

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
НАУКИ ИНСТИТУТ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ  
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

*На правах рукописи*

**Ничепорчук Валерий Васильевич**

**РЕСУРСЫ И ТЕХНОЛОГИИ РЕГИОНАЛЬНЫХ  
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ  
ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

**05.25.05 – информационные системы и процессы**

**ДИССЕРТАЦИЯ  
на соискание учёной степени  
доктора технических наук**

Научный консультант:

д.т.н., профессор **НОЖЕНКОВА Л. Ф.**

Красноярск – 2021

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1 ПРОБЛЕМЫ ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНИЯ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ТЕРРИТОРИЙ.....	27
1.1 Анализ процессов управления и формирования решений .....	27
1.2 Технологии и системы информационной поддержки управления.....	38
1.2.1 Системы и сервисы мониторинга и прогнозирования опасностей.....	38
1.2.2 Методы и технологии ситуационного моделирования в задачах экстренного реагирования.....	46
1.2.3 Методы и системы оценивания рисков ЧС .....	51
1.3 Проблемы формирования информационных ресурсов .....	55
1.3.1 Структурирование данных.....	55
1.3.2 Консолидация данных .....	58
1.4 Задачи диссертационной работы .....	64
1.5 Выводы по главе 1 .....	65
ГЛАВА 2 СИСТЕМНАЯ МОДЕЛЬ ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНИЯ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ .....	68
2.1 Семиотическое представление системы управления, информационных ресурсов и технологий .....	68
2.2 Представление процессов решения управленческих задач .....	75
2.3 Выводы по главе 2 .....	82
ГЛАВА 3 ОБОБЩЁННАЯ СИСТЕМНАЯ АРХИТЕКТУРА КАК РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМНОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ .....	85
3.1 Принципы реализации процессов решения управленческих задач ....	85
3.1.1 Оперативная идентификация опасностей и угроз .....	85
3.1.2 Формирование возможных сценариев ЧС.....	87
3.1.3 Прогнозирование обстановки .....	89
3.1.5 Управление ликвидацией опасной ситуации .....	92
3.1.6 Проведение мероприятий защиты.....	94
3.1.7 Комплексное оценивание рисков территорий .....	96
3.1.8 Контроль проведения мероприятий по снижению рисков.....	98
3.2 Обобщённая системная архитектура .....	99
3.3 Примеры проблемно-ориентированных архитектур .....	103
3.4 Выводы по главе 3 .....	107

ГЛАВА 4	МОДЕЛЬ ОРГАНИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ .....	110
4.1	Концепция построения архитектуры информационных ресурсов ....	110
4.1.1	Принципы систематизации информационных ресурсов .....	110
4.1.2	Онтология информационных ресурсов .....	112
4.2	Структура консолидированного хранилища мониторинговых данных .....	124
4.2.1	Системообразующие элементы хранилища данных .....	124
4.2.2	Структурирование мониторинговых данных.....	127
4.3	Реализация хранилища данных на основе архитектуры информационных ресурсов.....	132
4.3.1	Область длительного хранения .....	132
4.3.2	Состав справочников и классификаторов .....	133
4.3.3	Другие элементы хранилища данных .....	135
4.4	Выводы к главе 4 .....	137
ГЛАВА 5	МЕТОД ОБРАБОТКИ МОНИТОРИНГОВЫХ ДАННЫХ ДЛЯ РАННЕГО ОБНАРУЖЕНИЯ ОПАСНОСТЕЙ И УГРОЗ.....	139
5.1	Систематизация параметров мониторинга .....	139
5.2	Критерии обнаружения опасностей и угроз .....	149
5.3	Применение критериев для раннего обнаружения предпосылок ЧС.....	157
5.4	Выводы по главе 5 .....	163
ГЛАВА 6	ТЕХНОЛОГИЯ СИТУАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ОПАСНЫХ СОБЫТИЙ.....	165
6.1	Технология ситуационного моделирования в задачах поддержки принятия решений по ликвидации ЧС.....	165
6.1.1	Особенности информационной поддержки управления на основе моделирования .....	165
6.1.2	Построение моделей ситуации в интеллектуальной системе ...	171
6.1.3	Динамическое картографирование опасных событий .....	181
6.1.4	Примеры реализации ситуационного моделирования.....	186
6.2	Методы оценивания и управления рисками .....	188
6.2.1	Информационное обеспечение анализа рисков.....	188
6.2.3	Оценивание рисков с использованием технологии OLAP .....	195
6.2.4	Построение карт распределения рисков.....	199
6.2.5	Примеры анализа территориальных рисков .....	203

6.3 Выводы по главе 6 .....	208
<b>ГЛАВА 7 ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ .....</b>	<b>210</b>
7.1 Информационно-аналитическая система мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций ЭСПЛА-М.....	210
7.1.1 Общее описание системы.....	210
7.1.2 Состав системы .....	211
7.1.3 Функционирование системы.....	217
7.2 Экспертная геоинформационная система поддержки экстренного реагирования ЭСПЛА-ПРО .....	219
7.2.1 Общее описание системы.....	219
7.2.2 Функционирование системы.....	220
7.3 Система анализа данных мониторинга чрезвычайных ситуаций OLAP-GIS .....	225
7.4 Выводы по главе 7 .....	229
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>231</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>	<b>236</b>
Приложение 1. Список сокращений и условных обозначений .....	285
Приложение 2. Документы о применении результатов диссертационной работы.....	287

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность.** Обеспечение природно-техногенной безопасности территорий является национальным стратегическим приоритетом России. Изменение климата, рост сложности и энергоёмкости производств, антропогенного влияния на окружающую среду обуславливают необходимость исследований опасностей и угроз, предотвращение и парирование которых позволит снизить негативные последствия для общества и экономики. Развитие современных технологий получения и обработки данных, рост объёмов детализированной информации об объектах и процессах окружающей среды и техносферы, повышение точности моделей чрезвычайных ситуаций (ЧС), накопление опыта управления в нештатных ситуациях, создают условия для построения принципиально новых информационно-аналитических систем комплексной поддержки управления территориальной безопасностью.

Проблемам информационно-аналитической поддержки управления природно-техногенной безопасностью посвящено большое число исследований. Научные основы организации функционирования Единой системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) раскрыты в трудах С.К. Шойгу, С.А. Качанова, М.А. Шахраманьяна. Под руководством В.И. Осипова, Г.Г. Малинецкого, М.И. Фалеева разработаны стратегии и фундаментальные основы управления комплексной безопасностью территорий. Фундаментальные основы оценки ресурса, рисков для объектов технического регулирования в условиях штатных, аварийных и катастрофических ситуаций рассмотрены в работах Н.А. Махутова, В.В. Москвичёва. Математическому моделированию катастрофических явлений посвящены работы Ю.И. Шокина, Л.Б. Чубарова. Задачи регионального управления на основе корпоративной интеллектуальной технологии обработки пространственно-распределённых данных, методов искусственного интеллекта и технологии обработки знаний о пространственно-распределённых объектах, комплексах и системах на основе онтологий решены в работах И.В. Бычкова, Г.М. Руж-

никова. Методы обработки данных комплексного мониторинга, ситуационного моделирования, построения информационных систем поддержки управления природной и техногенной безопасностью разрабатываются научными коллективами под руководством Л.Ф. Ноженковой, А.Ф. Бермана, В.П. Потапова. Решения проблем оценки и управления территориальными рисками чрезвычайных ситуаций представлены в работах В.А. Акимова, С.П. Амельчугова А.А. Быкова, А.Н. Елохина, Н.А. Махутова, В.В. Москвичёва, А.М. Лепихина, А.Л. Рагозина, Н.И. Радаева, И.Ю. Олтян, К.В. Симонова, Т.D. Groeve, L. Vernaccini, G.D. Haddow, J.A. Bullock, G.E.G. Beroggi, W.A. Wallace, S. Zlatanova, L. Zhou, L. Guossen, H. Kumamoto, V. Marshall и других. Системно исследованы вопросы обеспечения безопасности производственных объектов и систем (Р.С. Ахметханов, Д.О. Резников, В.В. Кульба, О.А. Николайчук). Научными коллективами, возглавляемыми Л.В. Массель, С.П. Сущевым и др., реализованы отраслевые и региональные информационно-управляющие системы.

Результаты перечисленных исследований имеют важное значение для построения фундаментальных основ в сфере обеспечения природно-техногенной безопасности. Однако остаётся нерешённой проблема формирования обобщённых принципов построения информационно-аналитических систем на основе технологий комплексной поддержки управленческих решений по обеспечению природно-техногенной безопасности территорий. Функционал существующих программных систем территориального управления обеспечивает частичное решение задач предупреждения ЧС, экстренного реагирования, оценки территориальных рисков. Формирование решений зачастую происходит на основе неформализованной информации (оперативных донесений, отчётов), форматы представления которой не позволяют использовать средства анализа, динамической визуализации. Требуется разработка методологии комплексной поддержки принятия решений по обеспечению территориальной безопасности, позволяющей снизить неопределённости управления за счёт реализации единых принципов консолидации и обработки

информационных ресурсов с применением новых информационных технологий.

Использование большого количества программных комплексов, решающих частные задачи поддержки управления на основе фрагментарных данных, диктует необходимость разработки архитектуры систем и модели организации информационных ресурсов на основе системного анализа процессов обеспечения безопасности территорий. Для реализации интеллектуальной поддержки своевременного реагирования на угрозы необходима разработка методов раннего обнаружения опасностей при обработке данных комплексного мониторинга. Для поддержки экстренного управления требуется повышение информативности ситуационного моделирования, переход от расчётов динамики распространения опасных факторов к комплексному описанию последствий негативных событий и способов действий по ликвидации опасных факторов и проведению мероприятий защиты, соответствующих масштабу ситуации и складывающимся условиям, формирование информации по силам и средствам оперативного реагирования.

Тема диссертационной работы является актуальной.

**Цель исследования** – повышение эффективности управления в сфере природно-техногенной безопасности территорий за счёт развития технологий комплексной поддержки управленческих решений, построения информационно-аналитических систем на основе интеграции технологий обработки данных, систематизации информационных ресурсов и цифровизации информационных процессов.

**Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:**

1. Исследованы информационные и технологические процессы управления природно-техногенной безопасностью, использования информационных ресурсов, построения информационно-аналитических систем.

2. Разработана системная модель поддержки управления природно-техногенной безопасностью региона, обосновывающая применение сквозных

технологий с использованием различных информационных ресурсов для реализации прикладных информационно-аналитических систем.

3. На основе системной модели разработана архитектура информационной поддержки процессов управления природно-техногенной безопасностью территорий с целью создания мультизадачных проблемно ориентированных программных комплексов и сервисов территориального управления.

4. Разработана модель организации информационных ресурсов, используемых в процессах поддержки управления природно-техногенной безопасностью территорий для реализации аналитической обработки данных оперативного мониторинга для всех задач управления.

5. Разработан метод идентификации опасностей и угроз природного и техногенного характера с целью раннего обнаружения предпосылок ЧС, учитывающий особенности территорий и систем мониторинга.

6. Разработана технология ситуационного моделирования для информационной поддержки экстренного реагирования на разные виды опасных событий природного и техногенного характера, использующая расчётные методики оценки последствий опасных ситуаций, динамического картографирования, формирования рекомендаций и визуализации данных.

7. Разработан метод оценивания рисков, интегрирующий технологии аналитической обработки данных и динамического картографирования, позволяющий исследовать влияние различных факторов на величину территориальных рисков.

8. На основе разработанных методов и технологий спроектированы и реализованы региональные информационно-аналитические системы природно-техногенной безопасности.

**Объект исследования** – процессы обработки информации и принятия управленческих решений в системе управления природно-техногенной безопасностью региона.

**Предмет диссертационного исследования** – методы, модели описания информационных процессов и ресурсов, технология построения информаци-

онно-аналитических систем поддержки управления природно-техногенной безопасностью территорий и их конструктивная реализация.

**Научная новизна:**

1. Разработана семиотическая системная модель поддержки управления природно-техногенной безопасностью региона, обосновывающая применение сквозных технологий в процессах формирования управленческих решений. Научная новизна состоит в том, что построенная модель представляет процессы управления в различных режимах функционирования посредством связывания функциональных задач с технологиями их реализации, что позволяет обосновать унифицированные требования к архитектуре и составу данных информационно-аналитических систем различной направленности.

2. Разработана обобщённая системная архитектура комплексной информационной поддержки процессов управления природно-техногенной безопасностью территорий, позволяющая создавать мультизадачные проблемно ориентированные программные комплексы территориального управления. В отличие от известных подходов системная архитектура позволяет определить функционал синтезируемой информационно-аналитической системы на основе элементов системной модели для разных режимов функционирования и разных уровней управления природно-техногенной безопасностью территорий, обосновать выбор программных компонентов и рациональных способов комплексного решения задач управления.

3. Предложена модель организации информационных ресурсов для поддержки процессов управления природно-техногенной безопасностью территорий, основанная на оригинальной систематизации мониторинговых данных, процессов их трансформации и представлений результатов аналитической обработки данных для всего спектра задач управления. Модель позволила реализовать консолидацию разнородных данных оперативного мониторинга в единое хранилище и обеспечить их совместную оперативную аналитическую обработку с использованием OLAP. В отличие от других, предложенный подход позволяет контролировать дефицит или избыточность ин-

формационных ресурсов, использующихся для поддержки задач управления, реализовать разные виды консолидации и хранения данных.

4. Разработан метод обнаружения опасностей и угроз природного и техногенного характера, основанный на систематизации параметров мониторинга, позволяющий контролировать состояние безопасности территорий с учётом их особенностей. Впервые решена задача автоматического выявления предвестников опасных ситуаций и инициаторов «эффекта домино» на основе оперативного анализа числовых и логических параметров, регистрируемых разными системами мониторинга.

5. Разработана технология ситуационного моделирования, позволяющая реализовать поддержку экстренного реагирования для различных видов опасных событий природного и техногенного характера. Технология основана на совместном применении расчётных методик оценки последствий опасных ситуаций, динамического картографирования, экспертных систем и веб-технологий. Впервые предложен метод графического проектирования, позволяющий создавать модели ситуаций с сохранением их в базах знаний.

6. Разработан метод оценивания рисков, интегрирующий технологии оперативной аналитической обработки данных и динамического картографирования, позволяющий исследовать влияние различных факторов на величину территориальных рисков. Предложены средства графической визуализации факторов опасности, уязвимости и защищённости территорий, позволяющие исследовать количественные значения рисков на основе данных комплексного мониторинга.

7. Полученные теоретические результаты положены в основу проектирования и реализации систем управления природно-техногенной безопасностью территорий Красноярского края, позволяющих по-новому решить задачи информационной поддержки управления и получить новые знания об исследуемых процессах. В их числе:

- информационно-аналитическая система мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций ЭСПЛА-М;

- экспертная геоинформационная система поддержки экстренного реагирования ЭСПЛА-ПРО;
- система анализа данных мониторинга чрезвычайных ситуаций OLAP-GIS.

В отличие от аналогов, разработанные системы позволяют формировать и распределять информационные ресурсы комплексного мониторинга для дальнейшего использования их в процессах информационной поддержки управления, включающих аналитическое и ситуационное моделирование.

**Обоснованность и достоверность результатов** обусловлена согласованностью с результатами других исследований, представленных в печатных изданиях, и успешным применением разработанных информационно-аналитических систем в органах управления Красноярского края и других субъектов Сибирского федерального округа.

**Апробация результатов.** Результаты диссертационного исследования докладывались на международных и всероссийских конференциях, в числе которых: International Convention on information and communication technology, electronics and microelectronics. Business Intelligence Systems (MIPRO-BIS) Croatia, 2012; «Математические и информационные технологии (MIT)», Сербия-Черногория, 2009, 2011, 2013; International conference “Ecology and Safety”, Bulgaria, 2007, 2009, 2014; «Информационные технологии и математическое моделирование в науке, технике и образовании», Бишкек, 2011; Евразийский симпозиум по проблемам прочности материалов и машин для регионов холодного климата, Якутск, 2010; Международная научно-практическая конференция «Предупреждение. Спасение. Помощь», Химки, 2014 – 2019; Международная конференция «Сибирский конгресс женщин-математиков», посвященная памяти С.В. Ковалевской; Всероссийская конференция «Безопасность и мониторинг техногенных и природных систем», Красноярск, 2007 – 2018; Всероссийская научно-практическая конференция «Проблемы информатизации региона», Красноярск, 1998 – 2015; Всероссийская научно-практическая конференция «Мониторинг, моделирование и про-

гнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций», г. Железногорск, 2012 – 2020; на научных семинарах в Институте вычислительного моделирования СО РАН, Специальном конструкторско-технологическом бюро «Наука» – Красноярском филиале ФИЦ ИВТ, Кемеровском филиале ФИЦ ИВТ, Сибирской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России.

**Соответствие специальности.** В соответствии с паспортом научной специальности 05.25.05 – «Информационные системы и процессы» диссертационная работа охватывает исследования и разработки в области теоретических, программных, информационных аспектов обеспечения функционирования систем и реализации процессов сбора, хранения, обработки и представления информации. Значение работы заключается в повышении качества решений, принимаемых в области управления территориальной безопасностью с использованием информационно-аналитических систем. Отражённые в диссертации положения соответствуют пунктам 1, 3, 5, 7 паспорта специальности.

**Положения, выносимые на защиту:**

1. Системная модель поддержки управления природно-техногенной безопасностью региона *обеспечивает теоретическое обоснование* процессов построения информационно-аналитических систем поддержки управления на основе систематизации информационных ресурсов и применения сквозных технологий поддержки принятия решений.

2. Обобщённая системная архитектура комплексной информационной поддержки процессов управления природно-техногенной безопасностью территорий *позволяет* создавать мультизадачные проблемно ориентированные программные комплексы территориального управления.

3. Модель организации информационных ресурсов поддержки процессов управления природно-техногенной безопасностью территорий, основанная на оригинальной систематизации мониторинговых данных и процессов их трансформации, *позволяет* консолидировать разнородные данные опера-

тивного мониторинга и, тем самым, обеспечить их совместную аналитическую обработку и представление результатов для всего спектра задач управления.

4. Метод идентификации опасностей и угроз природного и техногенного характера, основанный на систематизации параметров мониторинга, *позволяет* оперативно обнаруживать предпосылки ЧС и контролировать состояние безопасности территорий с учётом их особенностей.

5. Технология ситуационного моделирования *позволяет* решать задачи предупреждения и ликвидации всех видов опасных событий природного и техногенного характера, реализовать комплексную информационную поддержку на разных уровнях территориального управления.

6. Региональные системы информационно-аналитической поддержки управления природно-техногенной безопасностью *позволяют* по-новому решать задачи заблаговременного и экстренного реагирования на опасные ситуации, управления территориальными рисками ЧС.

**Личный вклад автора.** Все выносимые на защиту результаты получены лично автором. В работах по теме диссертации, опубликованных в соавторстве, соискателем выполнены: в [232-235] – формализация информационных процессов обеспечения природно-техногенной безопасностью; в [252-307] – систематизация информационных ресурсов для разработки систем поддержки принятия решений; в [115-123,149-151, 309-326] – апробация методов интеграции информационных технологий; в [167-169, 344-346, 502-505] – алгоритмы и критерии обработки данных для формирования решений. Проектирование аналитических моделей, программная реализация информационно-аналитических систем выполнены специалистами отдела прикладной информатики ИВМ СО РАН при непосредственном участии автора. Работы [236-245, 380-382, 495-498] описывают прикладные аспекты реализации диссертационной работы.

**Связь исследований с научными программами и реализация результатов работы.** В основу диссертационной работы положены результаты,

полученные автором в ходе исследований, проводимых по планам научно-исследовательских работ Института вычислительного моделирования СО РАН: Программа IV.31.1 фундаментальных исследований Сибирского отделения РАН «Фундаментальные основы и прикладные аспекты вычислительных и информационных технологий, в том числе технологий на базе GRID, в интегрированных информационно-телекоммуникационных системах и сетях»; проект «Гибридные методы анализа данных, системы и технологии поддержки сложных задач организационного управления»; Программа СО РАН IV.35.1 «Теоретические основы и технологии создания и применения интегрированных информационно-вычислительных систем для решения задач поддержки принятия решений»; междисциплинарные интеграционные проекты Сибирского отделения РАН: №116 – «Антропогенные риски угледобывающих и нефтегазодобывающих территорий Сибири», 2010-2012 гг., №42 – «Природные и техногенные риски критически важных гидротехнических объектов, водохранилищ и водных систем Сибири», 2012-2014 гг.

**Научная значимость.** Полученные результаты представляют собой совокупность новых научно-технологических методов, реализующих весь цикл создания полнофункциональных информационно-аналитических систем на основе новых информационных технологий и позволяющих эффективно решать основные задачи обеспечения безопасности территорий.

**Практическая значимость** диссертации обусловлена внедрением результатов в управление природно-техногенной безопасностью регионов Сибири. Полученные результаты исследования использованы при выполнении НИОКР по заказам МЧС России, Министерства образования и науки РФ, Министерства природных ресурсов и лесного комплекса Красноярского края. Работы поддержаны грантами Российского фонда фундаментальных исследований и ККГАУ «Красноярский краевой фонд поддержки научной и научно-технической деятельности».

Разработанные технологии и информационные системы используются в ФИЦ КНЦ СО РАН, ФИЦ ИВТ, в Главном управлении МЧС России по

Красноярскому краю и Главном управлении по делам ГО, ЧС и ПБ города Красноярска. Полученные научные результаты используются при подготовке специалистов в области природно-техногенной безопасности в Сибирской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России (г. Железногорск), Сибирском государственном университете науки и технологий им. М.Ф. Решетнёва (г. Красноярск). Указанные положения подтверждены актами о внедрении.

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано более 150 работ, в том числе главы в трёх монографиях, 38 статей в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях из перечня ВАК, 12 публикаций, индексируемых в международных базах Web of Science и Scopus. Получены 3 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.

**Благодарности.** Автор выражает благодарность профессору Людмиле Фёдоровне Ноженковой, всем сотрудниками отдела прикладной информатики ИВМ СО РАН. Работа поддержана Красноярским математическим центром, финансируемым Минобрнауки РФ в рамках мероприятий по созданию и развитию региональных НОМЦ (Соглашение 075-02-2021-1384).

**Структура и объём работы.** Диссертация состоит из введения, семи глав, заключения, списка использованных источников (523 наименования) и двух приложений. Работа изложена на 295 страницах текста, иллюстрирована 58 рисунками и 21 таблицей.

### **Краткое содержание работы**

В **главе 1** обоснована актуальность проблем информационно-аналитической поддержки управления природно-техногенной безопасностью территорий. Проанализирована структура и функционирование Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций – РСЧС. Показана сложность процессов управления природно-техногенной

безопасностью, заключающаяся в необходимости информационного обмена и координации взаимодействия сил и средств в условиях жёстких ограничений по времени и ресурсам, дефицита достоверной информации. В процессах принятия решений используется большой объём отчётов, донесений, распоряжений форма представления и структура которых допускают неоднозначную интерпретацию, что способствует росту объёмов неформализованных данных. Неформализованный вид описаний характеристик объектов и событий, ранее принятых решений и их результатов затрудняет автоматизацию информационной поддержки управления обеспечением природно-техногенной безопасности территорий, снижает эффективность функционирования РСЧС.

Современный уровень развития технологий позволяет собирать и обрабатывать большие объёмы данных об объектах и событиях для информационной поддержки принятия решений, консолидировать накопленный опыт управления в нештатных ситуациях. Приведён обзор научных исследований процессов управления природно-техногенной безопасностью территорий, моделирования катастрофических явлений, интеллектуальной обработки данных и знаний, построения систем комплексного мониторинга, ситуационного моделирования, оценки рисков ЧС, ведущихся в Российской академии наук, отраслевых ведомствах и за рубежом. Трудности внедрения современных информационных технологий в деятельность территориальных органов управления связаны со слабым взаимодействием отраслевой и фундаментальной науки, фрагментарным финансированием отдельных этапов работ.

Сложность и системность проблем использования информационных технологий и ресурсов в процессах поддержки принятия решений показывают необходимость новой методологии разработки региональных информационно-аналитических систем природно-техногенной безопасности. Для её создания требуется решение задач, сформулированных в работе.

**В главе 2 «Модель информационной поддержки управления природно-техногенной безопасностью»** представлена системная семиотическая

модель информационной поддержки управления природно-техногенной безопасностью регионального уровня. Модель  $M$  представляется в виде кортежа:

$$M = \langle G, T, L, R, IT, F, Y \rangle, \quad (1)$$

где  $G$  – процессы управления;  $T$  – задачи управления,  $L$  – уровни территориального управления;  $R$  – информационные ресурсы;  $IT$  – информационные технологии,  $F$  – функции обработки информации,  $Y$  – информационные представления, формируемые для поддержки управления.

Синтаксис модели на верхнем уровне применим для других сфер территориального управления, предполагающих использование информационных технологий для синтеза управленческих решений. Прагматика модели реализуется через проблемно-ориентированные информационно-аналитические системы, построение которых основано на использовании элементов представленной модели (1).

В работе рассмотрены примеры решения задач управления  $T$ . Поддержка управления природно-техногенной безопасностью, представленная в виде элементов множества  $Y$ , есть результат решения задач  $T$  с использованием информационных ресурсов  $R$  и информационных технологий  $IT$ , реализующих функции  $F$ . Представлено описание состава элементов модели, необходимое для решения каждой задачи управления, в числе которых оперативная идентификация опасностей и угроз; формирование возможных сценариев ЧС; прогнозирование обстановки различной срочности; оповещение и информирование; ликвидация опасных ситуаций; проведение мероприятий защиты; комплексное оценивание рисков территорий; контроль проведения мероприятий по снижению рисков.

Отображения позволяют описать виды информационных ресурсов, требующихся для поддержки принятия решений, информационные технологии, реализующие функции сбора, обработки и представления информации. При решении практически всех задач управления возникает необходимость инте-

грации различных технологий для обработки разных информационных ресурсов и формирования комплексной поддержки управления.

**В главе 3** представлена обобщённая системная архитектура информационной поддержки процессов управления природно-техногенной безопасностью территорий, позволяющая создавать мультизадачные проблемно ориентированные программные комплексы территориального управления. Системная архитектура даёт возможность определить функционал синтезируемой информационно-аналитической системы с использованием элементов системной модели для разных режимов функционирования и разных уровней управления природно-техногенной безопасностью территорий, обосновать выбор программных компонентов и рациональных способов комплексного решения задач управления.

Процесс построения системной архитектуры представляет собой декомпозицию задач управления в виде и отображений и функциональных диаграмм, детально иллюстрирующих трансформацию информационных ресурсов. Представлены функциональные диаграммы для всех задач управления  $T$  и описаны особенности их решения с использованием информационно-аналитических систем. Системная архитектура описывает следующие компоненты: источники данных, блок консолидации информационных ресурсов, подсистемы и сервисы обработки данных, человеко-машинные интерфейсы.

Приведены примеры проблемно-ориентированных архитектур, разработанных на основе предложенного подхода. В архитектуре систем муниципального уровня управления рассмотрены особенности решения задач управления на основе создания распределённых информационных ресурсов. В архитектурах систем, ориентированных на поддержку принятия решений при затоплениях территорий и возникновении природных пожаров, описаны источники данных, процессы трансформации информационных ресурсов, используемые средства ситуационного и аналитического моделирования.

Оригинальность предлагаемого подхода заключается в возможности масштабирования системной архитектуры, включая необходимые информа-

ционные ресурсы, технологии и программное обеспечение, что позволяет адаптировать информационно-аналитические системы для разных уровней и задач управления. Конкретизация системной архитектуры для определённого вида опасных ситуаций позволяет определить перечень информационных ресурсов, программных модулей, реализующих технологии аналитического и ситуационного моделирования частных задач управления, а также средства визуализации, требующиеся на каждом уровне принятия решений.

**В главе 4** представлена модель организации информационных ресурсов для поддержки процессов управления природно-техногенной безопасностью территорий, основанная на оригинальной систематизации мониторинговых данных, процессов их трансформации и представлений результатов аналитической обработки данных для всего спектра задач управления, детализирующая характеристики системной архитектуры.

Модель описывает компоненты организации информационных ресурсов, их взаимоотношения, окружение и принципы, определяющие проектирование, формирование и актуализацию данных. Такое описание позволило реализовать консолидацию разнородных данных оперативного мониторинга в единое хранилище и обеспечить их совместную оперативную аналитическую обработку с использованием технологии OLAP, реализовать технологию ситуационного моделирования опасных событий.

Для детализации системной модели использован онтологический подход, позволяющий обосновать структуру хранилищ данных и метаописания составляющих их сущностей. Онтология представлена в виде:

$$A = \langle S, D, T, H, Q, W \rangle, \quad (2)$$

где  $S$  – виды информационных ресурсов, используемых для информационной поддержки управления природно-техногенной безопасностью территорий, отражающие понятийный аппарат лиц, принимающих решения;  $D$  – виды информационных ресурсов, используемых при построении систем поддержки управления;  $T$  – задачи управления;  $H$  – виды ситуаций;  $Q$  – виды источников данных;  $W$  – виды доступа к данным.

Описаны все связи между классами онтологической модели архитектуры информационных ресурсов. На основе описания логических связей элементов системной модели, а также множеств видов опасных ситуаций; источников данных и способов доступа к данным разработаны варианты организации информационных ресурсов, необходимых для решения задач управления. Показано, что несмотря на большое количество элементов в архитектуре информационных ресурсов существенное количество связей между элементами онтологии дублируется или пусто.

На основе модели информационных ресурсов сформировано хранилище данных мониторинга, используемое для информационной поддержки управления в системе обеспечения природно-техногенной безопасности территорий Красноярского края. Разработанное централизованное хранилище данных образует единый информационный ресурс решения задач управления.

**В главе 5 «Метод обработки мониторинговых данных для раннего обнаружения опасностей и угроз»** представлен комплекс индикаторов опасностей и угроз природного и техногенного характера, основанных на систематизации параметров мониторинга. Индикаторы используются моделях комплексной аналитической обработки для контроля состояния безопасности территорий с учётом их особенностей.

На основе требований системной архитектуры и модели организации информационных ресурсов, анализа существующих систем мониторинга разных уровней предложена систематизация параметров мониторинга. Систематизация параметров мониторинга увязывает числовые показатели физических величин и логические сигналы с разными видами опасных ситуаций. В отличие от существующих методов, система критериев опасностей и угроз позволяет автоматически идентифицировать предвестники для всех доступных видов опасных ситуаций природного и техногенного характера и адаптируется для структур данных разных систем мониторинга обстановки.

Кроме критериев параметрического мониторинга разработаны логические параметры мониторинга, позволяющие идентифицировать опасности с последующим экстренным реагированием. Сигналы об угрозах опасных ситуаций, для возникновения которых необходимы дополнительные условия или являющиеся иницирующими событиями реализации «эффекта домино», влекут за собой увеличение частоты наблюдений и другие действия.

Для практического использования критериев опасностей и угроз разработан алгоритм раннего обнаружения предпосылок чрезвычайных ситуаций, обеспечивающий выбор и применение критериев в зависимости от видов обстановок, мест наблюдений и измеряемых параметров. Алгоритм учитывает влияние факторов разных обстановок. Например, уменьшает диапазон допустимых значений контролируемых параметров обстановок при неблагоприятных значениях метеорологических факторах. При идентификации опасностей и угроз иницируются решения задач оперативного реагирования по разработанным сценариям. В случаях идентификации угроз интеллектуальная технология формирует тексты информирования и оповещения с учётом вида, места возникновения и масштаба возможных опасных ситуаций.

Программная реализация автоматической индикации опасностей угроз ЧС основана на «принципе семафора». Обнаружение угроз реализовано путём проверки данных мониторинга на соответствие или выход за пределы установленных пороговых значений. Автоматическая индикация основана на свойствах фильтрации и агрегации параметров в аналитических моделях OLAP. Оценивание осуществляется путём сравнения текущих значений контролируемых параметров с критериями. Фильтрация осуществляется для определения уровней состояния объектов контроля. В зависимости от её результатов контролируемые параметры раскрашиваются в следующие цвета: «зелёный» – обстановка в норме, значения контролируемых параметров находятся в пределах допустимых значений; «угроза» – идентификация угрозы, когда значения параметров приближаются к критическим, либо наблюдается резкая динамика изменений, либо фиксируется длительное отклонение от

среднемноголетних нормативных значений; «красный» – идентификация опасности, повышенный риск возникновения ситуации, связанной с нарушением жизнедеятельности.

**Глава 6 «Технология ситуационного моделирования опасных событий»** описывает схемы решения задач предупреждения и ликвидации всех видов опасных событий природного и техногенного характера. Процесс информационной поддержки управления основан на совместном использовании расчётных методик оценки последствий опасных ситуаций, разных по сложности и точности расчётов, метода динамического картографирования, экспертных систем и веб-технологий.

Информационная поддержка управления реализуется для всех видов ситуаций, сигналы о которых поступают в диспетчерские службы экстренного реагирования по телефонным звонкам, от систем мониторинга, от взаимодействующих ведомств. Ситуационное моделирование инициируется вызовом сценария, соответствующего виду опасного события. Сценарий описывает последовательность логического вывода, включающего расчёты, формирование оперативных карт и рекомендаций по управлению, состоящих из последовательности действий, перечней специалистов, необходимой техники и ресурсов. Далее выполняется перевод из различных представлений места ситуации (адрес строения, километр дороги, лесной квартал и т.п.) в географические координаты. Геопозиционирование позволяет оценить удалённость формирований, время их реагирования и вероятность эскалации ситуации.

Результаты ситуационного моделирования представляются в виде элементов множества  $Y$ . В отличие от нормативно утверждённых отчётных форм, использование динамически настраиваемых таблиц, карт и графиков позволяет адаптировать формируемые решения под конкретную ситуацию и предпочтения лиц, принимающих решения, исключить избыточность информации, замедляющей выработку системы неотложных мероприятий.

Предложен метод графического представления сценариев ситуационного моделирования, позволяющий описывать оперативные мероприятия в виде

сценариев опасных ситуациях. Сценарии позволяют определить последовательность процессов оценивания последствий, действий по ликвидации опасных факторов и проведения мероприятий защиты и используются для формирования комплексных решений на разных уровнях управления в опасных ситуациях любых видов. Использование технологии ситуационного моделирования позволяет организовать информационный обмен и взаимодействие формирований при ликвидации ЧС большого масштаба.

Рассмотрены примеры ситуационного моделирования реализующих разные методики оценки опасных ситуаций. Использование динамического подключения программных модулей, позволяет расширить функциональность информационно-аналитических систем.

В разделе 6.2 «Аналитическое моделирование в задачах управления рисками» представлен метод оценивания рисков ЧС, используемый для стратегического управления природно-техногенной безопасностью территорий. Оценивание включает следующие этапы: 1) систематизация перечня показателей, используемых в расчётах потенциально-возможных рисков и аналитическом моделировании; 2) формирование информационных ресурсов на основе данных мониторинга объектов и опасных событий, статистических данных и пространственной информации; 3) расчёт значений рисков с использованием общепринятых методик и построение комплексных аналитических моделей; 4) картографирование распределения рисков; 5) формирование рекомендаций по управлению рисками с учётом приоритетности реализации и ограниченности ресурсов. Процесс оценивания рисков цикличен и используется на различных уровнях управления.

На основе информационных ресурсов различных ведомств, в ведение которых входят вопросы обеспечения природно-техногенной безопасности, разработан перечень показателей (индикаторов) риска. Обеспечено информационное наполнение и актуализация проблемно-ориентированной базы данных для оценивания рисков муниципальных образований и отдельных населённых пунктов. Впервые создана консолидированная региональная база

данных опасных событий природного и техногенного характера большого объёма и степени детализации.

Реализованы методы картографической визуализации результатов оценивания рисков. Картографирование осуществляется путём построения динамических картограмм либо визуализации распределения на основе расчётной сетки. Разработан алгоритм построения карт различных масштабов и наполнения. Построен Атлас рисков ЧС природного, техногенного и экологического характера Красноярского края и отдельных территорий (муниципальных образований в зоне влияния Богучанской ГЭС, территорий Арктической зоны, районов добычи и транспортировки углеводородов). Приведены примеры решения задач управления с использованием результатов оценивания рисков.

**В главе 7 «Информационно-аналитические системы поддержки управления природно-техногенной безопасностью»** представлено описание структуры и функционирования систем ЭСПЛА-М, ЭСПЛА-ПРО, OLAP-GIS, внедрённых в эксплуатацию в органах управления МЧС России. Использование обобщённой системной архитектуры позволило обеспечить информационную поддержку всех задач управления за счёт интеграции технологий, использования консолидированных информационных ресурсов.

*Информационно-аналитическая система мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций ЭСПЛА-М* используется для формирования хранилищ данных с последующей аналитической обработкой, оперативной идентификации опасностей и угроз, информационной поддержки прогнозирования обстановки. Создание системообразующих ресурсов осуществляется с использованием средств ведения справочников. Использование независимой платформы ведения справочников и классификаторов позволяет сохранять их целостность и унифицировать процессы аналитической обработки для всех элементов распределённых систем. Программный компонент «Менеджер хранилища данных» применяется для управления консолидацией, анализа данных оперативного мониторинга для поддержки принятия реше-

ний в повседневном режиме функционирования органов управления разных уровней. Перечислены задачи управления, решаемые с использованием ЭСПЛА-М.

*Экспертная геоинформационная система поддержки экстренного реагирования ЭСПЛА-ПРО* построена с использованием геоинформационных и интеллектуальных технологий. Содержит расчётный блок методик ситуационного моделирования. Компоненты могут использоваться в качестве самостоятельных программ для выполнения расчётов, получения справочной информации для принятия решений. Для представления знаний использована продукционно-фреймовая модель. Процесс ситуационного моделирования реализован в виде эстафеты присоединённых процедур, автоматически вызывающих другие модули. В результате формируются решения по экстренному реагированию, состоящие из текстов оповещения руководящего состава и населения, рекомендуемого состава сил и средств, карт оперативной обстановки, рекомендаций по ликвидации ЧС и проведению мероприятий защиты, а также справочной информации о месте и характеристиках ситуации, оперативные донесения. Встроенный в ЭСПЛА-ПРО редактор баз знаний позволяет создавать сценарии развития ситуаций, детализировать формируемые рекомендации за счёт подключения новых информационных ресурсов, формализовать существующие планы действий объектового и муниципального уровней.

*Система анализа данных мониторинга чрезвычайных ситуаций OLAP-GIS* используется обработки каталогов чрезвычайных ситуаций и происшествий, других событий, с целью планирования и осуществления стратегического управления. Информационные ресурсы содержат данные мониторинга обстановки субъектов Сибирского федерального округа. Примерный объём данных: более 16 тыс. ЧС и ЧП, 80 тыс. природных и 290 тыс. бытовых и производственных пожарах. Период регистрации событий составляет 20-25 лет. Система построена на основе интеграции технологий OLAP и ГИС. В качестве поставщика данных используется централизованное хранилище с

системой ведения справочников. Для построения аналитических моделей разработан редактор последовательности действий, включающий настройки источников данных, логических связей таблиц и справочников, анализируемых показателей и измерений, а также представление результатов в виде кросс-таблиц, диаграмм всех видов и динамических картограмм.

Главными измерениями в аналитических моделях являются классификатор административно-территориального деления и справочник видов событий МЧС России. Состав анализируемых показателей спроектирован в соответствии со структурой каталогов событий и включает: количество погибших, пострадавших, спасённых, материальный ущерб, сведения о задействованных силах и средствах. Построены тематические модели состояния безопасности региона по отдельным видам ЧС, интегральных характеристик территорий. Реализован просмотр динамики ситуации за произвольный период, отображение данных на карте, формирование отчётов разных форм. Например, на основе данных о бытовых и промышленных пожарах и паспортов территорий формируются аналитические отчёты: о пожарной обстановке, о готовности формирований, о состоянии пожарной безопасности сельских поселений, о необходимых объёмах финансирования противопожарных мероприятий.

**В заключении** перечислены полученные результаты, обоснована перспектива их применения и развития, сформулированы выводы по диссертационной работе. **Приложение 1** представляет список используемых в работе сокращений. **Приложение 2** содержит акты о внедрении и другие документы, подтверждающие применение полученных в работе результатов.

# ГЛАВА 1 ПРОБЛЕМЫ ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНИЯ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ТЕРРИТОРИЙ

## 1.1 АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ РЕШЕНИЙ

Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечение сбора, обработки, обмена и выдачи информации для предупреждения и ликвидации ЧС в России определены как основные задачи Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций – РСЧС<sup>1</sup>. Обеспечение природно-техногенной безопасности включает управление силами и средствами федеральных и региональных органов исполнительной власти, местного самоуправления, а также организаций, в полномочия которых входит решение вопросов защиты населения, территорий, акваторий от ЧС различного характера<sup>2</sup>. Управленческие решения формируются в центрах управления в кризисных ситуациях субъектов РФ, единых дежурно-диспетчерских системах муниципальных образований, противопожарных гарнизонах и других органах управления. Координация действий сил и средств РСЧС возложена на МЧС России.

Реализация управления осложняется необходимостью информационного обмена и координации взаимодействия между большим количеством элементов РСЧС, задействования различных технических средств [5]. При возникновении ЧС решения принимаются в условиях жёстких ограничений по времени и ресурсам при дефиците достоверной информации о событиях [219, 410]. Сложность процессов управления РСЧС обуславливает необходимость постановки и решения задач их информационного обеспечения с позиций системного анализа [22, 24, 130, 165, 347, 376, 409].

---

<sup>1</sup> Постановление Правительства РФ от 05.11.1995 № 1113 (ред. от 30.12.2003 №794) «О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций».

<sup>2</sup> Федеральный закон от 21.12.1994 г. № 68 ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»

На рисунке 1.1 представлена схема иерархии управления и взаимодействия в РСЧС.

#### Федеральный уровень управления

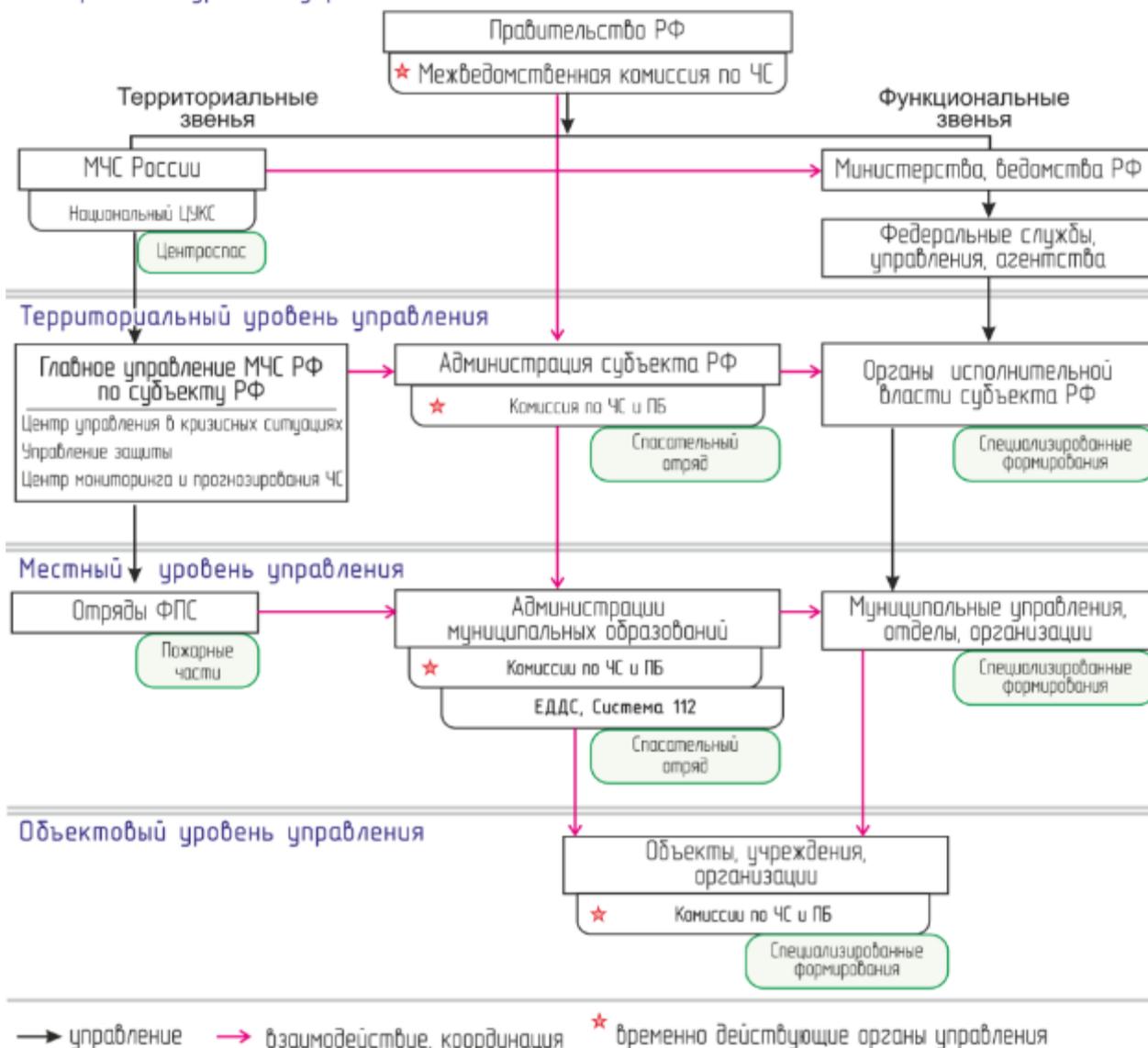


Рисунок 1.1 – Структурная схема организации управления РСЧС

На рисунке показана типовая структура территориальной подсистемы обеспечения природно-техногенной безопасности во взаимодействии с вышестоящими (федерального уровня) и подчинёнными органами управления (местного и объектового уровней). Принятие оперативных и стратегических решений на региональном уровне возложено на Комиссию по чрезвычайным ситуациям и пожарной безопасности, Главное управление МЧС России по субъекту РФ [13]. Зелёным цветом показаны элементы РСЧС, реализующие

решения по проведению предупредительных мероприятий, аварийно-спасательных и других неотложных работ. Каждый уровень управления имеет свои силы и средства, часть из которых находится в прямом подчинении МЧС России. При возникновении чрезвычайных ситуаций большого масштаба задействуются ресурсы вышестоящего уровня. Как правило, территориальные звенья формируют первый эшелон сил при ликвидации ЧС, а функциональные звенья – второй эшелон и резерв<sup>3</sup>.

Нормативными документами определено *три режима функционирования РСЧС* – повседневный, повышенной готовности и режим ЧС. Режим повышенной готовности вводится при получении информации об угрозах или неблагоприятных прогнозах обстановки. Режим ЧС объявляется при реализации опасностей, последствия которых превышают критерии масштабов ЧС<sup>4</sup>. При получении информации об угрозах и неблагоприятном развитии обстановки органы управления и формирования РСЧС переводятся в режим повышенной готовности<sup>5</sup>. Отличие этого режима от повседневного заключается в усилении дежурных смен органов управления, увеличении дежурного состава аварийно-спасательных формирований, повышении частоты отправки донесений и отдачи распоряжений, уменьшению времени реагирования. Количественные критерии смены режимов нормативно не установлены [449].

*Процессы подготовки и принятия решений* регламентируются приказами и наставлениями<sup>6</sup>. Состав документов и распоряжений ориентирован на максимально детальное описание события или складывающейся обстановки.

---

<sup>3</sup> Приказ МЧС России от 12.01.2011 г. №1 «Об организации оперативного управления МЧС России в чрезвычайных ситуациях».

<sup>4</sup> Постановление Правительства Российской Федерации от 21 мая 2007 г. №304 «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»

<sup>5</sup> Постановление Правительства РФ от 30.12.2003 г. № 794 «О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций»

<sup>6</sup> Приказ МЧС России от 26.08.2009 г. №496 «Об утверждении Положения о системе и порядке информационного обмена в рамках единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций».

При этом форма представления и структура информации допускают неоднозначную интерпретацию, что способствует *росту объёмов неформализованных данных*. Неформализованный вид описаний характеристик объектов и событий, ранее принятых решений и их результатов затрудняет автоматизацию информационной поддержки управления, снижает эффективность функционирования РСЧС.

За рубежом структура и функционирование систем обеспечения природно-техногенной безопасности отражают особенности законодательной базы и экономики, исторически сложившиеся традиции и методы управления. Как правило, в повседневном режиме силы и средства реагирования обеспечивают нормальное функционирование объектов техносферы и жизнедеятельность населения. В режиме ЧС организуется взаимодействие разных подразделений, в числе которых военные, пожарные формирования, добровольцы, медицинские, транспортные службы, охрана общественного порядка, подразделения муниципального хозяйства и т.п. [466, 471]

Например, в США процессы принятия решений в чрезвычайных ситуациях хорошо *алгоритмизированы*. Standardized emergency management system of Emergency operations center course – Стандартизированная система управления в ЧС центра экстренных операций описывает практически все виды опасных ситуаций и порядок развёртывания сил и средств разных уровней управления в зависимости от масштаба последствий [469, 509]. Строгая регламентация функций, доведённая до уровня алгоритмов, учёт многолетнего опыта взаимодействия разных подразделений упрощают разработку информационных систем поддержки управления.

Формирования Евросоюза действуют по *единым методикам* при ликвидации ЧС и проведении мероприятий гражданской обороны, разработанным в Департаменте гуманитарных операций ООН [467, 468]. При разработке информационных систем учитывается необходимость многоязычного представления информации, в частности, при информировании и оповещении.

В стандартах International Search and Rescue Advisory Group – INSARAG проработаны принципы использования общих классификаторов техники, оборудования, последовательности выполнения аварийно-спасательных работ. Подразделения разных стран, участвующие в проведении гуманитарных операций и прошедшие аккредитацию в INSARAG, оповещаются по единому стандарту. Сбор информации об участниках ликвидации ЧС организован таким образом, что каждое подразделение, прибывшее на место ЧС, получает предписание о приоритетах проведения работ с указанием необходимых ресурсов и времени выполнения мероприятий. Автоматизирован сбор донесений о ходе аварийно-спасательных работ [477, 478].

В Китайской народной республике разрабатывается единая информационная система поддержки деятельности органов управления по предупреждению, экстренной подготовке, мониторингу и прогнозированию, проведению неотложных, аварийно-спасательных, восстановительно-строительных работ [519]. Система оценки рисков, вызываемых «серьёзными ЧС», реализована на основе комплексного использования данных, методик и технологий аналитической обработки [523]. Народные правительства уездного, провинциального и других уровней обязаны осуществлять в своём административном районе изучение и регистрацию опасных зон и потенциальных источников возникновения «особо серьёзных» и «серьёзных ЧС», организовывать проведение мониторинга и защитных мероприятий. Масштабность работ, высокий темп разработок, имеющийся задел построения системы гражданской обороны, аналогичной существовавшей в СССР, способствуют построению эффективной системы обеспечения природно-техногенной безопасности Китая [487]. Сложность решения проблем обеспечения природно-техногенной безопасности в этой стране заключается в необходимости преодоления экологического кризиса и последствий нерационального использования природных ресурсов на рубеже веков, сопровождавшихся крупными стихийными бедствиями [387, 397, 448, 488, 493].

Однозначную оценку уровня эффективности систем управления безопасностью в ЧС на основе публикаций сделать затруднительно. Опыт участия российских спасателей в ликвидации крупных стихийных бедствий (Гаити, 2005, 2010; Турция, 2011; Непал, 2015; Ирак, 2017) свидетельствует о высочайшей организации взаимодействия и обеспечения работ, слаженности усилий по спасению и жизнеобеспечению людей. Вместе с тем, ситуация с природными пожарами в Австралии и Северной Америке показывает неспособность контролировать ситуацию при наличии ресурсов на предупреждение, ликвидацию ЧС и на научные исследования проблем безопасности.

В 2007 году секретариатом ООН по уменьшению опасности бедствий учреждена Глобальная платформа по уменьшению опасности бедствий [10]. Россия, как активный участник, включилась в решение задач снижения рисков в урбанизированных территориях, сохранения качества окружающей среды, повышения информированности населения. В рамках программы «Мой город готовится» разработана оценочная анкета, позволяющая обнаружить «узкие места» систем защиты городов, спланировать мероприятия противодействия бедствиям. Сбор информации организован в виде обособленного сервиса, интеграция данных не предусмотрена [368]. Из более чем 9 тысяч муниципальных образований России в программе на 2020 год приняли участие менее десятка городов.

Отечественные информационно-управляющие системы, создаваемые для поддержки процессов управления РСЧС, в большинстве ориентированы на *автоматизацию формирования донесений, рапортов и распоряжений*. Лица, принимающие решения, работают, в основном, с печатными формами, не имея возможности оперативно уточнить или агрегировать предоставляемые данные. Из гигантского объёма накопленной отчётной информации формализована относительно небольшая часть. По этой причине ценнейший опыт управления безопасностью территорий, полученный в экстремальных условиях и необходимый для подготовки специалистов по управлению в ЧС, недоступен для использования. Управление в условиях чрезвычайных ситуа-

ций требует оперативного принятия экстраординарных, взаимоувязанных и ответственных решений в условиях дефицита достоверной информации о произошедшем событии и его последствиях.

При дефиците необходимой информации, возникающей как из-за невозможности проведения разведки места ситуации в полном объёме, так и несовершенства разработанных планов действий, дополненных простейшими средствами моделирования, руководитель аварийно-спасательных работ принимает решения, исходя из собственного опыта и интуиции [203]. Формирование альтернатив, обоснование их приоритетов осуществляется лишь на поздних этапах реагирования при планировании аварийно-спасательных работ большой длительности [18]. Для реализации многоуровневой информационной поддержки управления ликвидацией ЧС большого масштаба, требуются методы описания ситуации в объёме, необходимом в конкретный момент каждому специалисту, принимающему решения, от руководителя операции в целом до ответственного за отдельный участок работ. Современный уровень развития технологий позволяет собирать и обрабатывать большие объёмы данных в реальном масштабе времени об объектах и процессах для информационной поддержки принятия решений, консолидировать накопленный опыт управления в нештатных ситуациях [7].

Научными коллективами ведутся активные исследования процессов управления природно-техногенной безопасностью территорий, моделирования катастрофических явлений, интеллектуальной обработки данных и знаний, построения систем комплексного мониторинга, ситуационного моделирования, оценки рисков ЧС. В реестре программного обеспечения МЧС России зарегистрировано более ста систем, реализующих перечисленные направления. Функционал программных систем, как правило, позволяет реализовать информационную поддержку отдельных задач управления в ЧС одного вида, либо проведения мероприятий, являющихся частью процесса реагирования (оповещения, эвакуации, обеспечения ресурсами и т.п.). Эксплуатация управляющих систем, созданных для отдельных регионов, требует под-

держки в актуальном состоянии информационных ресурсов большого объёма, соблюдения баланса затрат на *сбор и использование* данных об объектах и событиях [269, 266]. Из-за отсутствия регламентированной актуализации данных эксплуатация систем зачастую ограничена рамками учений и тренировок [270].

Трудности внедрения современных информационных технологий в деятельность органов управления РСЧС связаны со слабым взаимодействием отраслевой и фундаментальной науки, фрагментарным финансированием отдельных этапов работ [88, 350, 429]. Разработка программных комплексов обеспечения природно-техногенной безопасности ведётся по заказам научно-технического управления МЧС России в рамках целевых программ «Снижение рисков и смягчение последствий ЧС природного и техногенного характера». Теоретические основы автоматизации управления формируются в головном институте министерства – ВНИИ ГОЧС (ФЦ), отраслевых университетах и академиях. В то же время в Институтах РАН проводятся фундаментальные исследования теории аварий и катастроф, методов управления в чрезвычайных ситуациях с применением современных интеллектуальных технологий, а также прикладные работы по созданию систем и средств повышения защищённости в условиях ЧС [43, 358].

Коллективом исследователей под руководством профессора В.В. Кульбы (Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Москва) разработана научная дисциплина «Управление в чрезвычайных ситуациях» ЧС [26, 172]. Созданы теоретические и методологические основы стратегического и оперативного управления, позволяющие обеспечить минимизацию потерь при ликвидации в кратчайшие сроки, установить причины и нежелательные последствия ЧС. Разработаны организационно-экономические модели планирования и реализации решений по предупреждению и ликвидации ЧС. Однако информационная база для систем управления риском разработана лишь на концептуальном уровне, функции программных модулей прописаны в обобщённом виде. Планы внедрения пред-

ложенных методов информационной поддержки управления в Автоматизированную информационно-управляющую систему (АИУС) РСЧС не реализованы.

Профессор Э. А. Трахтенгерц (Институт проблем управления РАН) в начале 2000-х годов предложил сетевые методы компьютерного управления подготовкой к противодействию прогнозируемым катастрофам и динамикой ликвидации последствий [414]. Подход позволяет управлять средствами и силами, объединёнными информационными сетями в единую систему, осуществляющую проведение операций, в которых имеющиеся средства и силы результативно используются в нужном месте в нужное время, осуществляя «принцип массирования результатов». Исследованы особенности реализации сетевой системы мониторинга, применение результатов обработки данных наблюдений в процессах принятия решений. Для информационной поддержки управления ликвидацией крупных стихийных бедствий и техногенных катастроф предложено заблаговременное формирование списков целей, основанных на алгоритмах действий сил и средств. Предложен математический аппарат ранжирования целей, основанный на обработке данных опросов коллектива экспертов. Однако для реализации предложенного подхода необходимо регламентированное периодическое формирование контрмер противодействия катастрофам и рискам. При этом организация планомерного взаимодействия группы экспертов с информационной системой практически не реализуема, отсутствуют регламенты актуализации подобных информационных ресурсов. Исследования сетевого подхода для информационной поддержки управления безопасностью региональных социально-экономических систем продолжены коллективом Института информатики и математического моделирования технологических процессов Кольского научного центра РАН под руководством профессора В.А. Путилова [208].

В работах академика РАН В.А. Геловани с соавторами (Институт системного анализа РАН, Москва) с соавторами рассматриваются методы при-

нения решений в нештатных ситуациях и ЧС объектового уровня [100]. Формализованы процессы приобретения знаний и интеграции разнородной информации, используемой в описаниях функционирования сложных объектов (таких, как АЭС). Разработанные системы поддержки принятия решений (СППР) позволяют интегрировать в свой состав оптимизационные и прогностические модели, картографические данные. Практическое внедрение СППР в сферу обеспечения безопасности на уровне территорий осложнено трудоёмкостью получения знаний, широким спектром опасностей, требующих разработки новых подходов к организации информационной поддержки управления.

В Институте машиноведения РАН научный коллектив, возглавляемый членом-корреспондентом РАН Н.А. Махутовым, разработал фундаментальные и прикладные основы обеспечения безопасности и защищённости функционирования объектов техносферы, методологию оценки рисков возникновения отказов, аварий и катастроф техногенного характера. Исследованы проблемы обеспечения прочности, ресурса и защищённости инженерных объектов техносферы и инфраструктуры применительно к широкому спектру отраслей промышленности [213]. Сформулированы критерии стратегических рисков, позволяющие прогнозировать социально-экономическое и научно-технологическое развитие страны на длительную перспективу [213-219].

