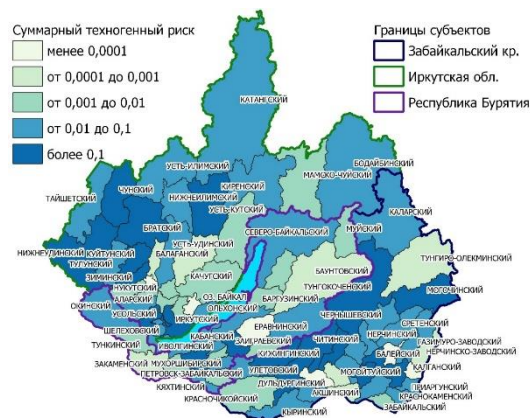


социальный риск

Наибольшие значения комплексного риска получены для следующих муниципальных образований: г. Иркутск, Катангский р-н, г. Улан – Уде, Читинский р-н, г. Чита, г. Усть-Илимск, Сретенский р-н, Могочинский р-н.



комплексный риск



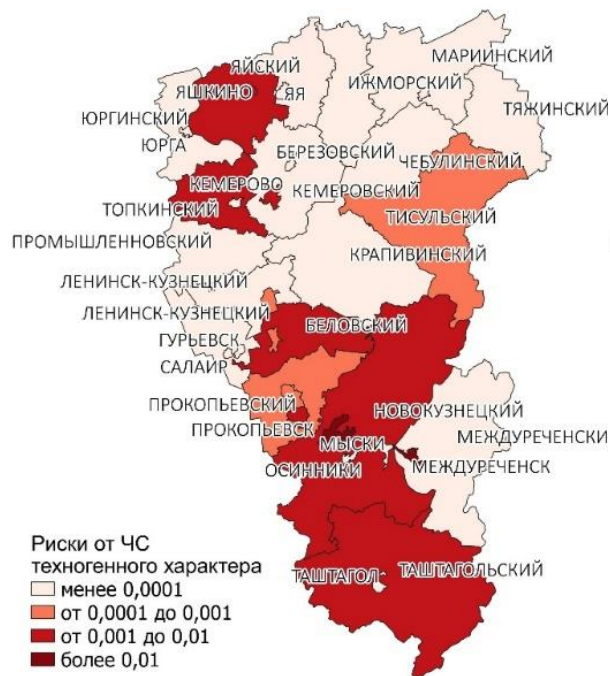
техногенный риск

Для городов основная нагрузка, влияющая на комплексный риск связана с ЧС на объектах техносферы. Для муниципальных районов основной вклад в комплексный риск вносят природные пожары.

ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЕ РИСКИ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ - КУЗБАССА



от опасных техногенных
событий



от ЧС техногенного
характера



от опасных техногенных
событий

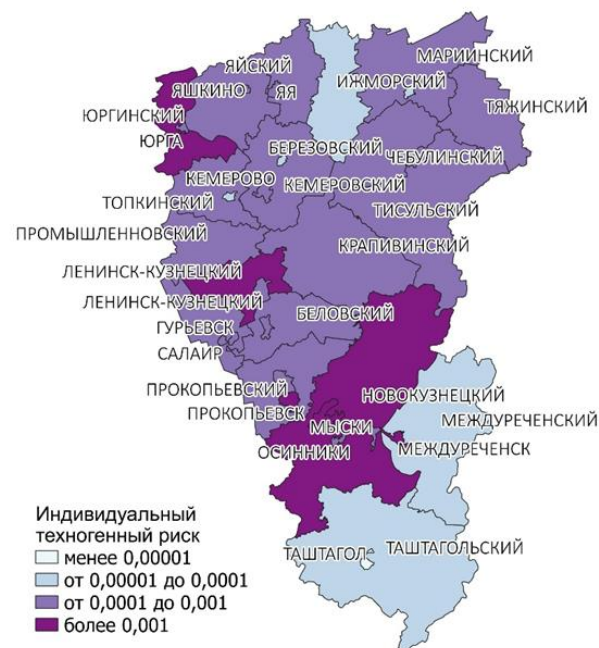
ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЕ РИСКИ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ - КУЗБАССА



риск профзаболеваний



риск травмирования при несчастном случае на производстве



индивидуальный техногенный риск

ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЕ РИСКИ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ - КУЗБАССА



риски природных пожаров



риски наводнений

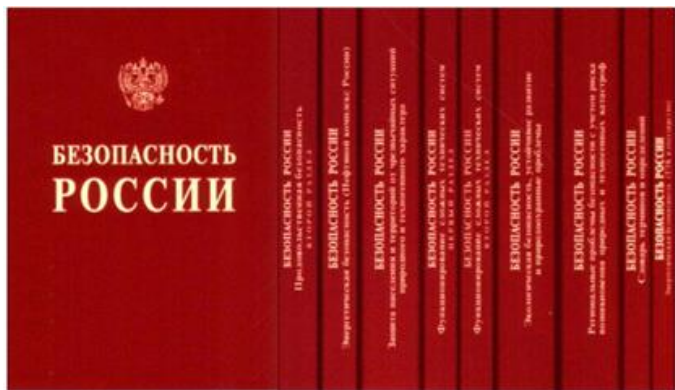
ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ

НАУЧНО-ПРОСВЕТИТЕЛЬСКИЙ ПРОЕКТ «БЕЗОПАСНОСТЬ РОССИИ. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты» (1998-2025 гг.)

Совет Безопасности, Администрация Президента, Федеральное Собрание,
Правительство Российской Федерации

Исполнитель – Международный гуманитарный фонд «Знание»

Председатели Редакционного совета – академик К.В. Фролов, чл.-корр. РАН Н.А. Махутов



"Стратегической целью социально-экономического развития должно стать сохранение, восстановление и рост численности населения Красноярского края, повышение уровня его здоровья, качества жизни, образования и духовной культуры"
(Шапарев Н.Я., Москвичев В.В., 2001 г.)



Руководитель работ в СО РАН,
член Редакционного совета
издания, д.т.н., проф.,
заслуженный деятель науки РФ
В.В. Москвичев

Издано 68 томов. В авторских коллективах 18 томов принимали участие сотрудники институтов ФИЦ ИВТ и ФИЦ КНЦ СО РАН :

1. Региональные проблемы безопасности Красноярского края (2001 г.)
2. Анализ риска и проблем безопасности – 4 тома (2006-2007 гг.)
3. Анализ риска и управление безопасностью (2008 г.)
4. Человеческий фактор в проблемах безопасности (2008 г.)
5. Региональные проблемы безопасности. Природно-техногенная безопасность СФО (2023-2024 гг.)

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Невозможность полного предотвращения техногенных аварий и природных катастроф, которые оказались неустранимыми в прошлом и не могут быть исключены в будущем (концепция ненулевого риска аварий и катастроф).
2. В условиях существующего уровня риска и негативных последствий аварий и катастроф невозможна в полной реализация концепции устойчивого развития регионов.
3. Недостаточная нормативно-правовая база природно-техногенной безопасности на федеральном и региональном уровнях.
4. Важнейшими составляющими устойчивого развития страны и регионов должен стать мониторинг состояния природной среды и объектов техносферы, организация системы управления антропогенными, экологическими, природными, геодинамическими и территориальными рисками.
5. Накопленный опыт практического приложения представленных методик и моделей, информационных и вычислительных технологий, их апробация на уровне субъектов РФ, муниципальных образований и промышленных агломераций являются основой для их дальнейшего развития.
6. Перспективная задача нового этапа - создание информационных систем территориального управления рисками и безопасностью отдельных регионов и территориальных образований



*Благодарю
за внимание!*