Профессором Г.Г. Малинецким (Институт прикладной математики РАН им. М.В. Келдыша) с соавторами предложена концепция распределённых ситуационных центров, основанная на интеграции междисциплинарных исследований и информационных систем различных уровней управления для обеспечения национальной безопасности и стратегического планирования [137-140, 158]. Предусмотрена возможность коллективного формирования и согласования решений, планов, в том числе в авральном режиме, на основе технологий коллективного интеллекта, дополненной и виртуальной реальности, комплексного мониторинга по широкому спектру факторов. Определены направления создания системы управления рисками, ориентирующейся на

цели развития общества в условиях цифровой экономики. Парадигма когнитивной семантики прорывных ситуационных решений позволяет помимо нивелирования угроз сделать акцент на выявлении внешних возможностей, умножении их сильных сторон, поиске неожиданных и оригинальных решений. Авторы считают, что для этого необходима переориентация с анализа данных на задачи синтеза решений, преодоление фрагментарности распределённого информационного фонда. Создание инструментальной среды включает логико-аналитическую обработку компьютерных массивов данных, включая аспекты статистики, BigData анализа, инженерии знаний; человеко-машинное взаимодействие с явным учётом мыследеятельности человека.

Коллективом, возглавляемым профессором В.В. Москвичёвым (ФИЦ Информационно-вычислительных технологий), разработаны методики расчётов комплексных значений рисков социально-природно-техногенных систем. Обоснована необходимость развития многофункционального мониторинга территорий, включающего экологические наблюдения, производственный контроль, сбор статистических данных о заболеваемости населения [236]. В работах [237-244, 495-497], выполненных с участием автора, показано, что базовым уровнем планирования превентивных мероприятий являются оценки территориальных рисков муниципалитетов и поселений. Вид мероприятий определяет приоритетность их выполнения, состав, объём информационных ресурсов и используемые технологии аналитической обработки [302].

Научной школой профессора Л.Ф. Ноженковой (ИВМ СО РАН) созданы методы интеграции и интеллектуальной аналитической обработки больших объёмов данных, реализованы новые технологические подходы к созданию сложных программно-технических комплексов для информационно-аналитической поддержки принятия решений [309-311]. Разработан комплекс теоретических и прикладных методов, основанных на применении и развитии фундаментальных подходов: ситуационного управления, средств представления и применения знаний, интеллектуальной поддержки принятия решений и динамического геомоделирования. Широкую известность получила

экспертная геоинформационная система по ликвидации химических аварий ЭСПЛА, а также разработанные на её платформе инструментальные средства решения прикладных задач административного управления. Применение технологий оперативного анализа OLAP позволило создать новые методы обработки данных комплексного мониторинга безопасности территорий, сформировать информационные ресурсы для поддержки принятия решений в ЧС. Практическое использование систем для решения задач мониторинга производственных и природных процессов и поддержки принятия решений в территориальных органах управления и подразделениях МЧС России Красноярского края и Сибирского региона позволило повысить эффективность мероприятий обеспечения безопасности населения, инфраструктуры и экологических систем.

## **1.2 ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНИЯ**

Сложность решения задач управления безопасностью территорий, необходимость использования большого объёма разнообразной информации для принятия решений по реагированию на ЧС, опасные ситуации и угрозы жизнедеятельности обуславливают применение методов и технологий информационной поддержки управления. Рассмотрим примеры их реализации в программно-технических комплексах, используемых органами управления РСЧС.

### **1.2.1 Системы и сервисы мониторинга и прогнозирования опасностей**

Приоритетом *повседневного режима* функционирования является раннее обнаружение опасностей и угроз для информирования населения, органов управления и формирований [423]. Планирование мероприятий предупреждения ЧС на период до 10 дней основывается на результатах анализа и прогнозирования обстановки, а долгосрочные превентивные мероприятия –

на оценках рисков [214]. Для решения перечисленных задач используется большое число сервисов и программных систем.

Процесс обнаружения угроз реализуется как на основе текущих данных мониторинга, так и краткосрочных прогнозов изменения параметров окружающей среды [240, 492]. Обработка данных датчиков изменения различных физических параметров, скрининг консолидирующих мониторинговые данные веб-ресурсов сейсмологических, радиационных, лесопожарных, метеорологических, гидрологических и других видов наблюдений реализованы в узкоспециализированных системах и сервисах [7]. Функционал программных систем мониторинга, как правило, ограничен отображением обстановки в целом, без акцентирования внимания на случаях выхода контролируемых параметров за пределы нормативных значений [339]. Различные интерфейсы, способы и критерии обнаружения отклонений от нормы, а также значительное число параметров, нуждающихся в контроле, затрудняют применение функций раннего обнаружения опасностей для поддержки управления [147, 395].

Сервис ИСДМ «Рослесхоз» мониторинга природных пожаров интегрирует данные дистанционного зондирования Земли, наземного контроля, фактические и прогнозные метеоданные, отчёты о работе служб пожаротушения. Создание системы в 2005 году позволило определить новые уровни мониторинга и охраны лесов (наземного, авиационного и космического) [113]. Пользователи системы оперативно обеспечиваются объективной, однородной информацией о природных пожарах, состоянии окружающей среды, сведениями по организации тушения и оценивания последствий пожаров. Организовано формирование отчётных форм, долговременное хранение данных, информационных продуктов. Для выявления пожаров, представляющих повышенную опасность для населения и требующих экстренного реагирования сил МЧС России, необходима интеграция в ИСДМ «Рослесхоз» данных о характеристиках территорий [145]. Не решена проблема адаптации системы для

задач муниципального уровня управления, в лесничествах и подразделениях лесной охраны.

Комплекс программ Всероссийского центра мониторинга и прогнозирования ЧС «Антистихия», предназначен для ведения баз данных источников опасностей и произошедших событий для отдельных видов ЧС, таких как затопления территорий, аварии систем отопления и др. [144]. Хранение мониторинговых данных, собранных для всей страны, реализовано на платформе MS Access. Это затрудняет их использование для решения задач контроля и прогнозирования обстановки на конкретной территории [415]. Прогнозы возникновения ЧС и предупреждения об опасностях, формируемые Центром на основе консолидации текстовой информации других ведомств, имеют общий характер и нуждаются в уточнении для использования на региональном и местном уровнях управления.

Компания «Формоза-Сервис» (Псков) разработала сервис видеонаблюдения и дистанционного мониторинга лесных пожаров «Лесоохранитель», интегрирует данные видеокамер высокого разрешения, расположенных на вышках мобильных операторов и контролирующих зоны видимости до 25 км [378]. Особенностью проекта является обнаружение пожара приложением, работающим непосредственно на камере. После идентификации события камера передаёт данные в векторном виде на сервер для дальнейшего анализа, расчёта координат и площади пожара, формирования архива и рекомендаций по реагированию. На территориях Псковской и Свердловской областей размещены более ста пунктов наблюдения. Обеспечена возможность подключения в систему камер других регионов России.

На основе Яндекс-карт разработан сервис визуализации данных о дорожно-транспортных происшествиях на территории Псковской области ДТП-Псков. Зарегистрированные события отображаются на карте региона, система фильтров реализует простейшую аналитику. Предлагаемый подход успешно использовался для отображения статистических данных о заболеваемости COVID-19 в 2020 году. Компания «Эмерсит» (г. Москва) разработала ав-

томатизированную систему мониторинга опасных природных и техногенных явлений в Краснодарском крае [4]. С 2013 года в режиме реального времени 190 датчиков контролируют уровни соды, метеорологические параметры, состояние загрязнения воздуха, уровень радиационного фона. Реализованы модули обработки данных, экстренного оповещения дежурных служб. Тиражирование региональных разработок, интеграция их с сервисами и ресурсами федеральных ведомств возможна при системном проведении научно-технической политики в сфере обеспечения безопасности.

Примером трансформации региональной системы на федеральный уровень является КАСКАД [383]. Система разработана в Красноярском научном центре СО РАН и используется в работе Национального ЦУКС (Рисунок 1.2). Реализовано оперативное представление данных космического и наземного мониторинга на основе веб-технологий. Ресурс отображает результаты комплексной обработки данных, полученных от российских и зарубежных космических аппаратов, консолидирует данные наземных наблюдений [82, 367].

В качестве картографической подложки используются «сшитые» растровые карты разных масштабов и внешние веб-ресурсы. Данные метеорологических, гидрологических, сейсмических, радиационных наблюдений представлены в виде тематических слоёв с возможностью получения данных по каждому пункту наблюдений. КАСКАД использует унифицированные архивы наблюдений, накапливаемые с середины 1990-х годов.

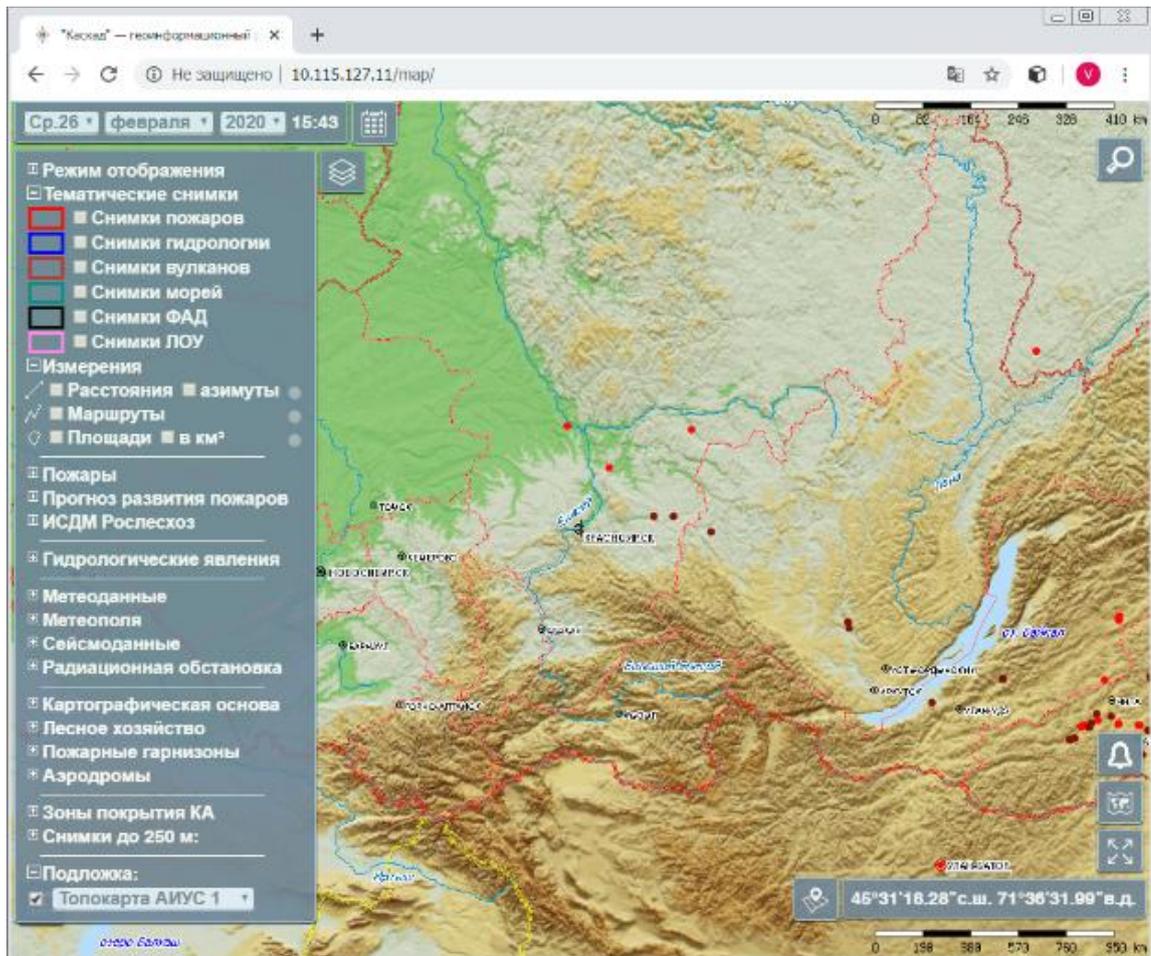


Рисунок 1.2 – Представление данных мониторинга в системе КАСКАД

Для выявления опасностей, моделирования динамики ситуаций необходимо дополнение системы инструментами аналитического и математического моделирования, создание шлюзов данных. Однако развитие системы в последние годы направлено на формирование многочисленных отчётных форм, ориентированных на решение частных задач. Представление результатов в формате презентаций затрудняет понимание ситуации, приводит к росту объёмов слабо структурированной информации, не используемой в дальнейшем.

Альтернативной системой обработки данных дистанционного мониторинга является геоинформационная система МЧС России «Космоплан», разработанная компанией «СканЭкс» [199]. В зависимости от специфики задач используются оптические и радиолокационные снимки различного спектрального диапазона и пространственного разрешения. ГИС «Космоплан» служит для прогнозирования возникновения и экстренного реагирования на

ЧС, оценивания последствий и ущерба от стихийных бедствий и крупных техногенных аварий. Автоматизированы процессы загрузки данных из разных источников, дешифрирования космических снимков, формирование ситуационных карт, интеграция дополнительных источников данных, таких как кадастр, ведомственные БД. Предусмотрена возможность обработки снимков посредством визуально-интерактивного метода экспертного дешифрирования. Разработан геоинформационный веб-сервис система на базе GeoMixer, включающий функционал по каталогизации, визуализации и работе с пространственными данными, специализированные приложения, ориентированные анализ обстановки. Система позволяет увеличить оперативность и полноту получения данных для анализа обстановки в зоне ЧС, сформировать данные о рельефе местности на основе высокоточной космической съёмки. Результаты используются для оперативного мониторинга природных пожаров, контроля несанкционированных сельхозпалов; учёта площадей территорий, пострадавших от пожаров. Контроль водных объектов позволяет отслеживать ход половодья и паводков; детектировать случаи загрязнения природной среды на шельфе и акватории морей в результате возникновения аварийных ситуаций; состояние аварийных судов (севших на мель, затёртых во льдах), решать другие задачи. Штатная эксплуатация системы приостановлена в 2017 году.

Автоматизированные системы мониторинга безопасности используются за рубежом с начала 1990-х годов. *Integrated Measurement and Information System for monitoring of environmental activity – IMIS* (Германия) построена после аварии на Чернобыльской АЭС и предназначена для контроля радиационного фона и прогнозирования радиационной обстановки [477]. IMIS включает 1800 стационарных измерительных станций, расположенных на всех федеральных землях и побережье Балтийского моря. Интегрированные информационные ресурсы обрабатываются разными аналитическими средствами, уровень фона визуализируется в ГИС. Организован сбор данных мониторинга радиоактивности в продуктах питания, кормах для животных, питье-

вой воде, в остатках продуктов и сточных водах. С использованием данных Немецкой метеорологической службы прогнозируется рассеивание радионуклидов в атмосфере, даются рекомендации по защите населения.

Данные глобального мониторинга окружающей среды консолидируются в геопорталах [491, 518]. Разные способы визуализации, шлюзы импорта первичных данных, сервисы многостадийной обработки, обеспечивают решение исследовательских задач и функции оперативного контроля. Помимо он-лайн представлений метеорологической, гидрологической, сейсмической, лесопожарной обстановок доступны многолетние архивы наблюдений. Использование больших массивов информации позволяет оценивать риски территорий, апробировать новые методы аналитической обработки [379].

Единая государственная система информации об обстановке в Мировом океане (ЕСИМО) предоставляет данные о текущих и прогнозируемых параметров погодных условий и гидрологических характеристик морей, омывающих территорию Российской Федерации, а также местах прохождения главных судоходных путей планеты [125]. Сайт является частью портала Росгидромета и содержит большое количество интерактивных сервисов. Текущие и архивные данные отображаются на динамической карте, а также в виде графиков и таблиц. Имеется возможность получения данных о гидрологии рек суши, таких как уровни, расходы и температура воды, ледовые явления и др., фиксируемые ежедневно на избранных водомерных постах Росгидромета.

Внедрение в мегаполисах страны системы «Безопасный город» привело к росту объёмов разноплановой информации, собираемой подсистемами многоуровневого контроля функционирования объектов, коммуникаций, поведения людей в общественных местах, наблюдения за состоянием окружающей среды. Практический опыт использования аппаратно-программных комплексов получен в ходе проведения крупных спортивных мероприятий (XXVII Летняя универсиада, Казань, 2013; XXII Зимние олимпийские игры, Сочи, 2014; XIX Зимняя универсиада, Красноярск, 2019) [35]. Удалось до-

биться слаженной работы ведомств и служб, обеспечивающих комплексную безопасность и нормальную жизнедеятельность участников и гостей игр, оперативное реагирование на сигналы мониторинга [226, 399]. Решение задач управления безопасностью обеспечивалось дополнительным финансированием и повышенным вниманием федерального центра в процессе подготовки мероприятий. Упущением системы является концептуальный уровень типового проекта «Безопасный город», необходимость разработки конечного технического задания специалистами муниципальных органов управления [227]. Вследствие этого реализации типового проекта решают логически несогласованные задачи, практически не используются средства обработки данных, получаемых с измерительных и видео устройств, а также от взаимодействующих систем мониторинга.

Элементами комплексного мониторинга ЧС можно считать Центры обработки вызовов (ЦОВ) оперативно-диспетчерских служб, в том числе «Системы 112». Примерами программных комплексов, используемых в ЦОВ, являются многофункциональные системы «Телда» (разработчик «НПП Телда», Санкт-Петербург), «Протей» (разработчик «НТЦ Протей», Санкт-Петербург), АГИС ППР (разработчик ЗАО «Навигационные системы, Омск). В функции программного обеспечения, принимающего звонки и заявки от населения, входит обработка данных датчиков, сетей и др. Однако требования по идентификации опасностей и угроз в типовом проекте «Системы 112» не сформулированы, что позволяет исполнителям свободно трактовать положения технических заданий [361]. Компании-разработчики программных продуктов акцентируют внимание на устойчивости связи, а не на обеспечении задач управления.

Проведённый анализ систем мониторинга показывает наличие большого количества ресурсов, позволяющих решить множество задач, в числе которых раннего обнаружения предпосылок чрезвычайных ситуаций и инцидентов. Требуется разработка универсального метода автоматической обработки

данных мониторинга на основе комплекса индикаторов опасностей и угроз, позволяющего формировать решения по своевременному реагированию.

### **1.2.2 Методы и технологии ситуационного моделирования в задачах экстренного реагирования**

*Ситуационное моделирование* можно определить как метод исследования поведения сложной системы посредством анализа изменения *ситуации*. Ситуация определяется как набор состояний элементов системы и связей между ними. Согласно [353], ситуационное моделирование позволяет воспроизвести варианты исходов исследуемых событий через изменения состояний системы для поиска эффективных воздействий на ситуацию. В рамках данной работы ситуационное моделирование рассматривается как инструмент анализа состояний системы обеспечения природно-техногенной безопасности для решения задач информационной поддержки управления предупреждением и ликвидацией ЧС. На основании приведённых определений можно уточнить термин «Чрезвычайная ситуация», установленный Федеральным законом<sup>7</sup>. Чрезвычайная ситуация – это состояние природной, техногенной или иной системы в определённый период времени, характеризующийся выходом ключевых параметров за допустимые границы безопасного функционирования.

Система управления природно-техногенной безопасностью территории включает большое количество разнородных элементов: множества задач управления; режимов функционирования; уровней управления РСЧС; функций обработки данных и моделирования ситуаций; видов информационных ресурсов и информационных технологий, используемых для поддержки принятия решений. Для применения методов ситуационного моделирования не-

---

<sup>7</sup> Федеральный закон "О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера" от 21.12.1994 N 68-ФЗ (редакция от 30.12.2008 N 309-ФЗ)

обходимо описание всех элементов и их связей, что естественным образом может быть сделано путём построения *системной модели* управления территориальной безопасностью.

Перечень методов и технологий ситуационного моделирования, используемых в сфере обеспечения природно-техногенной безопасности, довольно широк: методы имитационного, информационно-аналитического моделирования; математические методы, включая методы численного моделирования, приближённые расчётные методики экспресс-оценки характеристик событий, методы вероятностно-статистического оценивания; технологии оперативной аналитической обработки данных, картографического анализа, динамической инфографики и др. Перечисленные методы и технологии могут использоваться совместно. Например, ситуационное моделирование химических, радиационных аварий, затоплений территорий включает расчёты распространения опасных факторов, динамическое картографирование опасных зон, оценку возможных последствий проявления опасных факторов.

Существует множество программных реализаций методов ситуационного моделирования. В большинстве из них интегрированы приближённые расчётные методики и картографическая визуализация. Однако, как правило, результаты расчётов масштабов и динамики событий лишь частично обеспечивают поддержку управленческих решений по реагированию на опасные ситуации. Для комплексной поддержки управления в разных ситуациях необходимо формирование рекомендаций по управлению силами и средствами, порядку их оповещения, последовательности выполнения аварийно-спасательных, других неотложных работ, получению дополнительной информации [103, 184]. Важным требованием к системам комплексной поддержки управления является оперативность: модели ситуаций и средства поддержки принятия решений должны встраиваться в процесс экстренного управления, когда решения принимаются в режиме цейтнота [410].

Разработки специализированных систем ситуационного моделирования ведутся в профильных министерствах, входящих в РСЧС, в том числе МЧС,

Минобороны, Минприроды, Росатом и др. Средства моделирования встраиваются в аппаратно-программные комплексы, обеспечивающие работу ситуационных центров управления. Анализ документации и функционирования программного обеспечения показал большое количество реализаций различных расчётных методик при недостатке средств информационно-аналитического моделирования и поддержки принятия решений. В большинстве случаев автоматизирован процесс моделирования распространения опасных факторов ЧС с использованием минимума исходных данных [375]. Учёт в моделях характеристик конкретных территорий требует использования больших объёмов регулярно актуализируемых данных. Системы, интегрирующие расчётные методики, ГИС и территориально ориентированные базы данных, реализованы в нескольких субъектах РФ в качестве пилотных проектов.

Анализ работы программ ситуационного моделирования показывает различия в информативности получаемых результатов. Последовательность расчётов последствий опасных ситуаций с формированием таблиц результатов реализована в системах: «*Студия анализа риска*» [249]; «*Волна-2*» (Военно-инженерная академия), «*Техногенный риск*» и других. На сайте Российского общества анализа риска представлен сервис онлайн моделирования опасных ситуаций природного и техногенного характера [368].

Интеграция расчётных модулей с картографическими средствами позволяет сделать фоновые оценки масштабов ситуации. На основе ГИС построены следующие системы: *Автоматизированный программно-технический комплекс по планированию и проведению мероприятий гражданской обороны – АПТК ГО*, «*ГИС-Экстремум*» (ВНИИ ГОЧС); «*Нострадамус*» (ИБРАЭ РАН); «*Гранит*», «*Image Media Center*» [25, 184, 441]. В расчётах используются данные потенциальных источников опасностей. Визуализация зон ЧС реализована на цифровых картах отдельных территорий.

Наибольшей полнотой информационной поддержки управления обладают расчётно-рекомендательные системы. В дополнение к результатам мо-

делирования системы формируют перечни специалистов, техники и ресурсов аварийно-спасательных формирований, оценивают время выполнения работ в зависимости от вида, масштаба опасной ситуации и внешних условий. «Система оперативного управления – СОУ», САУР, БРИЗ (НТК «Высокие технологии и стратегические системы»); ГРОСС-2 (Центр исследования экстремальных ситуаций МВТУ им. Н.Э. Баумана), АГИС ППР (ООО «Навигационные системы», г. Омск) и другие программные продукты предназначены для автоматизации работы оперативных дежурных смен. Большое количество моделей ситуаций, данных об объектах, территориях, инфраструктуре, космической и картографической информации интегрировано в *Автоматизируемую информационно-управляющую систему – АИУС РСЧС*. Однако заявленная разработчиками многофункциональность АИУС и перечисленных выше систем слабо учитывает реальные бизнес-процессы реагирования РСЧС. Низкая востребованность обусловлена редкостью применения ситуационного моделирования в «боевых условиях», отсутствием интерпретативности информационных ресурсов, необходимостью ручного ввода исходных данных для расчётов, например, параметров оборудования, характеристик местности, погодных условий [474]. Для ситуаций, требующих многоэтапного формирования управленческих решений, необходима разработка средств сохранения и распределённого использования результатов моделирования и процессов реагирования [307].

Зарубежные информационно-управляющие системы построены на стандартах описания инцидентов и пространственных данных [472]. Система *Response Information Management System – RIMS* предназначена для координации и управления мероприятий по реагированию на стихийные бедствия в Калифорнии [507, 510]. Веб-реализация позволяет наращивать информативность системы за счёт подключения клиентов всех населённых пунктов штата. Широкое применение обусловлено оперативным решением технических вопросов, связанных с внедрением и эксплуатацией, включая выезд технических специалистов. Организовано обучение пользователей и тиражирование

учебных материалов [476]. Проблемы, которые невозможно решить на нижнем уровне управления, передаются на следующий, более высокий уровень. Разработаны электронные планы действий и взаимодействия на каждый вид и масштаб ЧС. Планы содержат описание целей, которые должны быть достигнуты, стратегические и тактические мероприятия, ресурсы, необходимые для достижения целей в запланированные сроки. Вспомогательный материал включает цифровые карты возможных инцидентов, коммуникационный и медицинский планы, предполагаемые маршруты выдвижения сил и средств, данные о погоде, специальные меры предосторожности, сообщения безопасности и др. Команды реагирования на инциденты (Incident Command System – ICS) систематически пересматривают планирующие документы и их цифровые аналоги, в которых описаны обязанности и действия каждого специалиста во всех фазах реагирования на инциденты [470, 475, 485].

Модули ситуационного моделирования, разрабатываемые по государственным заказам в США, доступны в виде исходных кодов. Сборка и компиляция в рабочие системы требует совместной работы экспертов-аналитиков и программистов [469]. Внедрение зарубежных систем ситуационного моделирования разной степени сложности в деятельность РСЧС осложняется не только отличиями в организации управления (см. п.1.1), но и необходимостью сертификации расчётных методик межведомственной экспертной комиссией [375].

Проведённый анализ программных продуктов, показывает актуальность разработки «сквозной» технологии ситуационного моделирования, позволяющей реализовать информационную поддержку для всего множества видов, масштабов и условий реализации ситуаций на всех этапах принятия решений – от экспресс-оценки степени опасности и возможных последствий событий до адаптивного управления реагированием на основе уточнённой информации. Совершенствование информационной поддержки управления должно быть основано на использовании интеллектуальных технологий, ин-

теграции расчётных методик оценки последствий опасных ситуаций различной сложности, средств динамического картографирования и веб-технологий.

### 1.2.3 Методы и системы оценивания рисков ЧС

Оценивание рисков является частью стратегического управления безопасностью территорий, направленного на реализацию долгосрочных мероприятий по снижению потерь от ЧС, пожаров и других опасных событий [5,79-81]. Методы оценивания рисков ЧС территорий кардинально отличаются от расчётов рисков аварий для потенциально опасных промышленных объектов (ПОО) по составу исходных данных и способам использования результатов [42]. В расчётах рисков ПОО, проводимых с целью максимального снижения вероятности опасных инцидентов, используются детальные характеристики участков производств, технологических процессов, внешней среды [11, 109, 124, 205, 412]. Территории оцениваются на основе статистики потерь, полученные результаты носят рекомендательный характер [20, 30, 357].

Методики оценки территориальных рисков находятся в стадии разработки [12]. Сложившаяся практика использования в оценках только данных о ЧС позволяет получать довольно грубые значения, не учитывающие высокую вариабельность пространственного и временного распределения. Уровень рисков ЧС крупных индустриальных центров определяется, в основном, опасностями техногенного характера [465, 513]. Оценки состояния безопасности расположенных в их черте производственных объектов в большинстве исследований экстраполируются на территории, вкладами аварий на транспорте и системах жизнеобеспечения, как правило, пренебрегают [421, 423, 430, 494]. Риски сельской местности имеют природное происхождение, для их оценивания необходимы другие наборы показателей [473, 508].

Оценивание объектовых рисков ЧС основано на проработанной научно-методической основе<sup>8</sup> и законодательно отрегулировано<sup>9</sup>. Программные системы ситуационного моделирования имитируют процессы развития и возможные последствия реализации техногенных аварий разного вида и происхождения. Результаты расчётов наиболее вероятных и наиболее тяжёлых сценариев используются для принятия решений при проектировании, вводе в эксплуатацию, модернизации производственных объектов [36, 212]. В первую очередь оценивается устойчивость элементов объекта к воздействию внешних и внутренних негативных факторов, обосновываются меры пассивной и активной защиты [374]. Затем моделируются процессы реагирования и ликвидации аварий, достаточность сил и средств для обеспечения требований безопасности. Ситуационное моделирование используется также в поставочном расследовании. Оценивание объектовых рисков охватывает разные области специальных знаний: системный анализ; вероятность и статистика; технологии разных отраслей промышленности; общественные науки<sup>10</sup>.

Программный комплекс «*Студия анализа риска*», разработанный НПО «ДИАР» совместно с НТЦ «Промтехбезопасность» (Москва) используется при разработке деклараций промышленной безопасности и планов ликвидации аварийных ситуаций [23]. Комплекс включает модули расчёта последствий аварий на химически, гидродинамически, взрыво- и пожароопасных объектах и другие реализации методик. В расчётах аварий и оценивании рисков используются детальные характеристики производственных процессов и оборудования, крупномасштабные планы размещения объектов на промплощадке и на местности, а также связанные с ними вероятности реализации

---

<sup>8</sup> РД 03-418-01. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов. – М.: ИТЦ «Промышленная безопасность», 2001. – 37 с.

<sup>9</sup> Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 N 123-ФЗ.

<sup>10</sup> ГОСТ Р 55059-2012. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Менеджмент риска ЧС. Термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2014. – 8 с.

сценариев событий. Интерпретация получаемых результатов требует экспертных знаний и проводится группой специалистов.

Экспертные системы *tHAZARD 3.0* и «*Арбитр*», разработанные НТЦ «Промтехбезопасность», оценивают вероятность возникновения происшествий при функционировании технологического объекта (человеко-машинной системы) с учётом значимости свойств системы «человек/машина/среда», влияющих на появление техногенных происшествий [46]. На основе количественных оценок риска эксплуатации ПОО подбирается оптимальный, по заданному критерию, набор мер безопасности при наличии ограничений (финансовые затраты, эффективность). Обеспечена экспертная помощь в оценке факторов возникновения аварий с опорой на нормативные документы, измерение факторов с помощью балльной лингвистической шкалы. Экспертная система формирует разъяснения по определению опасностей для обоснования оптимальных мероприятий повышения безопасности ПОО. В процессе оценивания рисков используются имитационные модели, позволяющие проводить вычислительные эксперименты, фиксировать количество благоприятных и неблагоприятных исходов, рассчитывать вероятность возникновения аварий [34].

В 2013 году сотрудниками ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) совместно со специалистами МГТУ им. Н.Э. Баумана (г. Москва) разработан «*Программный комплекс динамического анализа природных, техногенных и биолого-социальных рисков на территории Российской Федерации (ДАР)*». На основе статистики ЧС рассчитываются индивидуальные, коллективные и экономические риски при реализации природных, техногенных и биолого-социальных опасностей территорий. В расчётах используются поправочные коэффициенты для характеристик территорий, определяемые экспертно. Система встроена в АИУС РСЧС и используется на региональном уровне управления. Результаты оценок опубликованы в Атласах рисков ЧС территорий Российской Федерации, федеральных округов, субъектов РФ [27-29, 77].

Зонирование территорий по степени риска за рубежом активно используется страховыми компаниями при обосновании ставок договоров страхования недвижимости и имущества от стихийных бедствий и пожаров. С использованием собственной картографической платформы *ArcGIS* компания ESRI (США) разработала комплект карт рисков затопления территорий Восточного побережья США на основе моделирования штормовых нагонов, вызванных ураганами [464]. Широкий функционал ГИС-платформы ESRI и наличие инструментария разработки позволили создать ряд систем зонирования территорий. ГИС «Затопление р. Припять» (НАН Беларуси), *IntroGIS* (НИИ БЖД, Уфа) и ряд других позволяют оценивать территориальные риски на основе ситуационного моделирования [230].

В системе картографирования рисков природных пожаров *Behave* (США) использована математическая модель Ротермела, для которой сформирована база данных пирологических характеристик, а вся растительность Северной Америки разделена 40 «топливных моделей» [85, 86]. Построены атласы «LANDFIRE» горючих растительных материалов на всю территорию США с разрешением 1 акр (4047 м<sup>2</sup>). Формирование рекомендаций по управлению риском будет реализовано после информационного наполнения системы. Аналогичная система разрабатывается в Канаде [509].

Проведённый анализ методов и систем показывает необходимость разработки новой методологии оценивания и управления территориальными рисками, интегрирующей результаты ситуационного моделирования и интеллектуального анализа больших объёмов данных комплексного мониторинга функционирования техногенных систем, наблюдений за состоянием окружающей среды и социосферы.

## 1.3 ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ

### 1.3.1 Структурирование данных

Разработка принципов структурирования данных является важным этапом проектирования и реализации информационно-аналитических систем территориального управления [370]. Структурное проектирование широко применяется при разработке систем управления производственными и экономическими процессами [1, 96]. Информационные модели, формализующие предметную область, используются в технологиях сбора, аналитической обработки данных комплексного мониторинга, ведения распределённых реестров и др. [159, 162, 173, 338, 435, 196].

Организация данных для решения задач управления природно-техногенной безопасностью на концептуальном уровне рассмотрена в работах [7, 394, 439]. Обоснованы методы защиты информации, используемой в органах управления МЧС России разных уровней. Предложена регламентация процессов обработки информации, нормативов и способов учёта работ, выполняемых специалистами дежурных смен в разных режимах функционирования. Описание процессов групповой подготовки решений представлено в виде «технологических карт». Результаты исследований используются при создании информационно-управляющих систем РСЧС. Остаются не решёнными проблемы организации межсистемного взаимодействия, формирования единой системообразующей информации, обеспечивающей совместимость данных и унификацию моделей [131].

С 2004 года параллельно с разработкой информационно-управляющих систем формируется информационный ресурс «Паспорта безопасности объектов и территорий»<sup>11</sup>. Текстовые, табличные данные, графические пред-

---

<sup>11</sup> Приказ МЧС РФ от 04.11.2004 № 506 «Об утверждении типового паспорта безопасности опасного объекта».

ставления, карты и атласы территориальных единиц (населённые пункты, сельсоветы, муниципальные образования и субъекты РФ) представлены в виде презентаций MS PowerPoint, размещённых на файловом сервере Национального ЦУКС<sup>12</sup>. Паспорта территорий имеют большой объём, содержат растровые карты мелкого масштаба, таблицы характеристик объектов и событий имеют произвольную структуру [31]. Требования по представлению информации определяют только классы объектов, характеристики которых необходимо отобразить на слайдах (например, объекты с массовым пребыванием людей). Информационное наполнение идентичных территорий сильно различается. Актуализация паспортов территорий требует больших затрат, ресурс практически не используется в управлении [296].

Использование *пространственных данных* в задачах управления безопасностью территорий регламентировано нормативными документами МЧС России [364]. В работах [6, 182, 183, 433, 441] предложены решения задач информационной поддержки управления. Разработаны требования к оформлению оперативных карт ситуаций и общей обстановки. В то же время процедуры обработки пространственных данных, картографического моделирования, информационного обмена не регламентированы. Хранение пространственных данных реализовано в виде файловых архивов. Технологии и сервисы обработки картографической информации развиваются в рамках систем мониторинга и ситуационного моделирования, обзор которых представлен в п.1.2. Разнообразие картографических инструментов и форматов затрудняет тиражирование данных и программных средств. Цифровые данные используются, в основном, при разработке твёрдых копий карт больших форматов с «ручным» наполнением макетов тематической информацией.

Наставлением по организации деятельности центров управления в кризисных ситуациях МЧС России, 2012 г. 3-D моделирование объектов и собы-

---

<sup>12</sup> Приказ МЧС России от 25 октября 2004 г. N 484 «Об утверждении типового паспорта безопасности территорий субъектов РФ и муниципальных образований. (ред. от 11.09.2013 N 606).

тий выделено в отдельное направление информационной поддержки управления. Динамические модели опасных производств и объектов с массовым пребыванием людей позволяют визуализировать объёмно-планировочные решения, состояние систем защиты и другие характеристики [317]. Моделирование событий в масштабе населённых пунктов реализовано в виде видеороликов перемещений объектов. Отсутствие системного подхода к формированию и каталогизации 3-D моделей требует значительных ресурсов для их создания. Модели редко востребованы в практике управления.

Значимые результаты в решении задач формирования, хранения и использования пространственных данных, использующихся в территориальном управлении получены в институтах Сибирского отделения РАН [67, 453]. Разработаны методы использования многоуровневого дистанционного зондирования (искусственные спутники Земли и беспилотные летательные аппараты), совместной обработки с данными наземных инструментальных наблюдений [6]. Сформированы и постоянно пополняются банки пространственных данных, созданы тематические разделы мониторинга окружающей среды и объектов техносферы, сервисы доступа к оперативным и архивным данным, развивается инструментарий онлайн моделирования и визуализации данных.

Проведённый анализ подходов к структурированию данных показал дисбаланс существующих требований к организации и использованию информационных ресурсов в сфере природно-техногенной безопасности. Нормативные и методические документы детально регламентируют состав и оформление выходных отчётов и донесений, оставляя без внимания методы сбора, хранения, обмена данными. Требуется разработка стандартов формирования единого информационного пространства, унификации способов доступа и обмена данными, учитывающих специфику задач управления.

### 1.3.2 Консолидация данных

В процессах формирования информационных ресурсов обеспечения управления природно-техногенной безопасности используются разные технологии сбора, консолидации и предобработки данных. Современные языки программирования с универсальными библиотеками, такие как Python, Java и другие позволяют разрабатывать средства доступа и консолидации данных из различных источников [126, 400]. Дорожная карта развития «сквозной» цифровой технологии «Системы распределённого реестра» определяет принципиально новые подходы к хранению и использованию данных. Их особенностями являются отсутствие единого центра управления, доверие и равноправие всех узлов – участников системы. Опыт формирования единого пространства в финансовой и экономических отраслях, сфере государственных услуг показывает возможность реализации аналогичных технологий для управления природно-техногенной безопасностью территорий.

Сбор данных по чрезвычайным ситуациям и другим опасным ситуациям реализован в ряде специализированных систем. Централизован учёт мероприятий тушения бытовых и производственных пожаров в программе «*Статистика пожаров*» (ВНИИ ПО, Москва) [402]. С 1994 года формируются статистические данные о произошедших пожарах и их последствиях во всех субъектах РФ. Недостатки системы – представление мест пожаров в виде текста, что затрудняет использование пространственного анализа, файловый обмен данными, формируемыми вручную. Использование данного подхода для всех видов опасных ситуаций природного и техногенного характера требует разработки унифицированного представления событий.

Автоматизированная информационная система «*Электронный инспектор*» (ЦУКС Новосибирской обл., 2012 г.) предназначена для сбора и анализа информации о состоянии пожарной безопасности и результатов надзорной деятельности на объектах социальной защиты, здравоохранения и других сфер. Реализован сбор результатов надзора по гражданской обороне и защи-

ты населения и территорий от ЧС. Данные формируются в Firebird 2.1 и экспортируются вручную в XML.

*Информационно-аналитическая система в области ликвидации последствий дорожно-транспортных происшествий (ВНИИ ГОЧС) [146]* эксплуатируется с 2012 г. Организован двухэтапный сбор данных о ДТП, в ликвидации последствий которых принимали участие спасатели. В ЕДДС муниципальных образований заполняются формуляры донесений о событиях, затем оперативная дежурная смена ЦУКС субъектов РФ заносит данные с использованием веб-интерфейса. Средства анализа, ведения справочников и отображения данных на карте в системе отсутствуют.

В *АИУС РСЧС* реализуется система ведения «электронных паспортов безопасности территорий». Большие объёмы семантической информации вводятся в систему вручную, путём заполнения форм преимущественно с текстовыми полями. Для ввода пространственных данных разработан небольшой набор графических инструментов. Средства консолидации данных сторонних систем, верификации вводимой информации практически отсутствуют. Каталог событий в АИУС РСЧС содержит текстовые описания места и характеристики опасных ситуаций. Подробное описание последствий и действий по ликвидации даётся в прикреплённых текстовых и графических документах [411].

Комплексность решений по обеспечению природно-техногенной безопасности требует использования больших объёмов данных с гарантированной достоверностью и актуальностью. Принципы организации межведомственного информационного обмена, согласования данных корпоративных систем предложены в работах [131, 351]. В работе [346] предложена концептуальная модель межсистемного взаимодействия на основе унифицированного представления структуры обмена данными. Модель позволяет организовать информационное взаимодействие между гетерогенными системами, формализует логику и принципы обмена.

Помимо доработки нормативной базы необходимо обоснование содержательности передаваемых фрагментов данных для решения задач управления.

В таблице 1.1. приведены результаты анализа информационных ресурсов и функциональных задач отраслевых систем, использующихся в процессах управления природно-техногенной безопасностью территорий. Различие функциональных задач требует трансформации способов их представления, структур хранения данных. Помимо систематизации информационных ресурсов необходимо согласование регламентов актуализации и использования данных, разграничения доступа. Требуется контроль функционирования сервисов доступа и консолидации данных, периодическая корректировка системобразующей информации.

Таблица 1.1 – Результаты анализа отраслевых информационных систем

Вид ЧС, наименование ведомства	Ресурс	Уровень	Функциональные задачи	
			ведомственные	обеспечения территориальной безопасности
<b>Техногенные чрезвычайные ситуации</b>				
<i>Аварии автотранспорта</i> Государственная инспекция безопасности дорожного движения МВД России [110]	Система	Федеральный	Статистика ДТП, сведения о привлечении оперативных служб	Оценка рисков, обоснование развития систем мониторинга и реагирования
<i>Аварии автотранспорта</i> Красноярское управление автомобильных дорог [177]	Сайт	Региональный	Мониторинг дорожной ситуации, качества ремонтов, планирования строительства дорог, информирование водителей	Мониторинг аварийных ситуаций на автотрассах, ледовых и паромных переправах
<i>Аварии систем ЖКХ</i> Минстрой России	Сайт	Межрегиональный	Учёт объектов и событий сферы жилищно-коммунального хозяйства	Мониторинг угроз ЧС
<i>Аварии энергетических систем</i> Межрегиональная сетевая компания (МРСК) Сибири [246]	Сайт	Межрегиональный	Обеспечение бесперебойного снабжения потребителей электроэнергией	Контроль отключения социально значимых объектов
<b>Природные чрезвычайные ситуации</b>				
<i>Опасные погодные явления</i> Среднесибирское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды [401 <b>Ошибка!</b> <b>Источник ссылки не найден.</b> ]	Сайт	Межрегиональный	Визуализация данных наблюдений, размещение отчётов и прогнозов	Мониторинг опасных метеорологических и гидрологических явлений
<i>Природные пожары</i> Красноярский лесопожарный центр [178]	Сайт	Региональный	Мониторинг природных пожаров, работ по их ликвидации	Контроль угроз населённым пунктам и другим

Вид ЧС, наименование ведомства	Ресурс	Уровень	Функциональные задачи	
			ведомственные	обеспечения территориальной безопасности
<i>Затопления территорий Енисейское бассейновое водохозяйственное управление [129]</i>	Система, сайт	Межрегиональный	Управление работой Ангаро-Енисейского каскада ГЭС	защитаемым объектам Контроль обстановки в нижних бьефах ГЭС, ледовых переправ водохранилищ
<b>Биолого-социальные ЧС</b>				
Роспотребнадзор России [370]	Система	Федеральный	Санитарно-гигиенический мониторинг территории. Ведение баз данных проб воздуха, воды, почвы, продуктов, радиационного фона; контроль случаев массового заболевания людей	Мониторинг санитарно-гигиенической обстановки в зоне ЧС, оценка масштабов эпидемий и пандемий
<b>Защита населения</b>				
<i>Все виды ЧС в пределах на населённых пунктов РосРеестр [146]</i>	Система, сайт	Федеральный	Ведение пространственных данных собственников, назначении объектов, других характеристик земельных участков и строений	Формирование перечней объектов и их характеристик в зонах действия опасных факторов для оценки последствий ситуаций

Перспективным направлением организации единого информационного пространства для управления территориями являются облачные технологии, обеспечивающие возможность построения систем с единой архитектурой хранения и сервисами обработки [104, 108, 251]. Набор ресурсов (вычислений, сетей, хранилищ и связанных с ними программных сервисов) динамически масштабируется в зависимости от нагрузки и требований пользователей. Облачные провайдеры поддерживают ряд продуктов «Все как сервис» (XaaS), включающего службу сети (NaaS), программное обеспечение как услугу (SaaS), платформу как услугу (PaaS) и инфраструктуру как услугу (IaaS). IaaS организует в облаке аппаратные системы и хранилище. PaaS включает в себя инфраструктуру, управляет операционной системой и временем выполнения системы или контейнерами в облаке. SaaS организует в облаке сервисы и инфраструктуру. Реализация мобильных приложений на основе облачных технологий позволит организовать оперативный сбор данных мониторинга, оповещение и информирование пользователей об опасностях и угрозах вне зависимости от места нахождения.

Учитывая разнообразие источников информации, подходов к структурированию и использованию данных актуальна задача разработки модели организации информационных ресурсов, использующихся в процессах поддержки управления природно-техногенной безопасностью территорий, обосновывающей методы их получения, хранения и обработки.

## 1.4 ЗАДАЧИ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

На основе проведённого исследования проблем природно-техногенной безопасности и методов информационной поддержки регионального управления сформулированы следующие задачи диссертационной работы:

1. Разработать системную модель информационной поддержки процессов формирования решений для управления состоянием природно-техногенной безопасности, обосновать использование различных информационных ресурсов и технологий для создания прикладных информационно-аналитических систем.

2. На основе системной модели разработать обобщённую системную архитектуру информационной поддержки процессов управления природно-техногенной безопасностью территорий, позволяющую создавать мультизадачные проблемно ориентированные программные комплексы территориального управления.

3. Разработать модель организации информационных ресурсов, используемых в процессах поддержки управления природно-техногенной безопасностью территорий, позволяющую реализовать аналитическую обработку данных оперативного мониторинга для всех задач управления.

4. Разработать метод идентификации опасностей и угроз природного и техногенного характера с целью раннего обнаружения предпосылок ЧС с учётом особенностей территорий и систем мониторинга.

5. Разработать технологию ситуационного моделирования для комплексной информационной поддержки экстренного управления при возникновении ЧС и опасных событий любого вида на основе использования интеллектуальных технологий, расчётных методик оценки последствий опасных ситуаций различной сложности, средств динамического картографирования и веб-технологий. Разработать метод оценивания рисков, интегрирующий технологии оперативной аналитической обработки данных и динамиче-

ского картографирования, позволяющий исследовать влияние различных факторов на величину территориальных рисков.

6. Реализовать разработанные технологии в региональных информационно-аналитических системах природно-техногенной безопасности.

## 1.5 ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 1

Обоснована актуальность проблемы информационно-аналитической поддержки управления природно-техногенной безопасностью территорий. Показана необходимость преодоления управленческого кризиса, связанного с перепроизводством неформализованной информации, дефицитом времени на принятие решений и другими факторами, в условиях возрастания количества чрезвычайных ситуаций и масштабов их последствий. Исследованы информационные и технологические процессы обеспечения безопасности на разных уровнях управления, выявлен значительный потенциал повышения эффективности управления за счёт преодоления фрагментарности и слабой структурированности информационных ресурсов, следствием чего является низкий уровень применения информационных технологий и дефицит достоверной информации для принятия решений.

Проведён анализ систем, сервисов и ресурсов оперативного мониторинга окружающей среды и объектов техносферы. Наличие потенциально доступных источников данных позволяет по-новому решить задачу раннего обнаружения предпосылок чрезвычайных ситуаций. Требуется систематизация параметров мониторинга, разработка комплекса индикаторов опасностей и угроз природного и техногенного характера, позволяющего реализовать раннее обнаружение нарушений безопасности жизнедеятельности, сформировать решения по своевременному реагированию.

Показана актуальность разработки «сквозной» технологии ситуационного моделирования, позволяющей реализовать информационную поддержку для всего множества видов, масштабов и условий реализации ситуаций на

всех этапах принятия решений – от экспресс-оценки степени опасности и возможных последствий событий до адаптивного управления реагированием на основе уточнённой информации. Совершенствование информационной поддержки управления должно быть основано на использовании интеллектуальных технологий, интеграции расчётных методик оценки последствий опасных ситуаций различной сложности, средств динамического картографирования и веб-технологий.

Проведённый анализ методов и систем показывает необходимость разработки новой методологии оценивания территориальных рисков, интегрирующей результаты ситуационного моделирования и интеллектуального анализа больших объёмов данных комплексного мониторинга функционирования техногенных и природных систем. Востребованы структурированные информационные ресурсы, позволяющие обосновывать стратегические решения по управлению превентивными мероприятиями.

В условиях усиления негативных факторов, способствующих возникновению чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, востребованы информационно-аналитические системы, адаптированные к задачам территориального управления безопасностью, изменениям структуры и объёмов используемых информационных ресурсов. Для успешного внедрения таких систем требуется адаптация процессов управления к изменениям информационных процессов, расширение практики принятия решений на основе интеллектуального анализа разнородных данных. Принятие решений по управлению должно основываться на динамических представлениях результатов анализа данных, включающих результаты оперативного мониторинга, прогнозы, статистические данные и другую информацию. Динамические представления (таблицы, карты, диаграммы и др.), сформированные с использованием разных информационных технологий, должны агрегировать и детализировать результаты обработки данных в зависимости от уровня принятия решений, вида опасной ситуации и масштаба оперативного реагирования, предпочтений лиц, принимающих решения.

Сложность и системность проблемы формирования информационных ресурсов и технологий для поддержки принятия решений приводят к необходимости создания новой методологии разработки региональных информационно-аналитических систем природно-техногенной безопасности. Сформулированы задачи диссертационной работы, определяющие концептуальную схему теоретических и прикладных исследований.

## ГЛАВА 2 СИСТЕМНАЯ МОДЕЛЬ ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНИЯ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ

### 2.1 СЕМИОТИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ, ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ И ТЕХНОЛОГИЙ

Используя семиотический подход, определим синтаксис, семантику и прагматику модели поддержки управления природно-техногенной безопасностью [56, 74, 391]. Синтаксис описывает элементы системы, семантика поясняет их смысловое наполнение и отношения между элементами, а прагматическая составляющая описывает способы решения задач с использованием информационных технологий, что позволяет выйти на построение архитектуры проблемно-ориентированных систем [261, 279].

Синтаксически модель информационной поддержки управления природно-техногенной безопасностью представляется кортежем:

$$M = \langle G, T, L, R, IT, F, Y \rangle, \text{ где}$$

- $G$  – режимы управления;
- $T$  – задачи управления;
- $L$  – уровни территориального управления;
- $R$  – информационные ресурсы;
- $IT$  – информационные технологии;
- $F$  – функции обработки информации;
- $Y$  – представления решений.

Синтаксис модели в принципе не отличается от других сфер территориального управления.

Прагматика модели реализуется через проблемно-ориентированные информационно-аналитические системы, построение которых основано на использовании элементов представленной модели [105, 106].

Рассмотрим элементы модели более детально.

Информационная поддержка управления природно-техногенной безопасностью реализована для трёх режимов  $G = \{g_1, g_2, g_3\}$ , где  $g_1$  – повседневное управление, включающее сбор данных и раннее предупреждение ЧС;  $g_2$  – оперативное управление при возникновении опасных ситуаций и угроз с учётом их вида, масштаба и места возникновения;  $g_3$  – стратегическое планирование мероприятий по снижению территориальных рисков до допустимого уровня.

Множество задач управления  $T = \{T(g_1), T(g_2), T(g_3)\}$  определяется в соответствии с процессами управления  $G$ :

$T(g_1) = \{t_{11}, t_{12}, t_{13}, t_{14}\}$  – задачи, которые решаются в процессе повседневного управления  $g_1$ :  $t_{11}$  – оперативная идентификация опасностей и угроз;  $t_{12}$  – формирование возможных сценариев ЧС;  $t_{13}$  – прогнозирование обстановки различной срочности;  $t_{14}$  – оповещение и информирование.

$T(g_2) = \{t_{21}, t_{22}\}$  – задачи, решаемые в процессе оперативного управления  $g_2$ :  $t_{21}$  – ликвидация опасных ситуаций;  $t_{22}$  – проведение мероприятий защиты.

$T(g_3) = \{t_{31}, t_{32}\}$  – задачи стратегического управления  $g_3$ :  $t_{31}$  – комплексное оценивание рисков территорий;  $t_{32}$  – контроль проведения мероприятий по снижению рисков.

В модели рассматриваются три уровня управления:  $L = \{l_1, l_2, l_3\}$ , где  $l_1$  – уровень субъекта РФ;  $l_2$  – муниципальный;  $l_3$  – объектовый.

Каждый уровень характеризуется своим набором задач и используемых информационных ресурсов. При переходе от  $l_1$  к  $l_3$  количество задач уменьшается, но повышается их концептуальная значимость. Задачи  $t_{31}$  – комплексное оценивание рисков территорий,  $t_{32}$  – контроль проведения мероприятий по снижению рисков,  $t_{13}$  – прогнозирование обстановки реализуются только на уровне  $l_1$ . Разработка сценариев ЧС (задача  $t_{12}$ ), включающая моделирование опасных факторов ЧС, оценку последствий с использованием картографического анализа, формирование перечней сил и средств экстренного реагирования проводится на уровне  $l_2$ . На объектовом  $l_3$  уровне выполняются задачи  $t_{11}$ ,  $t_{14}$ ,  $t_{21}$  и  $t_{22}$ .

Информационные ресурсы  $R$  в модели описываются двумя подмножествами  $S, D$ , где  $S, D \subset R$ ;

$S$  – виды информационных ресурсов, используемых для информационной поддержки управления безопасностью территорий, отражающие понятийный аппарат лиц, принимающих решения (*сведения*);

$D$  – виды информационных ресурсов, используемых при построении информационно-аналитических систем поддержки управления (*данные*).

Множество  $S = O_1 \cup O_2 \cup O_3$ , где

$O_1$  – потенциально опасные процессы;

$O_2$  – защищаемые объекты;

$O_3$  – объекты управления (элементы территориальной подсистемы РСЧС).

Через опасные процессы  $O_1$  можно представить опасные события  $E = O_1(\Delta t)$  – описание опасного процесса за период времени  $\Delta t$  и обстановку  $ST = O_1(t)$  – значения одного или нескольких параметров потенциально опасных процессов в конкретный момент времени.

При оценивании безопасности объектов и территорий используется аналогичное разделение критериев состояния на «опасность», «уязвимость», «защищённость» [219]. Процессы управления  $G$ , описываемые через изменения состояний элементов  $O_1, O_2, O_3$ , описаны ниже. Множество  $D = \{d_1, d_2, \dots, d_5\}$ , где

$d_1$  – системообразующие элементы (справочники, классификаторы, реестры);

$d_2$  – описание объектов;

$d_3$  – описание процессов;

$d_4$  – данные, отображаемые на картах;

$d_5$  – данные, используемые для управления процессами.

При этом допускается пересечение элементов множества  $D$ .

Разнообразие задач информационной поддержки управления  $T$  приводит к необходимости использования различных **информационных технологий**:

$IT = \{it_1, it_2, \dots, it_6\}$ , где

- $it_1$  – технологии хранилищ данных;
- $it_2$  – технология ведения справочников и классификаторов;
- $it_3$  – технологии аналитической обработки данных;
- $it_4$  – геоинформационные технологии;
- $it_5$  – интеллектуальные технологии,
- $it_6$  – веб-технологии.

Множество **функций**  $F$  информационно-аналитических систем, обеспечивающих процессы управления:  $F = \{f_1, \dots, f_5\}$ , где

- $f_1$  – формирование исходных данных для решения задач;
- $f_2$  – аналитическое моделирование;
- $f_3$  – ситуационное моделирование;
- $f_4$  – формирование решений;
- $f_5$  – визуализация результатов.

Семантически информационная поддержка  $u$  есть результат решения задач  $t$  с использованием информационных ресурсов  $r$  и информационных технологий  $it$ , реализующих функции  $f$ .

Реализации  $f_{ij}$  функций  $f$  для процессов управления  $g_i$  представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Трансформация функций в зависимости от целей управления

$F \backslash G$	Повседневное функционирование $g_1$	Оперативное реагирование $g_2$	Стратегическое планирование $g_3$
Сбор исходных данных $f_1$	$f_{11}$	$f_{21}$	$f_{31}$
Аналитическое моделирование $f_2$	$f_{12}$	$f_{22}$	$f_{32}$
Ситуационное моделирование $f_3$	$f_{13}$	$f_{23}$	$f_{33}$
Формирование решений $f_4$	$f_{14}$	$f_{24}$	$f_{34}$
Визуализация результатов $f_5$	$f_{15}$	$f_{25}$	$f_{35}$

В процессе повседневного управления  $g_1$  реализуются сбор, консолидация и хранение основного объёма данных  $f_{11}$ . Аналитическая обработка данных  $f_{12}$  осуществляется целью раннего обнаружения опасностей и угроз. Регрессионный анализ или использование прогностических моделей позволяет описать динамику обстановки в среднесрочный период (1-3) дня, достаточный для приведения в готовность  $O_2$  и  $O_3$ . По результатам обработки строятся тематические представления: отчёты, веб-страницы, визуализирующие оперативную обстановку в виде динамических таблиц, карт и графиков. При наличии расчётных методик реализуется моделирование  $f_{13}$  распространения опасных факторов для формирования сценариев развития ситуаций и способов реагирования. Отображение результатов  $f_{15}$  реализуется в виде динамических таблиц, настраиваемых графиков и диаграмм, интерактивных карт, охватывающих зону контроля.

При оперативном реагировании  $g_2$  сбор данных  $f_{21}$  локализуется по месту возникновения опасной ситуации. Процесс обработки  $f_{22}$  заключается в получении наиболее полной информации о характеристиках ситуации: возможных последствиях, необходимых силах и средствах, действиях по защите населения и территорий, ликвидации ЧС. Информация об опасной ситуации формируется из имеющихся и собираемых онлайн данных, а также при моделировании  $f_{23}$  масштабов и динамики ситуации. Функция  $f_{24}$  реализуется для формирования рекомендаций, управления процессами ситуационного моделирования. Визуализация  $f_{25}$  заключается в формировании крупномасштабной карты события, отображения потерь, последствий, формирований, мероприятий, информации об управлении в аналогичных ситуациях.

Стратегическое планирование  $g_3$  основывается на аналитической обработке  $f_{32}$  всего объёма мониторинговых данных, включая архивы наблюдений, характеристики территорий и инфраструктуры, собранные в повседневном режиме. Сбор данных  $f_{31}$  включает контроль проведения мероприятий и дополнительные характеристики территорий, например, структуру бюджета,

степень износа объектов техносферы. В отличие от оперативного управления здесь отсутствует фактор дефицита времени, работа систем ориентирована на использование динамической визуализации результатов анализа состояния безопасности территорий для поиска и обоснования эффективных методов управления. Функция  $f_{33}$  включает моделирование ситуаций при необходимости использования данных о масштабах последствий конкретных сценариев реализации ЧС для оценивания рисков. Результаты оценки визуализируются в виде динамических картограмм, динамика проведения мероприятий – графических представлений (например, диаграмм Ганта) и поясняющих таблиц.

**Информационные представления**, формируемые в процессе поддержки принятия решений:  $Y = \{C, A, D, M\}$ , где

$C$  – тексты, сформированные в результате работы экспертной системы;

$A$  – таблицы;

$U$  – представления данных в виде графиков или диаграмм;

$M$  – динамические карты. В свою очередь,  $C = \{c_1, c_2\}$ , где

$c_1$  – нумерованные списки;

$c_2$  – произвольные тексты.

$A = \{a_1, a_2\}$ , где

$a_1$  – результаты запросов к базе данных;

$a_2$  – кросс-таблицы.

$U = \{u_1, u_2, u_3, u_4\}$ , где

$u_1$  – графики;

$u_2$  – гистограммы;

$u_3$  – круговые диаграммы;

$u_4$  – биржевые графики.

$M = \{m_1, m_2, m_3\}$ , где

$m_1$  – тематические слои, отображённые на веб-основе;

$m_2$  – слои на цифровой основе;

$m_3$  – динамические картограммы. Далее приведены примеры информационных представлений  $y_i$  различных задач  $t_{gj}$ .

На рисунке 2.1 схематично показана семантика взаимодействия базовых элементов модели  $M$ .



Рисунок 2.1 – Схема взаимодействия базовых элементов

С точки зрения семантики модель  $M$  интегрирует два аспекта: элементы  $G$ ,  $T$ ,  $L$  описывают сферу управления природно-техногенной безопасностью (красный цвет элементов); элементы  $F$ ,  $IT$  – информационные технологии и системы (синий цвет элементов) и их взаимодействие через  $R$ . Описание видов информационных ресурсов рассмотрено как с позиций управления безопасностью  $S$ , так и в качестве множества представлений в информационно-аналитических системах  $D$ . Информационно-аналитические системы поддержки управления безопасностью создаются на основе использования информационных технологий в приложении к конкретной предметной области.

Смысловые отношения между сущностями рисунка описываются элементами множества  $M$ . Детализация процессов обеспечения решения всех задач  $T$  через последовательную реализацию функций  $F$ , трансформирующих

информационные ресурсы  $R$  в представления  $Y$  с использованием информационных технологий  $IT$  показана далее.

Представленная семантика взаимодействия элементов в модели  $M$  позволяет описать информационные процессы решения задач управления  $T$  при использовании различных информационных технологий  $IT$  и видов информационных ресурсов  $R$ . Семантика взаимодействия модели  $M$  сохраняется при увеличении количества базовых элементов, описывающих сферу управления природно-техногенной безопасностью  $G, T, L$ , а также элементов  $R, IT, F, Y$ , формирующих информационную поддержку управления [261].

## 2.2 ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОВ РЕШЕНИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ ЗАДАЧ

В общем виде процессы решения задач управления  $t$  можно представить как отображение  $t: d \xrightarrow{f} y$ . Для обозначения отображения  $t$  будем использовать обозначение представляемой задачи;  $d$  – представляет исходные информационные ресурсы;  $y$  – результаты решения задачи;  $f$  – функции, выполнение которых необходимо для решения задачи;  $it$  – используемые информационные технологии.

Такое представление интерпретируется как получение результатов решения задач  $T$  в виде элементов множества  $Y$  с использованием информационных ресурсов  $D$  и информационных технологий  $IT$ , реализующих функции  $F$ .

Рассмотрим конкретные представления для перечисленных выше задач.

$$\begin{aligned}
 t_{11} : \{d_1, d_3, d_2, d_4\} &\xrightarrow{(f_{11}, f_{12}, f_{15})} \{m_1, u_1, a_2\} && \text{– оперативная идентификация} \\
 & && \text{опасностей и угроз;} \\
 t_{12} : \{d_1, d_2, d_3, d_4, d_5\} &\xrightarrow{(f_{13}, f_{14}, f_{15})} \{a_1, m_2, c_1, c_2\} && \text{– формирование сценариев} \\
 & && \text{ситуаций;} \\
 t_{13} : \{d_1, d_3, d_4\} &\xrightarrow{(f_{11}, f_{12}, f_{15})} \{m_1, m_3, c_2, a_2\} && \text{– прогнозирование} \\
 & && \text{обстановки;}
 \end{aligned}$$

$$t_{14} : \{d_2, d_5\} \xrightarrow{f_{12}, f_{15}, f_{16}}_{it_5, it_1, it_6} \{a_1, c_1\}$$

– оповещение и информирование;

$$t_{21} : \{d_1, d_2, d_3, d_4, d_5\} \xrightarrow{f_{23}, f_{24}, f_{25}}_{(it_5+it_1+it_4), (it_5+it_4+it_6)} \{a_1, m_2, c_1, c_2\}$$

– ликвидация опасных факторов ситуаций;

$$t_{21} : \{d_1, d_2, d_3, d_4, d_5\} \xrightarrow{f_{23}, f_{24}, f_{25}}_{(it_5+it_1+it_4), (it_5+it_4+it_6)} \{a_1, m_2, c_1, c_2\}$$

– проведение мероприятий защиты;

$$t_{31} : \{d_2, d_3, d_4\} \xrightarrow{f_{32}, f_{33}, f_{36}}_{(it_1+it_3), (it_3+it_4+it_6)} \{a_2, m_3, u_2, u_3\}$$

– оценивание рисков;

$$t_{32} : \{d_2, d_3, d_4, d_5\} \xrightarrow{f_{31}, f_{32}, f_{33}, f_{35}}_{(it_1+it_3), (it_5+it_3+it_4)} \{a_2, u_1, m_3\}$$

– контроль проведения мероприятий по снижению территориальных рисков.

При решении задач управления требуются различные виды информационных ресурсов  $R$ . Например, в процессе оценивания территориальных рисков  $t_{31}$  задействованы все виды  $R$ , поскольку для комплексного анализа требуются практически все данные мониторинга опасностей, характеристики территорий  $O_2$ , состояние сил и средств территориальной подсистемы РСЧС  $O_3$  [344].

Обозначения вида  $(it_1 + it_2 + it_3)$  интерпретируются как интеграция технологий. В процессе решения задач информационно-аналитической поддержки  $t_{11}$ ,  $t_{13}$ ,  $t_{31}$ ,  $t_{32}$  технология OLAP  $it_3$  использует основной массив данных, извлекаемых из хранилища с использованием технологии  $it_1$ , а также систему измерений в виде справочников и классификаторов, организованных с использованием технологии  $it_2$ . Перечисления через запятую означают последовательное использование технологий  $it$  и выполнение функций  $f$ .

**Оперативная идентификация опасностей и угроз.** Процесс решения задачи оперативной идентификации опасностей и угроз

$$t_{11} : \{d_1, d_3, d_2, d_4\} \xrightarrow{f_{11}, f_{12}, f_{15}}_{(it_1+it_2+it_3), (it_6+it_3+it_4)} \{m_1, u_1, a_2\}$$

представляет реализацию

отображения из данных оперативного мониторинга процессов  $d_3$ , справочников, содержащих перечни пунктов измерений с данными об их местоположении, списках сенсоров, критериев опасностей и угроз  $d_1$ , сведений о террито-

риях  $d_2$ , данных для формирования карт  $d_4$  в представления, содержащие: динамические карты  $m_1$ , кросс-таблицы  $a_2$ , при идентификации угрозы или опасности – график  $d_3$  изменения контролируемых параметров в пункте наблюдений, иллюстрирующий «срабатывание семафора». В процессе решения задачи используются технологии хранилищ данных  $it_1$ , аналитической обработки  $it_3$ , ГИС  $it_4$ . Процесс включает последовательное выполнение функций  $f_{11}$  – сбор и консолидации данных,  $f_{12}$  – оперативного анализа данных для идентификации опасностей,  $f_{15}$  – визуализация результатов обработки.

**Формирование возможных сценариев ЧС.** Представление решения задачи формирования возможных сценариев из баз знаний и других видов информационных ресурсов

$$t_{12} : \{d_1, d_2, d_3, d_4, d_5\} \xrightarrow[(it_5+it_1+it_4), (it_5+it_4+it_6)]{f_{13}, f_{14}, f_{15}} \{a_1, m_2, c_1, c_2\}.$$

Исходными являются данные  $d_2$  о защищаемых объектах  $O_2$ , объектах управления  $O_3$  и исходные данные  $d_3$  для моделирования опасных процессов  $O_1$ . Сценарий формируется с использованием баз знаний  $d_5$  и картографической информации  $d_4$ . Состав решений для моделируемой ситуации формируется из следующих элементов:  $a_1$  – перечни сил и средств  $O_3$ , реагирующих на событие, объекты  $O_2$ , попадающие в зону действия поражающих факторов,  $a_1$  – перечень мероприятий, выполняемых последовательно или параллельно, проект оперативной карты  $m_1$ , текстовые пояснения обстановки  $c_1$ , формируемые на основе баз знаний, а также сохранённые уточнения экспертов по особенностям ситуаций. Процесс обработки заключается в последовательном выполнении функций:  $f_{13}$  – моделирование ситуаций и картографической визуализации результатов расчётов,  $f_{14}$  – формирование рекомендаций в виде динамических форм. При отсутствии методик моделирования результатом выполнения функции  $f_{13}$  будет картографическая визуализация ситуации.

Результатом выполнения задачи  $t_{12}$  являются новые знания  $d_5$ , используемые для формирования рекомендаций. Другие информационные ресурсы формируются через реализацию функций  $f$  с использованием информацион-

ных технологии  $it$ . Представления  $u$  реализуют контроль качества данных. Для формирования системообразующих элементов  $d_1$  применяется технология ведения справочников и классификаторов  $it_2$ . Для формирования и контроля данных, отображаемые на картах  $d_4$  применяется геоинформационная технология  $it_4$ . Формирование описаний объектов  $d_2$  и процессов  $d_3$  происходит из внешних источников с использованием технологий хранения данных  $it_1$ . Для контроля данных мониторинга процессов  $d_3$ , обновление которых происходит непрерывно, функция визуализации  $f_{15}$  реализуется с использованием веб-технологий  $it_6$ . Решение задачи возможно двумя способами: формализацией описания уже произошедших ситуаций или моделированием возможных событий экспертами. Использование технологий распределённого хранения позволяет сформировать федеральную базу знаний. Особую ценность рекомендации сформированные рекомендации имеют на уровнях  $l_2$  и  $l_3$ , где, как правило, отсутствует опыт управления при возникновении редких событий большого масштаба.

**Прогнозирование обстановки.** Процесс решения задачи прогнозирования ситуаций, на возникновение которых оказывают влияние неблагоприятные метеорологические, гидрологические и другие прогнозируемые факторы  $t_{13} : \{d_1, d_3, d_4\} \xrightarrow{(it_1+it_3), (it_3+it_4+it_6)} \{m_1, m_3, c_2, a_2\}$ . Исходными являются данные мониторинга, полученные онлайн, в том числе прогноз погоды  $d_3$ ; справочные данные  $d_1$ , содержащие критерии угроз; данные для отображения на картах  $d_4$ . В результате аналитической обработки массива точек измерения формируется динамическая карта прогноза  $m_2$ , аналогичная карте оперативной обстановки. При идентификации угроз или опасностей с использованием технологии ГИС  $it_4$  формируется таблица территорий, на которых складываются предпосылки ЧС  $a_1$  и картограмма  $m_3$ , графически иллюстрирующая распространение опасных факторов. В зависимости от характера угроз и сезона с использованием технологии  $it_5$  формируется текст предупреждения. Процесс

обработки заключается в последовательном выполнении функций  $f_{11}$  – сбор и консолидация данных,  $f_{12}$  – оперативный анализ и идентификация опасностей в прогностических данных,  $f_{15}$  – визуализация результатов, реализованных с использованием аналитических технологий  $it_3$ , ГИС  $it_4$  и веб  $it_6$ .

**Оповещение и информирование.** Процесс решения задачи оповещения и информирования  $t_{14} : \{d_2, d_3\} \xrightarrow{f_{12}, f_{15}, f_{16}}_{it_3, it_4, it_6} \{a_1, c_1\}$ . Исходными являются данные  $d_2$  о защищаемых объектах  $O_2$ , объектах управления  $O_3$  из которых формируются списки оповещения руководящих лиц и населения, а также базы знаний  $d_3$  с фрагментами транслируемых текстов. В результате формируется таблица получателей сообщения  $a_1$  и текст оповещения  $c_2$ , передаваемый с использованием голосовой связи, смс-рассылки, сообщений на сайте, в социальных сетях, мобильных приложениях. Для решения задачи задействованы технологии анализа  $it_3$  и интеллектуальных систем  $it_5$ . Процесс обработки заключается в последовательном выполнении функций  $f_{12}$  – формирование выборки оповещаемых на основе параметров опасной ситуации  $d_2$ ,  $f_{14}$  – формирование сообщения из сохранённых в базе знаний фрагментов текстов для последующей рассылки с использованием веб-технологии  $it_6$ .

**Управление ликвидацией опасной ситуации.** Пример решения задачи информационной поддержки управления ликвидацией ЧС и других опасных ситуаций  $t_{21} : \{d_1, d_2, d_3, d_4, d_5\} \xrightarrow{f_{23}, f_{24}, f_{25}}_{(it_5+it_7+it_4), (it_5+it_4+it_6)} \{a_1, m_2, c_1, c_2\}$ . Отображение реализовано из данных  $d_2$  о защищаемых объектах  $O_2$ , объектах управления  $O_3$ . Исходными данными  $O_1$  ситуационного моделирования является оперативная информация – донесения о складывающейся обстановки на месте ЧС. Представления:  $a_1$  – перечни сил и средств  $O_3$ , реагирующих на событие,  $c_1$  – перечень мероприятий по локализации и ликвидации опасных факторов ситуации, оперативная карта обстановки  $m_2$ , текстовые пояснения обстановки  $c_2$ . В процессе решения задачи используется интеграция интеллектуальных

технологий  $it_5$ , работающие с базами знаний  $d_5$  и ГИС  $it_4$ , использующей пространственные данные  $d_4$ . Перечни формируются с использованием технологий хранилищ данных  $it_1$ , константы для выполнения расчётов запрашиваются из справочников. Процесс обработки заключается в последовательном выполнении функций:  $f_{21}$  – получение данных о событии,  $f_{23}$  – моделирование ситуаций и картографическая визуализация результатов,  $f_{24}$  – консолидация результатов обработки и формирование решений,  $f_{25}$  – динамическая визуализация результатов.

**Проведение мероприятий защиты.** Процесс решения

$t_{21} : \{d_1, d_2, d_3, d_4, d_5\} \xrightarrow[(it_5+it_1+it_4), (it_5+it_4+it_6)]{f_{23}, f_{24}, f_{25}} \{a_1, m_2, c_2\}$  аналогичен предыдущей задаче  $t_{21}$ .

Отображение реализовано из данных  $d_2$  о защищаемых объектах  $O_2$ , объектах управления  $O_3$ , привлекаемых к проведению мероприятий защиты. Для формирования решений используются справочники  $d_1$ , классифицирующие защищаемые объекты  $O_2$  по степени приоритетности, возможности объектов управления  $O_3$ . В процессе решения задачи используется интеграция интеллектуальных технологий  $it_5$ , работающих с базами знаний  $d_5$  и ГИС  $it_4$ , использующей пространственные данные  $d_4$ . Перечни формируются с использованием технологий хранилищ данных  $it_1$ , константы для выполнения расчётов запрашиваются из справочников. Процесс обработки заключается в последовательном выполнении функций:  $f_{21}$  – получение данных о событии,  $f_{24}$  – консолидация результатов обработки в интерактивный отчёт и формирование решений. Состав решений:  $a_1$  – перечни сил и средств  $O_3$ , проводящих мероприятия защиты населения и территорий, защищаемые объекты  $O_2$  с их характеристиками,  $a_1$  – перечень мероприятий защиты на весь период ликвидации ситуации и её последствий, оперативная карта обстановки  $m_1$ , текстовые уточнения особенностей проведения мероприятий  $c_2$ .

**Комплексное оценивание рисков территорий.** В процессе решения задачи комплексного оценивания рисков территорий  $t_{31} : \{d_2, d_3, d_4\} \xrightarrow{(it_1+it_3), (it_3+it_4+it_6)}^{f_{32}, f_{33}, f_{36}} \{a_2, m_3, u_2, u_3\}$  используется, как правило, весь объём данных об опасностях процессов  $d_3$  и защищённости объектов  $d_2$ . Технология OLAP  $it_3$  используется для построения аналитических моделей, состав которых зависит от характера поставленной задачи управления, вида ЧС и исследуемой территории. Задача комплексного оценивания решается также с использованием Data Mining и других технологий. Технология ГИС  $it_4$  используется для визуализации результатов оценивания и, при необходимости, для картографического анализа. Организация хранилищ данных  $it_1$  позволяет ускорить процесс аналитической обработки [126]. Поддержка стратегических решений имеет следующий состав:  $a_2$  – динамическая таблица показателей безопасности территорий с их характеристиками, показывающая их вклад величину рисков, возможность управления, стоимость и т.д.; динамическая картограмма интегральных показателей безопасности территорий  $m_3$ ; таблица предлагаемых превентивных мероприятий  $a_2$ , сформированная с использованием интеллектуальной технологии  $it_6$ . Выполняемые функции – аналитическое моделирование  $f_{32}$  и визуализация данных различными способами  $f_{35}$ . При необходимости дополнительной оценки состояния безопасности территорий (вклада потенциально опасных объектов техносферы) задействуется функция ситуационного моделирования  $f_{33}$ .

**Контроль проведения мероприятий по снижению рисков.** Процесс решения задачи контроля проведения мероприятий по снижению рисков  $t_{32} : \{d_2, d_3, d_4, d_5\} \xrightarrow{(it_1+it_3), (it_5+it_3+it_4)}^{f_{31}, f_{32}, f_{33}, f_{35}} \{a_2, u_1, m_3\}$ . Исходными являются данные  $d_3$  о проводимых мероприятиях и количественные критерии их выполнения, задающиеся экспертно и содержащиеся в справочных таблицах  $d_1$ . Отчёт по результатам контроля состоит из:  $a_2$  – динамическая таблица показателей, графической визуализации контролируемых показателей  $d_1, d_2, d_3$  и динамиче-

ской картограммы  $m_3$ . Функции аналитического моделирования  $f_{32}$  и визуализации данных  $f_{35}$  реализуются с использованием OLAP  $it_3$  или других технологий анализа. Дополнительно могут быть использованы функция сбора данных о ходе работ  $f_{31}$  и технология ГИС  $it_4$  для формирования картограмм.

### 2.3 ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 2

Разработана семиотическая системная модель поддержки управления природно-техногенной безопасностью региона, отражающая синтаксис, семантику и прагматику формирования управленческих решений на основе систематизации информационных ресурсов и интеграции информационных технологий. Научная новизна состоит в том, что построенная модель представляет процессы управления в различных режимах функционирования посредством связывания функциональных задач с технологиями их реализации, что позволяет обосновать унифицированные требования к архитектуре и составу данных информационно-аналитических систем различной направленности.

Предложенная системная модель  $M = \langle G, T, L, R, IT, F, Y \rangle$  даёт семиотическое представление процессов управления, информационных ресурсов и технологий. Здесь  $G$  – процессы управления;  $T$  – задачи управления;  $L$  – уровни территориального управления;  $R$  – информационные ресурсы;  $IT$  – информационные технологии;  $F$  – функции обработки информации;  $Y$  – представления решений.

Поддержка управления природно-техногенной безопасностью рассматривается для процессов  $G$ , включающих повседневное функционирование системы обеспечения безопасности территорий, оперативное управление при возникновении опасных ситуаций, а также стратегическое планирование превентивных мероприятий. Задачи управления превентивными и оперативными мероприятиями при возникновении ЧС, раннего обнаружения опасностей и угроз  $T$  решаются на разных уровнях иерархии территориального

управления  $L$ . Для этого требуются информационные ресурсы  $R$  разного объёма и содержания.

Информационные ресурсы  $R$  в модели описываются двумя подмножествами  $S, D$ , где  $S, D \subset R$ ;  $S$  – виды информационных ресурсов, использующихся для информационной поддержки управления природно-техногенной безопасностью территорий, отражающие понятийный аппарат лиц, принимающих решения (сведения);  $D$  – виды информационных ресурсов, использующихся при построении информационно-аналитических систем поддержки управления (данные). Информационно-аналитические системы обеспечивают информационную поддержку управления за счёт выполнения функций  $F$  сбора, обработки и представления информационных ресурсов  $D$  с использованием разных информационных технологий  $IT$ .

Функции обработки информации, использующиеся в процессах решения задач управления, описаны через отношения элементов множеств модели. Реализация функций на разных уровнях управления показана на конкретных примерах. Описание режимов функционирования как совокупности задач управления с технологиями информационной поддержки их решения, позволило обосновать унифицированные требования к архитектуре и составу данных информационно-аналитических систем различной направленности.

Детализация и особенности решений всех задач управления  $t$  представлена в виде отображений  $t: d \xrightarrow[it]{f} y$ , где  $t$  – задача управления;  $d$  – исходные информационные ресурсы;  $y$  – результаты (состав) решения;  $it$  – информационные технологии, реализующие функции  $f$ . Рассмотрены конкретные представления для следующих задач управления: оперативная идентификация опасностей и угроз; формирование сценариев ситуаций; прогнозирование обстановки; оповещение и информирование; ликвидация опасных факторов ситуаций; проведение мероприятий защиты; оценивание рисков; контроль проведения мероприятий по снижению территориальных рисков. В приведённых

примерах решения перечисленных задач конкретизировано содержание элементов множеств  $d$ ,  $it$ ,  $y$ , а также последовательность выполнения функций  $f$ .

Отображения позволяют описать виды информационных ресурсов, требующихся для поддержки принятия решений, информационные технологии, реализующие функции сбора, обработки и представления информации. При решении практически всех задач управления возникает необходимость интеграции различных технологий для обработки разных информационных ресурсов и формирования комплексной поддержки управления. Последовательность выполнения функций детализирована в следующих главах.

## ГЛАВА 3 ОБОБЩЁННАЯ СИСТЕМНАЯ АРХИТЕКТУРА КАК РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМНОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ

### 3.1 ПРИНЦИПЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ РЕШЕНИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Рассмотрим перечисленные в предыдущем разделе представления вида  $t: d \xrightarrow[it]{f} y$  с точки зрения реализации процессов решения управленческих задач в информационно-аналитических системах. Наиболее распространённым стандартизованным подходом описания и моделирования сложных систем является методологии IDEFx. Структурированные представления в данных нотациях дают адекватное и достаточно полное представление функционирования сложных систем [98, 171].

Диаграммы функционирования в нотациях IDEF0 и IDEF3 детализируют представления в подпроцессы (функции  $F$ ) с входными данными  $D$  [154, 76]. Результаты решения задач  $T$  представлены элементами множества  $Y$ . Технологии  $IT$  используются в качестве ресурсов (нижняя часть). В верхней части показаны управляющие воздействия – правила выполнения подпроцессов.

#### 3.1.1 Оперативная идентификация опасностей и угроз

Реализация процесса решения задачи оперативной идентификации опасностей и угроз  $t_{11} : \{d_1, d_3, d_2, d_4\} \xrightarrow[(it_1+it_2+it_3), (it_6+it_3+it_4)]{f_{11}, f_{12}, f_{15}} \{m_1, u_1, a_2\}$  представлена на Рисунке 3.1 в виде диаграммы IDEF3.

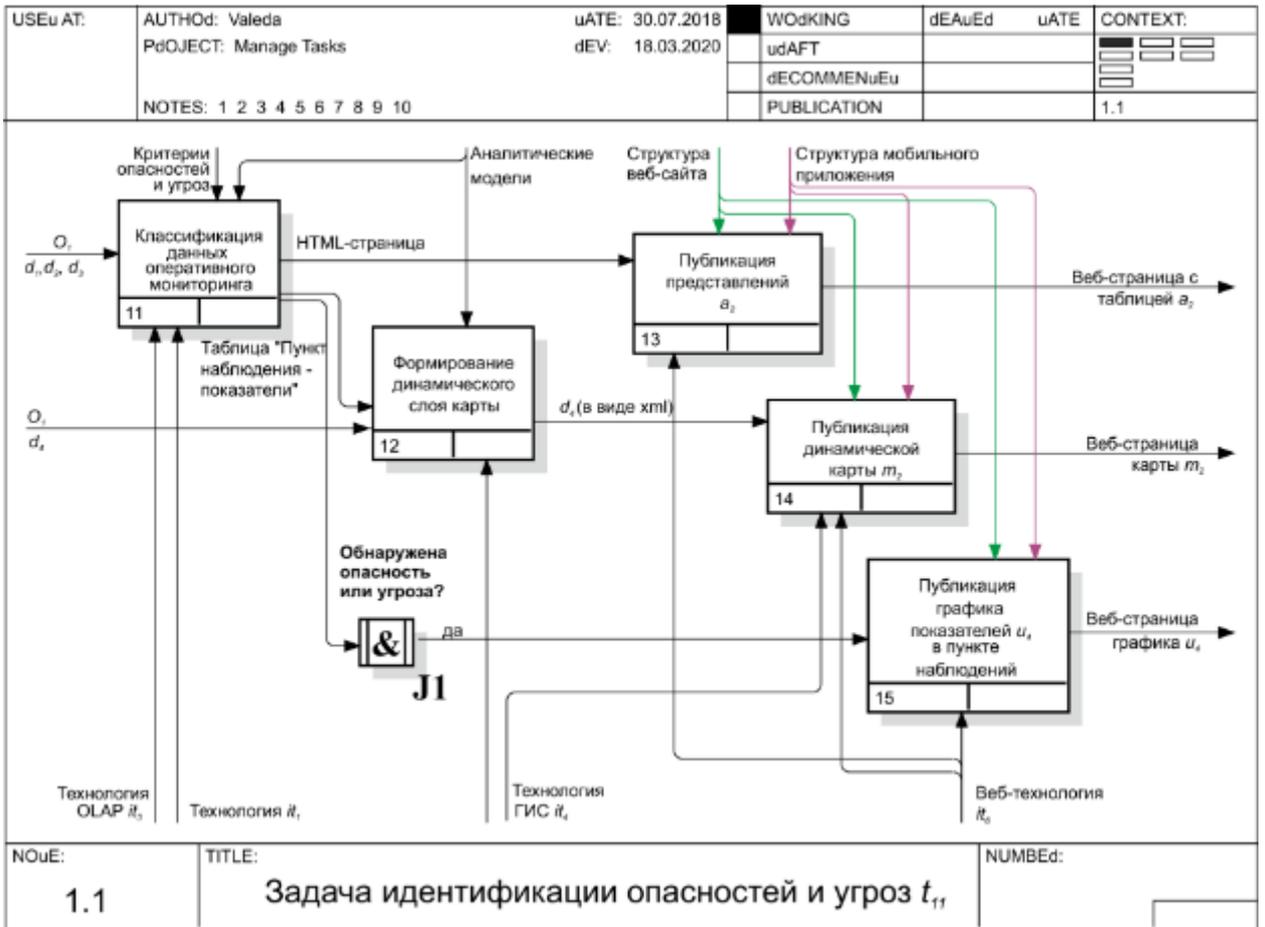


Рисунок 3.1 – Процесс решения задачи  $t_{11}$  – идентификации опасностей и угроз в потоках данных оперативного комплексного мониторинга обстановки

После выполнения консолидации данных по заданному расписанию обновляется аналитическая модель оценки оперативной обстановки и формируется xml файл с результатами наблюдений для отображения на динамической карте. Кросс-таблица преобразуется в html-формат с подсвеченными данными.

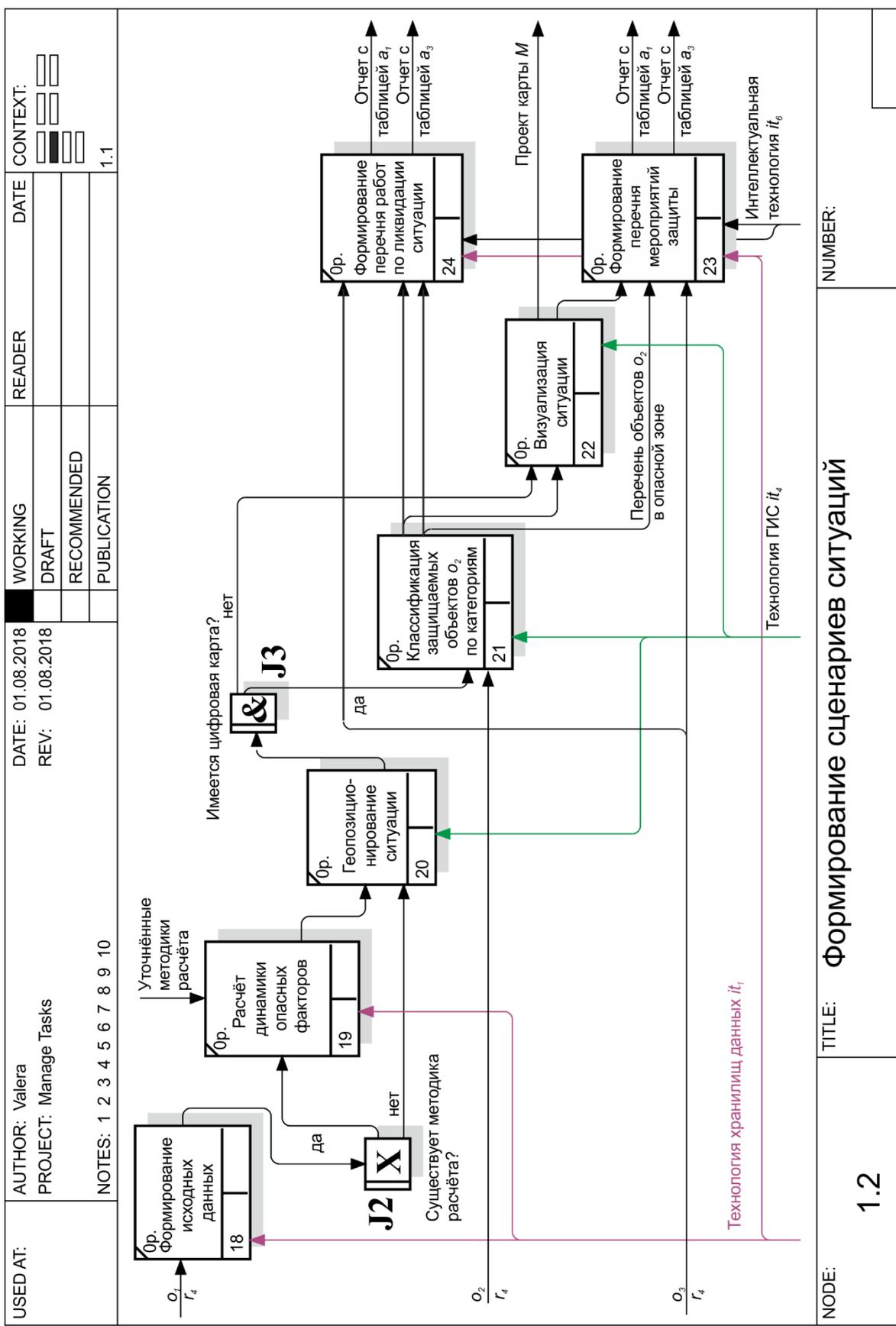
Процесс веб-публикации графика наблюдений выполняется только в случае выхода показателей наблюдений за допустимые пределы, установленные критериями опасностей и угроз. Если для идентификации опасностей достаточно простое сравнение показателей и критериев, то для идентификации угроз используются несколько различных методов анализа: близость к

критериям опасности, резкое изменение значений, прогностический тренд и другие. Подробно задача идентификации описана в Главе 5.

После формирования набора представлений специальная служба обновляет контент сайта – данные оперативных обстановок, календарь обстановок и архив наблюдений. Для добавления данных в архив используется аналитическая модель фильтрации данных. Например, представления оперативных обстановок могут содержать данные за предыдущие 2-5 суток, тогда как в архив добавляется только последние наблюдения. При использовании приборов наблюдений в архив записываются 2-3 значения: среднесуточные и экстремальные показания.

### 3.1.2 Формирование возможных сценариев ЧС

Реализация процесса решения задачи формирования возможных сценариев ЧС  $t_{12} : \{d_1, d_2, d_3, d_4, d_5\} \xrightarrow[(it_5+it_1+it_4), (it_5+it_4+it_6)]{f_{13}, f_{14}, f_{15}} \{a_1, m_2, c_1, c_2\}$  представлена на Рисунке 3.2 (диаграмма IDEF3).



FORMING SCENARIOS OF SITUATIONS

1.2

Рисунок 3.2 – Процесс решения задачи  $t_{12}$  – формирование возможных сценариев ЧС

Особенностью процесса решения задачи  $t_{12}$  является возможность программной реализации расчётных методик, на основе которых формируется описание ситуации и происходит оценка объёмов работ по ликвидации опасных факторов ЧС и проведения мероприятий защиты.

Использование цифровой карты (как правило, М1:10 000 и крупнее для опасных ситуаций техногенного характера и М 1:100 000 для природных ЧС) позволяет сформировать перечень защищаемых объектов  $O_2$ , от количества и характеристик которых зависит объём и содержание мероприятий защиты, состав и возможности формируемой группировки сил и средств  $O_3$ . Подробно технология ситуационного моделирования описана в Главе 6.

### 3.1.3 Прогнозирование обстановки

Реализация процесса решения задачи прогнозирования ситуаций,  $t_{13} : \{d_1, d_3, d_4\} \xrightarrow{(f_{11}, f_{12}, f_{15})} \{m_1, m_3, c_2, a_2\}$   $(it_1 + it_3), (it_5 + it_4 + it_6)$  представлена на Рисунке 3.3 в виде диаграммы IDEF3. Прогнозирование заключается в оценке вероятности возникновения и возможных масштабов опасных ситуаций, зависящих от неблагоприятных метеорологических, гидрологических и других факторов. Оценочные модели строятся на основе доступных краткосрочных прогнозов сторонних организаций [266]. Для формирования текстов предупреждения используется интеллектуальная технология  $it_5$ . Базы знаний, на основе которых происходит формирование текстов, группируются по видам опасностей. Тексты содержат пояснения, раскрывающие условия проявления прогнозируемых опасностей, таких как масштаб, сезон, особенности территории и т.д.

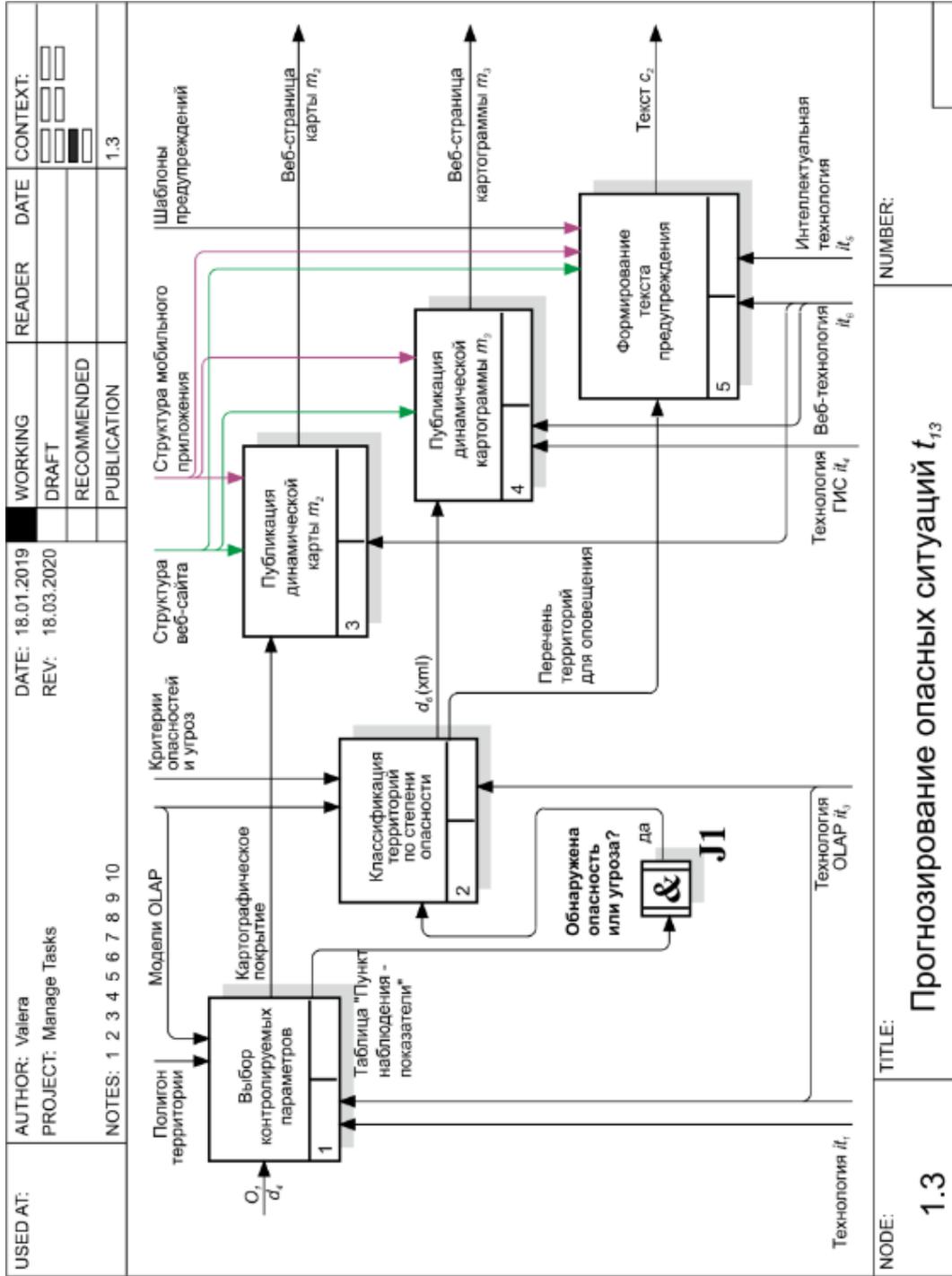


Рисунок 3.3 – Процесс решения задачи  $t_{13}$  – прогнозирование опасных ситуаций

В качестве источника прогностической информации используются данные краткосрочного прогноза погоды (до 10 суток) обновляемый 1 раз в 2-6 часов из внешних интернет-ресурсов, прогнозы уровней воды на водомерных постах, характеристики территорий, представленные в виде формализованных паспортов безопасности, атласов рисков, статистических баз данных [296, 49]. Процесс идентификации опасностей и угроз в  $t_{13}$  аналогичен и  $t_{11}$ . Для видов ЧС, не зависящих от погодных условий, используется оценивание рисков (задача  $t_{31}$ ), основанное на статистических методах.

### 3.1.4 Оповещение и информирование

Реализация процесса решения задачи оповещения и информирования  $t_{14} : \{d_2, d_3\} \xrightarrow{f_{12}, f_{15}, f_{16}} \{a_1, c_1\}$  представлена на Рисунке 3.4 в виде диаграммы IDEF0. На объективном уровне  $l_3$  существует единый перечень оповещаемых, состоящий из руководителей предприятия, организации. Шаблоны текстов готовятся заранее. Их количество зависит от видов возможных аварийных ситуаций. Уровни  $l_1, l_2$  ориентируются на оповещение разных аудиторий (население, руководящий состав, оперативные службы). Разнообразие ситуаций приводит к необходимости разработки более мелких фрагментов текстов экстренных сообщений и информирования.



Рисунок 3.4 – Процесс решения задачи  $t_{14}$  – подготовка решений по оповещению и информированию

Информационная поддержка информирования и оповещения реализована как самостоятельно, так и как часть задач  $t_{11}$ ,  $t_{21}$ ,  $t_{22}$ .

### 3.1.5 Управление ликвидацией опасной ситуации

Реализация процесса решения задачи информационной поддержки управления ликвидацией ЧС и других опасных ситуаций  $t_{21} : \{d_1, d_2, d_3, d_4, d_5\} \xrightarrow{(it_5+it_1+it_d), (it_5+it_4+it_d)}^{f_{23}, f_{24}, f_{25}} \{a_1, m_{2c}, c_2\}$  представлена на Рисунке 3.5 в виде диаграммы IDEF3.



Ещё одно отличие от задачи  $t_{13}$  заключается в краткости представлений элементов множества  $Y$  для принятия решения о выдвигении сил и средств на выдвигения в зону ЧС (опасной ситуации). При получении уточнённых данных с места происшествия происходит повторное решение задачи  $t_{21}$ . Тем самым реализуется адаптивное управление.

### 3.1.6 Проведение мероприятий защиты

Реализация процесса решения задачи проведения мероприятий защиты  $t_{21}$ :  $\{d_1, d_2, d_3, d_4, d_5\} \xrightarrow[(it_5+it_1+it_4), (it_5+it_4+it_6)]{f_{23}, f_{24}, f_{25}} \{a_1, m_{2,c}, c_2\}$ , аналогична предыдущей задаче  $t_{21}$ . На Рисунке 3.6 представлена функциональная диаграмма процесса в нотации IDEF3.

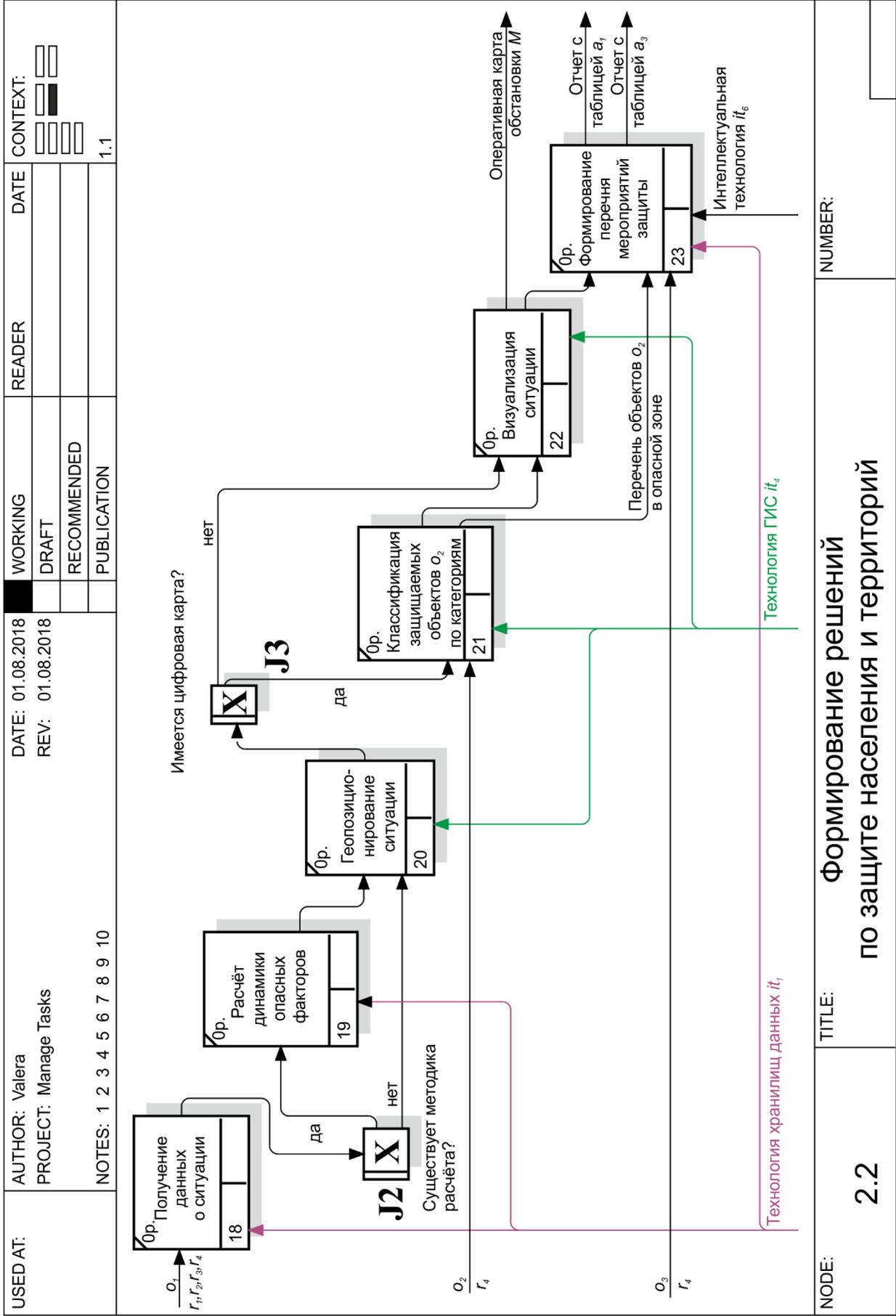


Рисунок 3.6 – Процесс решения задачи  $t_{22}$  – информационное обеспечение управления мероприятиями защиты населения и территорий

Состав решения аналогичен задаче  $t_{21}$ , поскольку в обоих случаях реализуется экстренное реагирование на сигнал об опасной ситуации. Однако большинство ситуаций требует проведения только мероприятий защиты [103]. При возникновении отдельных ЧС техногенного характера (пожары, химические, радиационные аварии) мероприятия по ликвидации опасных факторов ситуации и предотвращение её эскалации проводятся параллельно. Приоритетность выполнения работ, распределение сил и средств устанавливается лицом, принимающим решения исходя из конкретных условий развития ситуации и возможных последствий [397].

### 3.1.7 Комплексное оценивание рисков территорий

Реализация процесса решения задачи комплексного оценивания рисков территорий  $t_{31} : \{d_2, d_3, d_4\} \xrightarrow{(it_1+it_3), (it_3+it_4+it_6)}^{f_{32}, f_{33}, f_{36}} \{a_2, m_3, u_2, u_3\}$  представлена на Рисунке 3.7 в виде диаграммы IDEF3.



Большое разнообразие задач оценивания рисков, используемых информационных ресурсов требует высокой квалификации эксперта – пользователя информационно-аналитической системы для построения линейки уникальных аналитических моделей и настройки представлений результатов анализа. Процесс оценивания рисков, аналогично процессу решения задачи ликвидации ЧС  $t_{21}$  итерационный: эксперт может использовать различные наборы данных для анализа, обосновывая влияние различных факторов на величину комплексного риска территории [302].

### 3.1.8 Контроль проведения мероприятий по снижению рисков

Реализация процесса решения задачи контроля проведения мероприятий по снижению рисков  $t_{32} : \{d_2, d_3, d_4, d_5\} \xrightarrow{(f_{31}, f_{32}, f_{33}, f_{35})} \{(it_1 + it_3), (it_5 + it_3 + it_4)\} \{a_2, u_p, m_3\}$  представлена на Рисунке 3.8 в виде диаграммы IDEF3.

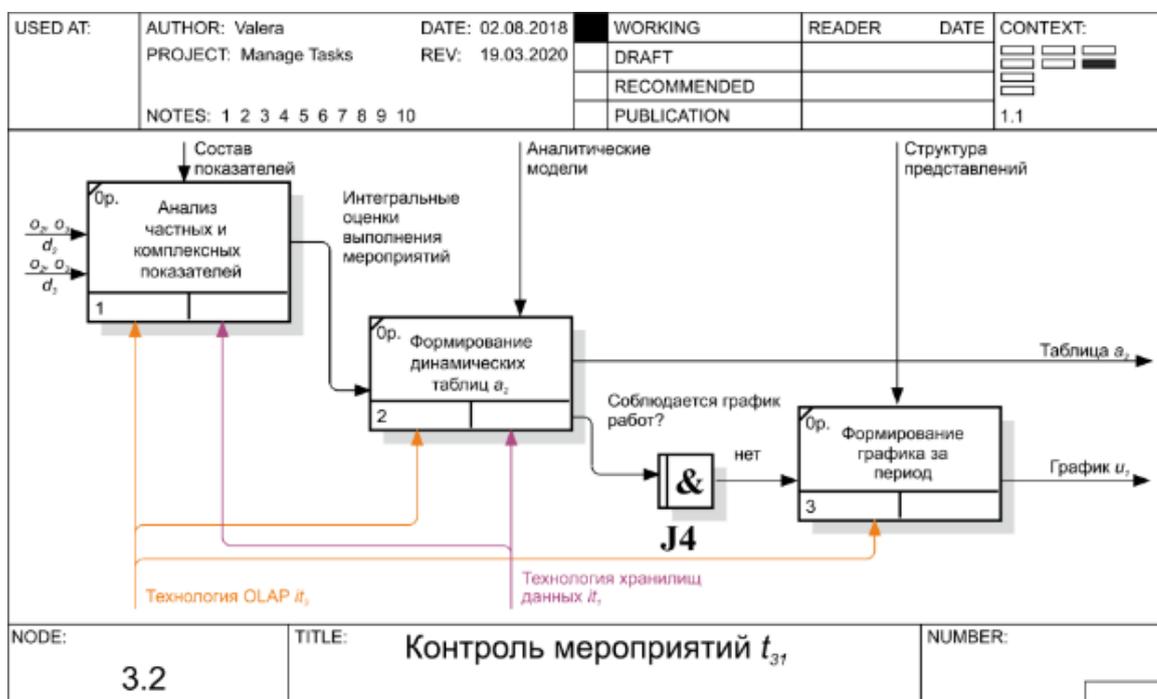


Рисунок 3.8 – Процесс решения задачи  $t_{32}$  – контроль проведения мероприятий по снижению рисков

Помимо проведения «разовых» долгосрочных мероприятий по снижению рисков ЧС, проводимых в рамках госпрограмм, и требующих создания и обоснования аналитических моделей оценки рисков (задача  $t_{31}$ ), описываемый процесс используется для подготовки к циклическим ЧС, вызываемых сезонными рисками. Примеры таких ситуаций: северный завоз, подготовка к отопительному сезону, контроль работы автозимников, паромных и ледовых переправ, подготовка к весеннему паводковому и летнему лесопожарному сезонам.

### 3.2 ОБОБЩЁННАЯ СИСТЕМНАЯ АРХИТЕКТУРА

На основе элементов модели, представлений процессов и принципов реализации управленческих задач, разработана обобщённая системная архитектура информационной поддержки процессов управления природно-техногенной безопасностью территорий, позволяющая создавать мультизадачные проблемно ориентированные программные комплексы территориального управления [279]. Системная архитектура определяет функционал синтезируемой информационно-аналитической системы на основе элементов системной модели  $M$  для разных режимов функционирования  $G$  и разных уровней управления  $L$  природно-техногенной безопасностью территорий, обосновывает выбор программных компонентов для рациональных способов комплексного решения задач управления.

Обобщённая системная архитектура описывает компоненты: хранилище данных с блоком консолидации информационных ресурсов, подсистемы (сервисы) обработки данных, человеко-машинный интерфейс. Расположение блоков аналогично диаграммам IDEFx, представленных на Рисунках 3.1–3.8. Архитектура (Рисунок 3.9) описывает региональный уровень управления  $l_1$ .

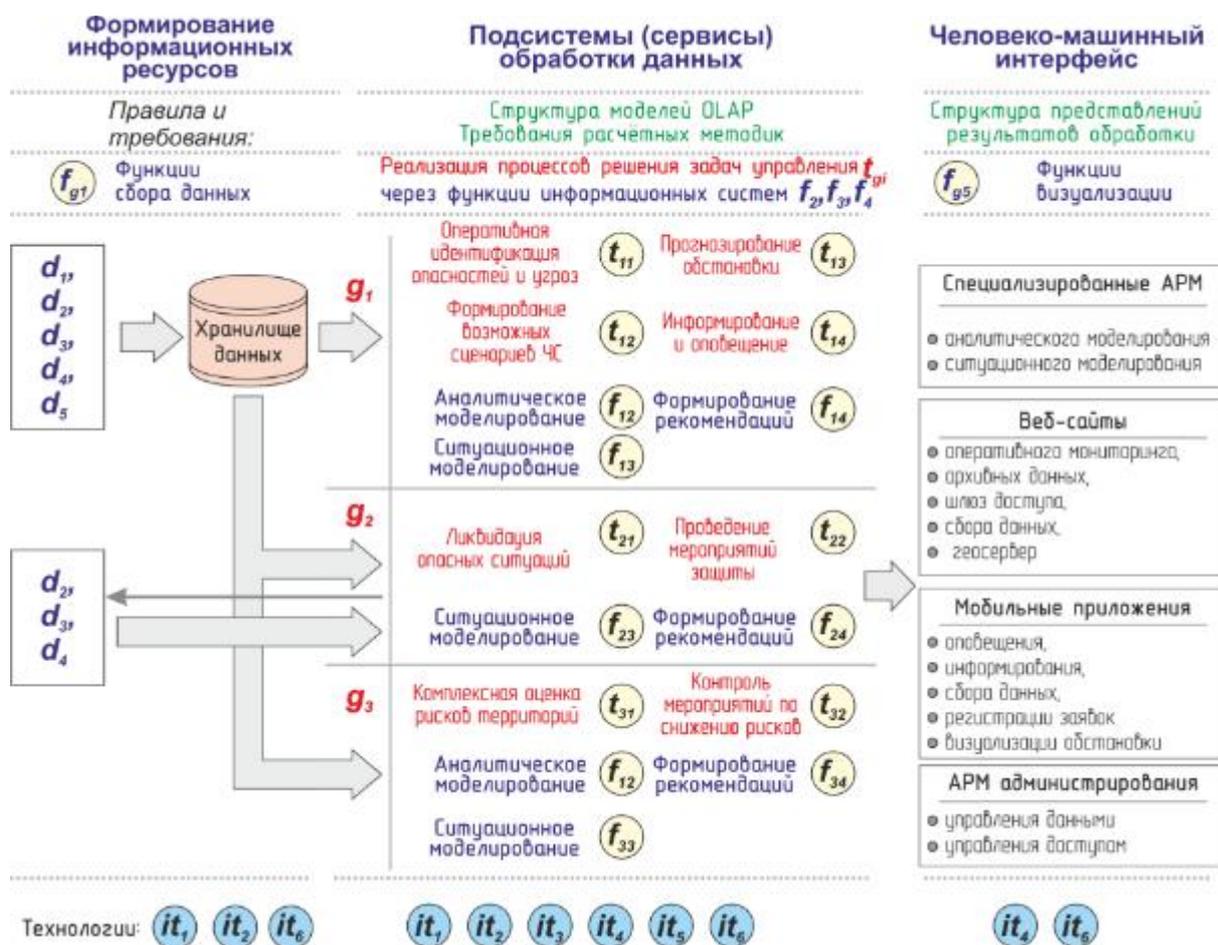


Рисунок 3.9 – Обобщённая системная архитектура информационно-аналитических систем регионального уровня

Процессы **формирования информационных ресурсов** описаны в Главе 4. Все виды данных  $d_1, \dots, d_5$  актуализируются в повседневном режиме функционирования  $g_1$ . При экстренном реагировании  $g_2$  возможно использование данных, описывающих объекты  $d_2$  и процессы  $d_3$ , а также пространственных данных  $d_4$  непосредственно из внешних систем или распределённых ресурсов по соответствующим запросам.

**Подсистемы (сервисы) обработки данных** в системной архитектуре сгруппированы в порядке использования систем разными подразделениями при реализации процессов  $G$ .

Группа I. Процессы комплексного оперативного мониторинга. Разные методы аналитической обработки данных о состоянии природно-техногенной безопасности территорий позволяют выявить и оценить опасности и угрозы в потоках данных  $d_3$ , сформировать прогнозы обстановки, реализовать контроль плановых и сезонных превентивных мероприятий.

Группа II. Процессы подготовки и реализации сценариев действий в ЧС. Процессы решения задач  $t_{12}$  – формирование сценариев ситуаций,  $t_{21}$  – ликвидация опасных факторов ситуаций и  $t_{22}$  – проведение мероприятий защиты идентичны, поэтому системы (сервисы) поддержки оперативного управления строятся на схожих принципах. Отличие задачи  $t_{12}$  от  $t_{21}$  и  $t_{22}$  заключается в использовании получаемых представлений  $Y$ . В повседневном режиме результаты моделирования сохраняются в хранилище данных. При управлении ликвидацией ЧС – предоставляются ЛПР для отдачи приказов и распоряжений.

Группа III. Оценка рисков и планирование долгосрочных мероприятий.

Решение задач стратегического управления  $g_3$  с использованием средств аналитического моделирования предложено в работах [12, 13, 296]. Комплексная оценка рисков проводится с целью планирования и обоснования долгосрочных мероприятий по снижению рисков ЧС природного и техногенного характера, финансируемых из разных источников. Для проведения оценок и контроля мероприятий необходим большой объем информации о территориях, построение риск- и территориально ориентированных OLAP моделей, привлечения к работе групп экспертов высокой квалификации.

Во всех процессах решается задача  $t_{14}$  – доведение информации до получателей. При экстренном оповещении это короткое сообщение, достаточное, для адекватного реагирования с последующим уточнением сложившейся ситуации. В процессах  $g_1$  и  $g_3$  когда для принятия решений существует запас времени, результаты аналитической обработки  $Y$  содержат детальные описания событий объектов с несколькими видами представлений.

Состав и функционал информационно-аналитических систем, представленных в Главе 7, соответствует описанным группам.

Средства веб-администрирования необходимы для настройки и модернизации подсистемы сбора данных, отображения информации на сайте, управления доступом к ресурсам информационно-аналитической системы. По мере развития веб-технологий  $it_5$  возможна реализация удалённой настройки функций консолидации и обработки информационных ресурсов, включая работу с новыми источниками данных, аналитическое и ситуационное моделирование, проектирование представлений  $Y$ .

**Шлюз** позволяет взаимодействовать с другими системами по технологии API. На основе запроса браузера генерируется выборка данных в форматах JSON и XML либо geojson и WMS для пространственных данных

**Мобильные приложения** разрабатываются на кросс-платформенной основе и реализуют функции сбора данных, отображения информации мониторинга обстановки и характеристик территории. Одна из главных функций – передача экстренных сообщений и оперативных предупреждений. Для локализации информации используются средства геопозиционирования, для работы с персонафицированными данными – средства шифрования.

Сверху схемы приведены общие правила и требования, регламентирующие выполнение процессов решения задач  $T$  на диаграммах IDEFx. В основе критериев систематизации входных данных используется структура хранилища данных; выходной информации – требования к видам представлений, шаблоны донесений и отчётных документов. Процессы решения задач ситуационного моделирования  $t_{12}$ ,  $t_{21}$  реализуются с учётом требований расчётных методик оценки последствий ЧС. Табель срочных донесений МЧС России использован для описания процессов ликвидации и проведения мероприятий защиты (задачи  $t_{21}$ ,  $t_{22}$ ). Остальные требования к организации информационных ресурсов и процессов разработаны при участии автора и описаны далее.

Снизу схемы показаны информационные технологии *IT*, использующиеся для реализации компонентов архитектуры. В блоке консолидации информационных ресурсов задействованы технологии хранилищ данных *it<sub>1</sub>*. Человеко-машинный интерфейс реализован с использованием ГИС *it<sub>4</sub>* и веб-технологий *it<sub>6</sub>*. При построении подсистем и сервисов обработки данных задействованы все технологии *it<sub>1</sub>, ..., it<sub>6</sub>*.

### 3.3 ПРИМЕРЫ ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ АРХИТЕКТУР

На рисунках 3.11–3.13 приведены примеры реализации системной архитектуры. Муниципальный уровень управления характеризуется меньшим количеством задач управления. Часть информации (например, прогнозы обстановки или данные ведомственных систем мониторинга) поступают от информационно-аналитических систем регионального уровня в обработанном виде. Формирование и верификация сценариев, оценивание рисков для принятия стратегических решений и другие задачи управления, требующие высокой квалификации специалистов, также решаются на уровне *l<sub>1</sub>*. Системообразующие данные также корректируются только на *l<sub>1</sub>*. В муниципалитетах реализуются абонентские пункты территориальных информационно-аналитических систем с локальными хранилищами данных, синхронизированными с региональным хранилищем данных. На уровне *l<sub>2</sub>* приоритетами функционирования являются сбор стандартизованных донесений в повседневном режиме *g<sub>1</sub>*, использование заранее подготовленных сценариев действий для формирования решений в оперативном режиме *g<sub>2</sub>*.

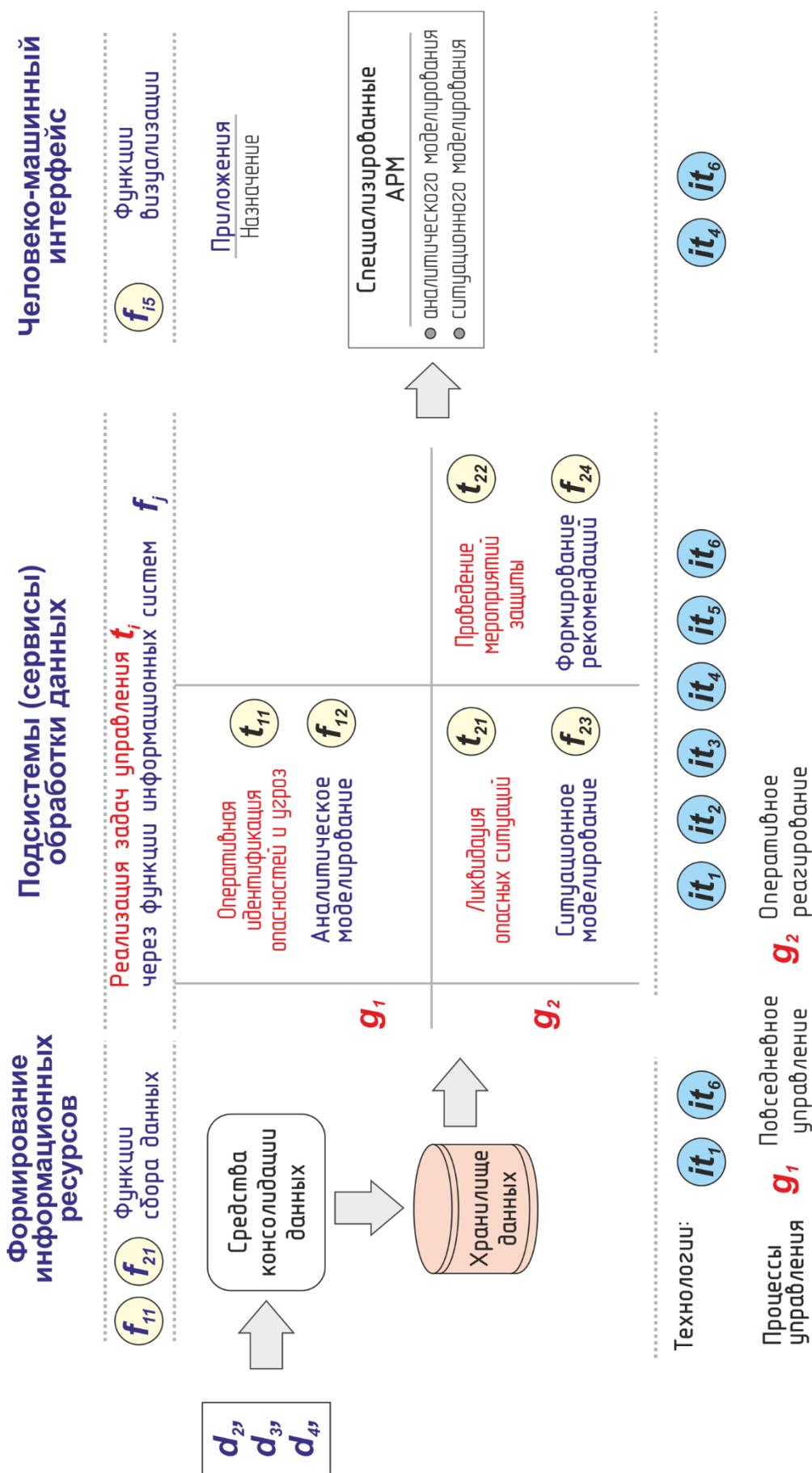


Рисунок 3.10 – Пример архитектуры информационно-аналитической системы муниципального уровня управления

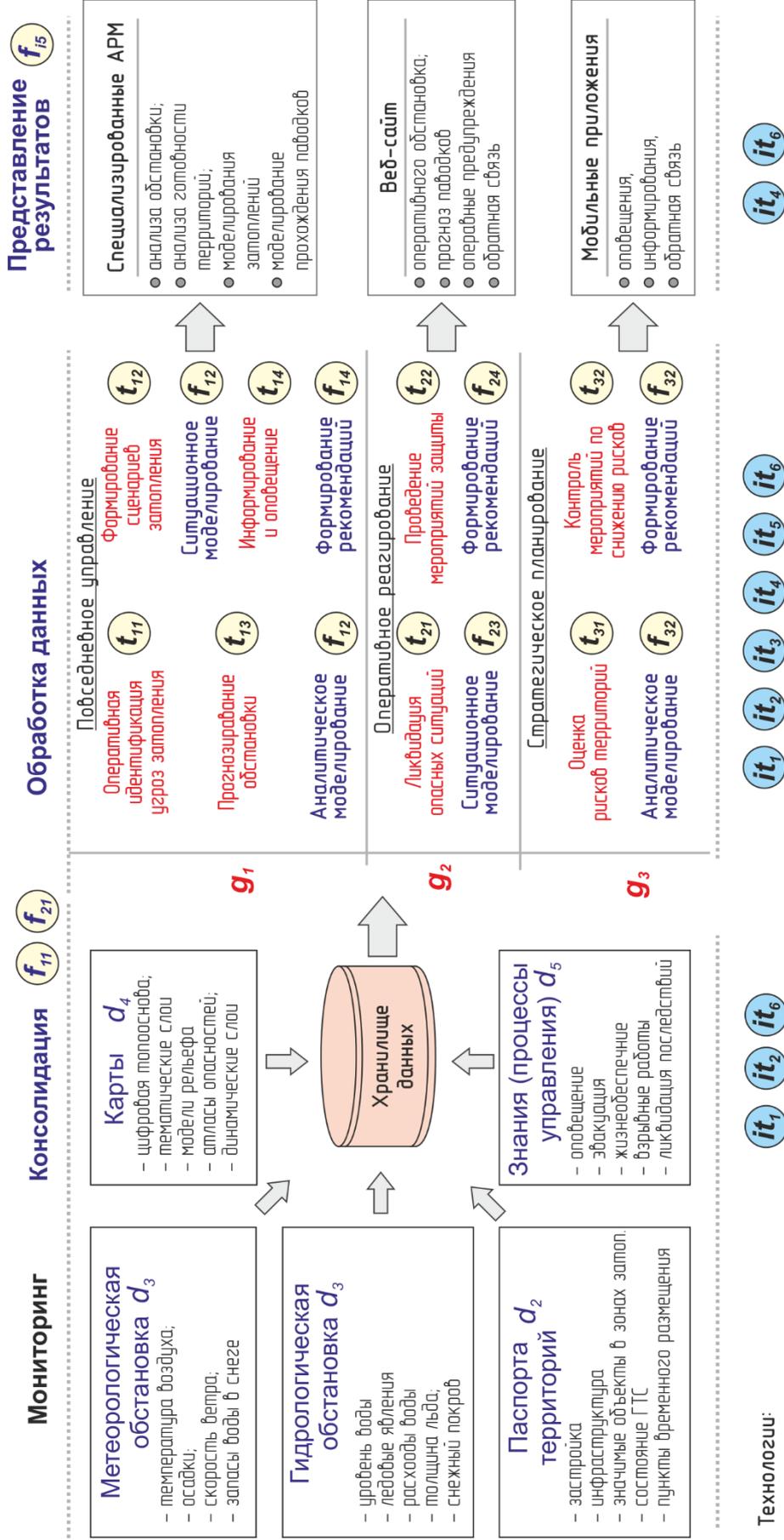


Рисунок 3.11 – Архитектура информационно-аналитической системы, предназначенной для решения задач управления, связанных с затоплением территорий

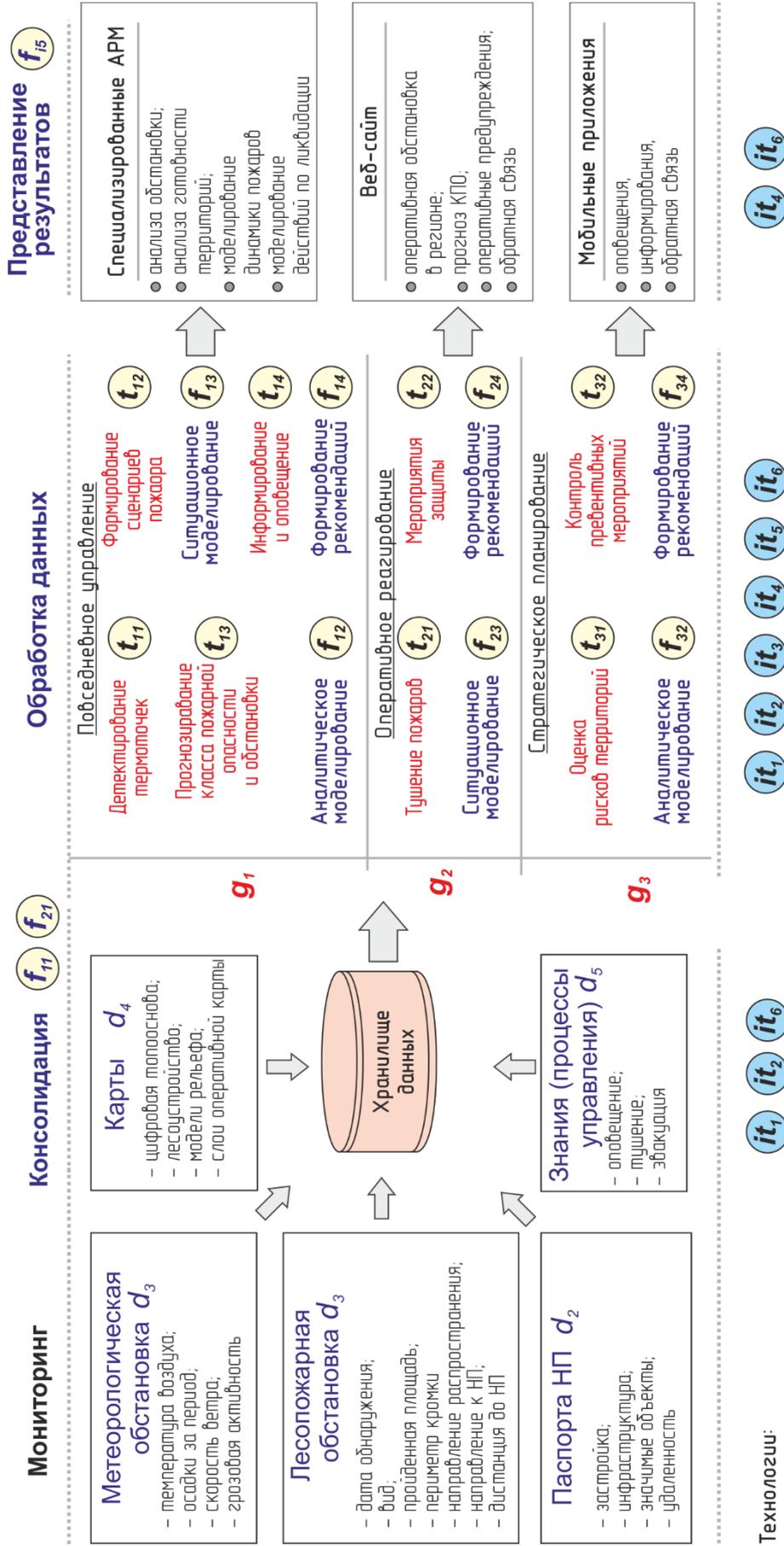


Рисунок 3.12 – Архитектура информационно-аналитической системы, предназначенной для решения задач управления, связанных с природными пожарами

В системных архитектурах информационно-аналитической системы, используемых при решении задач управления для конкретных видов ситуаций перечислены источники и содержание данных оперативного мониторинга и статистической информации, требующейся для раннего обнаружения, оперативного реагирования, а также планомерно снижения рисков данного вида ЧС. Приведён перечень тематических данных мониторинга, пространственной информации и знаний, позволяющие существенно уменьшить неопределённости, возникающие в процессе принятия решений [300].

Информационно-аналитические системы для паводков и природных пожаров, построенные на основе схем, приведённых на Рисунках 3.12 и 3.13. позволяют организовать взаимодействие между формированиями спасателей (МЧС РФ), специализированными командами ведомств (ТП РСЧС) и администрациями территорий. Единое информационное пространство, методы ситуационного и аналитического моделирования способствуют оперативному согласованию решений на разных уровнях управления, позволяют сократить ресурсы на выполнение функций контроля работ и передачи донесений.

### **3.4 ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 3**

Разработана обобщённая системная архитектура информационной поддержки процессов управления природно-техногенной безопасностью территорий, позволяющая создавать мультизадачные проблемно ориентированные программные комплексы территориального управления.

В отличие от известных подходов к проектированию информационно-управляющих систем в сфере природно-техногенной безопасности системная архитектура позволяет определить функционал синтезируемой информационно-аналитической системы с использованием элементов системной модели для разных режимов функционирования и разных уровней управления природно-

техногенной безопасностью территорий, обосновать выбор программных компонентов и рациональных способов комплексного решения задач управления.

Обобщённая системная архитектура построена на основе системной модели поддержки управления природно-техногенной безопасностью региона. Процесс построения системной архитектуры представляет собой декомпозицию задач управления с детализацией и трансформацией информационных ресурсов. Архитектура конкретизирует системную модель в виде описаний источников данных, блока консолидации информационных ресурсов, подсистем и сервисов обработки данных, человеко-машинных интерфейсов. Источники данных и процессы консолидации описываются в соответствии с классификацией информационных ресурсов и информационных технологий, введённых в системную модель. Функционирование подсистем и сервисов обработки данных реализует аналитическое и ситуационное моделирование, а также динамическую визуализацию результатов формирования решений. Человеко-машинный интерфейс включает всё разнообразие доступа к информации – настольные программные комплексы, веб-сайты и мобильные приложения.

Оригинальность предлагаемого подхода заключается в возможности масштабирования системной архитектуры, включая необходимые информационные ресурсы, технологии и программное обеспечение, что позволяет адаптировать информационно-аналитические системы для разных уровней и задач управления, решения которых представлены в виде и отображений и функциональных диаграмм. Конкретизация системной архитектуры для определённого вида опасных ситуаций позволяет определить перечень информационных ресурсов, программных модулей, реализующих технологии аналитического и ситуационного моделирования для частных задач управления, а также средства визуализации, требующиеся на каждом уровне принятия решений.

Приведены примеры построения конкретных информационно-аналитических систем поддержки управления природно-техногенной безопасностью, разработанных на основе предложенного подхода. В архитектуре сис-

тем муниципального уровня управления рассмотрены особенности решения задач управления на основе создания распределённых информационных ресурсов. Для архитектур информационных систем, ориентированных на поддержку принятия решений при затоплениях территорий и возникновении природных пожаров, описаны характеристики источников данных, процессы трансформации информационных ресурсов и используемые средства ситуационного и аналитического моделирования. Архитектура системы «Паводки» ориентирована на решение задач организации взаимодействия объектов управления при решении задач защиты населения и обеспечения бесперебойной работы инфраструктуры при затоплении территорий различного генезиса. Архитектура системы «Природные пожары» – на мониторинг, контроль обстановки, организацию мероприятий противодействия опасным ситуациям, возникающим при угрозах объектам защиты.

## **ГЛАВА 4 МОДЕЛЬ ОРГАНИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ**

### **4.1 КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ АРХИТЕКТУРЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ**

#### **4.1.1 Принципы систематизации информационных ресурсов**

Современные информационные технологии позволяют формировать в автоматическом режиме распределённые информационные ресурсы с настраиваемым доступом и независимые от них сервисы аналитического и ситуационного моделирования, использующиеся для выработки управленческих решений [68]. Этому способствует как рост количества источников данных мониторинга, содержащих информацию об оперативной обстановке и упорядоченные архивы, так и унификация форматов доступа к данным. В связи с лавинообразным нарастанием объёмов информационных ресурсов и развитием информационных технологий доступа и обработки повышается значимость системного подхода к их структурированию через формирование модели организации и представления информационных ресурсов.

Модель организации информационных ресурсов описывает компоненты, их взаимоотношения, окружение, а также принципы, определяющие проектирование, формирование и актуализацию всех видов данных.

Проектирование модели организации информационных ресурсов в развитие обобщённой системной архитектуры, составляет основу построения информационно-аналитических систем природно-техногенной безопасности. Концептуальная схема систематизации информационных ресурсов на разных уровнях обобщения – детализации представлена на Рисунке 4.1.



Рисунок 4.1 – Концептуальная схема систематизации информационных ресурсов

Модели верхних уровней содержат меньшее количество сущностей, но обладают большей степенью свободы при переходе к реализации конкретных структур данных. Уровни 1-3 используются при концептуальном проектировании, а их изменение требует значительной переработки функционала информационно-аналитических систем. Уровень 4 включает описание задач управления, видов источников данных для разных информационных ресурсов. По мере появления новых источников данных, изменения задач управления и требований технологий обработки данных даталогическая и физическая модели информационных ресурсов уровней 5-6 могут быть изменены в определённых пределах. Поэтому в процессе эксплуатации региональных информационно-аналитических систем целесообразно циклическое повторение процесса

проектирования для расширения структур данных. Систематизация информационных ресурсов в модели системной архитектуры представлена выше. В данной главе далее описываются уровни 3-6. В их числе онтологическая модель, метаописания сущностей и структура проблемно-ориентированного хранилища данных.

#### 4.1.2 Онтология информационных ресурсов

Рассмотрим дальнейшую детализацию концептуальной схемы представленного выше Рисунка 4.1 с использованием понятия онтологии [185].

Модель организации информационных ресурсов представим в виде онтологии:

$$A = \langle S, D, T, H, Q, W \rangle, \text{ где}$$

*S* – виды информационных ресурсов, использующихся для информационной поддержки управления природно-техногенной безопасностью территорий, отражающие понятийный аппарат лиц, принимающих решения;

*D* – виды информационных ресурсов, использующихся при построении информационно-аналитических систем поддержки управления;

*T* – задачи управления;

*H* – виды ситуаций;

*Q* – виды источников данных;

*W* – виды доступа к данным.

Рассмотрим подробнее классы объектов онтологии и отношения между ними.

Виды ситуаций  $H = \{h_1, \dots, h_{127}\}$ , описываются в соответствии с классификатором ситуаций МЧС России<sup>13</sup>. Классификатор представляет собой иерархию, в которой виды чрезвычайных ситуаций, характерные для территорий

---

<sup>13</sup> Приказ МЧС России № 329 от 8.07.2004 «Критерии информации о чрезвычайных ситуациях»

Российской Федерации, сгруппированы по трём типам: техногенные ЧС – 54 вида, природные – 47 видов, биолого-социальные – 16 видов. Внутри типов виды ЧС имеют промежуточную группировку, например, «аварии на транспорте» и виды транспорта, «опасные метеорологические явления» и компоненты погоды. При формировании информационных ресурсов на основе существующего каталога событий целесообразно введение дополнительного типа – «Прочие ЧС», включающего события, фиксируемые органами управления МЧС России как чрезвычайные происшествия. К их числу относятся инциденты на водных объектах, находящихся под контролем ГИМС, анонимные звонки о минировании, обнаружение ртути, боеприпасов и др.

Виды источников данных, информация из которых используется в региональных информационно-аналитических системах поддержки управления,  $Q = \{q_1, \dots, q_5\}$ , где

$q_1$  – приборы инструментального контроля;

$q_2$  – системы сбора отчётов и донесений;

$q_3$  – информационные системы мониторинга, включая корпоративные, объектовые, а также интеграторы мониторинговых данных;

$q_4$  – способы организации хранения данных мониторинга (порталы, сайты, информационные шлюзы);

$q_5$  – выборки из баз данных и других информационных ресурсов, загружаемых с использованием «ручной» пакетной обработки.

Виды доступа к данным, использующимся в задачах аналитической обработки  $W = \{w_1, w_2, w_3\}$ , где

$w_1$  – единое централизованное хранилище данных;

$w_2$  – распределённые (облачные) сервисы хранения;

$w_3$  – доступ к ограниченным выборкам данных распределённых ресурсов и использованием ссылок.

Связи между классами онтологической модели информационных ресурсов показаны на Рисунке 4.2.

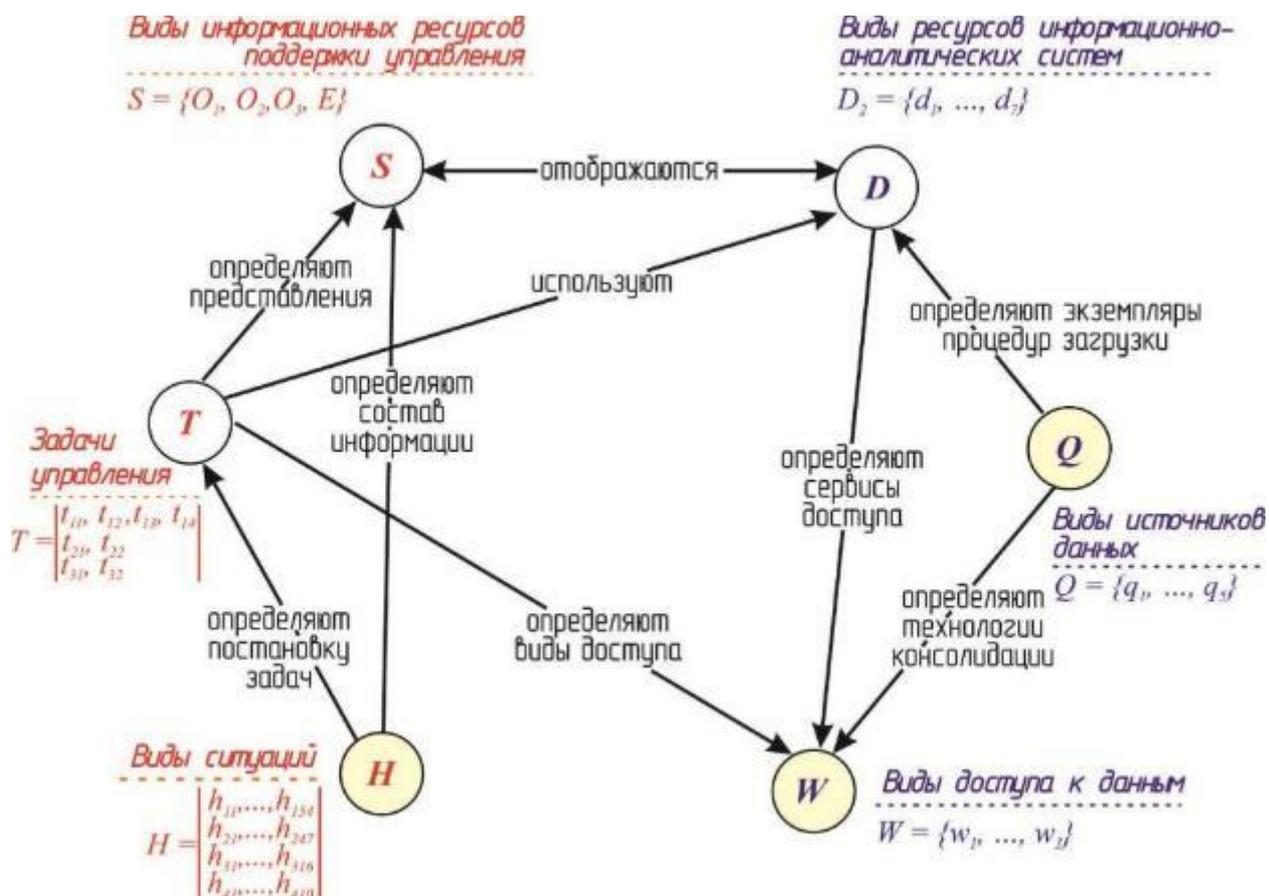


Рисунок 4.2 – Онтология информационных ресурсов

Связи между задачами управления  $T$  и видами ресурсов информационно-аналитических систем  $D$  определены в Главе 3.

Связи между видами ситуаций  $H$  и задачами  $T$  «определяют постановку задач» можно представить как  $(\forall h \in H)(\exists t \in T)(h \rightarrow t)$  – каждый конкретный вид ситуации определяет постановку задачи, требования к результатам её решения и необходимые информационные процессы. Связи между  $H$  и  $S$ , обозначенная на рисунке как «определяют состав информации», можно описать как  $(\forall h \in H)(\exists s \in S)(h \rightarrow s)$ , то есть каждый вид ситуации определяет состав информации, необходимый для описания конкретной ситуации или обстановки.

Связи между задачами  $T$  и видами информационных ресурсов  $S$ , обозначенные на рисунке как «определяют представления», можно описать как  $(\forall t \in T)(\exists s \in S)(t \rightarrow s)$ . Каждая задача определяет специфический состав и представления информации, требующейся в процессе её решения. Например, для

задачи оперативного реагирования на ситуацию «пожар в медицинском учреждении» необходимы сведения о распределении людей в здании, пожарной нагрузке, путях эвакуации, количестве маломобильных пациентов, наличии систем сигнализации, оповещения, дымоудаления (описание объекта защиты  $O_2$ ), а для той же задачи в ситуации «массовое заболевание людей» – число резервных коек, наличие специалистов, лекарственных препаратов и средств диагностики (описание объекта управления  $O_3$ ).

Связи между видами информационных ресурсов поддержки управления  $S$  и видами ресурсов информационно-аналитических систем  $D$ , взаимно однозначны. Отображение между  $S$  и  $D$  двунаправлено и не тривиально. Для любой информации, применяемой в решении задач специалистами, в информационной системе задана структура необходимых данных и любой элемент из  $D$  имеет соответствие в  $S$ .

Виды информационных ресурсов  $S$  и  $D$ , необходимых для решения конкретных задач  $t \in T$ , представлены в Таблице 4.1

Таблица 4.1 – Детализация информационных ресурсов  $S$  и  $D$  по задачам  $T$

Задача $T$	Связанные информационные ресурсы	
	$S$	$D$
$t_{11}$ – идентификация опасностей и угроз	$O_1, O_2, O_3$	$d_1, d_2, d_3, d_4$
$t_{12}$ – формирование сценариев ситуаций	$O_2, O_3$	$d_1, d_2, d_3, d_4, d_5$
$t_{13}$ – прогнозирование обстановки	$O_1, O_2$	$d_1, d_2, d_3, d_4$
$t_{14}$ – информирование и оповещение	$O_1, O_2, O_3$	$d_1, d_2, d_5$
$t_{21}, t_{22}$ – оперативное реагирование на ситуацию	$O_1, O_2, O_3$	$d_1, d_2, d_3, d_4, d_5$
$t_{31}$ – оценка территориальных рисков	$O_1, O_2, O_3$	$d_1, d_2, d_3, d_4$
$t_{32}$ – контроль превентивных мероприятий	$O_2, O_3$	$d_2, d_3, d_4, d_5$

Например, поддержка задач оперативного реагирования  $t_{21}, t_{22}$  заключается в предоставлении ЛПР характеристик опасностей процессов  $O_1$ ; характеристик защищаемых объектов  $O_2$ , полученных путём ситуационного моделирования и запросов к базам данных; данных о возможностях сил и средств (объектов управления  $O_3$ ), являющихся результатами работы экспертной системы. Описание опасных событий и управления процессами используется при про-

ектировании сценариев опасных ситуаций в задаче  $t_{12}$ . В процессе формирования различных представлений  $Y$  задействуются данные мониторинга процессов  $d_3$ , характеристики объектов  $d_2$  и пространственные данные  $d_4$ , а также базы знаний  $d_5$ .

Связи между источниками  $Q$  и видами данных  $D$ , обозначенные на рисунке как «определяют экземпляры процедур загрузки», можно описать как  $(\forall q \in Q)(\exists d \in D)(q \rightarrow d)$ , то есть для каждого источника и конкретного вида данных необходим свой способ консолидации данных из внешней среды. Экземпляры  $(q, d)$  определяют типизированные процедуры загрузки данных. В случае доступа к ограниченным выборкам данных распределённых ресурсов с использованием ссылок  $w_3$  решение задач управления  $T$  реализуется, минуя этап консолидации.

Несмотря на большое количество элементов  $Q$  и  $H$  в модели организации информационных ресурсов многие элементы имеют вырожденный характер. Например, приборы инструментального контроля являются только источником данных об опасностях  $O_1$ , а данные  $O_2$ ,  $O_3$  консолидируются в хранилище данных из других информационных систем и веб-ресурсов. Сбор информации об опасных событиях различных видов  $H$  реализован в МЧС России по формам донесений 2/ЧС, дополненных впоследствии формами табеля срочных донесений<sup>14</sup>. Уровень развития технологий и особенности ситуаций природного и биолого-социального характера не позволяет решить задачу раннего предупреждения опасностей в полном объёме (см. Гл. 5). По аналогичным причинам часть связей элементов онтологии информационных ресурсов являются пустыми. Системный анализ всех сочетаний элементов выявляет такие связи и значимые экземпляры онтологии при проектировании хранилищ данных.

---

<sup>14</sup> Приказ МЧС России от 7 июля 1997 г. №382 «О введении в действие Инструкции о сроках и формах представления информации в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».

Связи между задачами управления  $T$  и видами доступа к данным  $W$ , обозначенные на рисунке как «определяют виды доступа», можно описать как  $(\forall t \in T)(\exists w \in W)(t \rightarrow w)$ , то есть каждая задача определяет приемлемый по скорости и требованиям актуализации способ хранения данных. Примеры экземпляров  $(t, w)$ :

- в задачах оценивания рисков  $t_{31}$  и формирования сценариев ситуаций  $t_{12}$ , где требуется использование большого объёма информационных ресурсов используется единое централизованное хранилище данных  $w_1$ ;

- в оперативном режиме (задачи  $t_{21}$  и  $t_{22}$ ), при аналитической обработке данных оперативного мониторинга  $t_{11}$  и  $t_{13}$ , когда требуются актуальные данные, целесообразно использование распределённых (облачных) сервисов хранения  $w_2$ ;

- при оперативном реагировании (задачи  $t_{21}$  и  $t_{22}$ ), когда невозможно получить доступ ко всему объёму данных из-за больших размеров и (или) конфиденциальности информации, используется доступ к ограниченным выборкам данных по ссылкам  $w_3$ . Это могут быть данные вида  $d_2$  – характеристики абонента мобильного телефона, обратившегося в Службу 112, либо вида  $d_4$  – пространственные объекты, попадающие в опасную зону (данные Росреестра), перечень гидрантов, использующихся для тушения пожаров (данные Водоканала).

В процессе проектирования структуры данных, представленных в информационно-аналитических системах как элементы  $D$ , а во внешней среде (источники данных и представления результатов обработки) как элементы подмножества  $S$ , необходимо установить соответствие элементов подмножеств  $D$  и  $S$  (Таблица 4.2).

Таблица 4.2 – Соответствие видов информационных ресурсов

Элементы множества $D$	Перечни материалов, используемых при проектировании структур данных
$d_1$	Требования к представлениям аналитических моделей. Константы методик ситуационного моделирования [375]
$d_2$	Техническое описание приборов
$d_2, d_3$	Нормативные документы МЧС России и других ведомств
$d_4$	Требования к картографическому отображению результатов аналитического и ситуационного моделирования
$d_5$	Состав и содержание сценарного описания ситуаций в Планах действий по ликвидации ЧС

Возможное количество экземпляров онтологии, которые в дальнейшем используются при проектировании структур данных равно произведению мощностей всех элементов  $A$  с учётом нижнего уровня иерархий. Однако количество экземпляров онтологии, реализуемых на практике, намного меньше. Например, в силу природы некоторых видов опасных событий  $H$  для большинства из них отсутствуют методы ранней идентификации угроз, прогноза и снижения рисков в долгосрочной перспективе [332]. Информационные ресурсы  $D$ , как правило, консолидируются из одного-двух источников данных  $Q$  и используют один способ доступа  $W$ .

Экземпляры объектов онтологии и их атрибуты далее раскрываются на конкретных примерах, позволяющих в дальнейшем перейти к даталогическому и физическому проектированию структур данных, конкретизирующих решение задач  $T$ .

Поясним подробнее структуру данных каждого вида информационных ресурсов множества  $D$ .

**Структура справочников  $d_1$**  имеет вид  $(\sigma, \tau)$ , где  $\sigma$  – элемент списка,  $\tau$  – время актуализации. Справочники могут иметь дополнительные элементы, расположенные в основном массиве или таблице свойств:  $\rho$  – пространственная характеристика,  $\nu$  – числовые значения (например, предельные значения показателя).

**Структура данных мониторинга процессов  $d_3$**  представлена набором элементов  $(\tau, \rho, \sigma, \nu)$ , где  $\tau$  – момент времени,  $\rho$  – пространственная характеристика,  $\sigma$  – наименование показателя (элемент соответствующего справочника),  $\nu$  – значение показателя (число, элемент из справочника и др.).

Примеры представления данных показаны в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Примеры представления исходных данных в информационно-аналитических системах

Элементы подмножеств		время, $\tau$	место, $\rho$	параметр, $\sigma$	число, $\mu$
$S$	$D$				
$O_1$	$d_3$	момент измерения	пункт наблюдения	физический параметр	значение параметра
$O_1$	$d_3$	период	территория, объект, участок	вид события, вид работ	масштаб события, объём работ
$O_2$	$d_2, d_4$	время актуализации	географические координаты, код территории, адрес	показатель	значение показателя
$O_3$	$d_2, d_4$	регламент представления донесений о готовности	место нахождения, реквизиты для связи	показатель (личный состав, техника, ресурсы, виды работ)	значение показателя

Например, запись данных о метеорологической обстановке содержит поля «дата/время», «станция», «погодное явление», «количественное значение». Для опасных событий фиксируется время «обнаружения/реагирования/локализации/ликвидации», место «строение/населённый пункт/дистанция», а вид события выбирается из классификатора МЧС РФ, масштаб события определяется в зависимости от количества потерь и материального ущерба. Для информации о характеристиках территории показатель времени актуализации данных относится к служебной информации. Полей типов  $\sigma$  и  $\mu$  в записи может быть несколько.

Формализация исходных данных, получаемых системой мониторинга из внешней среды, позволяет унифицировать процессы обработки информации из большого количества источников. Это особенно важно при организации комплексного многоуровневого мониторинга природно-техногенных систем. В то же время выходные данные, предоставляемые системой мониторинга ЧС оператору дежурной смены или лицу, принимающему решения, должны иметь ограниченный объём и интуитивно понятные представления, разработанные с учётом особенностей восприятия информации человеком. Практическое использование информационно-аналитических систем показало, что акцентировать внимание на выявлении опасностей и угроз в повседневном режиме функционирования  $g_1$ , а также на основных характеристиках ситуации при оперативном управлении  $g_2$  позволяет использование различных сочетаний элементов множества  $Y$  [265]. В отличие от нормативно утверждённых отчётных форм, использование динамических таблиц, карт и графиков позволяет адаптировать формируемые решения под конкретную ситуацию и предпочтения лиц, принимающих решения, исключить избыточность информации, замедляющей выработку системы неотложных мероприятий.

Современные информационные технологии позволяют решить проблему частого изменения представления результатов обработки мониторинговых данных, предписываемого нормативными документами. Преимущество средств динамической визуализации результатов аналитической обработки данных заключается в использовании различных способов представления данных и манипулирования видом их отображения.

Структуру **пространственных данных**  $d_4$  на верхнем уровне можно описать в виде набора элементов  $d_4 = \langle b, z, x, k \rangle$ , где

$b$  – топографическая основа;

$z$  – цифровая модель рельефа;

$x$  – тематические слои в векторном формате;

$k$  – пространственные данные в растровом формате.

Векторные данные  $b$  и  $x$  состоят из графических элементов и табличной (атрибутивной) информации. При отображении результатов аналитической обработки в качестве  $b$  целесообразно использование веб-ресурсов, таких как YandexMap, Google, OSM, состоящих из иерархии тайловых слоёв для отображения различных масштабов. Мультимасштабная цифровая топографическая основа используется в ситуационном моделировании опасных событий (см. Гл.6). Растровый формат представления  $k$  используется при работе с данными дистанционного зондирования Земли, а также в качестве топографической основы при необходимости использования крупномасштабных планов или тематических карт [457].

Тематические слои  $x$  линейного и площадного типа представляются в открытых форматах, например, shp, kml, geojson; цифровые модели рельефа – в виде текстовых файлов, содержащих данные регулярной сетки высот [353].

Поддержка геоданных  $d_4$  в актуальном виде с учётом больших объёмов информации наиболее эффективна с использованием распределённых информационных ресурсов  $w_2$  или в виде оперативного доступа WMS  $w_3$  [453]. При этом взаимодействие с пользователем осуществляется через веб-интерфейс. Поступающие запросы обрабатывает сервер приложений с установленными на нем компонентами системы. Вызов вычислительных модулей выполняется через сервис WPS, расположенный на картографическом сервере, который отвечает также за отображение пространственных данных и результатов расчётов. Масштабируемость обеспечивается за счёт объединения кэширующего сервера с набором картографических серверов. Сервер данных обеспечивает решение задачи хранения данных, содержит средства загрузки и преобразования информации. Для организации взаимодействия между основными компонентами используются стандартные протоколы, разработанные Open Geospatial Consortium, такие как WMS, WFS, WCS, WPS. Управление картографическим сервером осуществляется через REST API [67].

Структура **баз знаний**  $d_5$  в обобщённом виде отражает представление многоуровневой агрегированной модели знаний [309], использующихся в процессе решения задач  $t_{12}, t_{21}, t_{22}$  (см. Гл3).

$d_5 = \langle frames, rules, models, solver, interfaces, thesaurus, decisions \rangle$ , где

- frames* – база фреймов, представляющих возможные сценарии развития и ликвидации ЧС;
- rules* – база правил типа «condition-action-rules»;
- models* – библиотека расчётных моделей развития чрезвычайных ситуаций;
- solver* – решатель – машина логического вывода;
- interfaces* – библиотека интерфейсов базы знаний;
- thesaurus* – словарь, описывающий фактовые переменные и их свойства;
- decisions* – база проектов решений.

Фреймы используются для представления сценариев возникновения и развития ситуаций; правила представляют события, действия и условия их выполнения. Правила могут использоваться в качестве присоединённых процедур во фреймах. Решатель выполняет интерпретацию расчётных и интерфейсных процедур и реализует стратегию вывода путём выбора по заданным критериям предпочтительного правила или процедуры из числа применимых в текущей ситуации.

Реализация структуры информационных ресурсов  $d_5$ , понимаемых в данном случае как «базы знаний», в хранилище данных  $w_1$  включает реализацию перечисленных выше элементов, которые представляются как логически связанные таблицы.

Схематично модель формирования перечисленных информационных ресурсов показана на Рисунке 4.3.

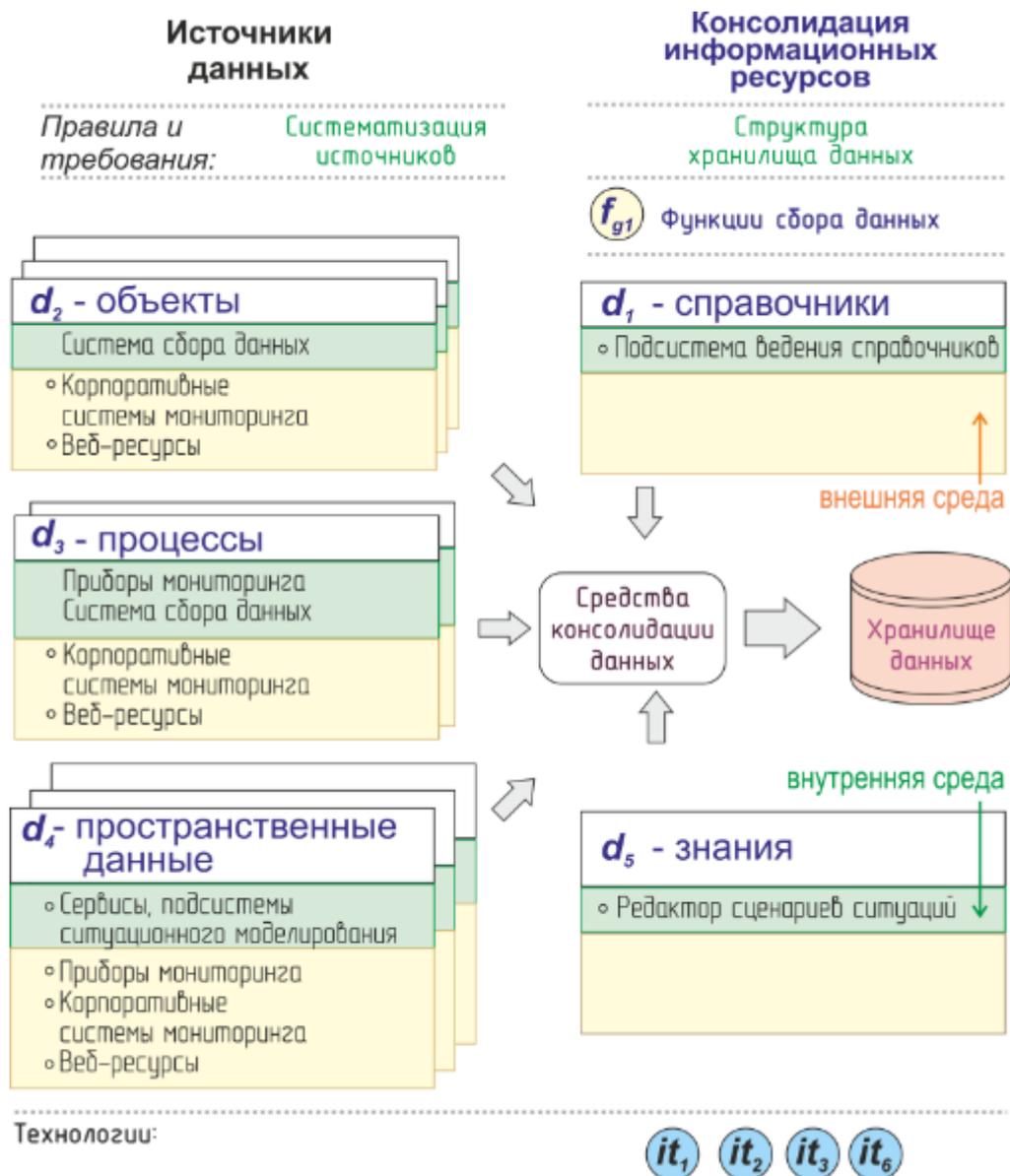


Рисунок 4.3 – Модель формирования информационных ресурсов

Информационные ресурсы  $d_1, \dots, d_5$  формируются с использованием данных внешней среды (жёлтый сектор), а также подсистем и сервисов, входящих в состав информационно-аналитических систем (зелёный сектор).

Формирование системообразующих элементов  $d_1$  реализуется с использованием технологии  $it_2$  в подсистеме ведения справочников (см. Гл.7). При подключении нового источника данных, как правило, создаётся новый справочник либо происходит централизованная корректировка уже существующих с последующим обновлением хранилищ данных. Аналогичным образом по-

полняются базы знаний  $d_5$ , используемые для управления процессами. Редактор сценариев ситуаций описан в Главе 6.

Характеристики объектов  $d_2$  обновляются несколькими способами: с использованием веб-системы распределённого сбора данных [167], путём синхронизации с базами данных внешних систем, загрузки веб-страниц сайтов и т.д. Параметры процессов  $d_3$  добавляются к имеющимся теми же способами. Информационно-аналитические системы позволяют напрямую работать с приборами контроля обстановки [107].

Формирование пространственных данных  $d_4$  происходит посредством ГИС-моделирования опасных ситуаций (см. Гл.6.1). Приборами, генерирующими  $d_4$ , можно считать космические аппараты и БПЛА, данные которых проходят предварительную обработку с использованием специализированных систем [16, 17]. Для визуализации результатов решения задач управления используются данные внешних систем и веб-источники.

Множественность объектов  $d_2$  и  $d_4$  означает возможность использования различных видов доступа: системы сбора донесений  $q_2$ ; внешних систем мониторинга  $q_3$ ; порталы, сайты, шлюзы  $q_4$ ; пакеты запросов внешних данных  $q_5$ . Мониторинг процессов  $d_3$  реализуется с использованием приборов инструментального контроля  $q_1$ , а также  $q_3$ ,  $q_4$ . Пакеты запросов  $q_5$  могут использоваться в задачах оценивания территориальных рисков  $t_{3l}$  (см. Гл.6.2).

## **4.2 СТРУКТУРА КОНСОЛИДИРОВАННОГО ХРАНИЛИЩА МОНИТОРИНГОВЫХ ДАННЫХ**

### **4.2.1 Системообразующие элементы хранилища данных**

Системообразующие элементы  $d_1$  используются для унификации форм представления данных. Применение общих справочников и классификаторов является важным интегрирующим фактором информационных ресурсов, объе-

дияющих сведения из множества взаимодействующих информационных систем, эксплуатирующихся в органах управления РСЧС. Единый вид справочников позволяет организовать процессы обработки изначально разнородных данных.

Модель справочников описывает унификацию организации работ с любыми справочниками. Каждый справочник имеет только одно ключевое поле, однозначно определяющее любую строку справочника. Модель обеспечивает требование темпоральной целостности, то есть все изменения не влияют на возможность последующей обработки информации за весь период времени и поддерживается возможность хранения данных, изменяющихся во времени. Для каждого справочного объекта определён период актуальности и возможность скрытия неактуальных объектов из рабочего поля справочника. Модель справочников поддерживает возможность установления наследования и преемственности между справочными объектами. Помимо фиксации исторических изменений в справочниках, модель поддерживает аудит всех операций, производимых со справочниками и их объектами: запись информации обо всех действиях пользователей, которые привели к изменению справочника, с указанием даты, имени пользователя и типа операции.

Системообразующие ресурсы  $d_1$  описывают параметры мониторинга (sensors), логически связанные с контролируемыми объектами или пунктами наблюдений (stations). Для каждого контролируемого параметра установлены количественные критерии опасностей и угроз. Подробно критерии и процессы идентификации опасностей и угроз ЧС описаны в Главе 5.

В справочниках и классификаторах часто встречается ситуация, когда некоторая часть данных имеет расширенное описание, не свойственное другим объектам справочника. Для этих целей модель справочников предусмотрена возможность хранения дополнительной атрибутивной информации. При этом каждой записи справочника может соответствовать несколько дополнительных параметров. Например, со справочником гидроэлектростанций связана

таблица режимов работы ГЭС – допустимые уровни расходов сброса воды в нижний бьеф, изменяющиеся ежемесячно.

Естественной формой организации информации многих справочников и классификаторов является древовидная иерархическая структура, также описываемая в модели справочников. Древовидная форма отображения поддерживается интерфейсом системы в качестве одной из основных форм представления справочной информации. Инструменты организации иерархий и их модификации позволяют создавать сложные иерархические структуры (составные иерархии) – древовидные представления взаимосвязей справочных объектов, принадлежащих различным справочникам.

Проектирование и создание системы ведения справочников, внедряющей их единую форму, является необходимым этапом разработки консолидированных хранилищ данных. Общие формы организации справочной информации позволяют использовать эффективные аналитические алгоритмы и методики обработки информации [133].

Унифицированная модель представляет способ организации справочника, описание форматов и ограничений для реквизитов справочника и способов связей между справочниками и/или его компонентами. Модель определяет порядок формирования и актуализации справочников, основные технологические схемы и процессы, происходящие в справочниках. Состав и описание элементов модели приведено в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Элементы модели унифицированного справочника

Название	Назначение
Справочник (классификатор)	Упорядоченная совокупность данных, представляющих множество допустимых значений некоторого признака. Цель создания – стандартизация представления значений признака объекта предметной области и унификация информационного обмена
Справочный объект	Элемент справочника, описывающий одно значение признака предметной области
Ключ (ключевое поле)	Краткое обозначение справочного объекта. Использование позволяет однозначно определять ссылки на конкретные значения, осу-

Название	Назначение
	ществлять проверку вводимых значений, экономить место
Линейная таблица справочника	Таблица, содержащая основную информацию о справочных объектах. Состоит из семи обязательных и произвольного количества дополнительных полей
Журнал событий справочника	Служебная таблица, фиксирующая изменения состояния справочных данных: добавление, редактирование, удаление записей. При каждом событии в журнал заносится полная копия записи и параметры события (тип, автор и дата)
Таблица истории преобразований	Служебная таблица, фиксирующая информацию об отношениях наследования между справочными объектами на основании данных об изменении одного или нескольких идентифицирующих полей
Идентифицирующее поле	Поле линейной таблицы справочника, изменение которого является достаточной причиной для создания новой записи, с одновременным прекращением действия старой записи
Оглавление	Таблица специализированной структуры, фиксирующая иерархические взаимоотношения между элементами одного или нескольких справочников
Таблица свойств	Таблица, содержащая дополнительную информацию об атрибутах справочных объектов
Таблица связей	Таблица, фиксирующая информацию о дополнительных взаимосвязях между элементами справочников. С помощью таблиц связей между справочниками устанавливаются отношения типа «многие-ко-многим»

Формирование справочников и классификаторов проводится с помощью процедур импорта, либо вручную. Система ведения справочников имеет средства экспорта данных (см. Гл.7). Это обеспечивает единство кодификации объектов во всех подсистемах информационного обеспечения управления природно-техногенной безопасности.

#### 4.2.2 Структурирование мониторинговых данных

Следующим за концептуальным этапом проектирования информационных ресурсов является разработка даталогической модели, определяющей набор сущностей и связей между ними (уровень 4 на Рисунке 4.1).

Состав элементов подмножества  $S$  описан диаграммами классов UML, допускающих вариативность финального проектирования физической струк-

туры хранилища данных. Такой подход позволяет учесть требования, определяемые особенностями связей элементов онтологии информационных ресурсов  $A$ .

Рисунки 4.4–4.6 представляют описание в виде нескольких таблиц с разными видами связей: один-к-одному, один-ко-многим и др. Представления элементов множества  $S$  позволяют реализовать структуры таблиц хранилища данных с учётом особенностей каждого вида ситуаций  $H$ . Диаграммы классов UML положены в основу проектирования конкретных сущностей (таблиц, справочников и др.), описывающих элементы  $S$  по видам ситуаций  $H$ .

Источником данных о потенциально опасных процессах  $O_1$  является система комплексного оперативного мониторинга. Данные о силах и средствах территориальной подсистемы РСЧС  $O_3$  в виде суточной строевой записки и каталог событий формируются в территориальных органах управления. Эти данные составляют фонд межведомственного информационного обмена.

Ввиду большого объёма данных о характеристиках защищаемых объектов  $O_2$  выполнение требований актуализации информации возможно только при использовании распределённых систем хранения  $w_2$  и  $w_3$ .

Показанные структуры используются в процессах решения всех задач  $T$  с использованием информационных технологий  $It$ . В описании элементов множества  $S$  выделены справочники и классификаторы, используемые в процессах аналитической обработки технологиями  $it_3$ ,  $it_4$ ,  $it_6$  и пространственные данные для ГИС  $it_4$ .

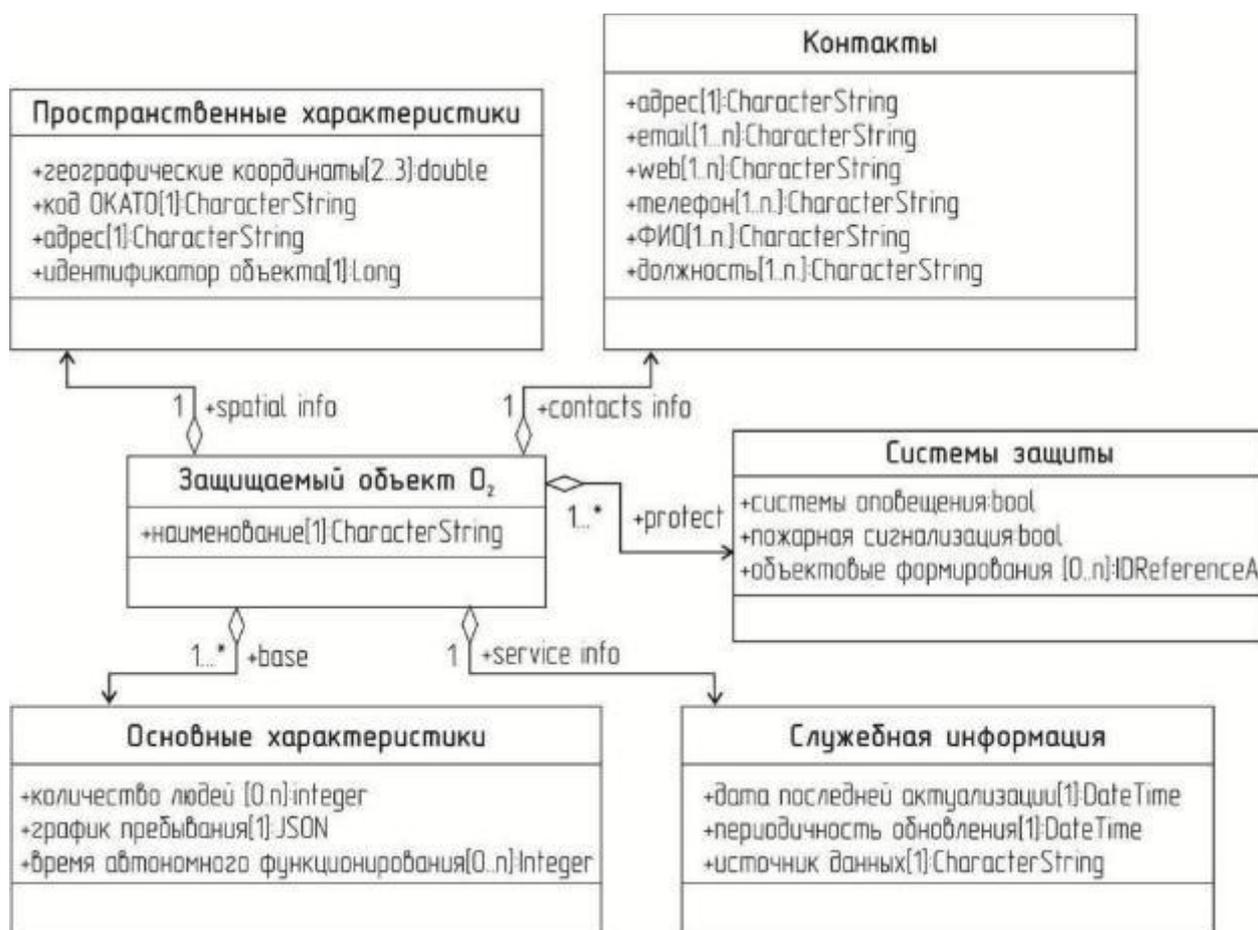


Рисунок 4.4 – Структурная модель описания характеристик защищаемого объекта  $O_2$

Объём информации о защищаемых объектах  $O_2$  на порядок больше информации об опасностях  $O_1$ . Для оперативной актуализации таких данных целесообразно использование распределённых хранилищ  $w_2$  и  $w_3$ .

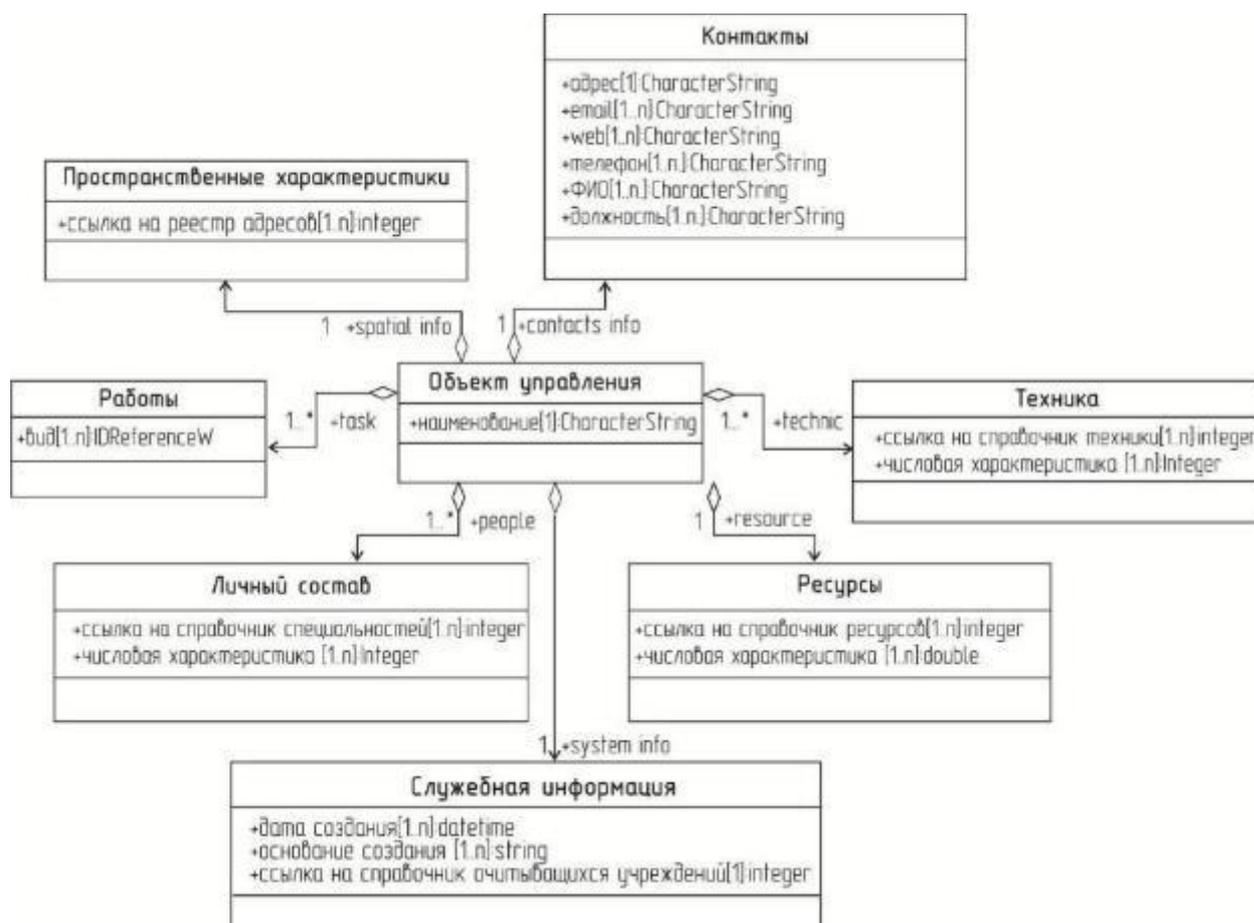


Рисунок 4.5 – Структурная модель описания  
объекта управления  $O_3$

Оперативно обновляемый единый реестр сил и средств ТП РСЧС на основе структуры  $O_3$  необходим для поддержания в актуальном состоянии сценариев ситуаций, сформированных в повседневном режиме (задача  $t_{12}$ ) и требующихся для принятия решений (задачи  $t_{21}$  и  $t_{22}$ ).

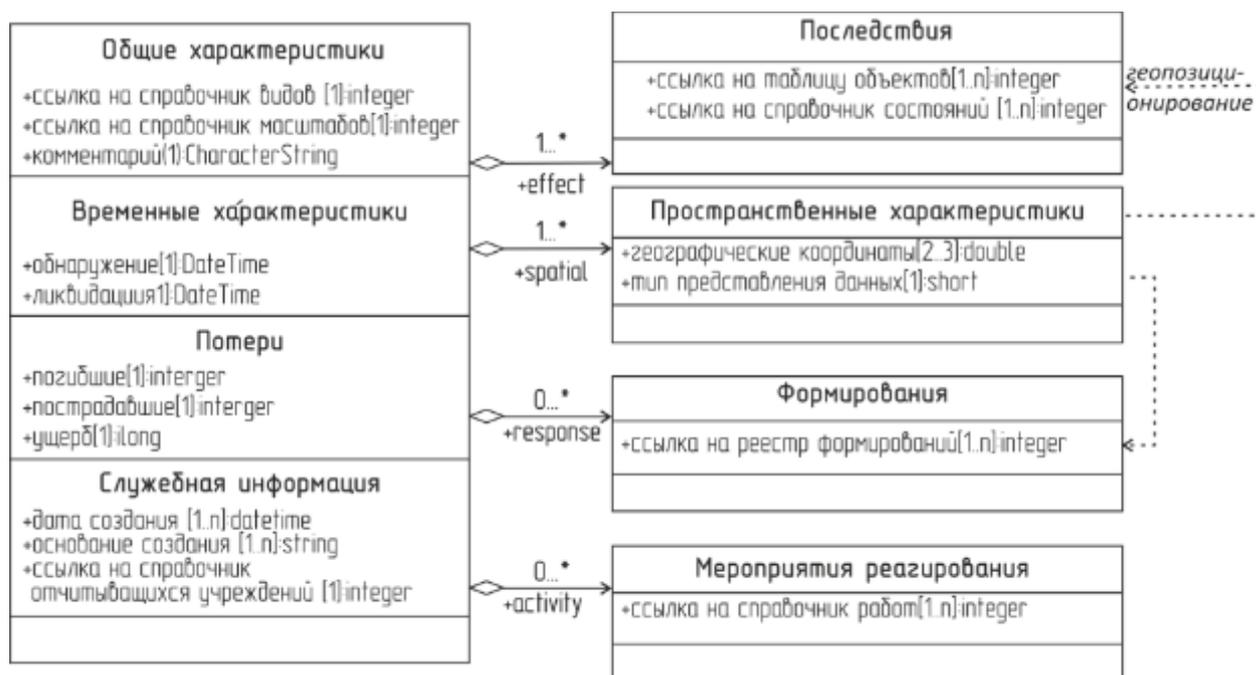


Рисунок 4.6 – Структурная модель описания события как опасного процесса

В отличие от используемой в настоящее время формы хранения данных в виде плоской таблицы, предложенная структура (Рисунок 4.6) позволяет проводить детальный анализ последствий ситуации, используя географические представления объектов  $O_2$  и формализованный справочник состояний (например, уничтожен, повреждён, функционирует, т.п.), а также мероприятий по реагированию – участию формирований  $O_3$  и перечня выполняемых ими работ. Наличие служебной информации для каждой записи (время, основание для создания/обновления), позволяет контролировать актуальность данных. Комментарии уточняют характеристики события и не используются при построении аналитических моделей. Структура записи служит основой разработки сценариев ситуаций.

Формализация существующего каталога событий до предложенного формата является сложной задачей. Необходима независимая корректировка данных  $d_1$ ,  $d_2$  единый центр ведения справочников  $d_1$ . Разработанная при участии автора технология распределённого сбора данных позволяет решить эти про-

блемы [167, 285]. Архивы произошедших событий, представляющие базы данных с большим количеством текстовых полей формализованы путём обогащения справочной информацией, разделения полей, интеграции данных нескольких источников.

### 4.3 РЕАЛИЗАЦИЯ ХРАНИЛИЩА ДАННЫХ НА ОСНОВЕ АРХИТЕКТУРЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ

#### 4.3.1 Область длительного хранения

Мониторинговая информация, консолидированная в область длительного хранения данных, включает справочные, исторические и оперативные данные.

Исторические данные включают каталоги опасных событий  $E$ , характеристики объектов  $O_2$  и  $O_3$ , архивы мониторинга обстановки. Состав данных приведён в таблице 4.6. Поскольку данные по событиям продолжают актуализироваться, указано только начало периода наблюдений.

Таблица 4.6 – Состав архивов хранилища данных Территориального центра мониторинга и прогнозирования ЧС Красноярского края

Вид событий, обстановка	Начало периода, год	Примерный объём (тыс. записей)
Опасные события		
Чрезвычайные ситуации	1999	2
Чрезвычайные происшествия	2000	15
Бытовые и промышленные пожары	1994	155
Аварии систем ЖКХ	2006	2
Дорожно-транспортные происшествия	2017	2
Природные пожары	1994	120
Затопления территорий	1969	0,9
Землетрясения	1900	68
Архивы ежедневного мониторинга обстановки		
Метеорологические данные	1900	280
Гидрологические данные (уровни воды и ле-	2001	82

Вид событий, обстановка	Начало периода, год	Примерный объём (тыс. записей)
довые явления)		
Гидрологические данные (режимы работы ГЭС Ангаро-Енисейского каскада)	1995	4
Характеристики безопасности территорий		
Характеристики населённых пунктов	2016	2
Гидротехнические сооружения	2005	2
Старосты населённых пунктов	2016	4
Силы и средства РСЧС	2017	1

В состав таблиц ЧС и ЧП входит часть сведений остальных таблиц, масштабы которых превысили нормативно установленные критерии. В отличие от принятых с МЧС России подходов [77], в процессе решения задачи  $t_{31}$  при анализе рисков природного и техногенного характера используется вся совокупность данных по опасным событиям [345].

Большинство справочных и исторических данных до загрузки в хранилище было представлено в устаревших форматах (MS Word, MS Excel, .dbf). В качестве промежуточного средства подготовки данных использовалась среда MS Access. Данные в форматах \*.xml и \*.json загружаются в хранилище непосредственно их источников.

#### 4.3.2 Состав справочников и классификаторов

На первом этапе формирования информационных ресурсов системы обеспечения природно-техногенной безопасности разработаны справочники и классификаторы. В процессе проектирования структуры хранилища выполнен анализ информационных систем и баз данных, находящихся в эксплуатации в Главном управлении МЧС России по Красноярскому краю, других министерствах и ведомствах. Фрагмент системы ведения справочников приведён в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Состав системы справочников

Группа	Содержание (фрагмент)	Статус, принадлежность	Примечание
Характеристики территорий	ОКАТО	Федеральный	Основной справочник. Оглавления используются в большинстве форм сбора и представления данных
	Водотоки и водоёмы	Федеральный	
Отраслевые классификаторы	Виды чрезвычайных ситуаций	Федеральный	Разработан на основе Приказа МЧС России №434
	Масштабы ЧС	Федеральный	Разработан на основе Постановления Правительства РФ <sup>15</sup>
Типы объектов и явлений	Ледовые явления	Отраслевой Росгидромета	Разработан на основе фоновых данных
	Типы водомерных постов	Отраслевой Росгидромета	
	Типы гидротехнических сооружений	Отраслевой Минприроды РФ	Разработан на основе СНиП <sup>16</sup>
	Типы судов	Отраслевой Минтранса РФ	
	Типы теплоисточников	Отраслевой Минэнергетики РФ	
Объекты и явления	Отчитывающиеся учреждения	Региональный	Создан на основе ОКАТО, включает противопожарные гарнизоны, ЕДДС муниципальных образований. Используется для администрирования доступа к веб-системе распределённого сбора данных
	Водомерные посты	Отраслевой Росгидромета	Используется оглавление федерального справочника, локализованные для бассейнов рек Енисей, Ангара (нижняя часть), Обь (подбассейн реки Чулым)
	Метеостанции	Мировая сеть	Переработан в соответствии с источниками данных
	Сеймостанции	Мировая сеть	Используется оглавление справочника для Байкальской и Алтае-Саянской зон
	Посты радиационного	Отраслевой	Используется оглавление

<sup>15</sup> Постановление Правительства Российской Федерации от 21 мая 2007 г. №304 «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»

<sup>16</sup> СНиП 2.06.01-86. Гидротехнические сооружения. Основные положения проектирования. – М. 1987. – 44 с.

Группа	Содержание (фрагмент)	Статус, принадлежность	Примечание
	мониторинга	Росатома	справочника АСКРО для Красноярского края, дополненное пунктами наблюдений МЧС России
	Многофункциональные посты мониторинга	Региональный	Сведения о приборах сети наблюдений ГУ МЧС РФ по Красноярскому краю

Кроме перечисленных в таблице 4.7 справочников, в процессе проведения аналитических исследований использовано несколько десятков справочников, расшифровывающих каталоги событий. Например, в статистике техногенных и бытовых пожаров используются справочники материалов, устройств, мест возникновения, причин, исходов пожаров и другие<sup>17</sup>.

#### 4.3.3 Другие элементы хранилища данных

В процессах решения задач  $T$  в зависимости от вида ситуации  $H$  используется картографическая информация, как для визуализации результатов ситуационного и аналитического моделирования, так и для проведения пространственного анализа [496]. Фрагмент банка пространственных данных приведён в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Пример содержания картографических материалов для задач мониторинга и предупреждения чрезвычайных ситуаций

Задача управления для вида опасного события $H$	$E$	$O_2$	$O_3$	Источники информации
Контроль пожарной обстановки, снижение рисков пожаров	Бытовые и техногенные пожары	Застройка населённых пунктов	Противопожарные формирования	МЧС РФ, отделы (управления) архитектуры администраций МО

<sup>17</sup> Приказ МВД России от 30.06.1994 г. № 332 «О введении в действие карточки учёта пожара»

Задача управления для вида опасного события <i>H</i>	<i>E</i>	<i>O<sub>2</sub></i>	<i>O<sub>3</sub></i>	Источники информации
Контроль рисков автомобильного транспорта	Дорожно-транспортные происшествия	Автотранспортная инфраструктура	Автодорожные формирования, ГИБДД, медицины катастроф, аварийно-спасательные отряды	Министерство транспорта, Минздрав, МВД, МЧС РФ
Подготовка и контроль прохождения отопительного сезона	Аварии систем энергоснабжения	Энергетическая инфраструктура, источники теплоснабжения	Формирования предприятий энергетики и коммунального хозяйства	Предприятия энергетики и ЖКХ
Контроль лесопожарной обстановки	Природные пожары, повреждения леса	Лесная растительность, лесоустройство	Формирования лесной охраны, лесхозы, авиаотделения	Минприроды
Контроль функционирования систем жизнеобеспечения населённых пунктов	Аварии систем ЖКХ	Коммуникации водо-, тепло-, газоснабжения и канализации	Муниципальные аварийные службы	Муниципалитеты, водо-, тепло-, газоснабжающие организации
Контроль прохождения паводков	Паводки различного происхождения	Объекты защиты, ранжированные по уровню риска затопления, гидротехнические сооружения	Формирования МО: инженерные, медицинские, автотранспортные, аварийно-спасательные отряды	Росгидромет, Минприроды, муниципалитеты, МЧС РФ

Часть перечисленных информационных ресурсов собрана в хранилище данных Главного управления МЧС России по Красноярскому краю. На основании структуры и содержания данных реализованы модели анализа и визуализации, используемые в процессах поддержки управления. Более подробно методы обработки и использования данных описаны в следующих главах.

#### 4.4 ВЫВОДЫ К ГЛАВЕ 4

Предложена модель организации информационных ресурсов для поддержки процессов управления природно-техногенной безопасностью территорий, основанная на оригинальной систематизации мониторинговых данных, процессов их трансформации и представлений результатов аналитической обработки данных для всего спектра задач управления.

Модель позволила реализовать консолидацию разнородных данных мониторинга в единое хранилище и обеспечить их совместную оперативную аналитическую обработку с использованием технологии OLAP, реализовать технологию ситуационного моделирования.

Для описания модели организации информационных ресурсов использован онтологический подход. Построена онтология, описывающая базовые элементы архитектуры информационных ресурсов, отношения между ними, окружение и принципы, определяющие проектирование и формирование различных видов хранилищ данных. Онтологическая модель как часть концептуального подхода к систематизации информационных ресурсов, позволяет обосновывать структуру и способы хранения данных.

В отличие от организации аналогичных информационно-управляющих систем предложенный подход имеет проблемно ориентированный характер, позволяет контролировать дефицит или избыточность информационных ресурсов, использующихся для поддержки задач управления, реализовать разные виды консолидации и хранения данных.

На основе описания логических связей элементов системной модели, множеств видов опасных ситуаций; источников данных и способов доступа к данным разработаны варианты организации информационных ресурсов, необходимых для решения задач управления. Показано, что несмотря на большое количество элементов в модели организации информационных ресурсов существенное количество связей между элементами дублируется или пустое.

Экземпляры объектов онтологии и их атрибуты раскрыты на конкретных примерах, позволяющих реализовать даталогическое и физическое проектирование структур данных, конкретизирующих решение задач. Подробно описаны структуры данных для каждого вида информационных ресурсов: справочников, данных мониторинга, пространственных данных, а также баз знаний, отражающих представление многоуровневой агрегированной модели знаний. Представлена структура консолидированного хранилища мониторинговых данных, включающая модель справочников и оглавлений, структуры элементов, описывающих объекты контроля, потенциальные источники опасностей природного и техногенного характера, защищаемые объекты, объекты управления и опасные события.

На основе модели информационных ресурсов сформировано хранилище данных мониторинга, используемая поддержки управления в системе обеспечения природно-техногенной безопасности территорий Красноярского края. Область длительного хранения содержит мониторинговую и статистическую информацию и включает оперативные, исторические, справочные, пространственные данные. Раздел «Подключение» содержит сведения о различных схемах, используемых в процессе импорта, и позволяет работать со всеми видами источников данных, представленных в архитектуре информационных ресурсов. В разделе «Предзагрузочная обработка» разрабатываются и исполняются пакеты загрузки, процедуры импорта и экспорта, обеспечивающие консолидацию данных из разных источников. В случае изменения структуры источника данных выполняется настройка соответствия путём сопоставления полей таблиц источника и хранилища данных.

Раздел «Аналитические объекты» содержит OLAP-модели, обеспечивающие комплексную обработку данных мониторинга и аналитическое моделирование. Таким образом, разработанное централизованное хранилище данных образует единый информационный ресурс для решения разных задач управления территориями.

## ГЛАВА 5 МЕТОД ОБРАБОТКИ МОНИТОРИНГОВЫХ ДАННЫХ ДЛЯ РАННЕГО ОБНАРУЖЕНИЯ ОПАСНОСТЕЙ И УГРОЗ

### 5.1 СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ МОНИТОРИНГА

Систематизация параметров мониторинга и разработка критериев опасностей и угроз является частью решения задачи  $t_{11}$  раннего обнаружения угроз и реагирования на предпосылки чрезвычайных ситуаций. Систематизация выполнена с учётом видов ситуаций и особенностей их мониторинга. Для описания мониторинговых данных используем обозначения, введённые в системной модели и онтологии информационных ресурсов.

Решение задач раннего обнаружения опасностей и принятия решений, соответствующих масштабу опасности, осложняется необходимостью учёта параметров опасностей  $O_1$ , их воздействия на защищаемые объекты  $O_2$  в сочетании с оценками потенциала противодействия объектов управления  $O_3$ .

Введём понятия «комплексный мониторинг» и «оперативная обстановка». *Комплексный мониторинг* – система наблюдений и контроля, производимых регулярно по определенной программе для оценки состояния окружающей среды, анализа происходящих в ней процессов и своевременного выявления тенденций её изменения, а также сбор данных о характеристиках и текущем состоянии защищаемых объектов  $O_2$  и объектов управления  $O_3$  для последующей комплексной обработки<sup>18</sup> [371]. *Оперативная обстановка ST* – совокупность факторов, условий и обстоятельств, в которых осуществляется подготовка и выполнение определённых действий в той или иной сфере, описываемых значениями элементов множества видов информационных ресурсов  $S$  определенного вида ситуаций  $H$  [103].

---

<sup>18</sup> ГОСТ Р 22.1.02-95. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование. Термины и определения. – М.: СтандартИнформ, 2017. – 5 с.

Основные виды обстановок  $ST$  показаны на Рисунке 5.1. Стрелками показано влияние обстановок друг на друга, выражающееся в усилении воздействия одновременно реализующихся негативных факторов. Соответственно, значения критериев опасностей и угроз отражают синергетический эффект воздействий различного рода опасностей  $O_1$  на защищаемые объекты  $O_2$ .

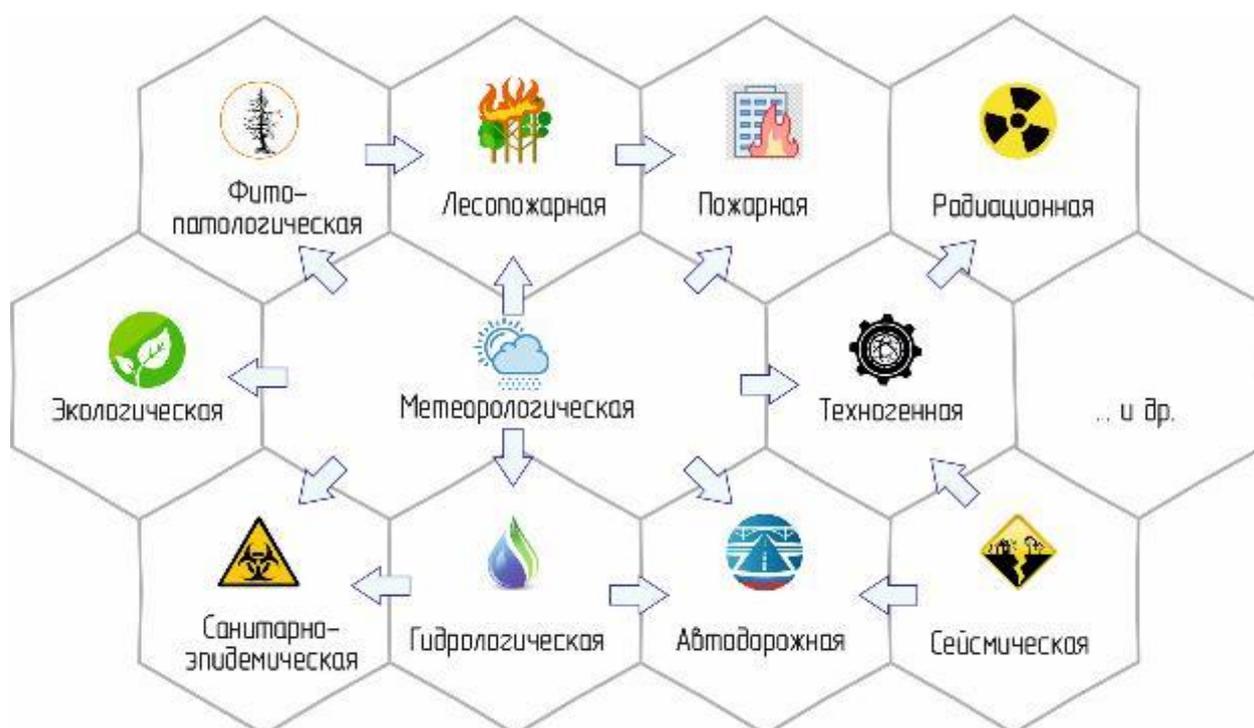


Рисунок 5.1 – Граф влияния обстановок

Как видно из рисунка, метеорологические факторы учитываются при оценке возникновения и масштаба практически всех видов ситуаций  $H$  [39-41]. Влияние остальных обстановок реализует «эффект домино». Например, переход природного пожара в техногенный или ухудшение санитарно-эпидемической и транспортной обстановки в зоне затопления [9].

Первичным источником параметрических данных контроля источников опасности  $O_1$  является инструментальный мониторинг  $q_1$ . Приборы позволяют измерять значения физических параметров, таких как температура, давление, скорость, концентрация вещества, мощность излучения, изменение размеров и

др., и передавать данные для обработки в сколь угодно малые промежутки времени. К приборному мониторингу относятся и средства аварийной сигнализации, передающие сигнал об опасном событии на основе внутренней обработки результатов измерений. Информационные ресурсы мониторинга содержат результаты инструментальных измерений различной степени обработки (исправление ошибок, агрегация и др.). Приборы являются основным источником информации о предвестниках аварий и инцидентах при контроле и управлении производственными процессами. Внедрение технологий промышленного интернета, цифровизации производств повышает значимость методов раннего обнаружения отклонений от нормы для недопущения эскалации аномалий.

Базы данных систем мониторинга, являющиеся источниками информации для информационной поддержки управления, имеют разные масштабы территориального охвата: глобальные; федеральные; региональные; объектовые. Использование перечисленных систем мониторинга показано на примере Красноярского края [265]. Соответствует масштабу и сфера использования критериев опасностей и угроз. Например, критерии сейсмических и радиационных опасностей едины для всех стран, тогда как критерии нежелательных режимов работы оборудования уникальны для конкретного объекта.

Глобальные базы данных являются источниками данных по метеорологической, сейсмической, лесопожарной и экологической обстановкам. В дополнение на федеральном и региональном уровне собираются данные по гидрологическим, радиационным, инженерно-техническим и другим измерениям.

Объектовые системы мониторинга промышленных объектов и инфраструктуры строятся и функционируют с учётом конкретной отрасли и специфики производства [424]. При этом системы обеспечения промышленной безопасности, как правило, являются частью автоматизированных систем управления безопасностью технологических процессов – АСУ ТП. Широко распространённые системы пожарной безопасности объектов, включая современные жилые дома, в большинстве не имеют централизации на муниципаль-

ном уровне. Эксплуатация системы «Стрелец-мониторинг»<sup>19</sup> выявила серьёзные недоработки в автоматизации оповещения о пожарах на объектах с массовым пребыванием людей.

Приведём характеристики систем мониторинга, проиллюстрированные на Рисунке 5.1.

*Метеорологические* наблюдения и прогнозы позволяют идентифицировать опасные погодные явления [29] и служат основой для прогнозирования других видов ситуаций [267]. Согласно действующему законодательству, использование метеорологической информации для прогноза опасных явлений и принятия решений по раннему предупреждению ЧС допускается при наличии оборудования, сертифицированного Росгидрометом, лицензий на прогностическую деятельность.

*Гидрологические* наблюдения проводятся на стационарных постах Росгидромета, временных пунктах, организованных МЧС России, а также на гидроэлектростанциях. Поскольку опасность затоплений различной природы в Сибири существует круглый год, наблюдения проводятся в ежедневном режиме [290]. Учащение контроля за водными объектами с целью безаварийного пропуска паводковых вод происходит период весеннего половодья, продолжительность которого в бассейне реки Енисей достигает трёх месяцев (с середины марта в южных районах до начала июня на Таймыре) [263].

*Лесопожарные наблюдения* ведутся подразделениями Министерства природных ресурсов и лесного комплекса Красноярского края и взаимодействующими организациями: КГАУ «Лесопожарный центр», Базой авиационной охраны лесов, Лабораторией приёма и обработки спутниковой информации НЦУКС МЧС России. На основе наземных, авиационных и космических наблюдений формируется оперативная база данных действующих ландшафтных

---

<sup>19</sup> ГОСТ Р 56935-2016 Производственные услуги. Услуги по построению системы мониторинга автоматических систем противопожарной защиты и вывода сигналов на пульт централизованного наблюдения "01" и "112". – М.: Стандартинформ, 2016. – 20 с.

пожаров, действий по их ликвидации, каталог участков, пройденных огнём. Сводные данные по лесопожарной обстановке и сопутствующую информацию предоставляет геоинформационный ресурс управления космического мониторинга «КАСКАД». В системе ИСДМ-Рослесхоз доступны данные оперативно-го мониторинга и архивы термоточек, работ по тушению пожаров, результатов инвентаризации лесов. Неотъемлемой частью предупреждения и контроля ситуации с природными пожарами является мониторинг *фитопатологической обстановки*, включающий наблюдения за вредителями леса, картирование очагов вспышек насекомых, оценку изменения пожарной опасности из-за болезней леса [87].

Мониторинг *санитарно-эпидемической обстановки* проводится региональными подразделениями Роспотребнадзора. Результаты проверок, анализа проб воздуха, воды, почвы, пищевых продуктов, данные о медицинских обследованиях с использованием ионизирующего излучения сводятся в автоматизированную систему «Санитарно-гигиенический мониторинг», используемую во всех субъектах РФ.

Сеть *радиационных* наблюдений АСКРО (Автоматизированная система контроля радиационной обстановки) Госкорпорации «Росатом» построена на территориях, прилегающих к радиационно-опасным объектам. В Красноярском крае работают более 40 постов контроля, расположенных в 100 километровой зоне Горно-химического комбината (ГХК) в г. Железногорске. С периодичностью 3 часа происходит сбор данных о мощности экспозиционной дозы гамма-излучения с чувствительностью, позволяющей регистрировать его изменения по сравнению с естественным фоном; метеорологических параметров; объёмной активности гамма-излучающих радионуклидов в пробах воды в реке Енисей ниже сбросов ГХК на двух постах на водозаборах реки Енисей. В связи с сокращением количества функционирующих радиационно-опасных объектов в Красноярском крае сеть АСКРО фиксирует, в основном, колебания естественного радиационного фона.

*Сейсмические* наблюдения территорий юга Центральной Сибири проводятся в области влияния Байкальской и Алтае-Саянской сейсмических агломераций [380], а также в районах интенсивной добычи угля и других ископаемых открытым способом. Сеть Российской академии наук дополнена сейсмостанциями МЧС России, установленных в ЕДДС муниципальных образований южной части Красноярского края. Сейсмодатчики позволяют регистрировать низкоэнергетические классы землетрясений, а системы обработки распознавать промышленные взрывы, рассчитывать сотрясаемость важных объектов и населённых пунктов, контролировать «сейсмическую погоду».

Мониторинг *выбросов аварийно-химических опасных веществ* проводится непосредственно на потенциально-опасных промышленных объектах. Действующие нормы разрешают эксплуатацию устаревших средств контроля типа «датчик – диспетчер», без интеграции данных в информационные системы. В 2014 году в Красноярском крае организованы опытные участки на химически опасных объектах, позволяющие контролировать выбросы и утечки АХОВ в режиме онлайн.

Мониторинг *загрязнений атмосферного воздуха* проводится на стационарными постах, расположенных в промышленных городах края, а также передвижными лабораториями администрации города Красноярска. Разворачивается независимая сеть экологических наблюдений. ФИЦ Красноярский научный центр СО РАН в 2018 году включился в программу наблюдений за пылевым загрязнением города Красноярска. Результаты мониторинга отображаются на веб-ресурсах Министерства природных ресурсов и лесного комплекса Красноярского края <http://krasecology.ru/>, ИВМ СО РАН [gis.krasn.ru/sc/](http://gis.krasn.ru/sc/), «Чистое небо» <https://nebo.live/>, в мобильном приложении «Эковизор».

*Контроль техногенной обстановки* на промышленных объектах, транспортных системах и коммуникациях проводит Енисейское управление Ростехнадзора. Наблюдения и оценку состояния гидротехнических сооружений, скотомогильников, полигонов отходов, затапливаемых территорий и т.д. проводят

подрядные организации на конкурсной основе. С этой целью ежегодно определяются перечень объектов, подлежащих обследованию, либо требующих переработки документации по безопасности. ГТС IV класса, являющиеся основными источниками опасности в период прохождения весеннего половодья, не оснащены инструментальными системами мониторинга.

На базе региональных подразделений МВД России в крупных городах России разворачивается *система мониторинга «Безопасный город»*. Система состоит из разветвлённой сети высокоскоростной передачи данных (оптоволоконные сети) с подключёнными камерами видеонаблюдения и другими оконечными устройствами.

Кроме перечисленных, эксплуатируются следующие системы: видеосистема контроля движения общественного транспорта, СМИС объектов города Красноярск с массовым пребыванием людей, мониторинга систем жизнеобеспечения населения, контроля высоты снежного покрова на лавиноопасном участке федеральной автодороги «Красноярск – Кызыл – госграница» (Буйбинский перевал), контроля функционирования зимников, паромных, понтонных и ледовых переправ автомобильного транспорта. Планируется расширение наблюдений за счёт появления новых пунктов наблюдений, построения сетей на новых технологиях, например, Интернета вещей (IoT).

Систематизация видов перечисленных систем наблюдения и контроля и мероприятия, необходимые для их консолидации в единую сеть комплексного мониторинга представлены в Таблице 5.1

Таблица 5.1 – Виды систем мониторинга, мероприятия по консолидации и уровни реагирования на опасности и угрозы

Элементы системы мониторинга	Мероприятия консолидации	Пример	Уровень реагирования
Приборы мониторинга → диспетчер	Модернизация датчиков и средств обработки данных	Контроль процессов в промышленности, на транспорте, системах ЖКХ	$l_3$ – объект
Приборы мониторинга → информационная система → диспетчер	Заключение соглашений об информационном обмене, получение доступа к данным	Объектовые АСУ ТП, системы «Умный город»	$l_3$ – объект
Приборы мониторинга → информационная система → веб-сайт	Использование средств консолидации данных	Радиационные, сейсмические, метео и гидрологические, экологические системы мониторинга	$l_1$ – регион
Человек → информационная система → веб-сайт	Использование средств консолидации данных	Автомобильная обстановка: функционирование переправ, зимников; наблюдение за ледовыми явлениями	$l_1$ – регион

Сбор и обработка информации о состоянии объектов техносферы контролируется, как правило, диспетчерами. В случае отклонения параметров процесса от нормативных диспетчер инициирует цепочку реагирования, включая оповещение органов управления муниципального  $l_2$  и регионального  $l_1$  уровней. При автоматизированном сборе данных с публикацией в сети Интернет требуется дополнительная обработка данных с целью идентификации опасностей и угроз. Их выявление реализуется на региональном  $l_1$  уровне с последующим оповещением муниципального  $l_2$  и объектового  $l_3$  уровней. Исключением являются параметры, непосредственно контролируемые специалистами (наблюдателями). При возникновении опасной ситуации либо предпосылок к ней кроме системы мониторинга задействуются другие каналы связи с  $l_2$  и  $l_1$  [285].

Характеристики объектов  $O_2$ ,  $O_3$  и событий  $E$  собираются, в основном, посредством ручного ввода данных операторами (вид источника данных –  $q_2$ ). Пространственные данные формируются, как правило, вручную с использованием ГИС с внешними устройствами ввода, либо комплексами обработки данных дистанционного зондирования. Импорт данных реализуется путём пакетной обработки  $q_2$ , разрабатываются технологии автоматической консолидации пространственных данных [69].

В Таблице 5.2 приведена систематизация физических параметров мониторинга в приложении к видам ситуаций  $H$ . Критерии опасностей и угроз, описанные далее, определяют интервалы параметров  $PR$ , безопасные для функционирования объектов техносферы, или допустимую степень воздействия природных факторов на объекты антропосферы.

Таблица 5.2 – Система параметров мониторинга

Параметр $Pr$	Вид ситуации $H$	Комментарий
Расстояние, длина	Деформация крупнопролётных конструкций	Оценка угрозы разрушения
	Землетрясение	Параметр оценки сотрясаемости грунтов
	Опасные метеорологические явления	Объём осадков, видимость в тумане, толщины снега на лавиноопасных участках, крышах крупнопролётных сооружений
	Опасные гидрологические явления	Уровень воды, толщина льда, снега и мощность ледяного затора
Время	Техногенные объекты, системы жизнеобеспечения	Пребывание в неработоспособном состоянии
	Опасные метеорологические явления	Продолжительность осадков или засухи, период действия экстремально низких и экстремально высоких температур, неблагоприятных метеоусловий
	Опасные гидрологические явления	Добегание волны прорыва при аварии ГТС, продолжительность стояния воды
		Даты начала и пика весеннего половодья, прогнозируемые даты вскрытия рек и максимума уровней воды на водомерных постах
	Период существования затора или зажора льда на реках	
Температура	Техногенные объекты,	Установление рабочего диапазона

Параметр $Pr$	Вид ситуации $H$	Комментарий
	системы жизнеобеспечения	
	Опасные метеорологические явления	Оценка воздействия экстремально низких и экстремально высоких температур
	Природные пожары	Параметр установки порога обнаружения термоточек по данным ДЗЗ
Объём	Опасные гидрологические явления	Запасы воды в снежном покрове на начало весеннего паводкового сезона
Влажность воздуха	Природные пожары	Параметр для оценки класса пожарной опасности
Скорость	Транспортные аварии	Оценка тяжести последствий ДТП
	Опасные метеорологические явления	Оценка воздействия ветра, метели, шквала, урагана
	Гидрологическая обстановка	Параметр оценки расхода воды
	Природные пожары	Прирост площади пожара по движению горячей кромки
Давление	Техногенные объекты, системы жизнеобеспечения	Установление рабочего диапазона
	Опасные метеорологические явления	Параметр прогноза угроз по циклонической активности
Направление	Землетрясение	Параметр определения координат эпицентра
	Опасные метеорологические явления	Направление ветра для оценки опасности природного пожара
Гамма-излучение	Аварии с выбросом радиационно опасных веществ	Определение норм пребывания и работы людей на зараженной местности
Концентрация вещества	Аварии с выбросом химически опасных веществ	Параметр определения характеристик зоны заражения
	Неблагоприятная экологическая обстановка	Параметр определения норм пребывания групп людей на открытом воздухе
Процент от нормы	Опасные метеорологические явления	Метеорологические параметры за контрольный период
	Опасные гидрологические явления	Толщина льда, высота снега на льду
Количество пострадавших	Техногенные и природные ЧС	Оценка объёмов эвакуации и других мероприятий защиты
	Инфекционная заболеваемость людей и животных	Установление эпидемического порога
Факт события	Техногенные объекты, системы жизнеобеспечения	Срабатывание аварийной сигнализации
	Транспортные аварии	Столкновение, опрокидывание, наезд на препятствие

Система параметров мониторинга позволяет обосновать использование приборов контроля обстановки с учётом требований к точности измерений, условиям и продолжительности периода эксплуатации.

Помимо физических параметров мониторинга, представленных в числовой шкале, в решении задач раннего обнаружения опасностей используется логический критерий «факт события». Использование оконечных устройств, настроенных на определённый порог восприятия, удешевляет мониторинг. Подобные устройства используются для сигнализации опасностей при химической аварии (газоанализаторы), пожаре, происшествиях на водном транспорте и т.д.

## 5.2 КРИТЕРИИ ОБНАРУЖЕНИЯ ОПАСНОСТЕЙ И УГРОЗ

Решение задачи  $t_{11}$  основывается на оперативной аналитической обработке потоков данных комплексного оперативного мониторинга состояния окружающей среды и объектов техносферы. Идентификация опасностей и угроз заключается в сравнении наблюдаемых или вычисляемых параметров критериям, уникальным для каждого вида ситуаций  $H$ .

Основным документом, на основе которого разработаны критерии опасностей и угроз, является Приказ МЧС России № 329 от 08.07.2004 г. «О введении в действие перечня критериев информации о чрезвычайных ситуациях». Используются ведомственные методики и нормативно-правовые акты, Министерства природных ресурсов РФ, Министерства транспорта РФ<sup>20</sup>, и др.

Общие критерии используются для всех пунктов наблюдений за сейсмической, радиационной обстановками, уникальные – для гидрологической обстановки (данные критических уровней воды) и специализированного оборуду-

---

<sup>20</sup> ОДМ 218.8.001-2009. Методические рекомендации по специализированному гидрометеорологическому обеспечению дорожного хозяйства. Утверждены распоряжением Росавтодора от 26.11.2009 № 499-р

дования промышленных объектов. Групповые критерии метеобстановки применяются для различных климатических зон – территорий, расположенных в умеренных широтах, Арктической зоны, горной местности.

Критерии опасностей пересматриваются с различной периодичностью. Например, лимиты расходов сброса ГЭС устанавливаются ежемесячно в зависимости от гидро- и метеорологической обстановки; критические уровни воды – раз в пять лет. Изменения критериев радиационной опасности могут вноситься по результатам медицинских исследований.

Значения критериев угроз при отсутствии конкретных данных в литературе или результатов натуральных наблюдений определялись экспертным путём как доля от опасного значения. Большинство критериев опасностей представляют собой максимально или минимально возможное значение контролируемого параметра, а критериев угроз – процент от критического значения. Кроме этого, критерии могут представлять собой сумму значений за определенный период, разность соседних измерений, а также количество объектов, имеющих определённые свойства, либо изменивших свойства за период. Для техногенных объектов критерии опасностей и угроз могут быть в середине рабочих интервалов (например, скорости вращения гидроагрегатов ГЭС).

В Таблице 5.3 приведены числовые значения критериев опасностей и угроз (красный и жёлтый цвета второго столбца соответственно) для параметров  $Pr$  разных видов ситуаций  $H$ , по которым проводится регулярные наблюдения и имеются доступные базы данных.

Таблица 5.3 – Критерии опасностей и угроз параметрического мониторинга опасностей

№	Параметр	Условие, уровень опасности	Уникальность критерия	Примечание
<b>ОПАСНОСТИ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА</b>				
<b>Химическая обстановка</b>				
1	Пороговая концентрация АХОВ ( $T_c$ , доли)	$T_c > 0,01$	в зависимости от вида АХОВ	Доля от пороговой концентрации
<b>Радиационная обстановка</b>				
2	МЭД ( $MD$ , мЗВ)	$MD > 0,6$	нет	Разовое значение
<b>Внезапное обрушение</b>				
3	Уровень снега на крупнопролётных конструкциях ( $LS$ , см)	$LS > 20$	да	Устанавливается с учётом вида, назначения и конструкции объекта
<b>Аварии на ЖКХ</b>				
4	Давление горячей воды теплокамере снабжения домов ( $PW$ , атм)	$PW < 6$	в зависимости от точки измерения	Измеряется на прямой подаче от теплоисточника
5	Температура воды ... ( $TW$ , °C)	$TW < 90$		
<b>ОПАСНОСТИ ПРИРОДНОГО ХАРАКТЕРА</b>				
<b>Опасные геофизические явления</b>				
6	Магнитуда сейсмособытия ( $Mg$ , балл)	$3 < Mg < 5$	нет	Независимо от места события
<b>Опасные геологические явления</b>				
7	Уровень грунтовых вод ( $LU$ , м)	$LU < 4$	в зависимости от места измерения	Скважины контроля устанавливаются по результатам гидрогеологических исследований
<b>Опасные метеорологические явления</b>				
8	Температура ( $t$ , °C)	$30 \leq t < 35$ или $-40 < t \leq -35$	в зависимости от места измерения	Используются три набора критериев: для умеренных широт, горной местности и Арктической зоны

№	Параметр	Условие, уровень опасности	Уникальность критерия	Примечание
9	Скорость ветра (SW, м/с)	$t \geq 35$ $15 \leq SW < 25$	в зависимости от места измерения	
10	Осадки (Pre, мм)	$Pre \geq 30$ за 1 час $Pre \geq 50$ за 12 час. $Pre \geq 120$ за 42 час.	то же	Для твёрдых и жидких осадков
11	Диаметр отложений мокрого снега (DS, мм)	$DS > 20$ $DS > 30$	нет	
12	Класс пожарной опасности, CFD	$CFD = 3$ $CFD \geq 4$	нет	Показатель, вычисляемый на основе температуры и влажности воздуха, продолжительности периода без осадков
13	Уровень снега на лавиноопасном участке (LS, см)	$LS > 30$ $LS > 50$	в зависимости от места изм.	Может изменяться в зависимости от уклона и экспозиции склона
14	Продолжительная засуха (DD, суток)	$DD > 7$ $DD > 14$	то же	Может изменяться в зависимости от климатической зоны
<b>Опасные гидрологические явления</b>				
15	Уровень воды в реках (RL, см)	$RL \geq$ Уровень начала подтопления $Kh_1 \times 0,8$ $RL \geq$ Уровень начала подтопления $Kh_1$	да	Уникальные для каждого пункта наблюдений
16	Суточное изменение уровня воды (CL, см)	$CL > 50$		Для равнинных участков рек
<b>Природные пожары</b>				
17	Площадь пожара, (FA, га)	$FA > 50$ $FA > 100$	в зависимости от места	Устанавливается для каждой зоны охраны. Корректируется на основе вычисления расстояний до ближайшего НП

Логические параметры мониторинга, представленные в таблице 5.3, разделены на группы в зависимости от задач управления, решаемых после идентификации опасностей и угроз:

- сигнализирующие о возникновении опасной ситуации и требующие немедленного реагирования;
- сигнализирующие об угрозе опасной ситуации, для возникновения которой необходимы дополнительные условия. Требуют увеличения частоты наблюдений и проведения ситуационного моделирования;
- являющиеся иницирующими событиями для реализации «эффекта домино». Требуют увеличения частоты наблюдений.

Таблица 5.4 – Логические критерии

№	Вид ситуации <i>H</i>	Сигнал	Примечание
<b>1. Сигналы, требующие немедленного реагирования</b>			
18	Транспортные аварии	Срабатывание сигнализации типа ЭРА-ГЛОНАСС, Гонец, КОСПАС-САРСАТ	
19	Пожары и взрывы	Срабатывание пожарной сигнализации	Промышленные объекты, объекты с массовым пребыванием людей
20	Гидродинамические аварии	Срабатывание аварийной сигнализации	Усиление контроля за ГТС IV класса в период весеннего половодья или катастрофических ливней
<b>2. Сигналы, требующие усиления контроля</b>			
21	Опасные метеорологические явления	Морось, гололёд, туман	Усиление контроля функционирования автомагистралей
		Сухие грозы	Усиление контроля лесопожарной обстановки при КПО 4 и 5
22	Опасные гидрологические явления	Ледоход, ледостав, подвижки льда	Усиление контроля функционирования автомобильных переправ
<b>3. Инициаторы эффекта домино</b>			
23	Аварии на энергетических системах	Остановка работы	Событие, иницирующее аварии систем теплоснабжения
24	Аварии на энергетических системах	Время отключение электро-	Событие, иницирующее

№	Вид ситуации $H$	Сигнал	Примечание
	ческих системах	снабжения критически важных объектов	техногенные аварии
25	Опасные гидрологические явления	Затор или зажор льда на реках	Событие, инициирующее затопление территорий выше места сужения русла с быстрым подъёмом уровня воды
26	Природный пожар	Расстояние до населённого пункта или объекта защиты	Событие, инициирующее техногенные и бытовые пожары
27	Массовые инфекционные заболевания людей	Эпидемический порог	Начало эпидемии

Большинство критериев разработаны автором и сотрудниками отдела прикладной информатики ИВМ СО РАН на основании опросов экспертов анализа ведомственных документов.

Таблица 5.1 дополняется по мере появления новых данных мониторинга опасностей  $O_j$ . Например, для обнаружения термических точек на лесных территориях по данным ДЗЗ в инфракрасном диапазоне используется критерий предельной температуры  $+60^{\circ}\dots+80^{\circ}\text{C}$  в зависимости от класса пожарной опасности, типа приёмника, характеристик территории.

Взаимовлияние обстановок, показанное на Рисунке 5.1, необходимо учитывать при включении новых объектов контроля в существующие системы наблюдений. Например, для обоснования критериев угроз обрушения в процессе контроля состояния крупнопролётных конструкций тензорометрическим методом требуются инженерные расчёты надёжности в различных режимах эксплуатации. Однако, в случаях, когда угрозы связаны с ветровыми и снеговыми нагрузками, целесообразно оперативно корректировать режимы эксплуатации сооружений с использованием прогнозов метеорологических параметров.

Раннее обнаружение опасностей и угроз имеет многоуровневый характер. Оперативный мониторинг состояния окружающей среды проводится на региональном уровне  $l_j$ . В ЦУКС по субъекту РФ и ЕДДС муниципальных образований используются первичные данные. Мониторинг объектов техносферы прово-

дится дежурно-диспетчерскими службами объектового уровня  $l_3$ , а в вышестоящие органы управления данные поступают в агрегированном виде. Это связано не только с большим объёмом информации контроля узлов и участков промышленных объектов и инфраструктуры территорий, но и с необходимостью специальных знаний для интерпретации сигналов в качестве признаков нештатной или аварийной ситуации.

Информационная поддержка управления с использованием критериев идентификации заключается в последовательном решении задач управления:

➤  $t_{11} \Rightarrow t_{14}$  – если идентифицирована опасность или угроза в параметрах  $PR$  текущего состояния какой-либо обстановки  $ST$ , то выполнить задачу оповещения для территории, на которой находится пункт наблюдений  $PO$ ;

➤  $t_{13} \Rightarrow t_{11} \Rightarrow t_{14}$  – если в результате аналитической обработки прогнозных данных идентифицирована опасность или угроза в параметрах  $PR$  какой-либо обстановки  $ST$ , то выполнить задачу оповещения для территории, на которой ожидается проявление неблагоприятных факторов.

Решение задачи  $t_{11}$  заключается в настройке фильтров для потоков данных мониторинга. В задаче  $t_{13}$  используются прогнозные данные либо статистические методы экстраполяции. В зависимости от вида ситуации  $H$  после идентификации опасности и проведения оповещения следует экстренное реагирование на событие либо учащение наблюдений, перепроверка факта угрозы, уточнение характеристик складывающейся ситуации по другим источникам.

После перепроверки сигнала по другим источникам информации и в зависимости от вида ситуации  $H$  принимается решение по реагированию оперативных служб или переводе их в *режим повышенной готовности*. Данный режим не рассматривается в системной модели  $M$ , поскольку решаемые в этом случае задачи аналогичны  $t_{11}$ ,  $t_{14}$ . Отличие заключается в учащении информационного обмена между уровнями управления, усилении состава формирований  $O_3$  и уменьшении времени реагирования на сигнал об опасности.

Как показал анализ крупномасштабных ситуаций федерального значения, связанных с затоплением территорий (Краснодарский край, 2002, 2012; Дальний

Восток, 2013; Иркутская область, 2019) оповещение населения в случае получения сигнала об опасности нужно проводить по худшему сценарию, например, для паводка 1% обеспеченности (событие с повторяемостью 1 раз в 100 лет). Недостовверное информирование приводит к более тяжёлым последствиям, чем опасность паники.

Автоматическая индикация угроз ЧС и неблагоприятных параметров обстановки основана на «принципе семафора». Обнаружение угроз реализовано путём проверки данных мониторинга на соответствие или выход за пределы установленных пороговых значений. Автоматическая индикация основана на свойствах фильтрации и агрегации параметров в аналитических моделях OLAP. Оценивание осуществляется путём сравнения текущих значений контролируемых параметров с критериями, приведёнными в таблице 5.3. Фильтрация осуществляется для определения уровней состояния объектов контроля. В зависимости от её результатов контролируемые параметры раскрашиваются в следующие цвета:

- «зелёный» – обстановка в норме, значения контролируемых параметров находятся в пределах допустимых значений;
- «угроза» – идентификация угрозы, значения параметров приближаются к критическим, либо наблюдается резкая динамика изменений, либо фиксируется длительное отклонение от среднеголетних нормативных значений;
- «красный» – идентификация опасности, повышенный риск возникновения ситуации, связанной с ущербом либо нарушением жизнедеятельности территории. Значения параметров равны или превышают критические.

Серый цвет индикатора свидетельствует об отсутствии оперативных данных для оценки и является сигналом к необходимости проверки источника информации и канала передачи данных.

Как показал опыт эксплуатации различных систем, использование трёхцветной градации наиболее оптимально для оперативного принятия решений. Наиболее полная информационная поддержка реализуется при автоматическом запуске ситуационного моделирования после индентификации угроз.

### 5.3 ПРИМЕНЕНИЕ КРИТЕРИЕВ ДЛЯ РАННЕГО ОБНАРУЖЕНИЯ ПРЕДПОСЫЛОК ЧС

Использование представленных числовых и логических критериев опасностей и угроз для практического решения задачи раннего обнаружения предвестников чрезвычайных ситуаций происходит с учётом ряда особенностей, показанных на Рисунке 5.2.

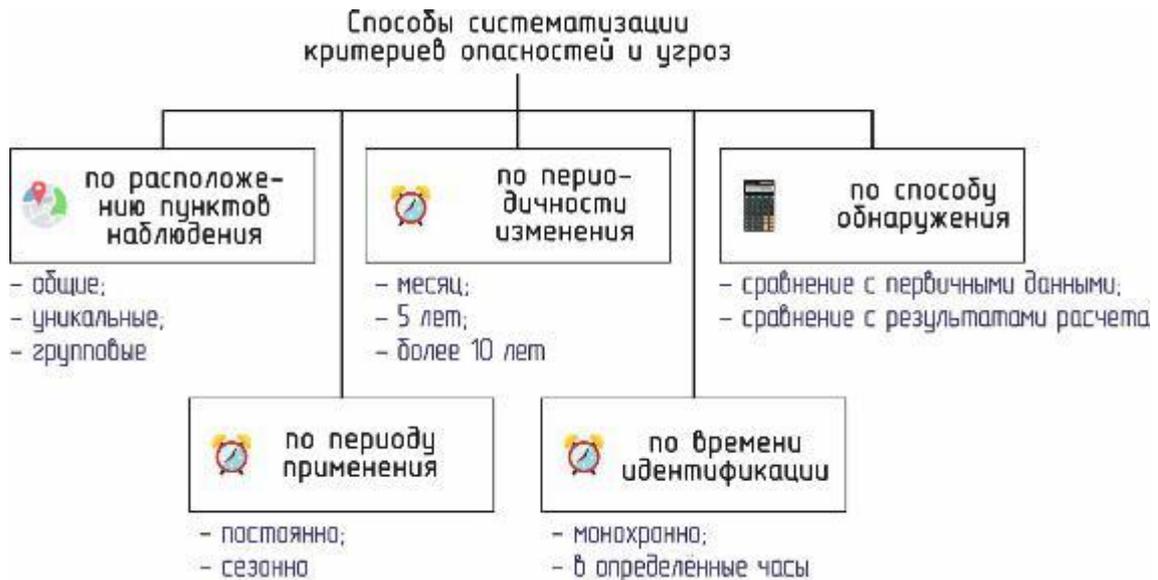


Рисунок 5.2 – Способы систематизации критериев опасностей и угроз

Поясним на примерах предлагаемые способы систематизации критериев.

*Расположение пунктов наблюдений.* Значения метеорологических показатели опасностей зависят от географической зоны – умеренные широты, Арктика, горная местность. Уникальные значения имеют водомерные посты, поскольку отметки на них устанавливаются с учётом ландшафта и высоты над уровнем моря.

*Периодичность изменения.* Наиболее часто подлежат пересмотру критерии природных опасностей. Это связано с изменением климата, текущей гидрологической обстановки. Критерии техногенных видов опасностей могут меняться по мере внедрения новых промышленных технологий, Критерии для биолого-социальных опасностей меняются по мере накопления новых знаний о воздействии на человека факторов окружающей среды.

*Способ обнаружения.* Большинство критериев ориентировано на проверку значений первичных данных. Расчёт используется для классов пожарной опасности, а также при наличии метода прогноза параметров обстановки.

*Период применения.* Цикличность некоторых видов опасностей природного и техногенного характера определяет особый регламент начала и окончания наблюдений.

*Время идентификации.* Гидрологическая и лесопожарная обстановки имеют суточную цикличность. Наибольшая вероятность реализации ЧС наблюдается период 14-17 часов, когда суточная температура воздуха максимальна.

Алгоритм использования критериев для идентификации опасностей и угроз представлен на Рисунке 5.3. Процесс включает три цикла: по видам обстановок  $ST$ , по пунктам наблюдений  $PO$  и по измеряемым параметрам  $PR$ . Состав мониторинговой информации зависит от вида источника  $q$ . Пакет данных приборного мониторинга  $q_1$  можно представить вектором параметров  $PR$ . Данные других источников  $q_2 \dots q_5$  интегрируют сведения со всех пунктов наблюдений  $PO$  (матрица  $PO \times PR$ ).



Большинство видов обстановок  $ST$  зависит от состояния и прогноза погоды, поэтому при анализе обстановок необходим учёт метеорологических параметров. Диапазон допустимых значений обстановок (см. Рисунок 5.1.) при неблагоприятных значениях метеорологических параметров уменьшается. Некоторые параметры  $PR$  требуют предварительного расчёта, например, сумма осадков  $Pre$  за период или класс пожарной опасности в лесах  $CFD$ . В процессе сравнения текущих значений  $PR$  с критериями опасностей и угроз  $Kr$  происходит заполнение массива  $Signal$ . В случаях изменения значений элементов массива  $Signal[st, po, pr]$  инициируется решения задач оперативного реагирования  $t_{21}$  и  $t_{22}$  согласно заранее разработанных сценариев действий (см. Гл. 6).

С помощью операции агрегации разработана автоматическая индикация опасностей и угроз для обстановки в целом. Обстановке присваивается уровень опасности, соответствующий наихудшему из уровней множества аналитических индикаторов. Сигнализация опасностей и угроз происходит на уровне территории в целом, а функция детализации аналитической модели OLAP позволяет просмотреть пункт наблюдения и параметр, значения которого вышли за пределы допустимых.

Программная реализация данной функции (АРМ диспетчера Территориального центра мониторинга) показана на рисунке 5.4. Главное меню системы (слева на Рисунке 5.4) работает в качестве службы в постоянном режиме. При поступлении новых данных происходит оперативная обработка и изменение цвета «семафоров». Оператор уточняет место и причину возникновения угрозы или опасности нажатием на пункт меню «Режим рек». В приведённом примере показана идентификация опасной ситуации, связанной с затоплением населённого пункта Бирилюссы на река Чулым весной 2016 года. В отображении данных в режиме кросс-таблицы показываются столбцы, содержащие данные по водомерным постам, уровням воды на конкретную дату. Значения  $PR$ , превысившие критические, подсвечиваются красным или жёлтым цветом. Нижние вкладки позволяют отобразить данные мониторинга в виде динамической карты или графика уровней воды (гидрографа заданного створа) [324].



Оценить возможные последствия сигналов об опасностях и угрозах позволяет совместная аналитическая обработка параметров мониторинга опасностей и использованием характеристик  $O_2$ ,  $O_3$ . Метод аналитической обработки с целью выявления опасностей и угроз реализован с использованием OLAP. В таблицах 5.4 – 5.6 приведён перечень исходных данных аналитических моделей разных видов обстановок  $ST$  [486].

Таблица 5.5 – Состав аналитической модели идентификации опасностей лесопожарной обстановки

*Показатели и используемые таблицы:*

Температура, скорость ветра, направление ветра, количество осадков	Метеорологические данные
Площадь пожара, вид пожара	Данные по действующим термоточкам
Населённые пункты в зоне риска, минерализованные полосы	Характеристики территорий
Наличие повреждений леса (вспышек вредителей)	Результаты фитопатологических обследований

*Измерения:*

Период	сутки
Территория	Классификатор ОКATO

Таблица 5.6 – Состав аналитической модели идентификации опасностей затопления территорий

*Показатели и используемые таблицы:*

Уровень воды	Гидрологические данные
Ледовые явления	Гидрологические данные
Состояние гидротехнических сооружений	Реестр ГТС
Затапливаемые населённые пункты	Характеристики территорий

*Измерения:*

Период	2-3 суток
Территория	Классификатор ОКATO
Бассейн	Классификатор водных объектов

Таблица 5.7 – Состав аналитической модели оценки возможных последствий химической аварии

*Показатели и используемые таблицы:*

Концентрация АХОВ	Данные приборов химически опасного объекта
Температура, скорость ветра, направление ветра, количество осадков	Метеорологические данные
Объекты с массовым пребыванием людей	Характеристики территорий
Химически опасные объекты	Реестр ХОО

*Измерения:*

Период	0,5–3 часа
Территория	Классификатор ОКАТО

Результаты аналитического моделирования представляются в виде динамических элементов множества  $Y$ . Это позволяет менять «точку зрения» и использовать критерии опасностей и угроз в зависимости от конкретной ситуации.

#### 5.4 ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 5

Разработан метод идентификации опасностей и угроз природного и техногенного характера, основанный на систематизации параметров мониторинга, и реализующий раннее обнаружения предпосылок ЧС, использовать OLAP-модели комплексной аналитической обработки для контроля состояния безопасности территории с учётом её особенностей.

Впервые решена задача информационной поддержки процессами раннего предупреждения опасных ситуаций путём автоматического выявления предвестников опасных ситуаций и инициаторов «эффекта домино» на основе числовых и логических параметров, регистрируемых разными системами мониторинга.

На основе требований системной архитектуры и модели организации информационных ресурсов, анализа существующих систем мониторинга разных уровней предложена систематизация параметров мониторинга. Систематизация параметров мониторинга позволила увязать числовые показатели физических ве-

личин и логические сигналы с разными видами опасных ситуаций. В отличие от существующих методов система критериев опасностей и угроз позволяет автоматически идентифицировать предвестники для всех доступных видов опасных ситуаций природного и техногенного характера и адаптируется для структур данных разных систем оперативного мониторинга обстановки.

Для практического использования критериев опасностей и угроз разработан алгоритм раннего обнаружения предпосылок чрезвычайных ситуаций, обеспечивающий выбор и применение критериев в зависимости от видов обстановок, мест наблюдений и измеряемых параметров. Алгоритм учитывает влияние факторов разных обстановок и уменьшает диапазон допустимых значений контролируемых параметров при неблагоприятных значениях метеорологических факторов. Предусмотрен предварительный расчёт текущих параметров для последующего сопоставления с критериями опасностей и угроз. При идентификации опасностей и угроз инициируются решения задач оперативного реагирования по заранее разработанным сценариям. В случаях идентификации угроз интеллектуальная технология формирует тексты информирования и оповещения с учётом вида, места возникновения и масштаба возможных опасных ситуаций.

Показаны особенности использования разработанных числовых и логических характеристик критериев опасностей и угроз в решении практических задачи раннего обнаружения предвестников чрезвычайных ситуаций, в числе которых необходимость адаптации критериев к различным временным и пространственным характеристикам контролируемых территорий. Помимо выявления предпосылок возникновения опасных ситуаций в данных непосредственных наблюдений, разработаны комплексные аналитические модели, позволяющие рассчитывать критерии на основе нескольких параметров, выявлять опасности и угрозы на основе совместного анализа данных мониторинга опасностей и характеристик территорий с учётом взаимовлияния параметров мониторинга.

## ГЛАВА 6 ТЕХНОЛОГИЯ СИТУАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ОПАСНЫХ СОБЫТИЙ

### 6.1 ТЕХНОЛОГИЯ СИТУАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЗАДАЧАХ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ЛИКВИДАЦИИ ЧС

#### 6.1.1 Особенности информационной поддержки управления на основе моделирования

Информационная поддержка решения задач в процессе оперативного управления  $g_2$  основывается на результатах ситуационного моделирования. Масштаб и особенности возможных последствий опасного события, их развития в пространстве и времени определяют выбор действий по ликвидации ситуации (задача  $t_{21}$ ), проведению мероприятий защиты (задача  $t_{22}$ ) и их ресурсному обеспечению.

Задачи управления осложняются необходимостью согласования действий специалистов, использования техники различных ведомств, построении логистических схем обеспечения ресурсами при дефиците времени на принятие решений, наличии неполной и нечёткой информации о ситуации, большой стоимости ошибочных решений [2, 19].

Схема технологии ситуационного моделирования представлена на Рисунке 6.1. Основное отличие предлагаемой технологии ситуационного моделирования от существующих подходов состоит в конкретизации тактики действий в ситуации не только в зависимости от особенностей опасности  $O_1$ , но и с учётом последствий ситуаций (характеристик защищаемых объектов  $O_2$ ), а также возможностей сил, средств, доступности ресурсов (характеристик объектов управления  $O_3$ ). Это позволяет оценить максимальное количество неблагоприятных и положительных факторов развития ситуации, снизить неопределённости процесса принятия решений.

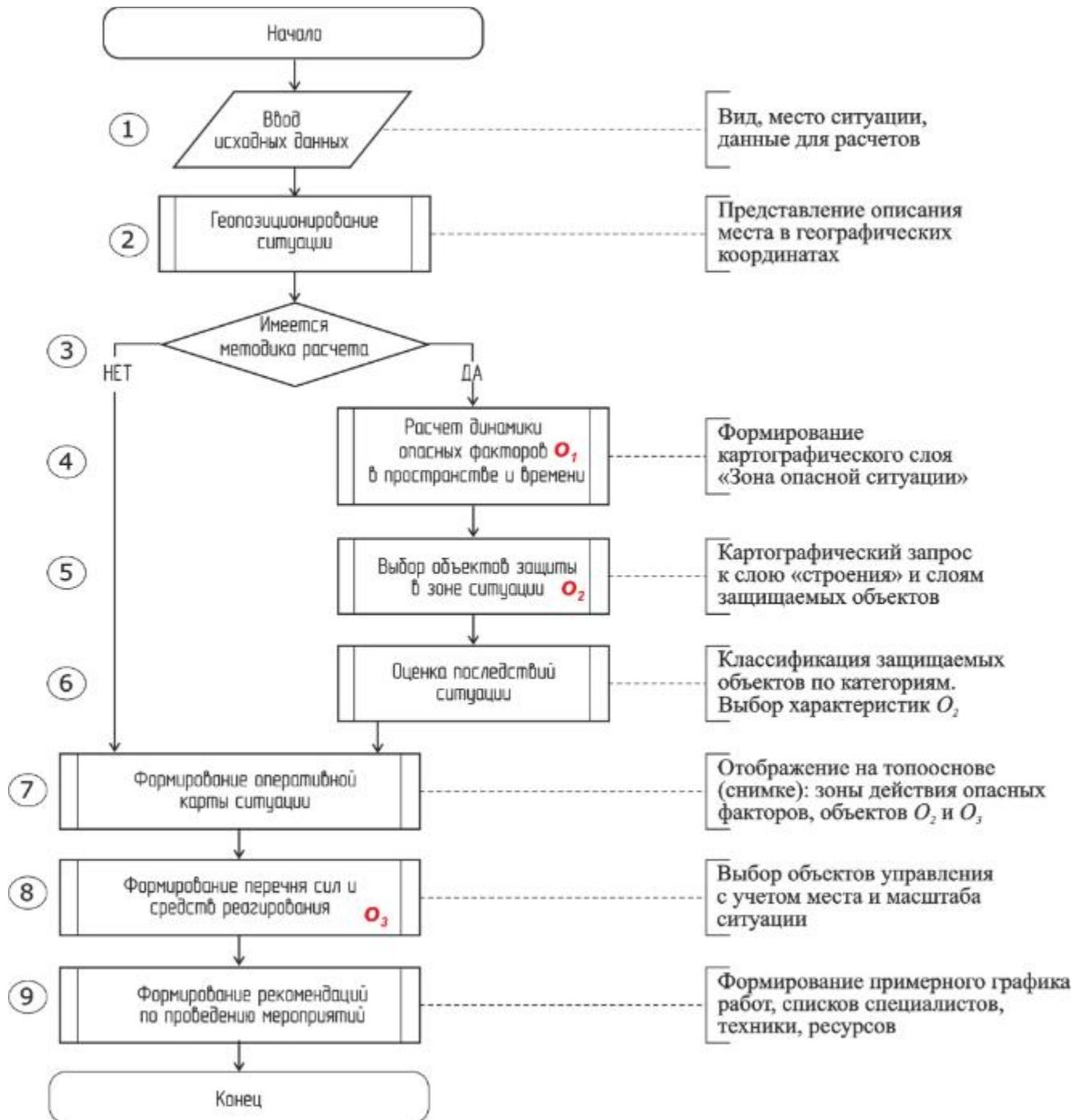


Рисунок 6.1 – Схема ситуационного моделирования опасных событий

Информационная поддержка управления реализуется для всех видов ситуаций  $H$ . Однако информация, предоставляемая ЛПР информационно-аналитическими системами в разных ситуациях, различна по объёму и содержанию. Это обусловлено наличием методик расчёта последствий ситуации, местом возникновения (например, различиями мегаполиса и арктической зоны), необхо-

димостью взаимодействия формирований различных ведомств, количеством этапов и длительностью процессов ликвидации последствий ситуации. Комплексные решения, формируемые автоматизированными системами для ЛПР разных уровней управления, должны иметь разный уровень детализации обстановки – от «новостного формата» до характеристик значимых процессов и описаний задействованных объектов управления  $O_3$ , учитывающих результаты расчётов масштабов ситуации, сценарии её эскалации.

Началом процесса ситуационного моделирования является сигнал о факте события. Источниками исходной информации являются системы мониторинга, информация от населения, поступающая через центры регистрации вызовов оперативных диспетчерских служб, мобильные приложения, другие системы связи [285]. Использование информационно-аналитических систем при решении задач ситуационного моделирования позволяет частично заменить данные разведки, обязательной для масштабных ЧС природного и техногенного характера. При этом обеспечивается качество информации, важной для принятия решений условиях ЧС (оперативность и достоверность), снижается риск для личного состава формирований.

Ситуационное моделирование инициируется вызовом сценария (шаг 1), соответствующего виду опасного события. Сценарий описывает последовательность логического вывода рекомендаций по управлению, включающих результаты расчётов динамики ситуации, последовательность действий, перечни специалистов, необходимой техники и ресурсов. На шаге 2 выполняется перевод из различных представлений места ситуации (адрес строения, километр дороги, лесной квартал и т.п.) в географические координаты с целью формирования ситуационной карты.

Решение задач поддержки принятия решений в информационно-аналитических системах основано на интеграции технологий: хранения данных  $it_1$ , ГИС  $it_4$ , веб-технологии  $it_5$ , интеллектуальной технологии – технологии экспертных систем  $it_6$ . Геоинформационная технология  $it_4$  используется на этапах 2, 5, 8. Интеллектуальная технология  $it_6$  вызывает расчётные модули (шаг 4), ГИС

для картографических запросов (5). Формирование перечней защищаемых объектов (6), сил и средств (7) и рекомендаций реализовано посредством запросов к хранилищу данных  $it_1$ . Результаты ситуационного моделирования (этапы 6-9) представляются в виде динамических отчётных форм.

В зависимости от наличия методик расчёта (3-6) ситуационное моделирование реализуется по двум направлениям:

- фоновая оценка масштабов опасных событий на основе методик расчёта или использование заранее рассчитанных результатов моделирования;
- пространственный анализ опасных событий, произошедших на протяжённых объектах – транспортных коммуникациях, инфраструктуре ЖКХ и т.д. Сетевой анализ ориентированных графов позволяет оценить последствия и динамику события с учётом действия опасных факторов аварий, внешней среды и объёмов проводимых аварийно-спасательных работ.

При отсутствии расчётных методик основой информационной поддержки управления является оперативная карта (шаг 7). Формирование карты происходит с использованием технологии ГИС  $it_4$ , которая интегрирует топографические основы или космические снимки из внешних ресурсов с тематическими слоями объектов  $O_1$ ,  $O_2$ ,  $O_3$  и результатами динамического картографирования зоны ситуации. Зона ЧС представляется в виде картографических слоёв следующих видов:

- площадные объекты, представляющие собой результаты расчётов распространения поражающих факторов опасной ситуации;
- линейные объекты, сформированные путём выполнения пространственного анализа событий на транспорте и коммуникациях, либо пересечением слоёв «коммуникации» с рассчитанными слоями «зона ЧС» (например, зоны затопления, заражения);
- точечные объекты, как результаты геокодирования сообщений о последствиях опасной ситуации (например, шквалах, ураганах, массовых пожарах).

Формирование группировки сил и средств с детализацией до уровня специалистов, техники и ресурсов, необходимых мероприятий реализовано на эта-

пах 8 и 9. Соблюдение регламентов актуализации характеристик объектов управления  $O_3$  позволяет использовать в решениях по экстренному реагированию достоверную информацию. В случае, если масштаб ситуации требует длительного выполнения работ (10-12 часов – рабочая смена), предусматривается ротация формирований (использование второго эшелона и резерва) и выполнения мероприятий по восполнению материальных ресурсов. Другие результаты ситуационного моделирования представляются в виде элементов множества  $Y$ , которые визуализируются с использованием веб-технологий  $it_6$ . В отличие от действующих отчётных форм, использование динамических таблиц, карт и графиков позволяет адаптировать формируемые решения под конкретную ситуацию, уровень управления и предпочтения лиц, принимающих решения.

Главными требованиями к результатам комплексного ситуационного моделирования являются достоверность, непротиворечивость и настраиваемая степень детализации [48]. Для достижения этого экспертами утверждается регламент актуализации информационных ресурсов и проводится тщательный разбор принятых решений в аналогичной ситуации.

Использование технологии ситуационного моделирования в распределённых управляющих системах взаимодействующих ведомств или обеспечение оперативного доступа к результатам оценки ситуации позволяет решить проблемы организации межведомственного информационного обмена. Например, в случае химической аварии в населённом пункте необходима чёткая консолидация усилий различных служб по ликвидации аварии (аварийно-спасательных, транспортного обеспечения) и проведению мероприятий защиты (медицинского обеспечения пострадавших, организации питания, временного размещения, психологической помощи и т.п.). При наличии полной информации о ситуации и динамике её развития, планируемых действиях и распределении задач руководители каждой службы принимают решения с учётом имеющейся ведомственной информации (в том числе и закрытой) о наличии ресурсов для проведения неотложных работ. По сути, использование достаточного объёма данных и применение технологий их обработки и визуализации позволяет сформировать «вирту-

альную комиссию по ЧС» в первые минуты после поступления сигнала об опасной ситуации.

Информационное взаимодействие в ЧС больших масштабов показано на Рисунке 6.2. Согласно Постановлению Правительства РФ<sup>21</sup> органы управления МЧС России выполняют функции координатора мероприятий и контроля выполнения законодательства по обеспечению природно-техногенной безопасности территорий.

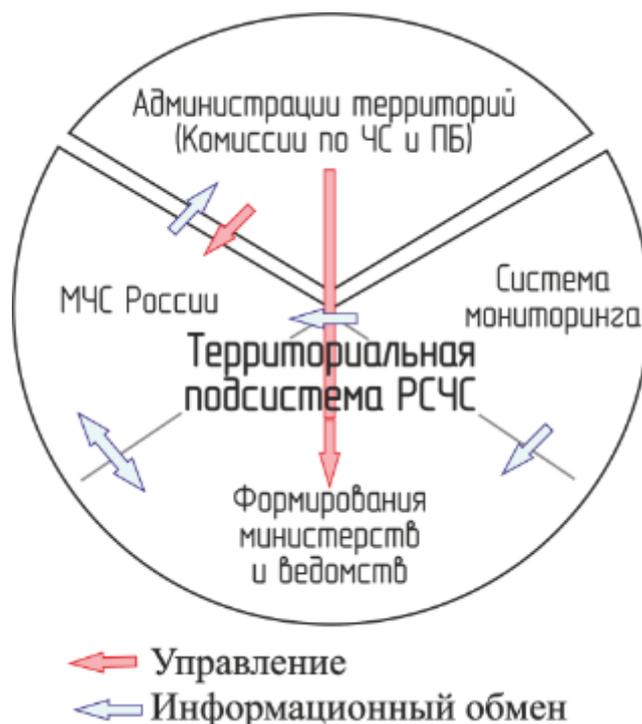


Рисунок 6.2 – Организация взаимодействия в процессе ликвидации ЧС

Организация взаимодействия отличается от иерархической схемы построения РСЧС, приведённой в главе 1. Для практического использования технологии ситуационного моделирования на всех уровнях управления необходимо учесть особенности принятия решений, зависящие от масштаба и вида опасного события. Причём, невозможно определить масштаб ситуации согласно официальным методикам в первые минуты ЧС, поскольку не известно точное количество пострадавших, а тем более, размер материального ущерба. С точки зрения ситуаци-

<sup>21</sup> Постановление Правительства РФ от 30 декабря 2003 г. N 794 "О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций" (с изменениями от 02.04.2020 г.)

онного управления важно, какое количество формирований должно быть привлечено к работам по ликвидации опасной ситуации и её последствий, их профиль, подчинённость, возможности. На основании этих характеристик организуется взаимодействие формирований, распределение работ, оценка необходимых ресурсов.

Например, распоряжение на реагирование одного формирования может отдать диспетчер оперативной службы, которому для принятия решения требуется незначительный объём информации о месте и характере происшествия. Управление ликвидацией масштабных событий, требующих взаимодействия служб, осуществляется посредством сбора комиссий по ЧС и ПБ соответствующего уровня или оперативного штаба. В этом случае требуется, чтобы результаты работы информационно-аналитических систем содержали все элементы множества  $Y$ , а технология ситуационного моделирования позволяла корректировать решения при поступлении новых данных об изменении обстановки.

Целесообразно в ходе принятия решения по экстренному реагированию ориентироваться на самый опасный сценарий, учитывающий вероятность эскалации действия поражающих факторов на длительное время.

Использование интеллектуальных технологий в управлении позволяет формировать несколько альтернативных решений с возможностью ранжирования их по приоритетам. Для этого необходима полная информация о характеристиках опасности  $O_1$ , защищаемых объектах  $O_2$ , объектов управления  $O_3$ . Наиболее опасные сценарии ЧС должны содержать несколько вариантов использования формирований, техники и ресурсов – первый, второй эшелоны и резерв [103].

### **6.1.2 Построение моделей ситуации в интеллектуальной системе**

Сложность процесса формирования и реализации управленческих решений в опасных ситуациях больших масштабов, трудности организации согласованных действий на уровне ведомств и формирований зачастую приводят к увеличению материальных, а иногда и человеческих потерь. При заблаговременном

формировании сценариев развития ситуаций и планировании предпочтительных действий с привлечением экспертов разных сфер, возможно выявление слабых мест и неясностей в планировании, которые требуют уточнения. Проработка сценариев ситуаций с учётом вида, масштаба, условий и особенностей территорий позволит упорядочить работу территориальных комиссий по чрезвычайным ситуациям и пожарной безопасности, оперативных групп, штабов и других органов управления.

Для представления процессов ликвидации ситуации (задача  $t_{21}$ ) и проведения мероприятий защиты (задача  $t_{22}$ ) используем методологию IDEFx [154].

Представление элементарного процесса сценария реагирования при возникновении опасной ситуации показано на Рисунке 6.3.

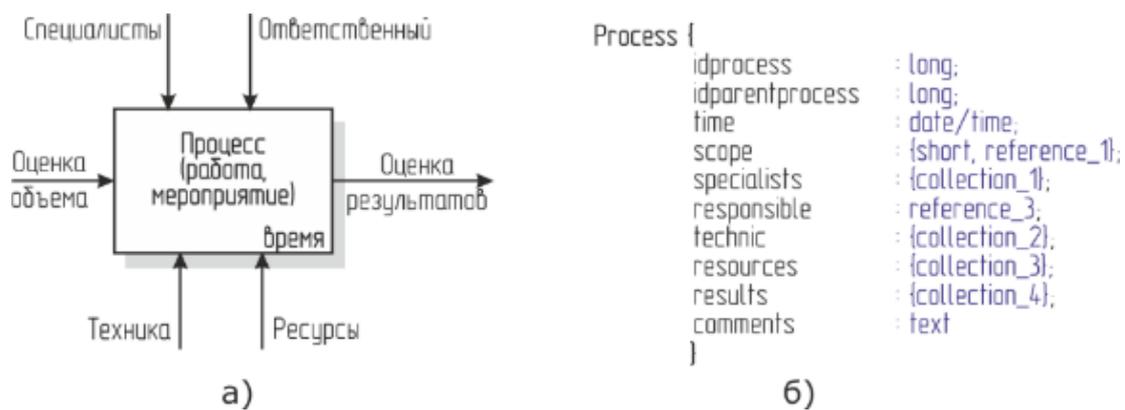


Рисунок 6.3 – Представление элемента сценария ситуации  
а) в графическом виде; б) в виде класса

В левой части Рисунка 6.2 показано графическое представление процесса, используемое экспертом при проектировании и верификации сценария. Начальный объём выполнения работ (краткая формулировка задания) определяется на основе расчётных методик и по данным оперативных групп, работающих на месте ситуации. Количественный результат выполнения процесса задаёт требования к реализации последующих процессов. Верхние стрелки (управление) определяют потребность в количестве и номенклатуре специалистов, задействованных в проведении работ, и ответственного за мероприятие, в задачи которого входит

контроль хода выполнения, корректировка подпроцессов и информационный обмен с вышестоящим уровнем управления о ходе выполнения работ и потребности в ресурсах. Нижние стрелки (ресурсы) определяют потребность в технике с детализацией, в случае необходимости, до каждой единицы, расходных материалах, восполнение которых также можно представить в виде отдельного процесса. Примерное время выполнения основного процесса позволяет планировать решения по ротации формирований, объём необходимых ресурсов, начало выполнения следующего процесса, порядок контроля и другие важные для управления характеристики.

В правой части Рисунка 6.2 б) показано представление процесса в виде класса переменных. Переменные `idprocess`, `idparentprocess` определяют положение процесса в общей схеме управления реагированием на опасную ситуацию, `comments` используется для хранения текстовых комментариев экспертов. Для означивания полей `scope` и `responsible` используются справочники и числовые значения. Поля `specialists`, `technic`, `resouses`, `results` представляются массивами данных (коллекции из пар справочник / числовое значение).

Графическое представление сценариев повышает наглядность восприятия управленческих решений в виде последовательности действий по ликвидации ситуации и проведению мероприятий защиты. Возможность декомпозиции процессов позволяет определить объём информации, необходимый и достаточный для каждого уровня управления. Такая запись ситуации позволяет сформировать несколько решений для одного сценария с учётом сферы ответственности конкретного лица, принимающего решения.

Метод визуального проектирования упрощает работы по созданию сценариев ситуаций экспертами. Сгенерированные схемы действий могут использоваться для оперативной оценки и принятия решений. Простота схематического изображения решает проблему создания планов действий муниципального уровня  $l_2$  в виде набора сценариев для видов ситуаций  $H$ , характерных для данной территории. Логические связи баз знаний с информацией о защищаемых объектах  $O_2$  и

объектах управления  $O_3$  позволяют контролировать целостность и актуальность информационных ресурсов.

Пример графического представления процесса эвакуации и жизнеобеспечения населения, пострадавшего в результате затопления населённых пунктов, показан на рисунке 6.4. Допустим, что в результате моделирования последствий затопления территории (на основе данных разведки) в зоне затопления с уровнем выше критического оказалось некоторое количество объектов. Картографический запрос к атрибутивной информации определил количество проживающих путём выборки из атрибутивной таблицы слоя «Строения». Время поиска и спасения людей определяется величинами факторов, способных повредить строения: скоростью подъёма и объёмом расхода воды, наличием льда и др. В зависимости запаса времени, наличия ресурсов и масштаба негативных факторов выбирается способ эвакуации: внедорожным транспортом, водными средствами, вертолётами.

При затоплении крупных населённых пунктов, часть пострадавших, как правило, размещается у родственников и знакомых. Оставшимся необходимо обеспечить проживание в пунктах временного размещения, питание, медицинскую, психологическую помощь и другие услуги. Объём мероприятий и расход ресурсов зависят от продолжительности процессов, количества пострадавших, требований нормативных документов<sup>22</sup>. Выборка данных из атрибутивной таблицы слоя «Коммуникации» позволяет определить последствия ситуации для систем жизнеобеспечения, мероприятия с приоритетами их выполнения, исполнителей и ресурсы по обеспечению бесперебойного функционирования, восстановлению аварийных участков и др.

Использование графического представления сценариев целесообразно использовать для реконструкции произошедших событий, визуализации хода мероприятий, оценки качества управления и эффективности действий участников

---

<sup>22</sup> Методические рекомендации для органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации по организации подготовки к паводкоопасному периоду. Утв. МЧС России 04.12.2014 г. N 2-4-87-40-14.

ликвидации ЧС. Реконструкция событий является удобным способом извлечения опыта управления действиями в опасных ситуациях.

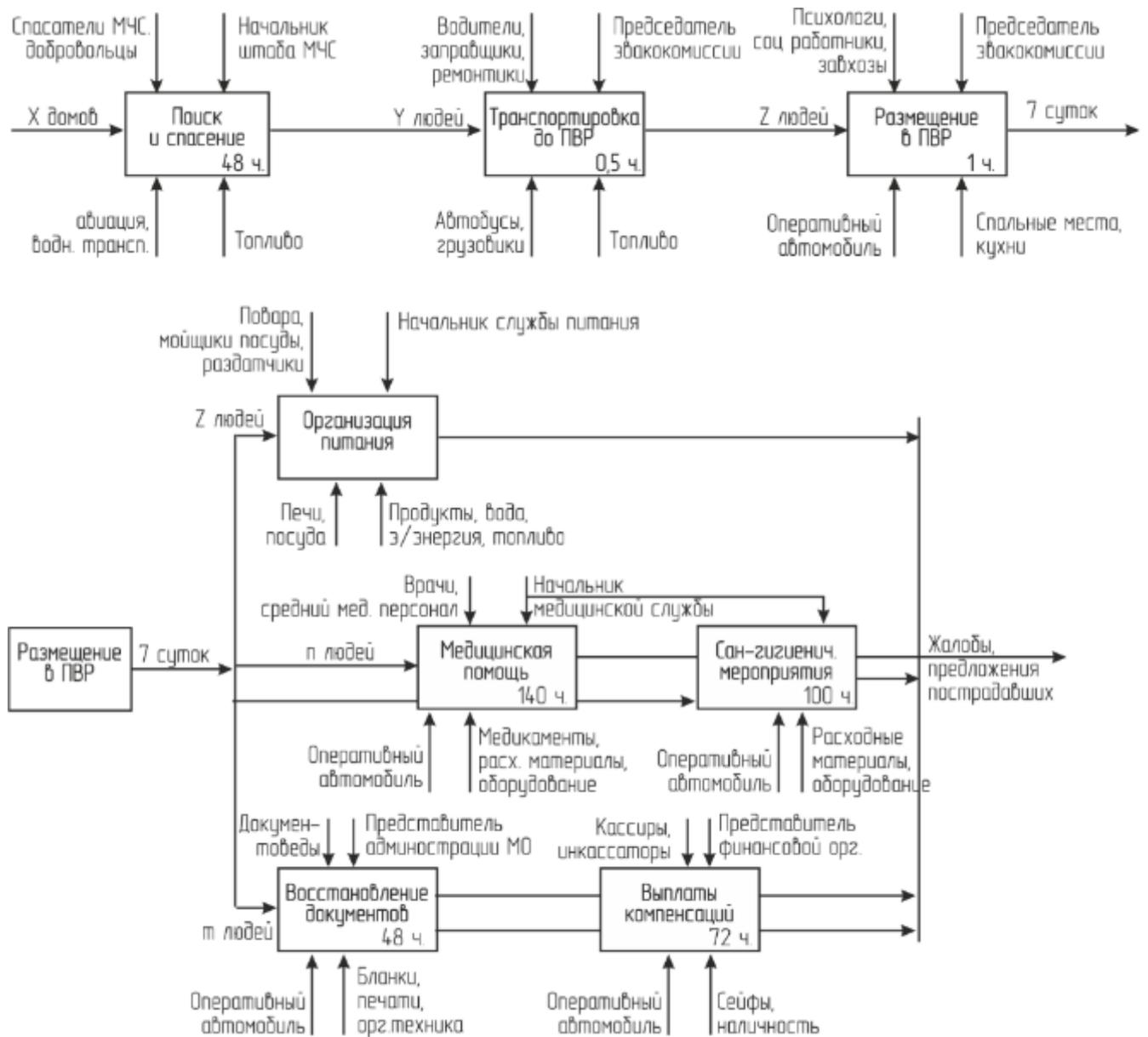


Рисунок 6.4 – Представление сценария ситуации

В ситуациях большого масштаба с участием множества формирований разных ведомств, при организации эвакуации населения, выполнении других многоэтапных мероприятий необходимо информационное обеспечение разных лиц, принимающих решения в конкретном подпроцессе (командиры формирований, руководство объектов  $l_3$ , муниципального образования  $l_2$  и т.д.). Использование заблаговременно разработанных сценариев позволяет оперативно сформировать

как целостное представление о ситуации с динамически изменяемой степенью агрегации, так и разделить его на фрагменты с учётом участка (направления) ответственности каждого ЛПП. В зависимости от уровня управления и компетенции ответственных процессы детализируются до момента разрешения всех неопределённостей опасной ситуации.

Сценарий опасной ситуации, разработанный с использованием представленного метода графического проектирования, в интеллектуальной системе в дальнейшем преобразуется в продукционно-фреймовую модель знаний. Фрейм интегрирует правила базы знаний, определяющие процесс формирования рекомендаций. При формировании рекомендаций экспертная система инициирует работу модулей, согласно порядку процессов, описанному в сценариях. Информация, необходимая для принятия решений, извлекается из хранилища данных, последствия ЧС моделируются с использованием расчётных методик и ГИС (см. Рисунок 6.1).

При этом каждая стрелка схематического представления сценария представляет собой запрос к таблицам формирований, ресурсов и др., либо вызов программного модуля расчётов / визуализации. Степень детализации сценариев определяется экспертами. При реконструкции событий для использования в аналогичных ситуациях указываются конкретные формирования-участники ликвидации ЧС, а при моделировании гипотетических сценариев – состав первого и второго эшелонов, резервные формирования.

Сценарии ситуаций формируются из переменных, описания которых хранятся в словаре. Типы переменных разделены на два класса: простые, похожие на используемые в языках программирования, и составные, предназначенные для управления логическим выводом. В первый класс входят «Целое», «Действительное», «Строка», «Время». Переменные второго класса: «Список», «Один из списка», «Процедура», «Фрейм» [234].

Переменная словаря представлена набором элементов: идентификатор, название, тип, значение по умолчанию. Для числовых переменных введены огра-

ничения. Например, уровень воды при паводке должен быть в пределах от 0 до 30 метров; температура воздуха  $-50^{\circ}\dots+50^{\circ}$  С.

Переменные используются в следующих операциях логического вывода: «Очистить», «Обработать», «Перейти», «Определить», «Разрешить ввод», «Установить значение», «Если», «Выполнить запрос», «Сформировать отчёт», «Отобразить карту» и других.

Интерфейс редактора словаря переменных показан на рисунке 6.5. Переменные сгруппированы по видам ситуаций с учётом структуры решений.

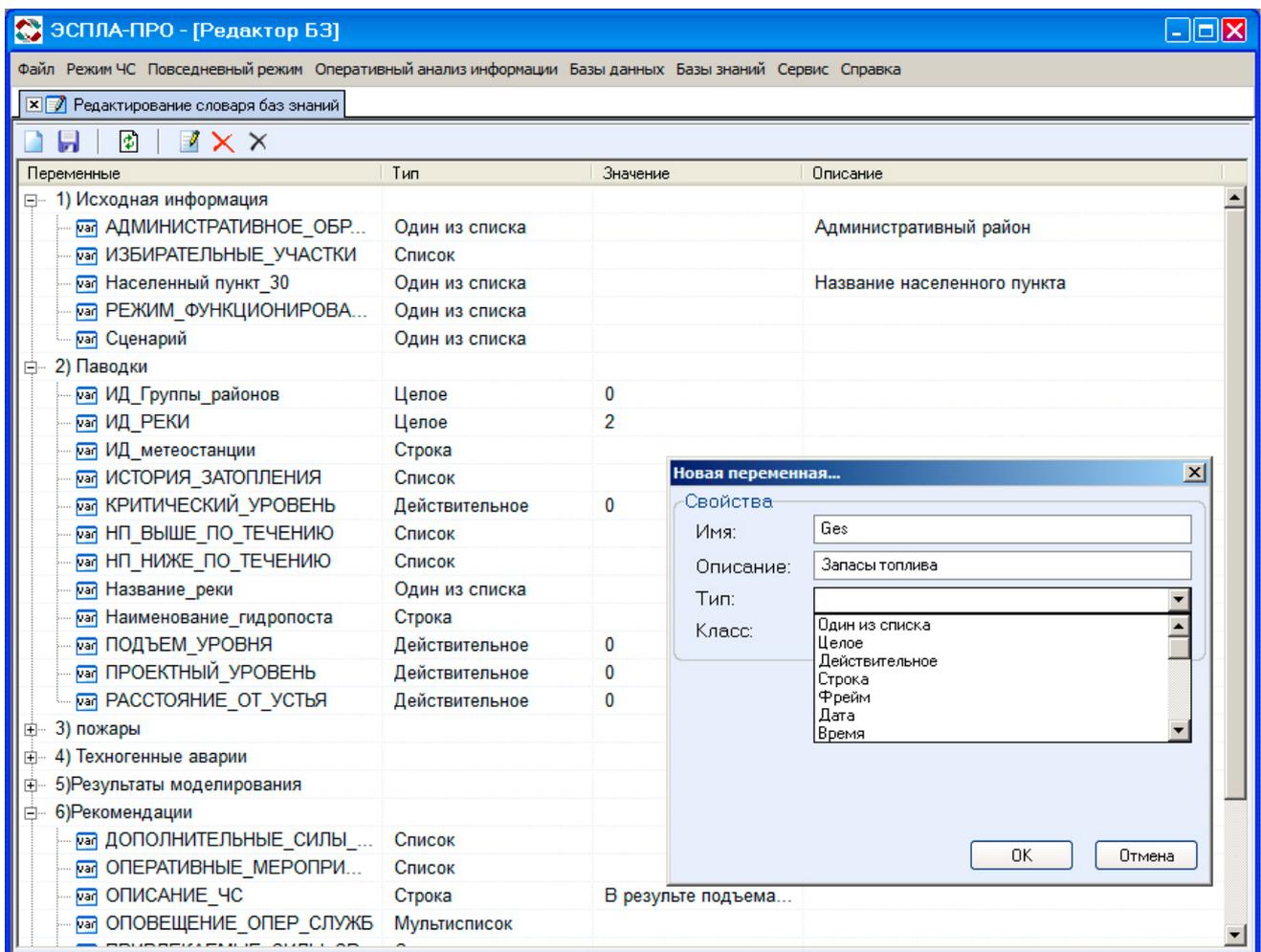


Рисунок 6.5 – Редактор словаря переменных

Сценарии ситуаций представлены в виде фреймов, которые, в свою очередь, состоят из слотов. Каждый слот является структурным элементом фрейма, описывающим свойства объекта и факты, относящиеся к нему. Спецификация слота

включает переменную словаря и присоединённую процедуру (набор действий, выполнение которых зависит от значения слота). В присоединённой процедуре могут выполняться следующие действия:

- если [слот] (< / > / = / !=) [слот / значение] то [действие] иначе [действие];
- запросить данные у пользователя;
- очистить слот;
- обработать слот;
- выполнить [запрос к базам данных] и заполнить [слот];
- записать в [слот] [значение];
- заполнить текстовую форму [имя формы];
- сформировать текстовое заключение [список форм].

Интерфейс редактора сценариев опасных ситуаций показан на Рисунке 6.6.

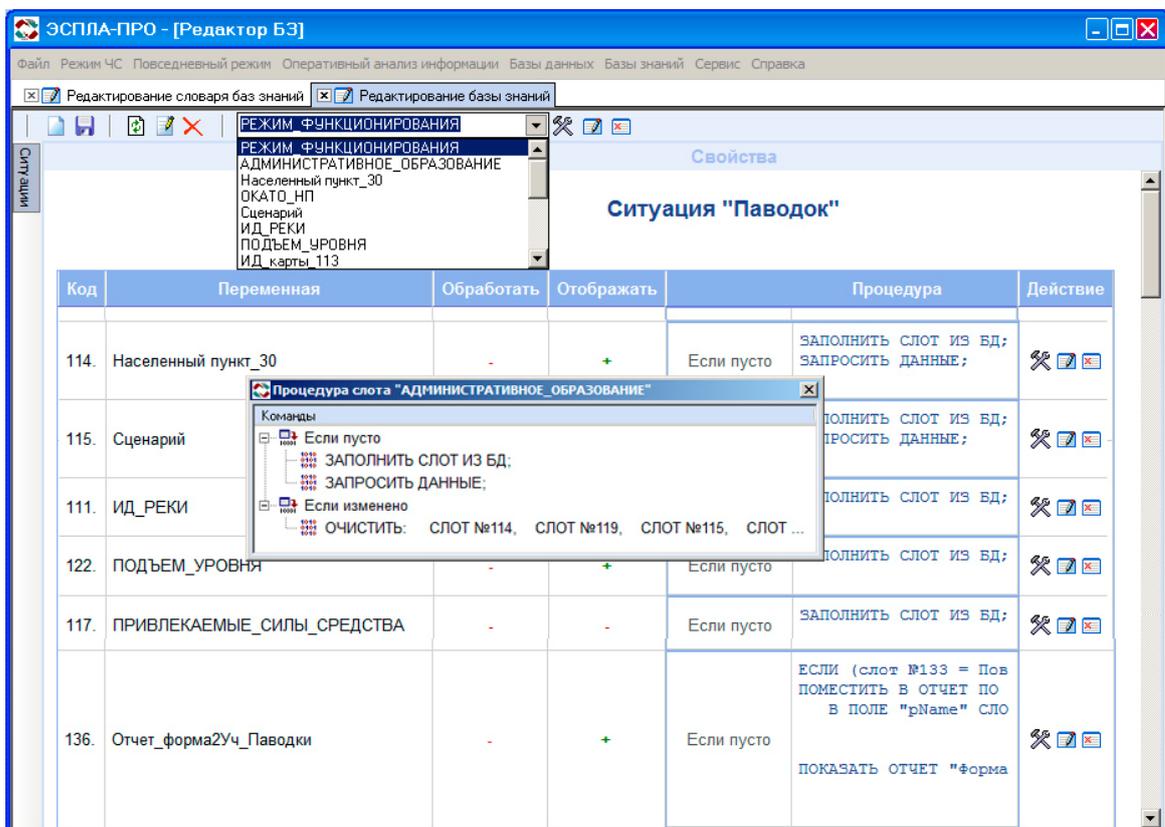


Рисунок 6.6 – Отображение фрейма-ситуации

В процессе работы экспертная система заполняет слоты фрейма данными различных типов, а при необходимости задаёт вопросы пользователю. Последовательное выполнение процедур формируется как логический вывод. Его результаты представляются в виде отчётов и рекомендаций в отдельных вкладках интерфейса системы.

Базы знаний системы организованы в соответствии с графическим образом сценария, что позволяет системе выбирать в автоматическом режиме все данные, необходимые ЛПР для управления ликвидацией ситуации и проведению мероприятий защиты. Это позволяет определить конкретных исполнителей и их ресурсную обеспеченность для подпроцессов, на которые делится ситуация: оповещение руководящего состава, формирований, населения; эвакуация из зоны ЧС; транспортному, медицинскому, материально-техническому и другим видам обеспечения; организация жизнедеятельности пострадавших; восстановление разрушенных объектов; распределение гуманитарной помощи и т.п.

Алгоритм моделирования ситуаций начинается с создания графической схемы – сценария (Рисунки 6.3-6.4), основанного на анализе документов и привлечении экспертов. Определяется перечень переменных словаря, последовательность их использования в процессе логического вывода. Для каждой переменной объявляются одна или несколько операций и условия их выполнения. На последнем этапе разрабатываются шаблоны управленческих решений, которые заполняются в процессе работы экспертной системы.

Отладка работы фрейма-ситуации происходит посредством запуска экспертной системы, инициации логического вывода – эстафеты присоединенных процедур. В результате изменяются значения слотов и происходит их обработка. Если качество сформированных решений не удовлетворяет эксперта, то возможна корректировка фрейма-сценария, добавление информационных ресурсов, расчётных модулей, процедур картографического анализа.

Пример работы экспертной системы показан на Рисунке 6.7.

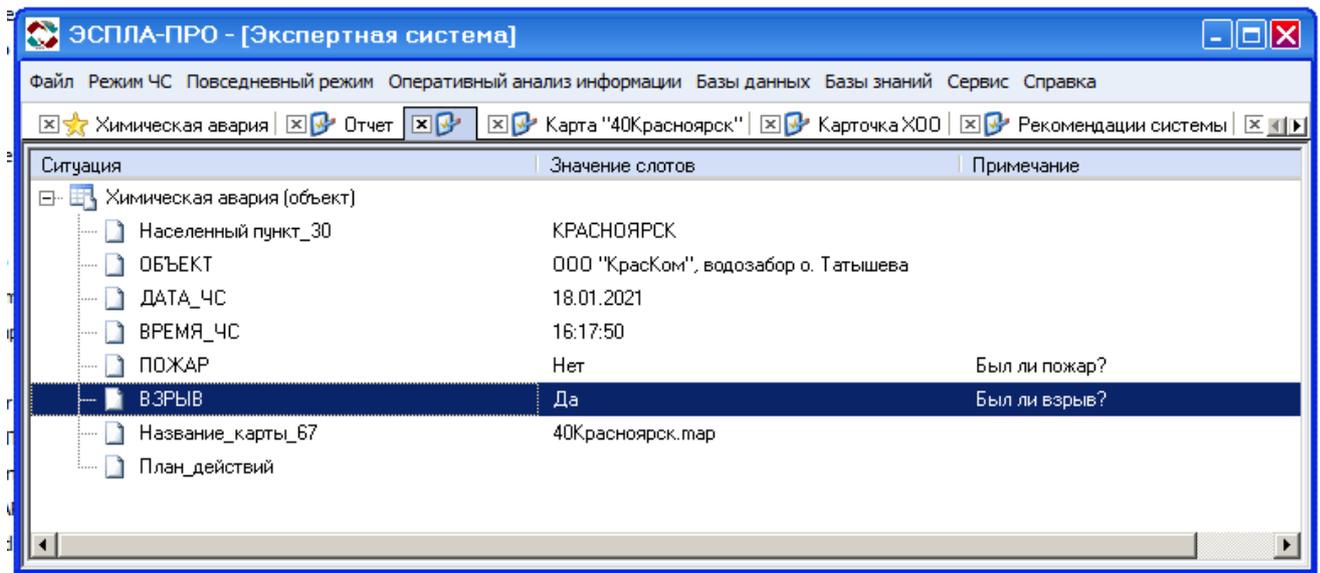


Рисунок 6.7 – Ситуационное моделирование последствий химической аварии

Выполнение сценария начинается с ввода вида и места ситуации. Система уточняет название водотока, на котором произошёл подъём воды, и текущее значение уровня. Отчётные формы текстового и графического содержания появляются в виде дополнительных вкладок. Все результаты формируются в формате html, что упрощает разработку шаблонов форм и позволяет использовать веб-представления.

Динамическое представление решений представляется элементами множества  $Y$ , формируемыми с использованием технологий  $IT$ :

- результаты расчётов  $c_1$  и комментарии  $c_2$ ;
- описание последствий ситуации в виде перечня объектов в зоне действия опасных факторов  $a_1$ ;
- оперативные карты ситуации  $m_1$ ;
- задействованные силы и средства  $a_1$ ;
- перечень и характеристики работ на месте события  $a$ , включая примерные графики их выполнения  $u_1$ .

По результатам моделирования аварий и стихийных бедствий формируются карты ситуации (детальная, визуализирующая зоны действия опасных факторов ЧС; обзорная с характеристиками территории, дислокацией объектов  $O_3$ , мар-

шрутов выдвижения формирований, эвакуации и т.д.), избранные отчётные формы согласно табеля срочных донесений<sup>23</sup>, рекомендации по действиям в ЧС, в том числе по локализации, ликвидации очага, проведению мероприятий защиты. Структура рекомендаций разработана на основе планирующих документов, форм донесений, описаний событий и мнений экспертов.

Пример состава информационной поддержки при химической аварии:

- тексты оповещения населения и руководящего состава органов управления;
- мероприятия эвакуации людей;
- рекомендуемые силы и средства ликвидации ЧС;
- транспортное и материально-техническое обеспечение;
- особенности ликвидации ЧС, в том числе нейтрализации АХОВ, меры предосторожности;
- порядок оказания первой медицинской помощи пострадавшим в зависимости от вида поражающих воздействий.

### **6.1.3 Динамическое картографирование опасных событий**

Как показано в главе 1, реализация интегрированных информационных систем в сфере природно-техногенной безопасности началась в 1990-годах созданием геоинформационных систем моделирования техногенных аварий. При этом использовались разные подходы: встраивание расчётных алгоритмов в профессиональные ГИС (например, QGIS, ArcGIS, MapINFO), использование готовых картографических библиотек (TatukGIS и др.), разработка оригинальных систем отображения и пространственного анализа, работающих как со стандартными, так и с собственными форматами [116]. Возможности решения задач управления природно-техногенной безопасностью территорий, анализ качества исходной

---

<sup>23</sup> Приказ МЧС России от 7.11.2006 г. № 636 ДСП «Об утверждении табеля срочных донесений»

информации и применимость результатов для территориального управления, особенности разных подходов к использованию ГИС рассмотрены в [68, 69].

Систематизация функций, реализуемых геоинформационной технологией  $it_5$  в процессе ситуационного моделирования, приведена в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Функции ГИС, реализованные в моделях опасных ситуаций

Информационная поддержка задач управления	Функции ГИС
Визуализация динамики распространения поражающих факторов	Создание или изменение пространственных объектов $O_1$ . Расчёт площади, направления и скорости распространения
Оценка последствий опасной ситуации	Выбор пространственных объектов множества $O_2$ на основе пространственных запросов. Поиск (группировка, ранжирование) объектов на основе атрибутов
Оценка способов проведения мероприятий. Визуализация дислокации и маршрутов выдвижения спасательных формирований, эвакуации людей, мест расположения материальных ресурсов	Выбор пространственных объектов множества $O_3$ Поиск (группировка, ранжирование) объектов на основе атрибутивной информации

Анализ руководящих документов<sup>24</sup> показал, что пока не установлен единый способ картографирования опасных ситуаций с использованием ГИС. Состав и степень детализации оперативных карт зависит от вида ситуации  $H$ , её масштаба, места ситуации и других факторов. При возникновении масштабных ЧС разрабатывается комплект оперативных карт, соответствующих требованиям ЛПР разных уровней. Предлагаемый метод создания сценариев ситуаций включает карты заранее определённого масштаба, детализации и наполнения.

Использование ГИС целесообразно для динамического представления ситуации, реализации функций анализа пространственных объектов. При использовании веб-источников данных доступны функции переключения отображений топографической основы «схема/спутниковый снимок/композит». Это позволяет уточнять характеристики опасных ситуаций уже после проведения расчётов, до-

<sup>24</sup> Приказ Минприроды России от 08.07.2014 г. №313 «Об утверждении правил тушения лесных пожаров»

полнять оперативные карты пространственными объектами и другой информацией, важной для принятия решений.

В зависимости от задач управления динамическое картографирование используется для получения комплексных решений по ликвидации ситуации и проведения мероприятий защиты и для формирования банка пространственных данных рискоопасных территорий. Модуль геомоделирования зон опасных ситуаций, разработанный как самостоятельный инструментарий, интегрирован в систему поддержки принятия решений и вызывается в процессе работы экспертной системы.

Сложность построения зон действия опасных факторов ситуации зависит от конфигурации формируемых пространственных объектов, определённых требованиями расчётных методик, объёма исходных данных [375]. Наиболее простые картографические отображения используются при фоновой оценке последствий химических аварий, взрывов твёрдых веществ или топливовоздушных смесей, пожаров пролива, землетрясений. При этом предполагается, что воздействие опасных факторов распространяется в условно изотропной среде, зона ЧС представляется в виде круга.

Рассмотрим моделирование зон затопления, в котором принимал участие автор. В ГИС-компоненте реализованы два метода: линейное поднятие уровня воды (заполнение водохранилищ) и расчёт с учётом уклона реки (паводок, авария на ГТС). В первом случае рассчитывается и визуализируется область, значения высоты внутри которой ниже уровня затопления. Задача сводится к построению замкнутой изолинии на регулярной сетке для заданной высоты, равной уровню затопления. При построении зоны затопления вдоль гидрологического объекта используется «опорный» линейный слой водотоков рассматриваемой местности. В качестве входных данных задаются уровни подъёма воды для каждого водотока из «опорного» слоя на всей протяжённости, либо на их отдельных участках. Кроме задания уровней подъёма воды «опорный» слой позволяет определить направление стока воды для моделируемой местности.

Цифровые модели рельефа на участки территории с периодически затапливаемыми населёнными пунктами и местами расположения ГЭС подготовлены на основе grid SRTM и ASTER GDEM. Grid представляет собой текстовый файл со значениями регулярной сетки высот в метрах по Балтийской системе. Предварительно подготовленная карта, содержащая ЦМР, слои топографической основы местности М1:100 000 и планы населённых пунктов М1:10 000 загружаются в ГИС-модуль. На Рисунке 6.8 показан интерфейс программы.

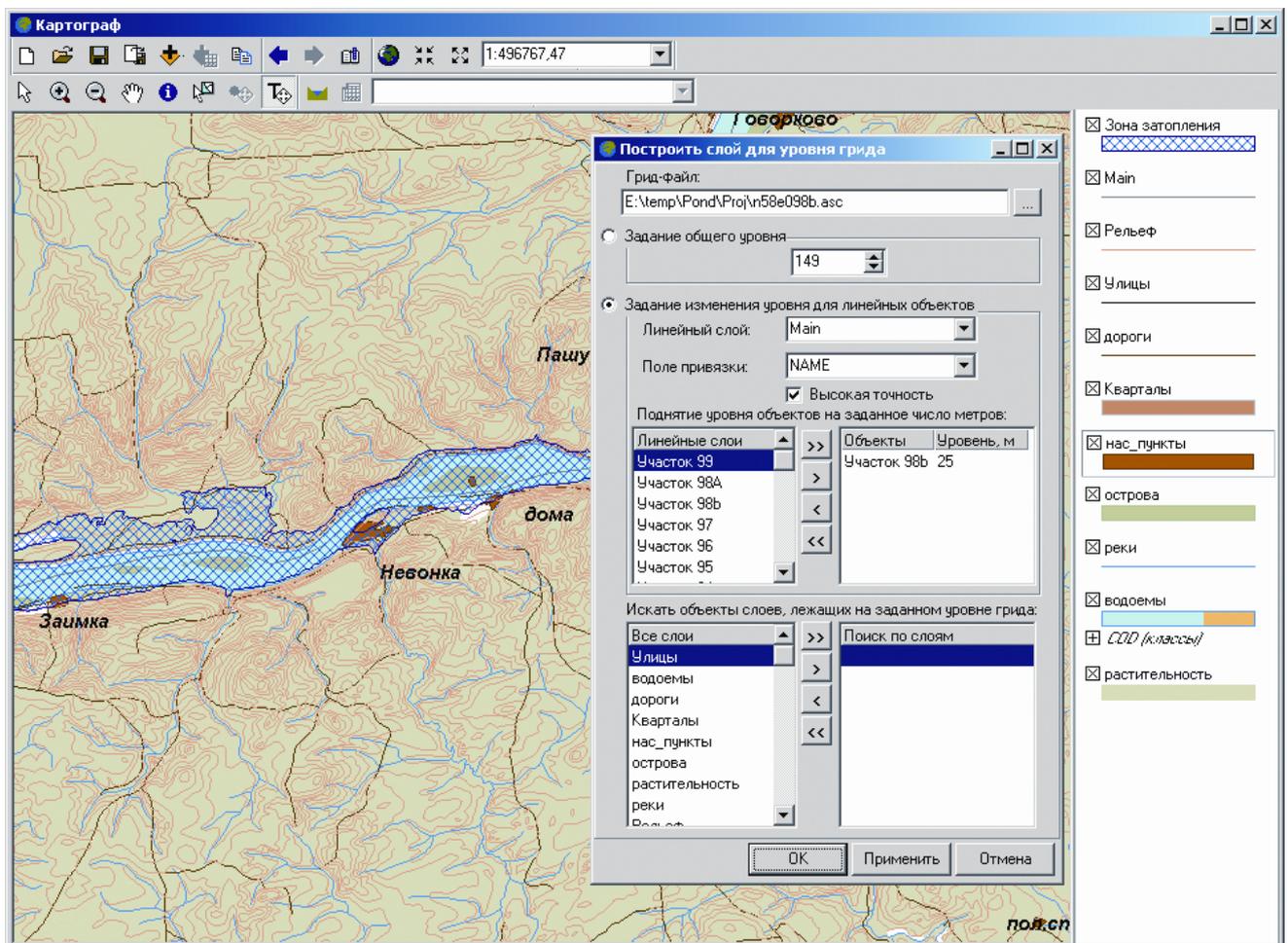


Рисунок 6.8 – Формирование картографического слоя зоны затопления на реке Ангара при аварии на Богучанской ГЭС

В процессе моделирования строится векторная карта и формируется тематический слой зоны затопления в формате shape. Опорный слой, используемый при

построении зоны затопления, проходит вдоль русла реки. Рассчитанная зона отображена в виде слоя с диагонально-крестовой штриховкой.

Сформированные слои зон затопления разных уровней позволяют оценить масштаб последствий ЧС. Картографическим запросом определяется перечень защищаемых объектов  $O_2$ , подвергающихся затоплению – строений, коммуникаций, социально-значимых учреждений и критически важных объектов, а атрибутивная информация – оценить объём мероприятий. Например, подготовка достаточного количества пунктов временного размещения пострадавших зависит от количества эвакуируемых, которое определяется как сумма жителей затопленных строений. При попадании в зону затопления источников тепло-, водоснабжения, трансформаторных подстанций, больниц и других важных объектов организуются специальные мероприятия защиты и организации их безаварийного функционирования.

Отображение объектов управления  $O_3$  реализуется через построение виртуального слоя на основе реестра сил и средств. По адресной привязке геокодирована информация о дислокации формирований, нахождении эвакуационных пунктов, размещения резервов и др. Геокодирование реализовано на основе слоя «строения», при его отсутствии – на основе слоя населённых пунктов.

Динамическое картографирование используется в процессе формирования тематических слоёв площадного и точечного типов. Средства пространственного анализа применяются для моделирования ситуаций на линейных объектах, таких как транспортные магистрали, сети снабжения. ГИС визуализирует последствия аварий систем ЖКХ, крупных транспортных происшествий, аварий на газо- и нефтепроводах.

### 6.1.4 Примеры реализации ситуационного моделирования

Стремление к универсальности большинства систем информационной поддержки управления обуславливает необходимость интеграции как можно большего числа расчётных методик оценки последствий опасных ситуаций на единой программной платформе. Программная реализация методик осуществляется по схеме:

- анализ вычислительных алгоритмов, разработка функциональной модели;
- проектирование интерфейса, форм ввода данных и шаблонов отчётов;
- разработка сценариев ситуаций вида  $H$ , пополнение баз знаний  $d_3$ ;
- формирование справочников с константами и физическими величинами;
- реализация алгоритмов в программном коде, компиляция в dll;
- тестирование расчётов на модельных объектах и событиях;
- интеграция модели с ГИС;
- подключение dll к ядру интегрированной системы;
- настройка вызова модуля.

Использование данной схемы позволяет наращивать функциональность систем путём удалённой загрузки модулей систем.

Сценарии ситуаций, использующие расчётные методики и ГИС, реализованы для видов ситуаций:

- затопление территорий различного генезиса;
- аварии с выбросом (выливом) аварийно химически опасных веществ из стационарных ёмкостей и при транспортировке;
- взрывы топливовоздушных смесей и твёрдых взрывчатых материалов;
- аварии на объектах хранения нефтепродуктов, включая разливы топлива, пожары пролива, образование огненных шаров и другие.

Расчёт последствий *химических аварий* проводится по нескольким методикам. Экспресс-расчёт по методике СНиП 2.01.51-90 (ИТМ ГО) и фоновая оценка

по стандартной методике ГО РД 52.04.253-90 требуют минимум исходных данных. Полный анализ динамики распространения АХОВ реализован в ТОКСИ-3.

При разработке мероприятий безопасности промышленных объектов оцениваются последствия аварий горючих веществ на наружных установках и в закрытом пространстве. В их числе *разгерметизация ёмкостей, пожары пролива, образование топливовоздушных смесей (ТВС) с последующим взрывом* и другие виды аварий. При моделировании эффекта домино последовательно используются несколько методик. Например, при оценке поражающих факторов при взрыве ТВС оценивается площадь пролива, размеры зон взрывоопасных концентраций ТВС, массу смеси, параметры ударной волны, размеры зон поражения человека и повреждения зданий и оборудования.

На рисунке 6.9 показан сценарий мгновенного разрушения ёмкости хранения аммиака на холодильной установке ОАО «Мясо» г. Канск.

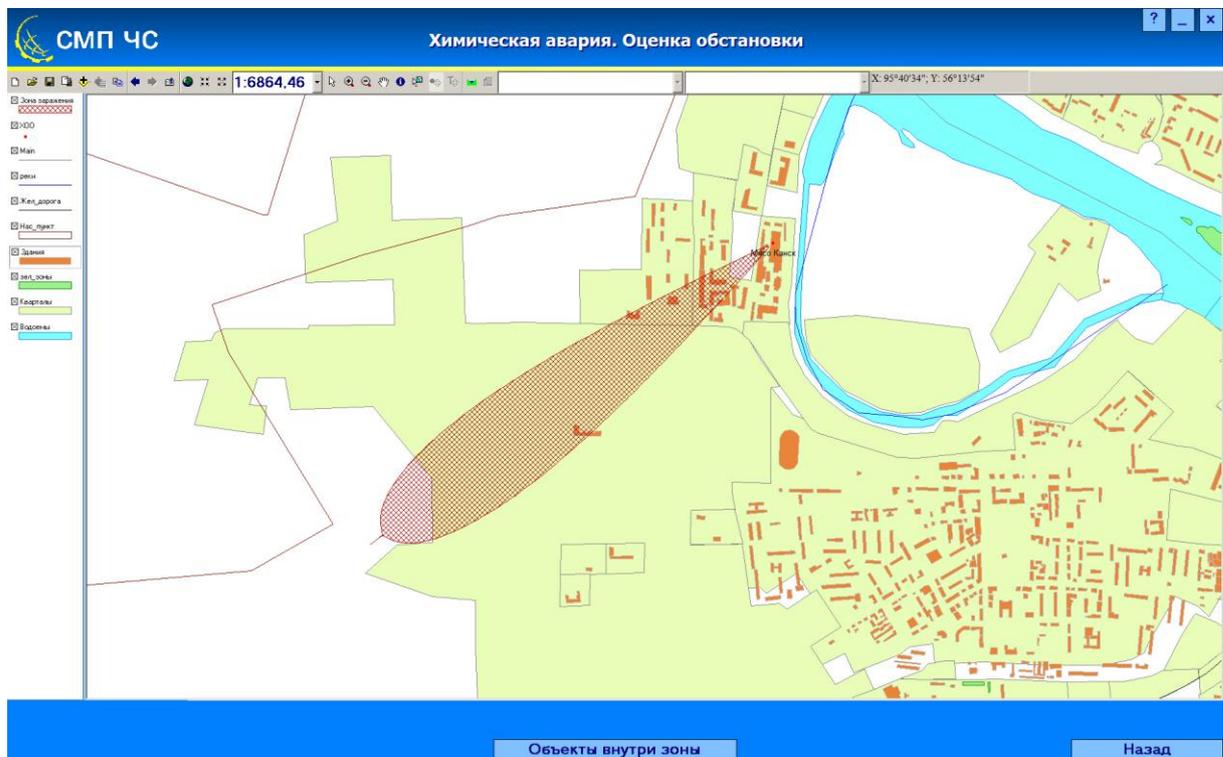


Рисунок 6.9 – Оценка зоны заражения по методике ТОКСИ-3

Визуализация на карте опасных для человека зон (химического заражения, теплового излучения и воздействия ударной волны) применяется во многих системах. Некоторые используются при оценках последствий аварий на транспорте. Картографический анализ последствий химических аварий при изменяющемся положении источника АХОВ включает:

- ввод исходных данных, расчёт формы и размеров опасных зон;
- задание места ЧС и ввод дополнительных характеристик об аварии;
- построение виртуального слоя «Зона заражения»;
- формирование списка объектов, попадающих в опасную зону (жилых домов, объектов инфраструктуры);
- перемещение при необходимости зоны действия опасных факторов, формирование новых списков объектов  $O_2$  и  $O_3$ .

После перенастройки карты ситуации повторно вызывается экспертная система для формирования уточнённых рекомендаций по оперативному управлению.

## 6.2 МЕТОДЫ ОЦЕНИВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ

### 6.2.1 Информационное обеспечение анализа рисков

Классические методы оценки рисков чрезвычайных ситуаций основаны на базовом соотношении:

$$R(S) = P(S) \cdot U(S),$$

где  $S$  – событие,  $P(S)$  – вероятность события,  $U(S)$  – ущербы [215]. Расчёты составляющих территориальных рисков используют данные статистики чрезвычайных происшествий (каталоги событий) [345]. Результаты таких оценок имеют узкую сферу применения [49], поскольку не могут исключить неопределённости, возникающие при управлении рисками. Требуется учесть максимум факторов,

оказывающих влияние на величины рисков. В особенности это касается случаев, когда событий слишком мало и «классические» методы оценивания не применимы. Согласно анализу аварий и катастроф разных масштабов самые большие проблемы возникают на «хвостах» вероятностного распределения – среди наименее вероятных событий, о которых известно меньше всего [191].

Составляющие информационного обеспечения анализа рисков в обозначениях системной модели (Гл. 2) представлены всеми элементами множества  $S$ : опасностями  $O_1$ , защищаемыми объектами  $O_2$ , объектами управления  $O_3$ . Управление рисками посредством проведения превентивных мероприятий включают в себя:

- снижение опасности  $O_1$  (в основном, техногенного характера);
- повышение устойчивости защищаемых объектов  $O_2$ ,
- создание и усиление сил и средств экстренного реагирования  $O_3$ .

Комплексное решение задач анализа территориальных рисков  $t_{31}$  требует сбора и формализации большого объёма информационных ресурсов, интеграцию технологий интеллектуального анализа данных и визуализации результатов [498–500]. Включение в анализ рисков результатов наблюдений за состоянием окружающей среды и контроля объектов техносферы, необходимо для выявления предвестников опасных событий, определения и возможности их раннего предотвращения. Именно этот подход реализован автором совместно с коллегами из ИВМ СО РАН и ФИЦ ИВТ выполнении ряда работ по оцениванию территориальных рисков. Суть метода изложена в работах [192-195] и в данной главе.

На первом этапе исследование факторов рисков реализуется на основе анализа каталога чрезвычайных ситуаций и происшествий, позволяющего оценить составляющие рисков – вероятность реализации опасных событий и их последствия, выражаемые в виде потерь (Рисунок 6.10). Далее используются графические представления в виде диаграмм Исикавы, с несколькими способами группировки факторов риска в зависимости от задач исследования. На шаге 3 определяются требования к информационным ресурсам, необходимым для анализа рисков. Сбор и актуализации полного объёма данных, необходимого для получения

количественных значений каждого фактора, представляет трудную задачу [255]. Использование экспертных оценок при недоступности данных мониторинга и статистики снижает, но не ликвидирует неопределённости процесса анализа рисков.

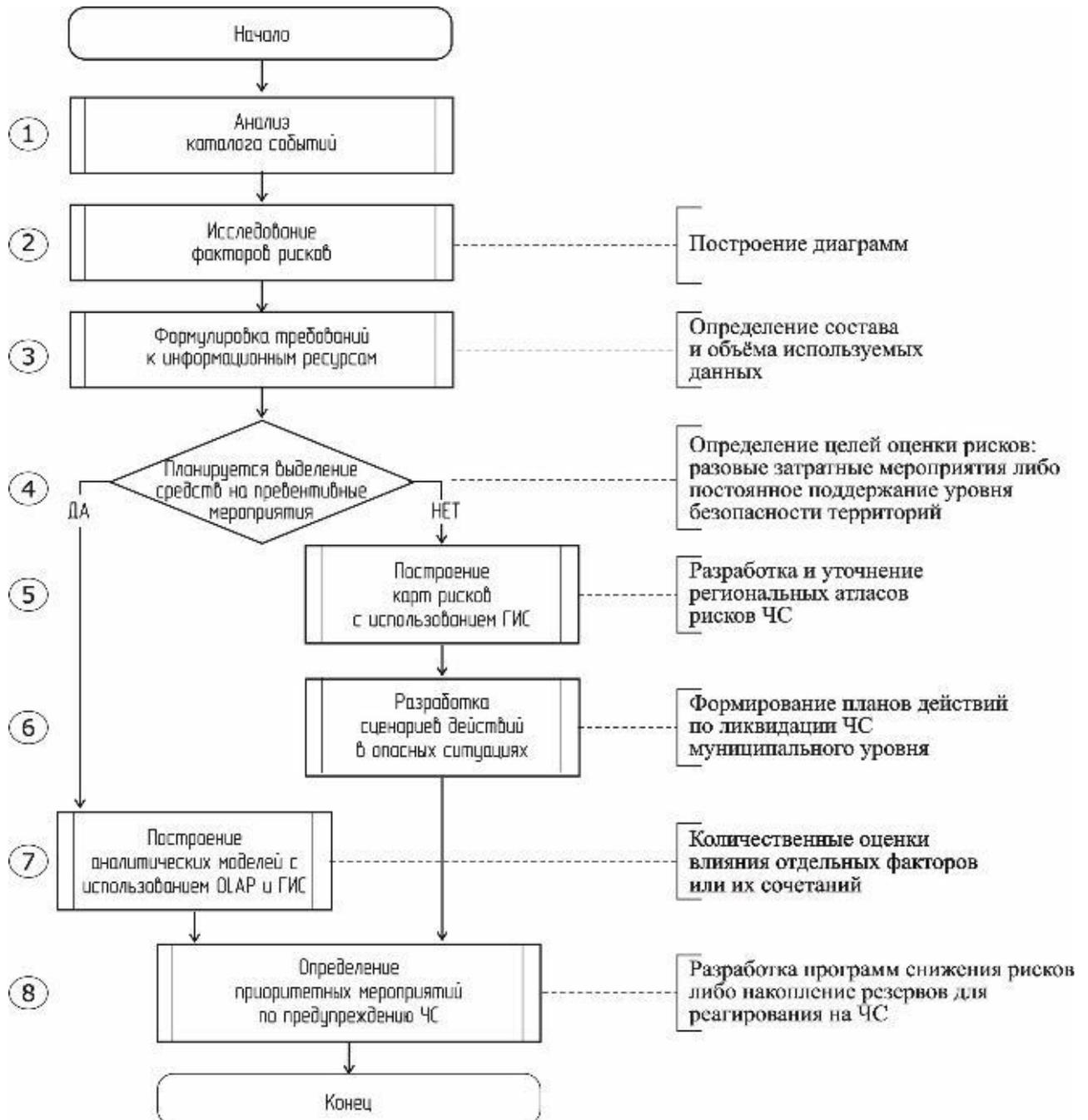


Рисунок 6.10 – Схема анализа рисков (задача  $t_{31}$ )

На этапе 4 происходит деление процесса анализа рисков в зависимости от целей. Если необходима разработка долгосрочных целевых программ снижения рисков с обоснованием долгосрочных превентивных мероприятий, то для оценивания стоимости и эффекта управления факторами рисков целевых разрабатываются аналитические модели (этапы 7,8). В ином случае разрабатываются атласы рисков, аналогичные [27-29], определяется перечень базовых рисков территории и соответствующий им набор сценариев действий по ликвидации возможных опасных ситуаций и смягчению их последствий (этапы 5, 6 и 8).

Рассмотрим детальнее каждый этап схемы.

Построение диаграмм факторов целесообразно при исследовании рисков возникновения для видов ситуаций  $H$ , являющихся базовыми для конкретной территории [245]. Графический вид позволяет представить причинно-следственные связи между факторами и последствиями уже произошедших опасных ситуаций [297, 298]. На Рисунке 6.11 показан пример диаграммы оценки рисков аварий систем жизнеобеспечения на уровне муниципальных образований и населённых пунктов.

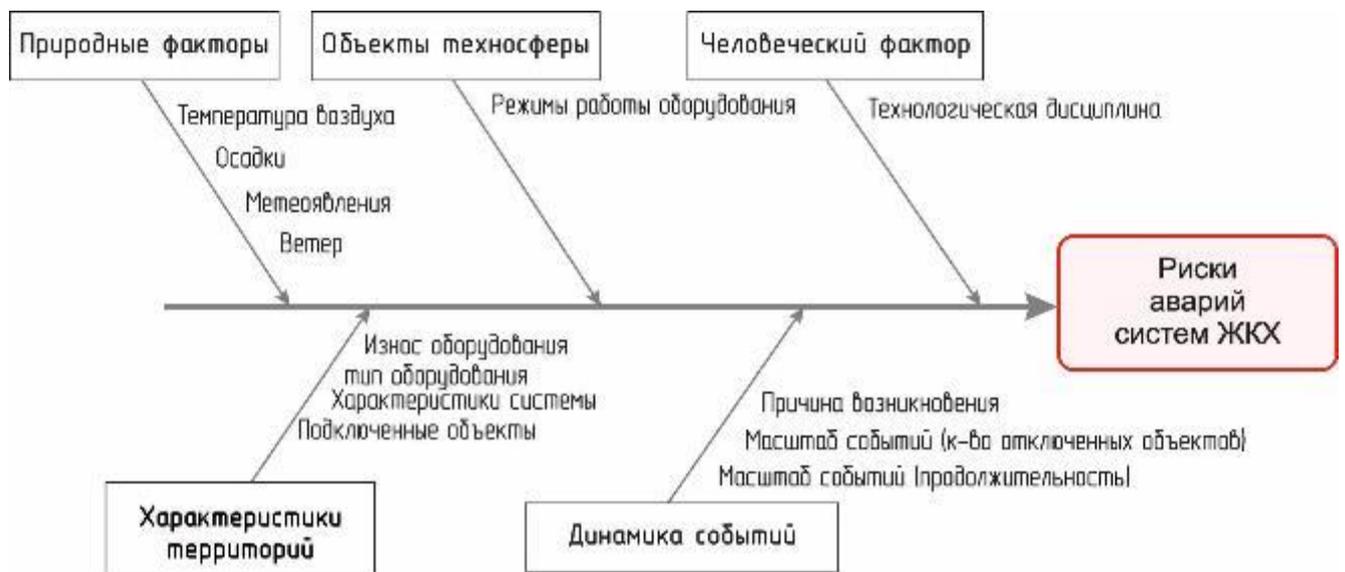


Рисунок 6.11 – Исследование факторов риска аварий систем ЖКХ

С помощью диаграмм исследуются атрибутивные характеристики факторов, риска. Для полноты исследования целесообразно построение нескольких диаграмм для конкретного вида риска (Рисунки 6.12 – 6.14). Изменение способа представления (точки зрения) позволяет группировать факторы по категориям:

- тип влияния на величину риска – фактор определяет вероятность возникновения или масштаб опасной ситуации;
- управляемые и неуправляемые факторы с оценкой относительной стоимости мероприятий по предотвращению и смягчению рисков;
- источники информации, периодичность актуализации;
- ведомства, в компетенции которых находится проведение мероприятий;
- другие способы группировки.



Рисунок 6.12 – Исследование факторов риска техногенных и бытовых пожаров

В верхней части диаграммы отображаются факторы, единые для всех событий, в нижней части – уникальные для каждого произошедшего события. Совместный анализ факторов позволяет выявить их влияние на вероятность возникновения события и на его масштаб. Использование средств интеллектуального ана-

лиза позволяет избежать редуцирования величины риска в виде одного числа, а использовать динамическую модель с различными способами отображения. Доступность всех этапов оценивания повышает объективность аналитического оценивания. Это важно при использовании экспертных коэффициентов, определяющих значимость каждого фактора риска, приведения показателей к единой шкале оценивания.

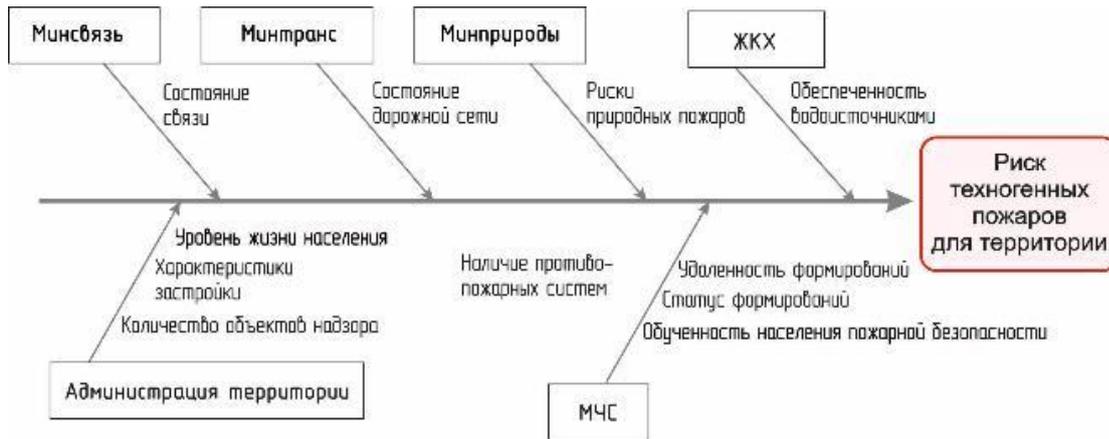


Рисунок 6.13 – Исследование факторов риска пожаров. Группировка по источникам информации и сферам ответственности ведомств



Рисунок 6.14 – Исследование факторов риска пожаров. Группировка по составляющим риска

Порядок исследования факторов рисков на основе диаграмм Исикавы:

- 1) выявление и сбор факторов и причин, влияющих на результат<sup>25</sup>;
- 2) группировка факторов по смысловым и причинно-следственным блокам. Построение диаграмм в зависимости от содержания метаинформации;
- 3) экспертное ранжирование факторов внутри каждого блока;
- 4) построение диаграммы. Связывание факторов с данными;
- 5) при необходимости сбор дополнительных данных;
- 6) построение аналитических моделей;
- 7) экспертное аналитическое исследование факторов с использованием динамических представлений результатов;
- 8) интерпретация результатов, планирование работ по снижению рисков, подготовка обоснований, оценка траекторий реализации мероприятий;
- 9) сбор сведений о реализации мероприятий для контроля их результативности. При необходимости переход к пунктам 4 и 5.

Факторы риска определяются на основе результатов анализа нормативных документов, методик оценки рисков, данных паспортов безопасности территорий и другой информации. Факторы, оказывающие влияние на уровень риска, предварительно группируются по категориям:

- статистика опасных событий;
- характеристики территорий, содержащиеся в паспортах безопасности объектов и территорий;
- данные комплексного мониторинга природных факторов, оказывающих влияние на вероятность реализации и масштаб опасных событий;
- результаты социального мониторинга, позволяющего оценить вклад человеческого фактора в величину риска [44].

---

<sup>25</sup> ГОСТ 51901.1-2002. Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем. – М.: Госстандарт России, 2005. – 24 с.

Среди множества параметров, характеризующих опасное событие, для оценивания рисков наиболее значимыми являются место, время и масштаб. Место определяет территорию, время – вероятность возникновения события. В оценках масштаба присутствует субъективный фактор, поскольку размер материального ущерба и потери в результате реализации события определяются экспертным путём. К объективным факторам, позволяющим сравнивать события одного вида по масштабу, относятся: продолжительность (действие опасных факторов, нарушение нормальной жизнедеятельности людей, эвакуация населения) и количество объектов (разрушенных, приостановивших функционирование, нуждающихся в ремонте). Характеристики территории позволяют применить ситуационное моделирование при разработке сценариев развития событий и их ликвидации.

Основными природными факторами, оказывающими влияние на вероятность реализации и масштаб опасных событий, являются метеорологические параметры обстановки [40]. В зависимости от вида рисков их может быть от четырёх (для техногенных рисков) до восьми (природные пожары, затопление территорий). Социальный мониторинг предусматривает проведение анкетирования населения, социальных опросов, работу с имеющимися социально-экономическими данными, сведениями о проведении обучения населения и руководящего состава, пропаганды безопасности жизнедеятельности и поведения в критических ситуациях [222].

### **6.2.3 Оценивание рисков с использованием технологии OLAP**

После определения показателей мониторинга, используемых справочников, выделения измерений (в том числе пространственных) строятся аналитические модели с использованием технологии OLAP (Рисунок 6.15).

Аналитические модели оценивания рисков строятся из системообразующих элементов  $d_1$ , данных мониторинга  $d_2$ ,  $d_3$ . Для приведения показателей к единой шкале могут использоваться экспертные оценки. Их введение позволяет учесть

субъективность значений ущербов и других показателей, определяющихся косвенно [345].

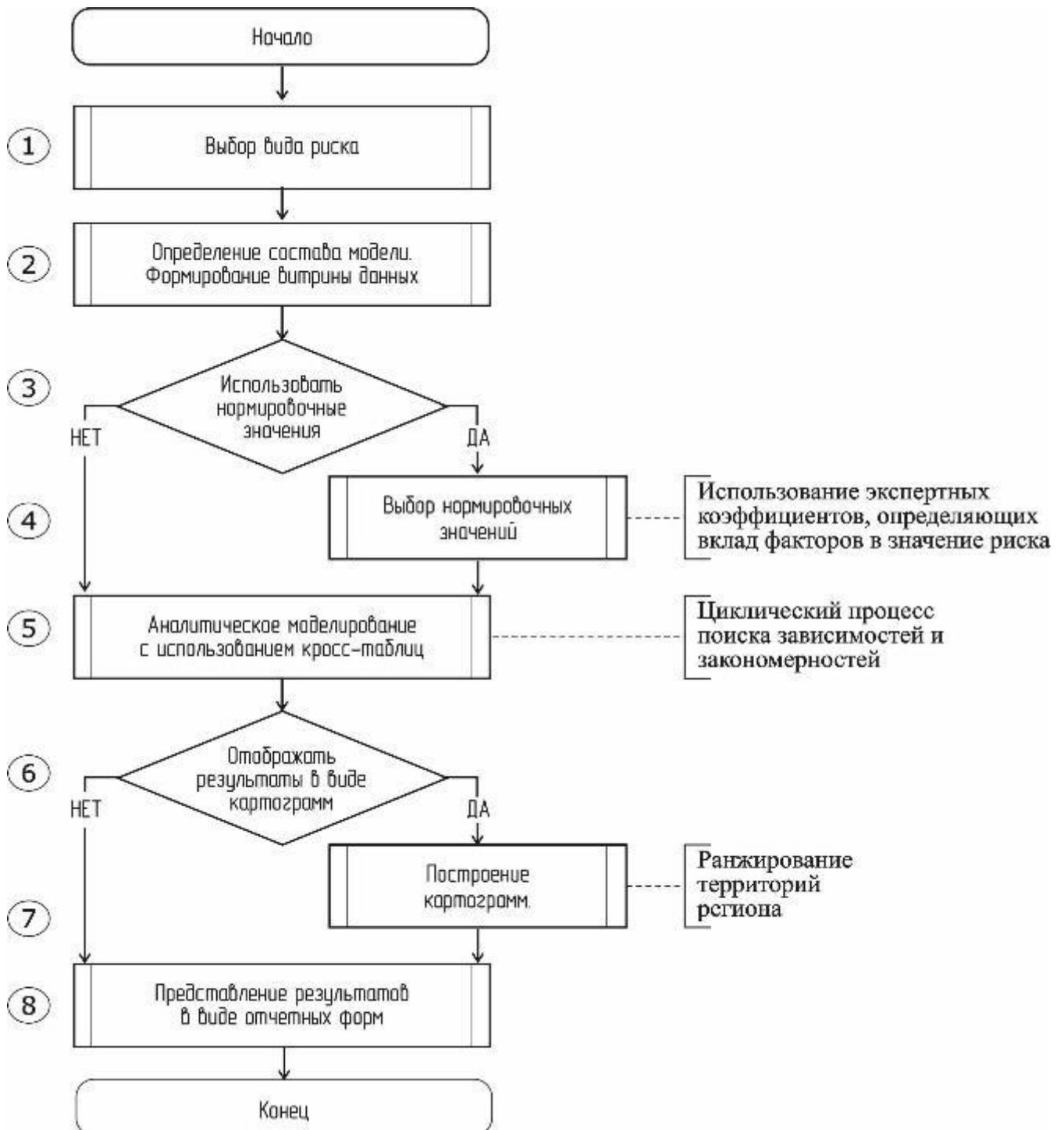


Рисунок 6.15 – Схема аналитического оценивания территориальных рисков

Совместное использование технологий оперативной аналитической обработки данных OLAP  $it_3$  и ГИС  $it_4$  (шаги 7, 8) позволяет формировать динамиче-

ские представления характеристик безопасности территорий, применять разные средства анализа (агрегирование, детализация, фильтрация, кластеризация) и визуализации (кросс-таблицы, картограммы, карты данных, инфографика). Это позволяет повысить информативность оценок, снизить сложность их восприятия, адаптировать модели к конкретным задачам управления и уровню компетентности лиц, принимающих решения.

Состав моделей, используемых для решения задач управления рисками, описан в [344, 345]. Пример витрины данных показан на Рисунке 6.16.

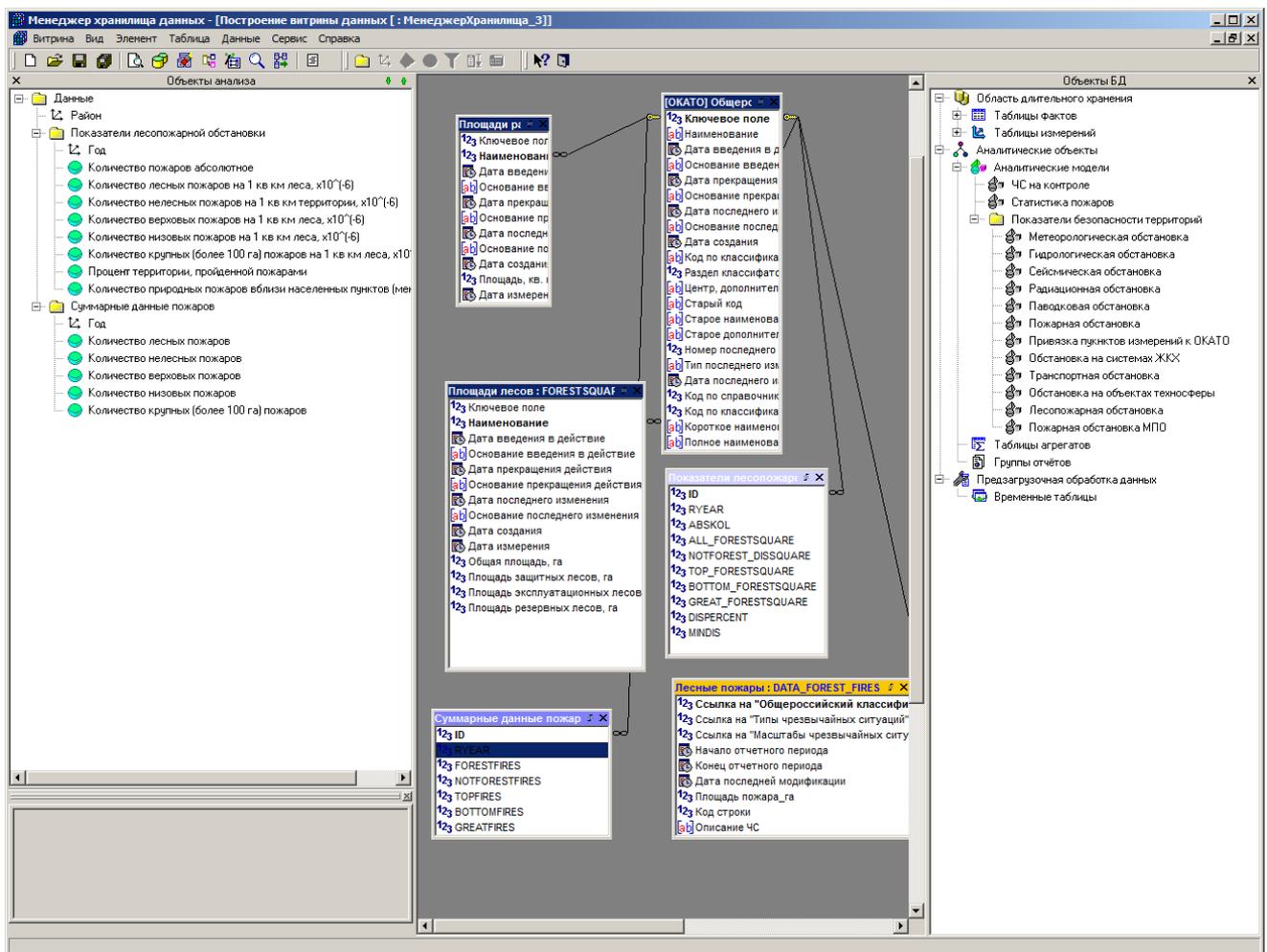


Рисунок 6.16 – OLAP-модель анализа природных пожаров

В идеальном случае каждый фактор диаграммы должен быть отражён в виде показателя аналитической модели. Однако использование предлагаемого метода

оценивания рисков не гарантирует выявление чётких причинно-следственных связей между факторами и величиной риска, поскольку сложность реальной системы, как правило, выше аналитических моделей. Тем не менее, динамическое представление данных является мощным инструментом информационной поддержки работы эксперта, принимающего решения о составе, объёме, приоритетности выполнения предупредительных мероприятия и прогнозировании безопасности территории в целом, поскольку основывается на максимуме доступных данных и современных технологиях интеллектуальной аналитической обработки.

Основным результатом оценивания рисков с использованием OLAP являются картограммы ранжирования территорий по одному или нескольким показателям, включая значения рисков и факторов их составляющих. Карта, представленная на Рисунке 6.17, иллюстрирует комплексные риски ЧС, возникающие вследствие возможного наложения источников угроз разных видов ситуаций *H*.

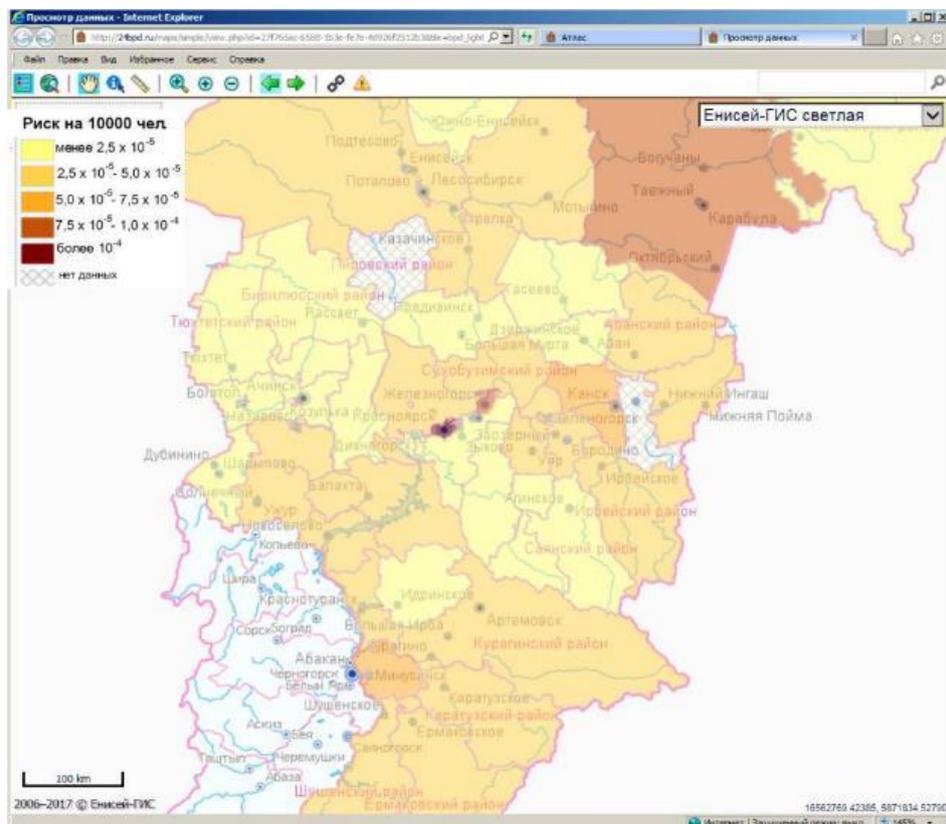


Рисунок 6.17 – Пример картограммы распределения комплексных рисков муниципальных образований Красноярского края

Аналитические оценки комплексных рисков выполнены в предположении независимости появления источников угрозы и отсутствия мультипликативных эффектов.

Публикация картограмм, показывающих классификацию муниципальных образований в виде полупрозрачного тематического слоя на топографической основе (внешний информационный ресурс), выполнена с использованием технологии Leaflet [<http://leafletjs.com/>].

#### **6.2.4 Построение карт распределения рисков**

Согласно правой части схемы оценивания рисков (Рисунок 6.10) информационная поддержка управления превентивными мероприятиями повышения безопасности территорий формируется с учётом результатов картографирования распределения рисков в виде атласов [122]. Региональные атласы рисков отображают зонирование территории и распределение вероятностей возникновения опасных процессов как на основе ситуационного моделирования (п.6.1), так и на основе аналитической обработки результатов многолетних наблюдений [123].

Для картографической визуализации рисков реализованы функции:

- визуализация данных, имеющих пространственную составляющую;
- отображение пространственных масштабов последствий опасных ситуаций путём построения разных сценариев;
- геокодирование и анализ пространственных объектов;
- динамическое картографирование данных в автоматическом режиме (для оперативного мониторинга обстановки на территории региона).

Картографирование показателей опасности территорий осуществляется посредством построения картограмм территории, иллюстрирующих усреднённые значения для конкретных участков, или визуализации распределения показателя безопасности на основе расчётной сетки.

Наиболее сложным этапом в первом случае является вычисление показателей на основе разных исходных данных и методов оценивания. Роль ГИС в этом случае сводится к визуализации результатов, определении числа классов и границ интервалов классификации. Этот способ применяется для макрооценок крупных регионов. Во втором случае (Рисунок 6.18, справа) большинство риск-факторов анализируются с применением методов картографического анализа, интегрированных в профессиональные ГИС, такие как ArcGIS, QGIS. Построение поверхностей комплексного показателя безопасности позволяет оценить риски локальных территорий.



Рисунок 6.18 – Схема картографирования территориальных рисков

Картографирование рисков состоит из следующих этапов:

1. Выбор масштаба отображения карты. Оценки опасности территории на макроуровне (например, сейсмичность территории, распространённость опасных природных явлений и др.) отображают на картах мелких масштабов. Результаты вычислений зон воздействия техногенных аварий, стихийных бедствий и другие локальные оценки опасности территорий (зоны затоплений, разлива нефтепродуктов, экстремального туризма и т.п.), визуализируются на картах М1:50 000 и крупнее.

2. Создание тематических таблиц количественных значений риск-факторов для картографического отображения на основе характеристик с последующим геокодированием источников опасности, уязвимых объектов, а также инфраструктуры защищённости территорий.

3. Выбор или создание «базового слоя», легенда которого будет визуализировать значения комплексных показателей территории. В качестве базового слоя используются территориальные единицы (муниципальных образований, лесхозов, геологических провинций) или регулярная сетка. Максимальные значения показателей риска будут вблизи источников опасностей, количественные значения которых определены с использованием нормированных показателей. Метод чувствителен к удалению/появлению источников опасности, изменению их значимости.

4. Дополнительная классификации территорий с применением стилей подписей, пиктограмм и диаграмм.

5. Выделение отдельных фрагментов, требующих детального рассмотрения. В случае, если риск-факторы сконцентрированы на незначительном участке по сравнению с площадью оцениваемой территории, основная карта дополняется фрагментами увеличенного масштаба. Общая таблица или график территориально распределённых показателей помогает улучшить восприятие информации, представленной на основной карте.

Карты, предназначенные для печати или публикации на web-ресурсах, сопровождаются соответствующей пояснительной запиской, содержащей описание исходных данных для расчёта, сравнение полученных значений комплексного показателя безопасности с общероссийскими и международными показателями, характеристику мероприятий защиты и т.п.

Остановимся подробнее на шаге 2 «Структурирование исходных данных». Объём и качество данных для разных территорий может быть несоизмеримо по разным причинам. Например, инфраструктура сети мониторинга обстановки в Сибири на порядок реже, чем в европейской части России, а данные многолетних наблюдений за опасными природными процессами представлены либо в виде мелкомасштабных карт, либо в общих обзорах.

Шаг 2 алгоритма предполагает для оценки опасности использовать данные об опасных объектах техногенного и природного характера. Сравнить степень влияния различных источников опасности на комплексный показатель территории возможно только использованием экспертных оценок.

Систематизация мероприятий снижения рисков и смягчения последствий чрезвычайных ситуаций показана в Таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Основные направления повышения безопасности территорий

Вид управленческого воздействия	Тип ситуаций		
	Техногенные	Природные	Прочие
Снижение опасностей $O_1$	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ремонт, реконструкция объектов техносферы;</li> <li>– строительство по новым технологиям с учётом требований безопасности;</li> <li>– автоматизация процессов – уменьшение роли человеческого фактора</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– создание и совершенствование системы мониторинга;</li> <li>– разработка методов прогноза</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– мониторинг негативных процессов, в том числе соц. сетей</li> </ul>
Повышение устойчивости защищаемых объектов $O_2$	<ul style="list-style-type: none"> <li>– зонирование территорий, прилежащих к объектам техносферы;</li> <li>– установка сигнализации</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– зонирование территорий по степени опасности;</li> <li>– строительство объектов инженерной защиты;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– развитие систем здравоохранения и охраны труда;</li> <li>– профилактика</li> </ul>

Вид управленческого воздействия	Тип ситуаций		
	Техногенные	Природные	Прочие
	и систем защиты с применением технологии интернета вещей	– инженерные решения по повышению устойчивости городской среды [329]	через медиа
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– развитие систем оповещения и информирования;</li> <li>– страхование рисков;</li> <li>– контроль, надзор, профилактика, обучение населения;</li> </ul>		
Повышение защищённости территорий за счёт изменения $O_3$	<ul style="list-style-type: none"> <li>– создание и модернизация аварийно-спасательных формирований, служб экстренного реагирования;</li> <li>– создание, пополнение, освежение резервов на случай ЧС;</li> <li>– увеличение резервов финансовых средств;</li> <li>– совершенствование межведомственного взаимодействия, работа с волонтерами</li> </ul>		

Мероприятия, способствующие снижению рисков, имеют целевой или плановый характер. В первом случае принимается долгосрочная целевая программа (федеральная или региональная) и планируется комплекс мероприятий повышения безопасности населения и территорий, включающий как снижение вероятности реализации опасностей  $O_1$  и масштабов возможных последствий, повышение устойчивости объектов  $O_2$  и защищённости территорий путём увеличения возможностей объектов управления  $O_3$ . Плановые мероприятия снижения рисков включают ремонт коммуникаций, реновацию жилья, страхование, соблюдение требований законодательства об охране здоровья, окружающей среды и др.

### 6.2.5 Примеры анализа территориальных рисков

Представленные результаты анализа территориальных рисков, выполнены в ИВМ СО РАН при непосредственном участии автора [238–245]. Полученные значения пожарных рисков в сельских населённых пунктах использованы при подготовке целевой программы «Снижение рисков бытовых и техногенных пожаров в Красноярском крае на период 2005-2010 гг.». Атлас рисков затоплений территорий разработан для Министерства природных ресурсов края в рамках ме-

роприятий в области охраны окружающей среды и экологической безопасности, реализуемым за счёт средств краевого бюджета в 2007-2012 годах.

Задача обоснования прикрытия территорий Красноярского края от пожаров и повышения уровня пожарной безопасности сельских населённых пунктов предусматривала создание муниципальных постов пожарной охраны (МПО) в поселениях, расположенных на значительном удалении от пожарных частей и формирований [151]. Приоритетные для создания МПО территории выделены на основании анализа характеристик сельских районов (объекты  $O_2$ ,  $O_2$ ) и базы данных произошедших пожаров. Схема данных, используемых в процессе анализа, показана на Рисунке 6.19.

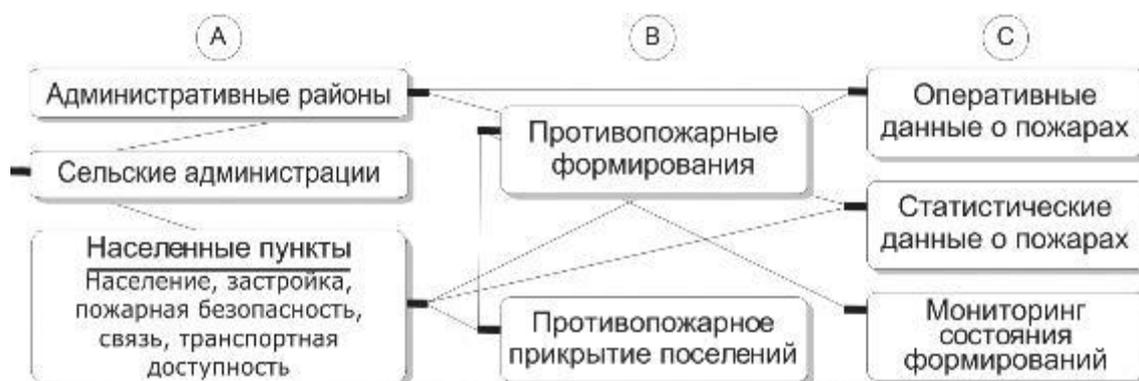


Рисунок 6.19 – Схема данных оценивания пожарных рисков

Каждая таблица содержит числовые значения нескольких риск-факторов, являющихся показателями аналитических моделей OLAP.

*Группа А. Населённые пункты.* Группа включает классификатор ОКATO и характеристики населённых пунктов собранные с использованием системы сбора данных [167]. В соответствии с Рисунком 6.19 в аналитической модели консолидированы формализованные данные о характере застройки населённых пунктов, о водоснабжении, связи, транспортной доступности.

*Группа В. Перечень противопожарных формирований края.* Включает существующие и создаваемые формирования, их статус, оснащённость, расписание выездов. Сюда же входит суточная строевая записка с данными о состоянии формирований (наличие техники, личного состава, материалов для тушения).

*Группа С. Данные о произошедших пожарах.* Включает статистику Государственного пожарного надзора и информацию оперативного мониторинга пожаров в регионе<sup>26</sup>. Геокодирование данных происходит при импорте: привязка места возгорания к справочнику ОКАТО реализована с помощью синтаксического разбора текстового поля адреса.

Пожарные риски населённых пунктов вычисляются по формулам, включающим нормировочные коэффициенты, принятые в мировой пожарной статистике [43]. Ранжирование территорий разными способами визуализируется на карте. Использование динамических кросс-таблиц  $a_i$  позволяет оценить вклад каждого фактора в общее значение риска. Построены аналитические модели [151]:

- пожарная обстановка на территориях края – количество пожаров, число погибших и травмированных, ущерб в территориальном и временном разрезах;
- состояние формирований – наличие и характеристики техники боевого расчёта и резерва, наличие средств пожаротушения, данные о личном составе;
- характеристики защищаемых населённых пунктов – противопожарное прикрытие, водоснабжение, транспортное обеспечение, наличие связи;
- интегрированные модели – число пожаров в населённых пунктах с отсутствием противопожарных формирований, сравнение времени прибытия подразделения на пожар с нормативами, влияние наличия противопожарного водоёма на продолжительность пожара и другие.

Использование средств анализа позволило улучшить содержание решений по управлению, значительно сократив время их формирования. Эти же данные использованы для обоснования норм финансирования на реализацию мер пожарной безопасности<sup>27</sup>.

---

<sup>26</sup> Приказ МВД России от 30.06.1994 г. № 332 «О введении в действие карточки учёта пожара»

<sup>27</sup> Методические рекомендации по определению объёма финансирования на реализацию первичных мер пожарной безопасности на территории Красноярского края. – Красноярск: Сибирский филиал ВНИИПО МЧС России, 2006. – 14 с.

Проблема паводков и наводнений в Красноярском крае имеет особое значение в силу физико-географических и социально-экономических причин. Пространственно-временное распределение этого вида ЧС по территории Красноярского края крайне неравномерно. По данным Енисейского бассейнового управления и Главного управления ГУ МЧС России по Красноярскому краю с 1969 по 1992 год зарегистрировано 63 случая затопления территорий. В период 1993 по 2001 год свыше 300 населённых пунктов были подвержены затоплению, количество ЧС и ЧП возросло в 11 раз, суммарный ущерб достигал 100 миллионов рублей в год. В начале XXI века количество затоплений пошло на спад. Согласно статистическим данным, за последние 15 лет на территории Красноярского края подверглись затоплению более 50 населённых пунктов. Нарушены условия жизнедеятельности более 28 000 человек, подтоплено более 3 тысяч жилых домов. Дополнительным источником опасности являются аварийные и бесхозные ГТС, значительная часть которых не используется по назначению с начала 1990-х годов, а контроль их состояния ведётся эпизодически.

Результаты моделирования опубликованы на геопортале ИВМ СО РАН в разделе «Проекты» (<http://gis.krasn.ru/blog/freshet>). В качестве подложки используются мультимасштабные топокарты и космические снимки разных источников. Доступны функции управления тематическими слоями зон затопления и получения атрибутивной информации по объектам. Результаты моделирования представляют собой площадные слои, иллюстрирующие подъём уровня воды на определённую высоту. Модель учитывает уклон поверхности водотока, наличие притоков, вид события (разлив реки, затор льда, прорыв плотины и пр.). Точность расчёта определяется качеством цифровых моделей рельефа (ЦМР) и составляет примерно один метр. Планируется использование ЦМР, полученных в результате съёмки с БПЛА.

С использованием системы ЭСПЛА-ПРО и цифровых планов поселений сформированы перечни затопляемых объектов, включающие строения, дороги, объекты жизнеобеспечения и инфраструктуры. Сбор данных о последствиях за-

топлений реализован с использованием распределённой веб-системы сбора данных.

Сервис позволяет решить задачи:  $t_{11}$  – анализ данных оперативного мониторинга;  $t_{31}$  – оценивание рисков ЧС для планирования мероприятий.

Помимо результатов моделирования, на геопортале размещены справочные и аналитические материалы по гидрологическим характеристикам региона, особенностям прохождения паводков на территории региона и обобщённые оценки рисков ЧС (Рисунок 6.20).

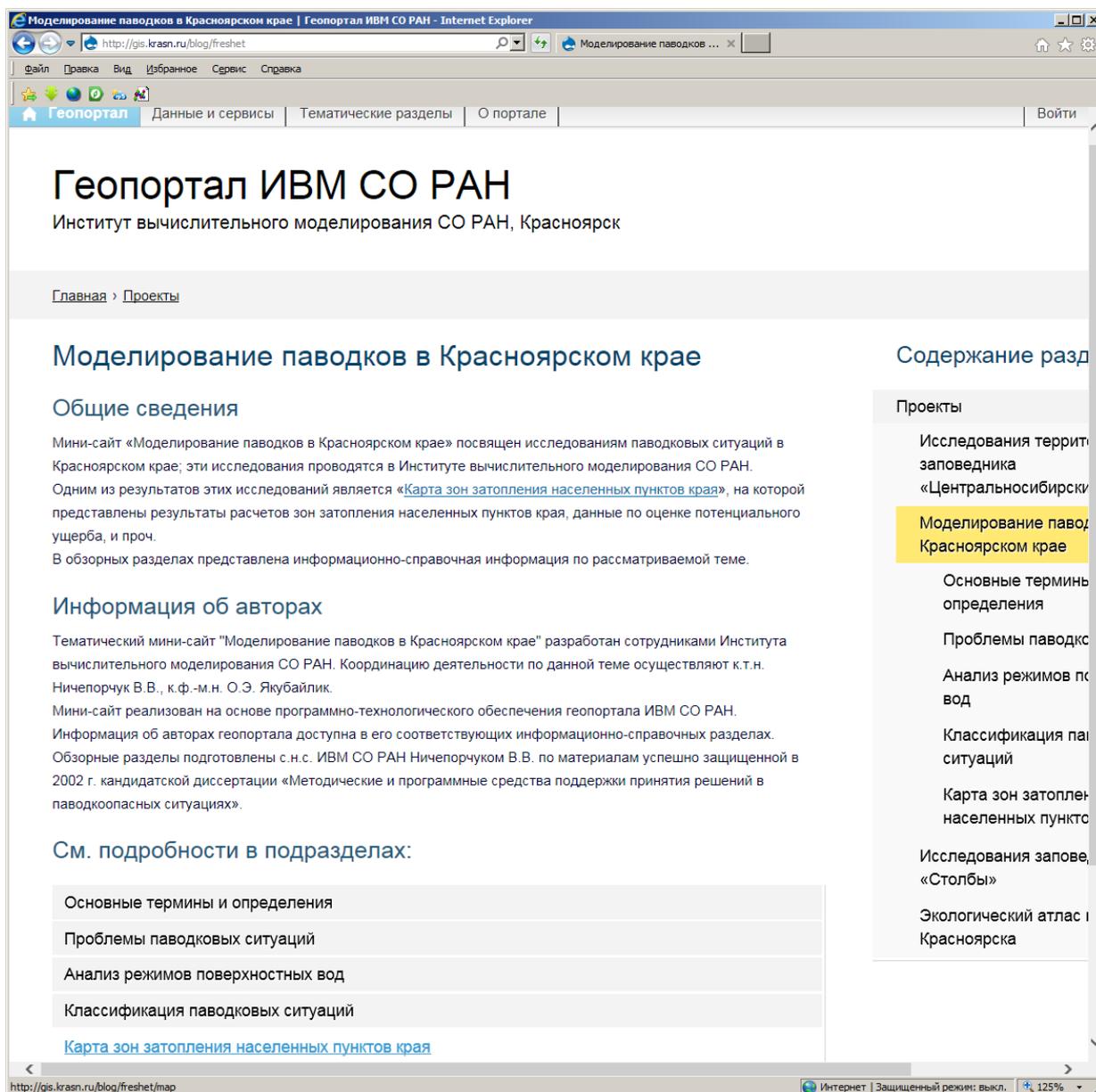


Рисунок 6.20 – Тематический раздел «Паводки» геопортала ИВМ СО РАН

Расчёты зон затопления и формирование атрибутивной информации по всем затапливаемым населённым пунктам региона выполнены специалистами Территориального центра мониторинга и прогнозирования ЧС Красноярского края и Управления гражданской защиты ГУ МЧС России по Красноярскому краю.

### **6.3 ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 6**

Разработана технология ситуационного моделирования, позволяющая решать задачи предупреждения и ликвидации всех видов опасных событий природного и техногенного характера. Усовершенствован процесс информационной поддержки управления, основанный на совместном использовании расчётных методик оценки последствий опасных ситуаций разных по сложности и точности расчётов, метода динамического картографирования, экспертных систем и веб-технологий. Технология представлена в виде схемы процессов формирования рекомендаций, карт и форм донесений.

Впервые предложен метод графического представления сценариев ситуационного моделирования, позволяющий моделировать характеристики оперативных мероприятий в опасных ситуациях с сохранением их в базах знаний. Сценарии представляют собой последовательность процессов оценивания последствий, действий по ликвидации опасных факторов и проведения мероприятий защиты и используются для формирования комплексных решений на разных уровнях управления в опасных ситуациях любых видов. Метод графического представления сценариев позволяет решать задачи экстренного управления, в числе которых согласование действий большого количества людей, рациональное использование технических средств и ресурсов, снижение временных затрат на ликвидацию ЧС.

Обоснованы критерии опасных ситуаций, для планирования и реконструкции которых требуется разработка сценариев ситуационного моделирования. Показан процесс пополнения баз знаний и создания и редактирования сценариев в информационно-аналитических системах.

Систематизированы функции информационной поддержки управления, реализуемые геоинформационной технологией в процессе ситуационного моделирования. Описан процесс динамического картографирования последствий реализации опасной ситуации и действий по её ликвидации и проведению мероприятий защиты, позволяющий автоматизировать процесс создания оперативных карт обстановки на месте ЧС. Технология ситуационного моделирования практически апробирована в решении разных задач, включая разработку паспортов безопасности промышленных объектов и муниципальных образований. Реализация моделей опасных ситуаций с использованием цифровых моделей рельефа впервые позволила оценить риски затоплений территорий, спланировать и провести превентивные мероприятия по защите населённых пунктов, реконструкции и ремонту ГТС.

Рассмотрены примеры динамического подключения программных модулей, реализующих методики оценки опасных ситуаций, позволяющие расширить функциональность информационно-аналитических систем.

С целью обоснования рациональных способов проведения превентивных мероприятий применён метод визуализации факторов для разных видов рисков, позволяющий оценить влияние на величину территориальных рисков всех факторов, выявляемых в результате анализа причин возникновения опасных событий, использовать различные способы группировки для исследования значимости факторов. На основе оригинальной схемы оценивания рисков построен комплекс OLAP-моделей, использующих весь объём данных оперативного мониторинга обстановок, средства динамического картографирования и веб-визуализации полученных результатов.

Разработан процесс построения атласов распределения рисков природного и техногенного характера масштаба субъекта РФ и муниципального образования, использующийся для оценивания комплексных значений состояния безопасности территорий. Выполнена систематизация мероприятий снижения рисков и смягчения последствий чрезвычайных ситуаций, позволяющая определить стратегические направления управления безопасностью с учётом физико-географических и социально-экономических характеристик территорий.

## **ГЛАВА 7 ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ**

### **7.1 ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ЭСПЛА-М**

#### **7.1.1 Общее описание системы**

Система ЭСПЛА-М предназначена для оперативного мониторинга природно-техногенной безопасности территорий с целью раннего обнаружения угроз чрезвычайных ситуаций. Программа автоматизирует сбор и обработку данных разных систем мониторинга, данных инструментальных измерений – метеостанций, сейсмостанций, датчиков радиации, химических анализаторов и других. Реализованы функции оперативного анализа данных по разным видам обстановок – метеорологической, сейсмической, гидрологической, радиационной, дорожной, обстановки на объектах ЖКХ и др. Обеспечена визуализация результатов анализа в виде таблиц и кросс-таблиц с возможностью выполнения аналитических операций агрегирования данных, выполнения сводов, фильтрации и др. Графическая визуализация реализована в виде динамических диаграмм и тематических картограмм. Реализованы функции раннего обнаружения угроз на основе заданных критериев и индикация по принципу «семафора». Поддерживаются функции формирования аналитических отчётов на основе данных оперативного мониторинга и отображения текущей ситуации на рабочем месте оперативного дежурного. ЭСПЛА-М предназначен для оперативной работы Центров управления в кризисных ситуациях субъектов РФ и ЕДДС муниципальных образований.

### 7.1.2 Состав системы

Средства формирования системообразующих ресурсов  $d_i$  реализованы в виде подсистемы ведения справочников. Подсистема позволяет создавать и актуализировать унифицированные справочники и классификаторы с применением обобщённой модели справочника, поддержки операций ввода и коррекции данных, условного просмотра данных с наложением фильтров и ограничений, а также для обеспечения импорта/экспорта справочных данных. Выполнение основных функций системы основано на формировании множества справочников в виде древовидного представления, состоящего из групп справочников, а также собственно справочников и их элементов [134].

Система позволяет создавать справочники, дополнительные элементы, объединять элементы в группы. Первичное наполнение таблиц реализуется в ручном режиме, либо путём импорта. Доступны функции отмены записей, создания оглавлений справочников, просмотра зависимых справочников, применение фильтров и ограничений, экспорт данных. Главный интерфейс показан на Рисунке 7.1.

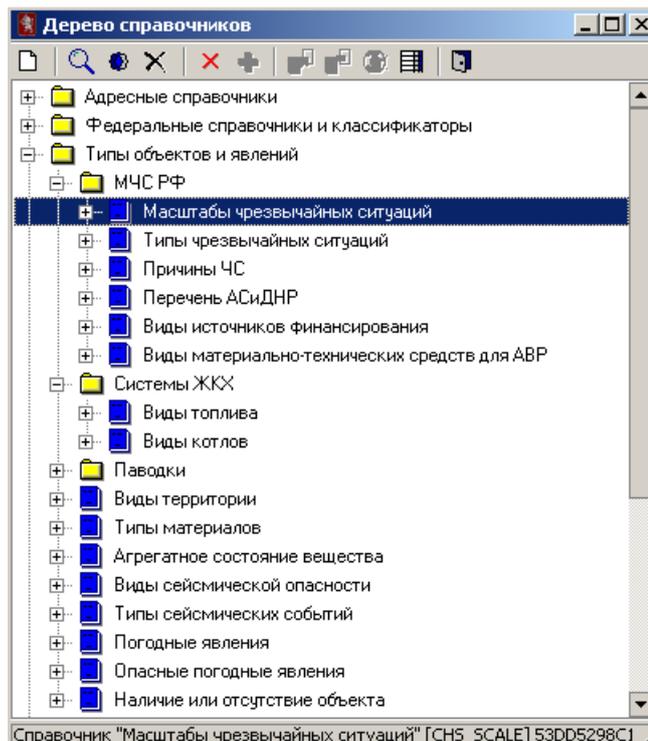


Рисунок 7.1 – Иерархическая организация справочников

Для формирования и актуализации содержимого справочников реализованы функции:

- добавление/удаление записей линейных таблиц, таблиц связи и свойств;
- поиск и замена значений в таблицах справочников;
- групповое изменение записей в таблицах справочников по шаблону;
- формирование оглавлений (Рисунок 7.2).
- перенос веток внутри оглавлений и сортировка данных.

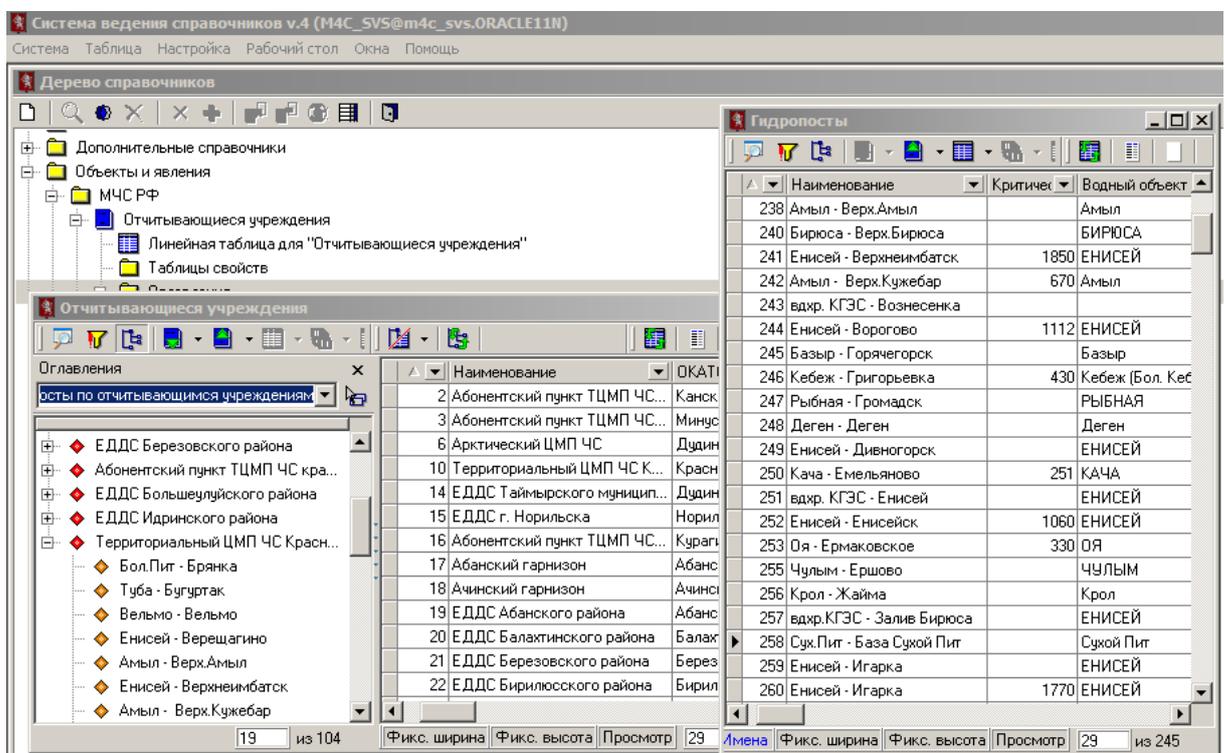


Рисунок 7.2 – Процесс формирования оглавления справочника

При выполнении операций по заполнению справочников, формировании структуры оглавлений и заполнении полей-ссылок в записях используется механизм «drag&drop».

Подсистема «Менеджер хранилища данных» (МХД) используется для управления процессами консолидации, аналитической обработки и представле-

ния данных системы оперативного комплексного мониторинга ЧС. Выполнение основных функций системы основано на формировании централизованного хранилища в виде древовидной структуры, состоящей из метаразделов, разделов, пользовательских элементов. С помощью средств системы создаются пользовательские элементы: таблицы обрабатываемых данных, средства импорта и преобразования информации, вносятся изменения в репозиторий в автоматическом режиме.

*Подсистема управления структурой данных* реализует функции по созданию и модификации всех типов объектов хранилища. На Рисунке 7.3 представлено дерево объектов хранилища данных. На первом уровне дерева находится список соединений с различными экземплярами хранилища. Два верхних уровня каждого соединения составляют метаразделы, отвечающие за основное деление объектов в хранилище. Метараздел содержит объекты одного типа, редактирование списка метаразделов не допускается. В составе каждого из метаразделов может быть создано произвольное количество пользовательских тематических разделов, разделяющих объекты по дополнительным признакам.

*Подсистема управления репозитарием* отвечает за поддержку корректности данных в служебных таблицах репозитария. Контроль осуществляется путём согласования операций добавления, редактирования и удаления информации в репозитарии.

#### Структура хранилища данных:

- 1 Область длительного хранения
  - 1.1 Таблицы фактов
    - а) оперативная обстановка (данные мониторинга);
    - б) журнал опасных событий;
    - в) характеристики объектов;
    - г) пространственные данные.
  - 1.2 Таблицы измерений
    - а) федеральные классификаторы;
    - б) специализированные отраслевые справочники;
    - в) оглавления.
- 2 Аналитические модели
  - а) автоматическая идентификация опасностей и угроз;
  - б) веб-представления данных оперативного мониторинга;
  - в) модели с изменяемым представлением.
- 3 Предзагрузочная обработка данных

- 3.1 Перечень источников данных;
- 3.2 Пакеты загрузки (импорта) данных;
- 3.3 Временные таблицы.
- 4 Конфигурации интерфейсов
  - 4.1 Публикация данных на сайте;
  - 4.2 АРМ руководителя (ЛПР);
  - 4.3 АРМ эксперта-аналитика.

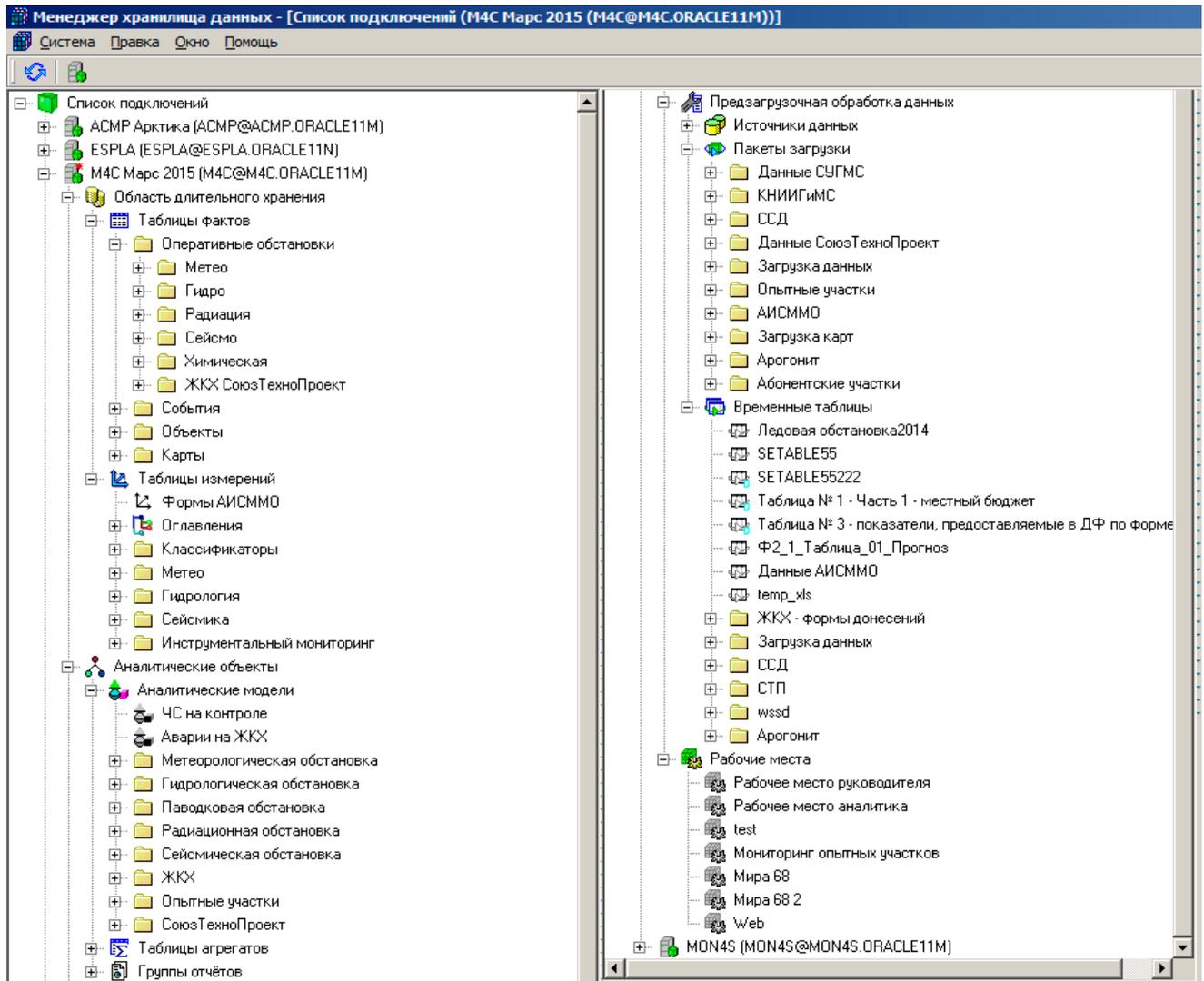


Рисунок 7.3 – Дерево объектов хранилища данных

Структура ХД является легко модернизируемой и интуитивно понятной. При организации обработки данных нового источника достаточно указать его в разделе 3.1, сформировать разовый либо периодический пакет загрузки (3.2) и приёмник данных (новую или существующую таблицу).

*Подсистема формирования витрин данных* является инструментом создания аналитических моделей OLAP [117].

*Предзагрузочная обработка и импорт (ETL)* обеспечивают:

- извлечение данных из внешних источников;
- проверку логической целостности импортируемых данных;
- очистку данных, устранение ненужной или служебной информации;
- преобразование типов данных согласно системным соглашениям ХД;
- необходимое агрегирование данных;
- размещение данных в таблицах области длительного хранения.

Доступ к внешним источникам из МХД реализован через динамическую библиотеку соединений, обеспечивающую единообразный доступ к БД форматов. Для работы с внешними источниками в репозитории ХД создаются объекты типа «источник данных», определяющие параметры доступа с учётом структуры источника.

Процесс информационного наполнения хранилища данных организован посредством выполнения процедур обработки. В свойствах процедур задаются параметры выполняемых действий и инструкции по обработке информации. Для наполнения и преобразования данных во временных таблицах используется набор ETL-процедур (Рисунок 7.4).

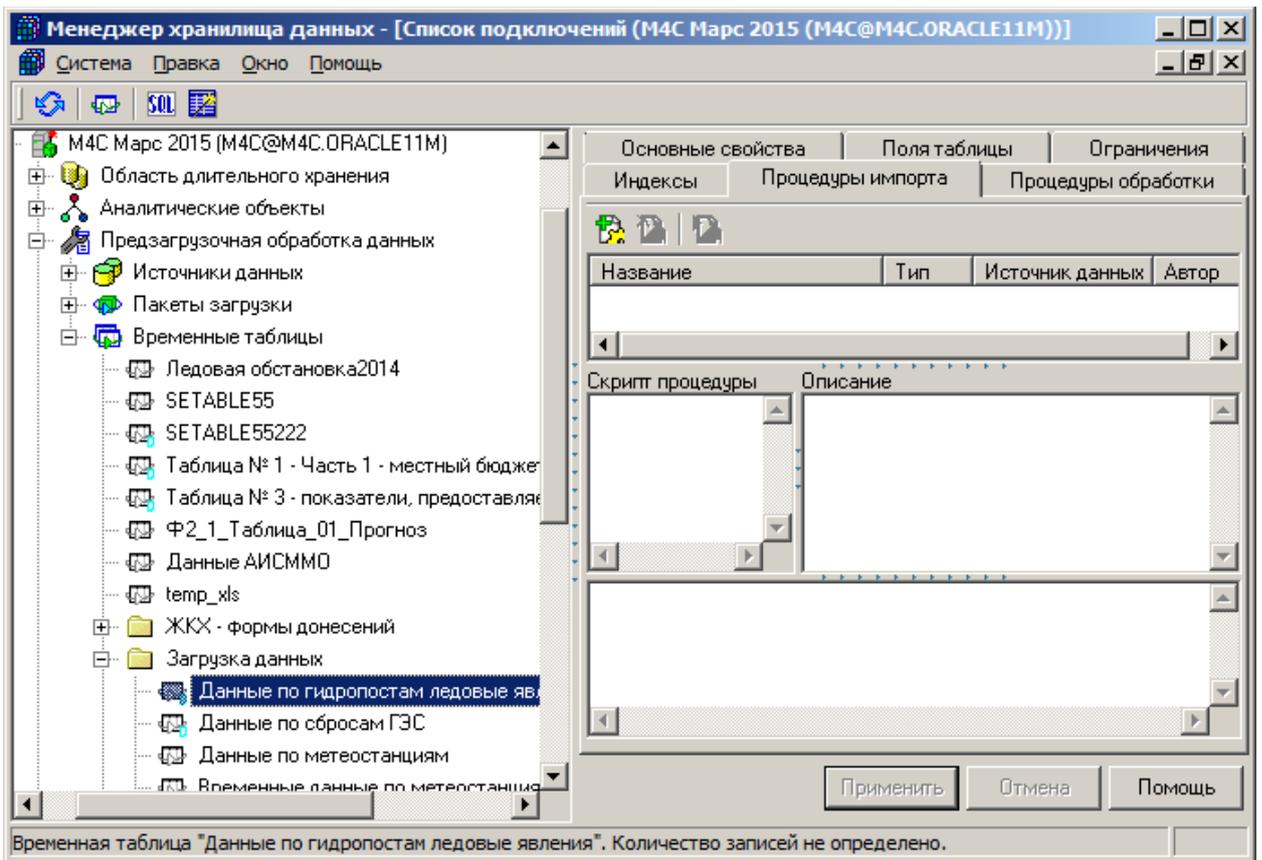


Рисунок 7.4 – Настройка процедуры импорта

В состав ETL входят процедуры преобразования, перекачки данных, внешняя, серверная процедура (SQL-скрипт), процедура оповещения для регистрации событий. Каждая процедура является описанием некоторого шага процесса импорта данных и автоматизирует его выполнение. Создание процедур обработки возможно как для конкретных таблиц, так и в виде ETL-пакетов.

Реализация сложных алгоритмов предзагрузочной обработки и фильтрации данных без дополнительного вмешательства разработчиков осуществляется с использованием оригинального языка программирования высокого уровня, являющегося интерпретируемым русскоязычным аналогом языка Basic [152]. Доступны как обычные возможности языка программирования (условные переходы, циклы, переменные, массивы и т.д.), так и специализированные функции.

### 7.1.3 Функционирование системы

Система предназначена для консолидации и обработки результатов комплексного оперативного мониторинга обстановки. ЭСПЛА-М выполняет функцию системного интегратора в ТЦМП ЧС Красноярского края.

На основе данных мониторинга решаются задачи оперативного и тактического управления: контроль обстановки, информационная поддержка прогнозирования, оценивание степени опасности и другие задачи (Рисунок 7.5). Использование подсистемы справочников и классификаторов позволяет упорядочить и формализовать данные, загружаемые и извлекаемые из хранилища данных. При формировании и в процессе эксплуатации ХД системообразующие ресурсы  $d_i$  импортируются из подсистемы ведения справочников. Запрет на непосредственное редактирование справочников в МХД позволяет сохранить логическую целостность информационных ресурсов.

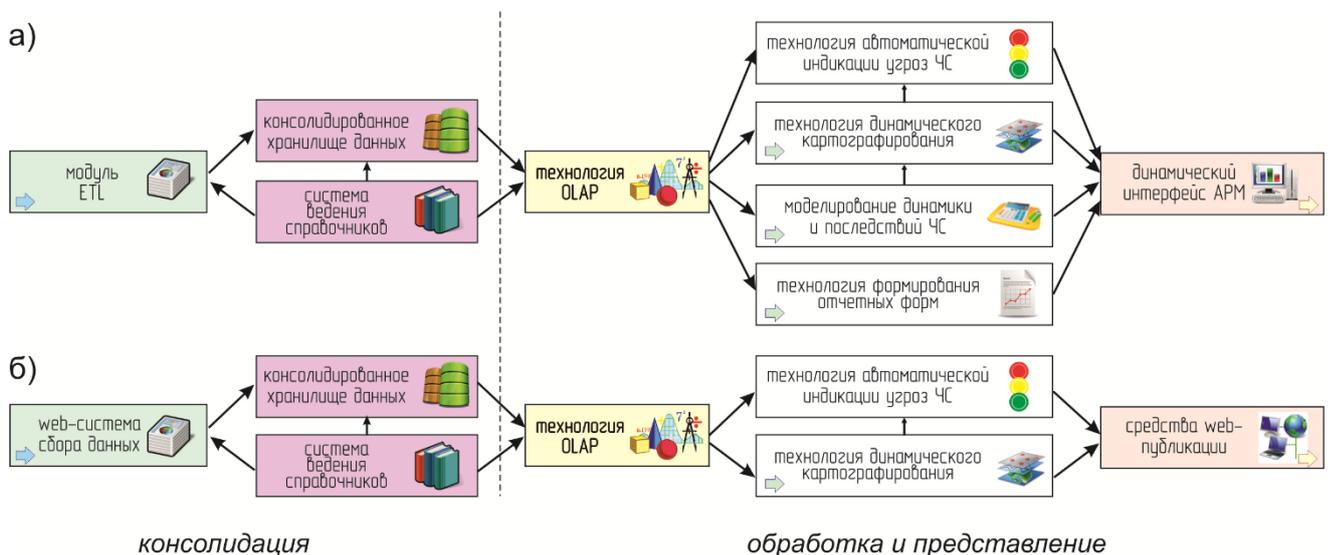


Рисунок 7.5 – Схемы функционирования ЭСПЛА-М: а) реализация в виде настольного приложения; б) реализация с использованием веб-технологий

Встроенный OLAP-модуль данных визуализирует результаты аналитической обработки в виде различных элементов  $Y$ , что позволяет выявлять анома-

лии, выбросы, ошибки, отображать тренды и т.п. Процедурный язык аналитических моделей используется для вычисления статистических функций, представления данных в удобном для анализа виде. Например, для графического поиска года-аналога в гидрологических наблюдений дату измерения необходимо представить в формате день-месяц, а год вынести в отдельное измерение. Система справочников служит в OLAP поставщиком измерений для аналитических моделей. Используемые методы хранения больших объёмов данных в нереляционной форме обеспечивает быстроедействие аналитических инструментов.

Решение задачи  $t_{11}$  – идентификация опасностей и угроз – реализовано в комплексе специальных моделей OLAP, активирующимся при поступлении пакета данных мониторинга. Результатами работы являются динамические таблицы  $a_2$  с подсвеченные цветами данными, сигнал к изменению «семафоров» в иерархии «контролируемый параметр  $Pr$  – пункт наблюдений  $Po$  – обстановка  $ST$ ». Критерии опасностей и угроз (Гл.5) содержатся в справочниках.

Интеграция технологий динамического картографирования и OLAP позволяет отображать результаты анализа в виде картограмм  $m_3$  с выделением цветом, символом, штриховкой одного или нескольких признаков. Для веб-представлений реализованы карты оперативной обстановки  $m_2$  с отображением опасностей и угроз в виде различных цветов пунктов наблюдений. Динамический точечный слой пунктов наблюдений  $Pr$  формируется на основе справочника, содержащего географические координаты.

## 7.2 ЭКСПЕРТНАЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ЭКСТРЕННОГО РЕАГИРОВАНИЯ ЭСПЛА-ПРО

### 7.2.1 Общее описание системы

Экспертная геоинформационная система ЭСПЛА-ПРО разработана в 2004-2007 годах по заказу Агентства по делам ГО и ЧС Красноярского края для поддержки деятельности оперативной дежурных смен ЦУКС.

Система построена с использованием геоинформационных  $it_4$  и интеллектуальных  $it_6$  технологий, содержит блок расчётных методик и модуль администрирования системы. Компоненты могут использоваться в качестве самостоятельных программ.

Интерфейс системы обеспечивает вызов необходимых модулей и взаимодействие их между собой. Структура интерфейса, баз данных, отчётных форм и других элементов описывается в служебных таблицах. Настройки источников данных позволяют переходить с серверного на портативный вариант и использовать систему в работе оперативных групп на месте ЧС. Информационные ресурсы содержат справочники  $d_1$ , электронные карты  $d_4$ , базы знаний  $d_5$ , данные мониторинга  $d_2$  и  $d_3$ , использующиеся для формирования рекомендаций. Геоинформационная подсистема представляет собой оригинальную оболочку, позволяющую разрабатывать и встраивать модели визуализации последствий ЧС и использовать полученные результаты моделирования (shape-файлы) в других ГИС. В процессе логического вывода рекомендаций ГИС взаимодействует с базами данных, расчётными моделями, экспертной подсистемой, выполняет функции геомоделирования.

## 7.2.2 Функционирование системы

Экспертная система использует продукционно-фреймовую модель представления знаний. Процесс ситуационного моделирования реализован в виде эстафеты присоединённых процедур, автоматически вызывающих другие модули. Необходимая информация о месте ЧС и характеристиках формирований запрашивается из баз данных, последствия ЧС моделируются в ГИС с использованием расчётных методик, рекомендации по действиям в ЧС формируются на основе баз знаний. Недостающая информация запрашивается у пользователя, который инициирует процесс вывода.

Описание сценариев опасных ситуаций состоит из описания места, последствий ситуации  $O_2$ , действий объектов управления  $O_3$ . Характеристики представлены в виде переменных, описания которых хранятся в словаре переменных. Реализованы функции отображения ситуаций на картах, формирования донесений и отчётов.

Пространственные данные содержат цифровые основы разных масштабов. Это позволяет формировать детальные перечни защищаемых объектов  $O_2$ , попавших в зону ЧС. При наличии данных о численности проживающего населения оценивается объём мероприятий защиты, включающих эвакуацию, оказание медицинской помощи, жизнеобеспечение и другие работы. Например, при моделировании затоплений формируется перечень подтопленных объектов, тексты оповещения, планы эвакуации, перечни сил и средств, данные о транспортном, материально-техническом и других видах обеспечения.

На рисунке 7.6 показана работа экспертной системы. Дежурный ОДС выбирает место ЧС из списка населённых пунктов и задаёт уровень воды. При необходимости система задаёт вопросы, уточняющие обстановку (характер паводка, тип водотока). Результаты работы представлены в виде вкладок, содержащих тексты оповещения, формы 2-ЧС, ОДС-2,3,6,7, карты зон затопления, перечень затопленных объектов, рекомендации по эвакуации населения, привлечению сил и

средств и другая необходимая информация. Для изменения состава документов предусмотрен редактор сценариев и шаблонов выходных документов.

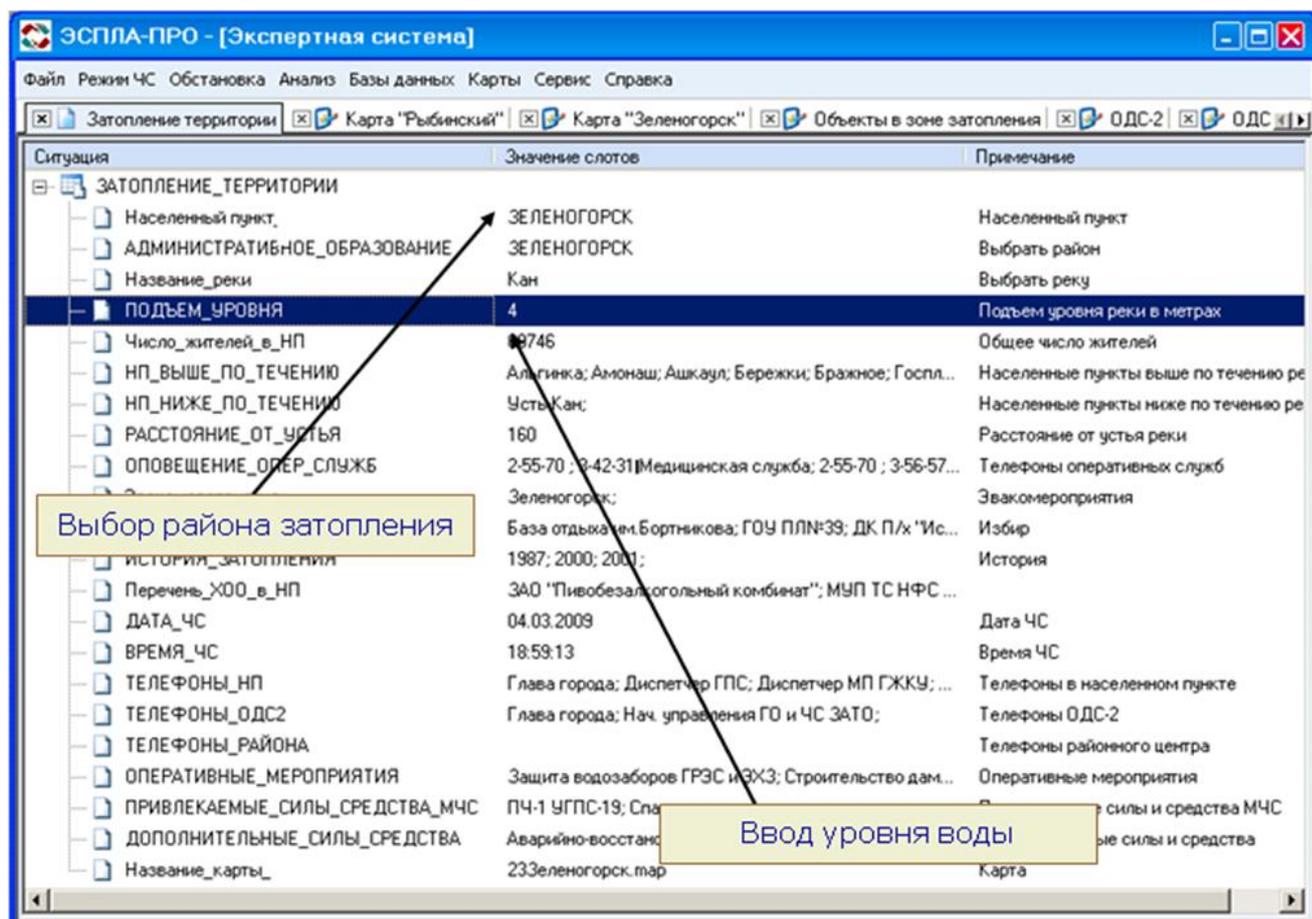


Рисунок 7.6 – Работа экспертной системы в режиме ЧС

Технология ситуационного моделирования позволяет сформировать несколько сценариев затопления крупных населённых пунктов разных масштабов и генезиса. На Рисунке 7.7 показаны последствия подъёма уровня воды в реке Кан на 3 метра в створе города Зеленогорска Красноярского края.

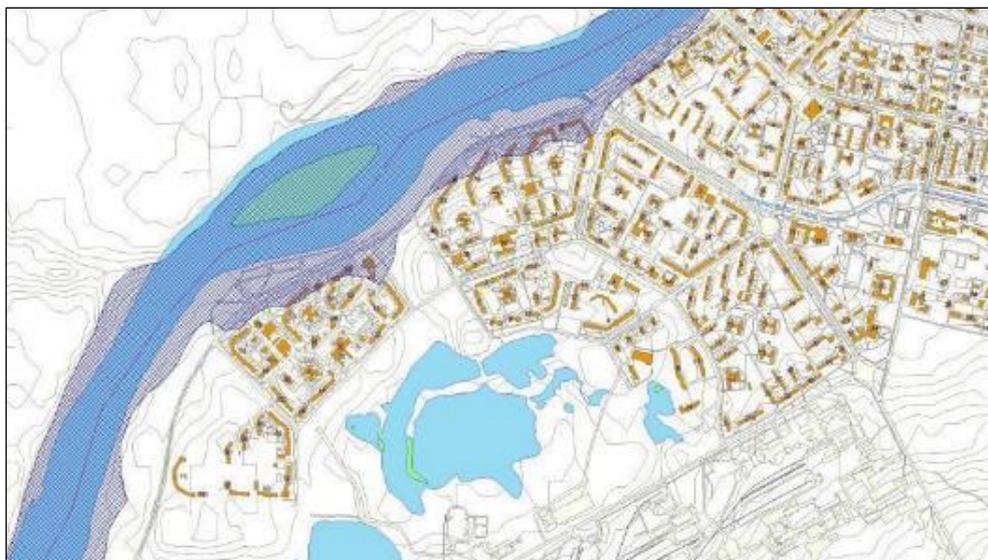


Рисунок 7.7 – Моделирование затопления населённого пункта

На Рисунке 7.8 показано сформированное системой донесение по форме ОДС-2, 3. Система позволяет сохранять отчёты в форматах MS Office.

ЭСПЛА-ПРО - [Отчет]

Файл Режим ЧС Обстановка Анализ Базы данных Карты Сервис Справка

Затопление территории Карта "Рыбинский" Карта "Зеленогорск" Объекты в зоне затопления ОДС-2 ОДС-6 ОДС-7

<b>Метеоданные</b> Дата: 04.03.2009 Температура, С: -24,8 Направление и скорость ветра, м/с: 0,5, 82,5 Атмосферное давление мм рт.ст.: 1043,43 Видимость, км: 25 Влажность, %: 75 Состояние приземного слоя: изотермия	<b>Обстановка в г. ЗЕЛЕНОГОРСК на 18:59:13 04.03.2009</b> В результате подъема уровня воды возникла угроза подтопления жилых зданий и объектов в населенном пункте.	<b>Донесение по форме ОДС 2</b> Дата: 04.03.2009 Всего в зоне ЧС: 8428 из них детей: 1433 Эвакуировано: 352 из них детей: 204 нарушены условия жизнедеятельности: 8428																																										
<b>Схема организации управления и взаимодействия</b> 	<b>Схема района ЧС</b> 	<b>Привлекаемые силы и средства</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Формирования и подразделения</th> <th>Кол-во л/с, чел.</th> <th>Техника, ед.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>От МЧС</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ПЧ-1 УГПС-19</td> <td>4</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Спасательная станция</td> <td>6</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td><b>Всего:</b></td> <td><b>10</b></td> <td><b>6</b></td> </tr> <tr> <td>От других министерств и ведомств</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>АОФ ОАО Красноярская ГРЭС-2</td> <td>5</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>МП ГРЖКУ</td> <td>5</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>МСЧ-42</td> <td>12</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>ОАО УС-604</td> <td>7</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Отдел внутренних дел</td> <td>7</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>СЧ-6МЧС РФ</td> <td>6</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td><b>Всего:</b></td> <td><b>42</b></td> <td><b>22</b></td> </tr> <tr> <td><b>Итого:</b></td> <td><b>66</b></td> <td><b>41</b></td> </tr> </tbody> </table>	Формирования и подразделения	Кол-во л/с, чел.	Техника, ед.	От МЧС			ПЧ-1 УГПС-19	4	2	Спасательная станция	6	4	<b>Всего:</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	От других министерств и ведомств			АОФ ОАО Красноярская ГРЭС-2	5	3	МП ГРЖКУ	5	2	МСЧ-42	12	4	ОАО УС-604	7	3	Отдел внутренних дел	7	5	СЧ-6МЧС РФ	6	5	<b>Всего:</b>	<b>42</b>	<b>22</b>	<b>Итого:</b>	<b>66</b>	<b>41</b>
Формирования и подразделения	Кол-во л/с, чел.	Техника, ед.																																										
От МЧС																																												
ПЧ-1 УГПС-19	4	2																																										
Спасательная станция	6	4																																										
<b>Всего:</b>	<b>10</b>	<b>6</b>																																										
От других министерств и ведомств																																												
АОФ ОАО Красноярская ГРЭС-2	5	3																																										
МП ГРЖКУ	5	2																																										
МСЧ-42	12	4																																										
ОАО УС-604	7	3																																										
Отдел внутренних дел	7	5																																										
СЧ-6МЧС РФ	6	5																																										
<b>Всего:</b>	<b>42</b>	<b>22</b>																																										
<b>Итого:</b>	<b>66</b>	<b>41</b>																																										
<b>Схема организации связи с районом ЧС</b> 	<b>Телефоны должностных лиц, задействованных при ликвидации ЧС</b> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Руководитель Агентства по делам ГО, ЧС и ПБ администрации Красноярского края</td> <td>227-71-99</td> </tr> <tr> <td>Старший ОД Агентства по делам ГО, ЧС и ПБ</td> <td>222-27-81</td> </tr> <tr> <td>Председатель КЧС администрации Красноярского края</td> <td>249-31-11</td> </tr> <tr> <td>Глава города</td> <td>Моргунов Валентин Григорьевич 8-22-41-1487 3-55-32</td> </tr> <tr> <td>Нач. управления ГО и ЧС ЗАТО</td> <td>п-к Гребенников Юрий Александр. 8-913-5333-060 3-56-57</td> </tr> </tbody> </table>		Руководитель Агентства по делам ГО, ЧС и ПБ администрации Красноярского края	227-71-99	Старший ОД Агентства по делам ГО, ЧС и ПБ	222-27-81	Председатель КЧС администрации Красноярского края	249-31-11	Глава города	Моргунов Валентин Григорьевич 8-22-41-1487 3-55-32	Нач. управления ГО и ЧС ЗАТО	п-к Гребенников Юрий Александр. 8-913-5333-060 3-56-57																																
Руководитель Агентства по делам ГО, ЧС и ПБ администрации Красноярского края	227-71-99																																											
Старший ОД Агентства по делам ГО, ЧС и ПБ	222-27-81																																											
Председатель КЧС администрации Красноярского края	249-31-11																																											
Глава города	Моргунов Валентин Григорьевич 8-22-41-1487 3-55-32																																											
Нач. управления ГО и ЧС ЗАТО	п-к Гребенников Юрий Александр. 8-913-5333-060 3-56-57																																											

Рисунок 7.8 – Пример сформированного донесения

Итерационное дополнение информационных ресурсов, соответствующее требованиям задач управления, позволяет минимизировать затраты на поиск дополнительной информации. Общий доступ к региональным хранилищам данных позволяет принимать согласованные решения на всех уровнях управления.

В системе ЭСПЛА-ПРО реализованы сценарии аварийных ситуаций, характерных для промышленных объектов. Реализованы модули оценки последствий химических аварий, пожаров нефтепродуктов, взрывов твёрдых веществ, пыли и топливовоздушных смесей. Базы данных системы содержат характеристики потенциально опасных объектов  $O_1$ . В оперативном режиме допустимо использования детализированных расчётных методики, таких как ТОКСИ-3, требующих в качестве исходных данных характеристики оборудования с АХОВ, аварийного участка, состояние подстилающей поверхности др.. Уточнённые расчёты последствий опасного события позволяют сформировать группировку сил и средств, адекватную масштабу ситуации.

Интерфейс программы разработан с учётом использования системы в настольном варианте (Рисунок 7.9), на мобильных устройствах и веб-сайте.

СМП ЧС  
Химическая авария. Оценка обстановки

Территория: Красноярск  
Место аварии: Водозабор остров Тагильева

Методика: Расчет зон дискомфорта

Вещество: ангидрид уксусный  
Агрегатное состояние: жидкость  
Количество вещества: 9,515, 0,8  
Характер разлива: свободный  
Высота поддона, м: 0

Метеоданные: Погодные условия на момент аварии

Результаты: Просмотр результатов расчетов последней аварии

Выберите вещество

Назад

Рисунок 7.9 – Интерфейс (для планшета) ввода исходных данных ситуационного моделирования

В качестве выходных данных система оперативно формирует документы, позволяющие организовать экстренное реагирование до сбора комиссий по ЧС и ПБ.

Пример текста оповещения, сформированного системой в результате работы экспертной системы, показан на Рисунке 7.10. Текст формируется на основе исходных данных, введенных пользователем, результатов выборки из баз данных, типовых фраз, поясняющих характер ситуации, необходимых рекомендаций по действиям. В информационном сообщении перечисляются районы, попадающие в зону действия поражающих факторов.

ЭСПЛА-ПРО - [Отчет]

Файл Режим ЧС Повседневный режим Оперативный анализ информации Базы данных Базы знаний Сервис Справка

Химическая авария | Отчет | Карта "40Минусинск" | Карточка X00 | Рекомендации системы

Экспертная геоинформационная система ЭСПЛА-ПРО

### ТЕКСТ ОПОВЕЩЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ

Внимание! Сообщение Главного управления МЧС по Красноярскому краю.  
Произошла авария с выбросом аварийно химически опасного вещества.

Авария на химически опасном объекте: ОАО "Молоко"  
Ядовитое вещество: Аммиак сжиженный  
Время аварии: 14:47:32

Населению, проживающему, или находящемуся в опасной зоне, необходимо немедленно покинуть ее. Мероприятия по эвакуации организует администрация населенных пунктов. При самостоятельной эвакуации двигаться по возможности перпендикулярно направлению ветра. Если нет возможности быстро покинуть опасную зону, необходимо укрыться в помещениях. Произвести дополнительную герметизацию помещений (закрыть окна, двери, уплотнить вентиляционные отверстия, щели в рамах, косяках, дверях). Без экстренной необходимости ограничить пребывание (особенно детей) вне помещений. Оповестите соседей о получении информации. Возможны перебои с мобильной связью. В любой обстановке не теряйте самообладание, не поддавайтесь панике.

### ДОМА И ОБЪЕКТЫ В ЗОНЕ ЗАРАЖЕНИЯ

#### Дома

АДРЕС	НАЗН	ЭТАЖ	ГАЗИФИЦ	УЛИЦА	НОМЕР	ЖИТЕЛЕЙ
Ботаническая, 43	жилое	9	негазифицированное	Ботаническая	43	72
Ботаническая, 45	жилое	5	негазифицированное	Ботаническая	45	40
Ботаническая, 49	жилое	5	негазифицированное	Ботаническая	49	40
Ботаническая, 45а	жилое	5	негазифицированное	Ботаническая	45а	40

Всего объектов слоя Дома внутри зоны: 60 из 8359  
0,72% от общего числа объектов.

### Возможное количество людей внутри зоны

ЖИТЕЛЕЙ 1968

Рисунок 7.10 – Текст оповещения с результатом пространственной выборки

В системе используется справочник, содержащий развёрнутые рекомендации по действиям в химических авариях для более 400 веществ. Это позволяет формировать рекомендации по медицинской помощи при вдыхании, попадании АХОВ в лёгкие, на кожу, использовании нейтрализующих веществ и т.д.

### 7.3 СИСТЕМА АНАЛИЗА ДАННЫХ МОНИТОРИНГА ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ OLAP-GIS

Система OLAP-GIS используется анализа каталогов чрезвычайных ситуаций и происшествий, других событий, анализ и контроль которых необходим для планирования и осуществления стратегического управления. Информационные ресурсы содержат данные мониторинга обстановки субъектов Сибирского федерального округа. Примерный объём данных: более 16 тыс. ЧС и ЧП, 80 тыс. природных и 290 тыс. бытовых и производственных пожарах. Период регистрации событий составляет 20-25 лет. OLAP-GIS имеет возможность работы с разными СУБД, в том числе Oracle, MS SQL-Sever, FireBird, MS Access с распределением прав доступа к данным и аналитическим моделям.

Система построена на основе интеграции технологий OLAP и ГИС. В качестве поставщика данных используется централизованное хранилище с системой ведения справочников. Для построения аналитических моделей разработан редактор последовательности действий (Wizard). Редактор включает настройки источников данных, логических связей между таблицами и справочниками, анализируемых показателей и измерений, а также представление результатов в виде кросс-таблиц  $a_2$ , диаграмм  $u_1, \dots, u_4$  и динамических картограмм  $m_3$ .

Главными измерениями в аналитических моделях являются классификатор административно-территориального деления и справочник видов событий  $H$ . Состав анализируемых показателей спроектирован в соответствии со структурой каталогов событий и включает: количество погибших, пострадавших, спасённых, материальный ущерб, сведения о задействованных силах и средствах.

В процессе анализа используются статистические функции, встроенные в OLAP, для анализа вычисляемые показатели. В Таблице 7.1 представлен результат аналитического моделирования индивидуального риска с использованием данных о количестве населения в субъектах СФО [305].

Таблица 7.1 – Оценка уровня индивидуального риска

Субъект Сибирского федерального округа	Население, тысяч человек	Погибло, человек			Значение риска
		в ЧС (2000-2011 гг.)	в пожарах (1990-2010 гг.)	в ДТП (2006-2007 гг.)	
Республика Алтай	202,9	68	51	71	$5,16 \times 10^{-4}$
Республика Бурятия	981	234	210	273	$4,13 \times 10^{-4}$
Республика Тыва	305,5	155	25	129	$5,13 \times 10^{-4}$
Республика Хакасия	546,1	95	96	169	$4,14 \times 10^{-4}$
Алтайский край	2607,2	652	529	427	$2,89 \times 10^{-4}$
Забайкальский край	1156,2	339	247	334	$4,28 \times 10^{-4}$
Красноярский край	2966,2	761	664	580	$3,31 \times 10^{-4}$
Иркутская область	2581,6	848	623	504	$3,48 \times 10^{-4}$
Кемеровская область	2900,2	649	596	464	$2,82 \times 10^{-4}$
Новосибирская обл.	2692,2	550	499	416	$2,67 \times 10^{-4}$
Омская область	2079,2	471	444	224	$2,41 \times 10^{-4}$
Томская область	1046	275	181	56	$1,67 \times 10^{-4}$

На рисунках 7.11 и 7.12 показаны результаты анализа количества техногенных ЧС в разрезе субъект/год в виде кросс-диаграммы и динамической картограммы.

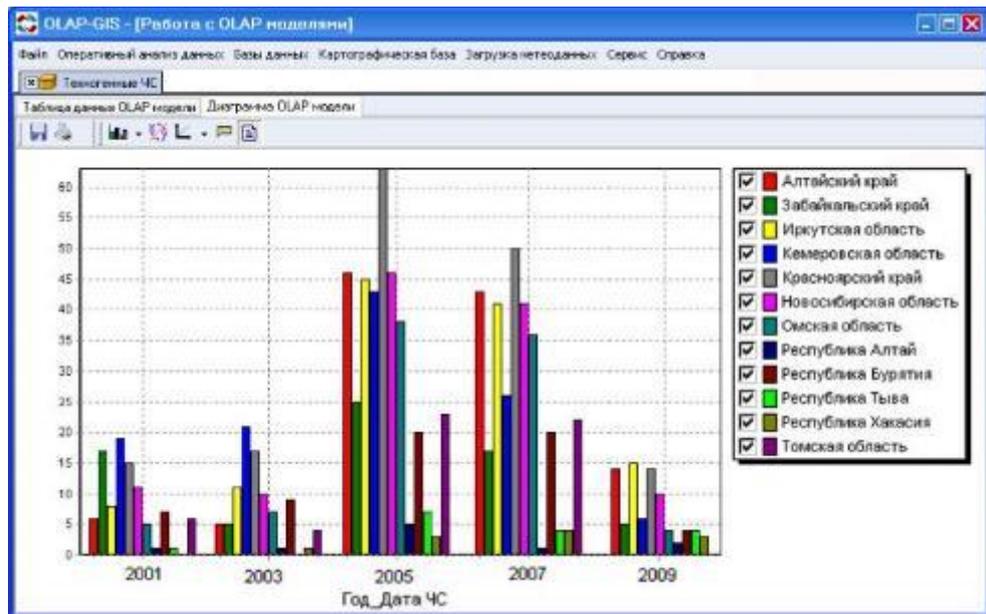


Рисунок 7.11 – Диаграмма распределения рисков

Инструментарий ГИС-модуля позволяет настроить вид легенды.

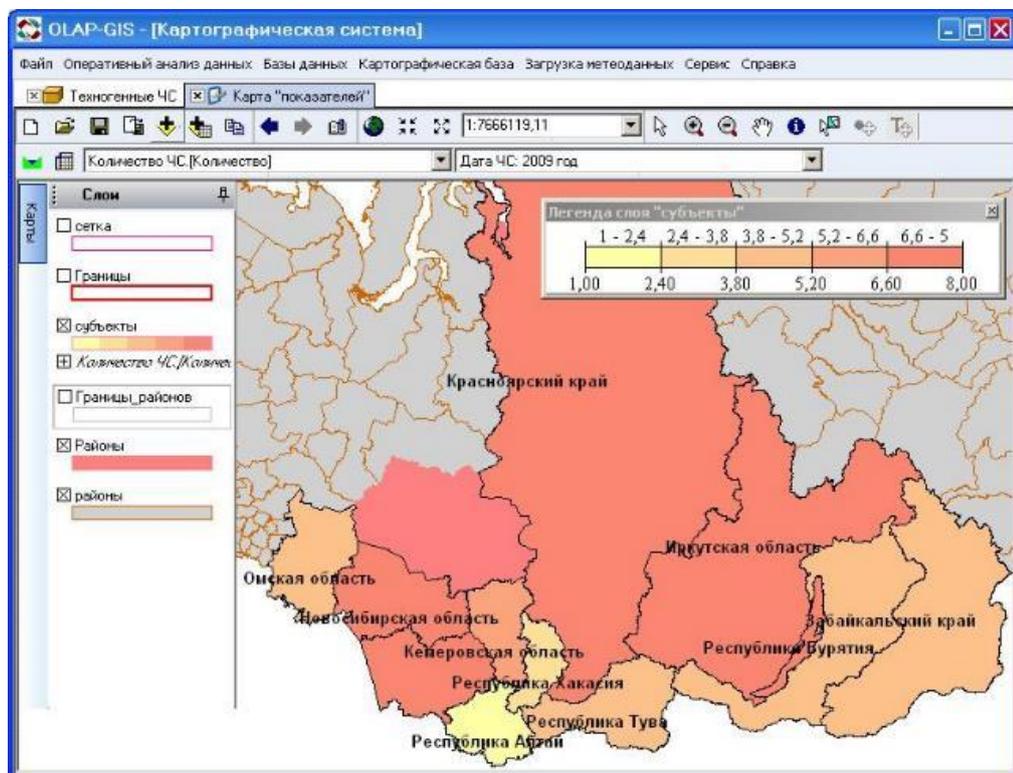


Рисунок 7.12 – Картограмма распределения техногенных ЧС по субъектам Сибирского федерального округа

Доступен просмотр изменений ситуации за произвольный период с отображением на динамической на карте, средства формирования отчётов. Например, на основе данных о бытовых и промышленных пожарах, содержащие более ста показателей, можно сформировать большинство форм ежегодника ВНИИ ПО с анализом последствий пожаров [376].

Построены тематические модели состояния безопасности региона по отдельным видам ЧС, а также для исследования интегральных характеристик отдельных территорий. Например, на основе статистических данных о ЧС, происшествиях, баз данных комплексного мониторинга и паспортов территорий разработаны модели оценки подверженности территорий природным опасностям, проведено ранжирование МО по рискам техногенного характера.

Модели в OLAP-GIS обновляются импортом данных оперативного мониторинга подразделений противопожарной службы муниципального уровня, что повышает достоверность аналитических материалов. Затраты на анализ сократились с двух недель до 3-5 минут. В таблице 7.2 приведён фрагмент отчёта, формируемого на основе статистических показателей.

Таблица 7.2 – Статистический отчёт о пожарах и их последствиях

Наименование показателей	Абсолютные	данные	+/-	% в общ.
	31.12.13	31.12.14	в %	данных
ВСЕГО количество	5 354	4 815	-10,1	100,0
Ущерб	226 707 965	177 624 652	-21,7	100,0
<b>ПОСЛЕДСТВИЯ ПОЖАРОВ</b>				
погибло людей	467	361	-22,7	0,0
в том числе детей	28	21	-25,0	0,0
травмировано людей	289	288	-0,3	0,0
<b>УНИЧТОЖЕНО</b>				
строений (ед.)	2 220	1 992	-10,3	0,0
площади (кв.м.)	3 458	3 062	-11,5	0,0
скота (голов крупн. и мелк.)	292	294	0,7	0,0
техники (ед.)	656	662	0,9	0,0
зерновых и технич. культур (т.)	14	2 930	2,083E4	0,0
<b>ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОЖАРОВ</b>				
Поджоги	265	262	-1,1	5,4
Технологические	375	294	-21,6	6,1
<b>ОСНОВНЫЕ ОБЪЕКТЫ ПОЖАРОВ</b>				
Производственные здания	298	345	15,8	7,2
Торговые помещения	168	114	-32,1	2,4

Наименование показателей	Абсолютные	данные	+/-	% в общ.
	31.12.13	31.12.14	в %	данных
<b>СПАСЕНО НА ПОЖАРЕ</b>				
ЛЮДЕЙ	3 536	4 043	14,3	
Крупного скота (голов)	177	305	72,3	
Техники (единиц)	408	405	-0,7	
Материальных ценностей, руб.	978 773 346	1 882 325 053	92,3	
<b>НАИБОЛЕЕ ГОРИМЫЕ ГОРОДА И РАЙОНЫ (+20% и более)</b>				
Канский	48	59	22,9	
Новоселовский	32	43	34,4	
Туруханский	30	46	53,3	

На основании отчёта планируются мероприятия профилактической, надзорной и оперативной деятельности, учитывающие тенденции изменения безопасности и «узкие» места функционирования противопожарных подразделений.

#### **7.4 ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 7**

Спроектированы и реализованы информационно-аналитические системы поддержки управления природно-техногенной безопасностью, для различных видов ситуаций, уровней управления и режимов функционирования ТП РСЧС.

Система информационно-аналитической поддержки центров мониторинга и прогнозирования ЧС ЭСПЛА-М, используемая для раннего предупреждения ЧС, оперативного предоставления детализированной информации об обстановке, опасных ситуациях с оценкой масштаба их возможных последствий, а также формирования консолидированных информационных ресурсов. Программный комплекс предназначен для оперативного мониторинга безопасности территорий с целью раннего обнаружения угроз ЧС и применяется в Территориальном центре мониторинга и прогнозирования ЧС Красноярского края и единых дежурно-диспетчерских службах. Программный комплекс позволяет автоматизировать сбор и обработку данных ведомственных систем мониторинга, а также данных инструментальных измерений, поступающих от приборов автоматического контроля. Реализованы функции оперативного анализа данных по разным видам обстановок – метеорологической, сейсмической, гидрологической, радиационной,

дорожной, обстановки на объектах ЖКХ и др. Обеспечивается визуализация результатов анализа в виде таблиц и кросс-таблиц с возможностью выполнения аналитических операций агрегирования данных, выполнения сводов, фильтрации и других операций, а также представление результатов в виде разных диаграмм и тематических картограмм. Реализованы функции раннего обнаружения угроз на основе заданных критериев и индикация по принципу «семафора».

Система информационной поддержки принятия решений по экстренному реагированию на ЧС и другие опасные ситуации природного и техногенного характера ЭСПЛА-ПРО, автоматизирующая работу оперативных дежурных смен органов управления МЧС России. В оперативном режиме система моделирует обстановку, формирует динамические карты обстановки и рекомендации по проведению спасательных работ. В повседневном режиме система проводит обработку результатов мониторинга и анализ данных средствами аналитического и картографического моделирования. Математические модели позволяют оценивать масштабы ЧС. Экспертная система имеет редактор баз знаний для корректировки моделей ситуаций. Интерфейс настраивается для конкретных задач и позволяет подключать программные модули.

Система комплексного анализа и визуализации данных мониторинга и статистической информации OLAP-GIS, предназначена оценивания территориальных рисков ЧС природного и техногенного характера. Интеграция технологий OLAP и ГИС позволяет строить аналитические модели оценивания рисков на основе каталогов событий и многолетних данных комплексного мониторинга. В качестве показателей используются данные о количестве событий, числе погибших и пострадавших, размерах материального ущерба, а измерений – время, территории, масштабы, виды событий. Справочники и классификаторы разработаны на основе нормативных документов МЧС России. Результаты анализа данных представляются в виде динамических кросс-таблиц, диаграмм и картограмм.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации исследована актуальная проблема – развитие принципов построения нового поколения информационно-аналитических систем комплексной поддержки территориального управления, внедрение которых значительно повышает эффективность мероприятий по обеспечению природно-техногенной безопасности территорий.

В диссертационной работе получены следующие основные результаты:

- Разработана системная семиотическая модель поддержки управления природно-техногенной безопасностью региона, отражающая синтаксис, семантику и прагматику формирования управленческих решений на основе систематизации информационных ресурсов и интеграции информационных технологий. Научная новизна состоит в том, что построенная модель представляет процессы управления в различных режимах функционирования посредством связывания функциональных задач с технологиями их реализации, что позволяет обосновать унифицированные требования к архитектуре и составу данных информационно-аналитических систем различной направленности. Рассмотрены решения основных задач управления через трансформацию информационных ресурсов в динамические представления через выполнения функций с помощью информационных технологий. Данный подход может использоваться при расширении перечня задач управления, появления новых технологий, видов и представлений информационных ресурсов.

- Разработана обобщённая системная архитектура информационной поддержки процессов управления природно-техногенной безопасностью территорий, позволяющая создавать мультизадачные проблемно ориентированные программные комплексы территориального управления. В отличие от известных подходов системная архитектура позволяет определить функционал синтезируемой информационно-аналитической системы на основе элементов системной модели для разных режимов функционирования и разных уровней управления

природно-техногенной безопасностью территорий, обосновать выбор программных компонентов и рациональных способов комплексного решения задач управления. Примеры проблемно-ориентированных архитектур показывают достижения синергетического эффекта повышения качества территориального управления через интеграцию функциональных модулей и информационных ресурсов.

- Предложена модель организации информационных ресурсов для поддержки процессов управления природно-техногенной безопасностью территорий, основанная на оригинальной систематизации мониторинговых данных, процессов их трансформации и представлений результатов аналитической обработки данных для всего спектра задач управления. Предложенная архитектура позволила реализовать консолидацию разнородных данных оперативного мониторинга в единое хранилище и обеспечить их совместную оперативную аналитическую обработку с использованием технологии OLAP. В отличие от организации аналогичных информационно-управляющих систем природно-техногенной безопасности предложенный подход имеет проблемно ориентированный характер, позволяет контролировать дефицит или избыточность информационных ресурсов, используемых для поддержки задач управления, реализовать разные виды консолидации и хранения данных. Модель организации информационных ресурсов является результатом многолетней систематизации автором разнородных данных, используемых в управлении природно-техногенной безопасностью. Решение частной задачи обоснования принципов информационной поддержки управления на примере паводкоопасных ситуаций в Красноярском крае изложены в кандидатской диссертации 2002 года [263].

- Разработан комплекс индикаторов опасностей и угроз природного и техногенного характера, основанных на систематизации параметров мониторинга, что позволило реализовать метод раннего обнаружения предпосылок ЧС, использовать OLAP-модели комплексной аналитической обработки для контроля состояния безопасности территории с учётом её особенностей. Впервые решена задача информационной поддержки управления автоматического выявления

предвестников опасных ситуаций и инициаторов «эффекта домино» на основе числовых и логических параметров, регистрируемых разными системами мониторинга. Публикации, обосновывающие полученные значения индикаторов опасностей и угроз природного и техногенного характера и их практическое применение, проиндексированы в базах Web Of Science и Scopus.

- Разработана «сквозная» технология ситуационного моделирования, позволяющая решать задачи предупреждения и ликвидации всех видов опасных событий природного и техногенного характера. Усовершенствован процесс информационной поддержки управления, основанный на совместном использовании расчётных методик оценки последствий опасных ситуаций различной сложности, метода динамического картографирования, экспертных систем и веб-технологий. Технология позволяет существенно расширить перечень автоматизируемых операций, выполняемых оперативными дежурными сменами муниципального и субъектового уровней при подготовке управленческих решений. Графический метод проектирования сценариев ситуаций позволяет существенно улучшить территориальные планы действий по ликвидации ЧС. Предлагаемый подход к исследованию рисков применяется для обоснования мер по снижению рисков, предупреждения циклических ЧС, повышению защищённости населения и территорий.

- Разработан метод оценивания рисков, интегрирующий технологии оперативной аналитической обработки данных OLAP и динамического картографирования, позволяющий исследовать влияние различных факторов на величину территориальных рисков. Предложены средства графической визуализации факторов опасности, уязвимости и защищённости территорий, позволяющие исследовать количественные значения рисков на основе данных мониторинга. Результаты оценки и картографирования рисков использованы при реализации проектов Сибирского отделения РАН, обосновании превентивных мероприятий, проводимых МЧС России и Министерством природных ресурсов Красноярского края.

Общая схема работы показана на Рисунке А.



Рисунок А – Общая схема работы

Полученные теоретические результаты положены в основу проектирования и реализации систем управления природно-техногенной безопасностью территорий, позволяющих по-новому решить задачи информационной поддержки управления и получить новые знания об исследуемых процессах. В отличие от аналогов системы позволяют накапливать информационные ресурсы комплексного мониторинга для дальнейшего использования их в процессах информационной поддержки управления, включающих аналитическое и ситуационное моделирование. Помимо этого, все результаты могут использоваться в образовательном процессе – от реализации научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ до проведения учений и тренировок оперативного состава органов управления.

Задачи диссертационного исследования, поставленные во введении, решены, цель работы достигнута. Внедрение результатов работы позволило повысить эффективность управления мероприятиями обеспечения природно-техногенной безопасности в регионах Сибири.

Перспективы дальнейших исследований:

- Обобщённая системная архитектура может служить основой проектирования мультизадачных интеллектуальных систем с применением новых информационных технологий.

- С использованием модели организации информационных ресурсов целесообразно формирование единого пространства управления безопасностью и развитием территорий страны. Ядром такого пространства могут быть информационные ресурсы, в том числе аналитические и ситуационные модели, сформированные в ходе многолетней эксплуатации систем.

- Метод раннего обнаружения опасностей и угроз востребован при построении автоматизированных систем управления безопасностью промышленных объектов, интегрированных платформ «Безопасный город», «Умный город», цифровой двойников региона.

- Метод формирования сценариев событий путём реконструкции опыта реагирования на ЧС или создания экспертами возможных вариантов ситуаций позволяет сформировать федеральную базу знаний с оперативным доступом ЛПР всех уровней управления. Своевременная осведомлённость позволит избежать ошибок управления в редких и масштабных ситуациях, требующих многоэтапных действий большого количества сил и средств.

- Управление рисками ЧС территорий, основанное на интеллектуальном анализе постоянно растущих объёмов данных мониторинга, даёт возможность достичь уровня безопасности развитых стран.

Полноценное использование разработанных ресурсов и технологий информационно-аналитических систем потребует системного изменения функций РСЧС и территориального управления в целом, повысит качество управления природно-техногенной безопасностью в условиях глобальных вызовов нового времени за счёт цифровизации процессов территориального управления.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдикеев Н.М. Автоматизированные информационные системы в производстве, маркетинге и финансах: уч. пособ. – М.: КОС-ИНФ, Рос. экон. акад., 2003. – 183 с.
2. Абдикеев Н.М. Интеллектуальные информационные системы: учебное пособие. – М.: КОС-ИНФ, Рос. экон. акад., 2003. – 188 с.
3. Абхас К. Джха, Робин Блок, Джессика Ламонд. Города и затопление. Руководство по комплексному управлению рисками, связанными с наводнениями в городской среде, для XXI века. – Вашингтон: Всемирный банк, 2012. – 64 с.
4. Автоматизированная система мониторинга опасных явлений на примере Краснодарского края. <https://meco.rk.gov.ru/file/Шержуков.pdf>
5. Акимов В.А. Общая теория безопасности жизнедеятельности в современной картине мира – М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2018. – 136 с.
6. Акимов В.А., Епихин А.В. и др. Наземно-космический мониторинг чрезвычайных ситуаций. – М.: ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2016. – 128 с.
7. Акимов В.А., Афлятунов Т.И., Аюбов Э.Н. и др. Информационно-коммуникационные технологии обеспечения безопасности жизнедеятельности. – М.: ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2009.
8. Акимов В.А., Быков А.А. Введение в статистику экстремальных значений и её приложения. – М.: ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2009. – 524 с.
9. Акимов В.А., Дурнев Р.А. и др. Опасные гидрометеорологические явления на территории России. – М.: ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2009. – 316 с.
10. Акимов В.А., Дурнев Р.А. и др. Защита населения и территорий России в условиях изменения климата. – М.: ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2016. – 388 с.
11. Акимов В.А., Пучков В.А. и др. Надёжность технических систем и техногенный риск. – М.: ЗАО ФИД «Деловой экспресс», 2002. – 368 с.
12. Акимов В.А., Лесных В.В., Радаев Н.Н. Риски в природе, техносфере, обществе и экономике. МЧС России. – М.: Деловой экспресс, 2004. – 352 с.

13. Акимов В.А., Соколов Ю.И. и др. Глобальные и национальные приоритеты снижения риска бедствий и катастроф. – М.: ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2016. – 396 с.
14. Акимов В.А., Соколов Ю.И. Риски при обращении с отходами производства и потребления/ МЧС России. – М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2014. – 372 с.
15. Акимова Т.А. Основы экономики устойчивого развития: Уч. пособ. для вузов. – М.: Экономика, 2013. – 332 с.
16. Аковецкий В.Г., Парамонов А.Г. Топогеодезическое обеспечение месторождений нефти и газа: Уч. пособ. Кн.1: Методические основы. – М.: МАКС Пресс, 2006. – 472 с.
17. Аковецкий В.Г., Парамонов А.Г. Топогеодезическое обеспечение месторождений нефти и газа: Уч. пособ. Кн.2: Технологические основы. – М.: МАКС Пресс, 2006. – 404 с.
18. Актуальные вопросы предупреждения чрезвычайных ситуаций. – М.: ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2010. – 352 с.
19. Алексеев С.П. Причины задержек прибытия дополнительных сил и средств к месту ликвидации чрезвычайной ситуации // Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности». – Выпуск № 1 (53), 2014. – С. 1-4.
20. Алымов В.Т., Тарасова Н.П. Техногенный риск: анализ и оценка. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2005. – 118 с.
21. Андрейчиков В.В., Андрейчикова О.Н. Интеллектуальные информационные системы. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 256 с.
22. Антонов А.В. Системный анализ. – М.: Высшая школа, 2004. – 454 с.
23. Аншукова М.В. Современные информационные технологии безопасности и анализа риска // Мониторинг. Наука и безопасность. 2013 – №4(12). – С. 80-91.
24. Анфилатов В.С., Кукушкин А.А. Системный анализ в управлении: Уч. пособ. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 368 с.
25. Арутюнян Р.В., Беликов В.В. и др. Компьютерная система «НОСТРА-ДАМУС» для поддержки принятия решений при аварийных выбросах на радиа-

ционно-опасных объектах // Известия Академии наук. Серия «Энергетика», 1995. – №4. – С.19-30.

26. Архипова Н.И., Кульба В.В. Управление в чрезвычайных ситуациях. Уч. пособ. – М.: РГГУ, 2008. – 474 с.

27. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков ЧС: науч. изд. – М.: Феория: Объединённая редакция МЧС, 2011. – 652 с.

28. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации / Под общей редакцией С.К. Шойгу. – М.: ИПЦ «Дизайн. Информация. Картография», 2006. – 272 с.

29. Атлас риска пожаров на территории Российской Федерации: научное издание/ МЧС России. – М.: Феория: Объединённая редакция МЧС, 2011. – 720 с.

30. Ахметханов Р.С., Дубинин Е.Ф., Куксова В.И. Применение нечётких множеств при оценке и управлении рисками // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций, 2015. – №4. – С. 56-72.

31. Бабинцев И.В., Некрасов И.В., Ничепорчук В.В. Концепция формирования паспортов безопасности территорий с использованием современных информационных технологий // Научно-аналитический журнал «Сибирский пожарно-спасательный вестник», 2018. – №3.– С. 17-22.

32. Бадмаева К.В., Пенькова Т.Г., Ничепорчук В.В. Проектирование специализированного хранилища данных для мониторинга ЧС // Вестник Сибирского гос. аэрокосмического ун-та, 2011. – № 5 (38). – С. 14-18.

33. Бас В.И., Ничепорчук В.В., Саулова Т.А. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Оценка сейсмической безопасности производственных объектов. Уч. пособ. – Красноярск: СибГТУ, 2006. – 80 с.

34. Батурин В.А., Батурина Е.Ю., Бычков И.В., Гаченко А.С., Ружников Г.М. и др. Моделирование и оценка состояния медико-эколого-экономических систем / – Новосибирск, 2005. – 249 с.

35. Батырев В.В., Качанов С.А. Технологии создания структурированных систем мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений. – М.: ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2011. – 270 с.

36. Башкин В.Н. Экологические риски: расчёт, управление, страхование: Учеб. пособие. – М. Высш. шк., 2007. – 360 с.
37. Башмаков А.И., Башмаков И.А. Интеллектуальные информационные технологии. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 304 с.
38. Бегг К., Коннолли Т. Базы данных. Проектирование, реализация и сопровождение. Теория и практика. 3-е изд. – М.: Вильямс, 2003.– 1436 с.
39. Бедрицкий А.И., Коршунов А.А., Шаймарданов М.З. Базы данных об опасных гидрометеорологических явлениях на территории России и результаты их анализа // Метеорология и гидрология, 2009. – № 11. – С. 5-14.
40. Бедрицкий А.И., Коршунов А.А., Хандожко Л.А. и др. Климатическая система и обеспечение гидрометеорологической безопасности жизнедеятельности России // Метеорология и гидрология, 2004. – № 4. – С. 120-129.
41. Бедрицкий А.И., Коршунов А.А., Хандожко Л.А., Шаймарданов М.З. Основы оптимальной адаптации экономики России к опасным проявлениям погоды и климата // Метеорология и гидрология, 2009. – № 4. – С. 5-14.
42. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Анализ риска и проблем безопасности. – М.: МГОФ «Знание», 2006. – 752 с.
43. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Научные основы техногенной безопасности. – М.: МГОФ «Знание», 2015. – 936 с.
44. Безопасность России. Человеческий фактор в проблемах безопасности. – М.: МГФ "Знание", 2008. – 688 с.
45. Бек У. Общество риска: на пути к другому модерну. – М.: Прогресс-Традиция, 2000. – 383 с.
46. Белов П.Г. Системный анализ и моделирование опасных процессов в техносфере: Уч. пособ. для вузов. – М.: Академия, 2003. – 512 с.
47. Белов С.В., Симакова Н.Е. Ноксология: учебник для бакалавров. – М.: Юрайт, 2013. – 429 с.

48. Белолипецкий В.М., Шокин Ю.И. Математическое моделирование в задачах охраны окружающей среды. – Новосибирск: Изд. «ИНФОЛИО-пресс», 1997. – 240 с.
49. Белоусов Р.Л. Технология определения техногенной опасности муниципального образования / Автореф. дисс. канд. тех. наук. – Химки, 2012. – 30 с.
50. Беляков С.Л., Белякова М.Л., Самойлов Д.С. Геоинформационный сервис ситуационного центра // Информационные технологии, 2011. – №8. – с. 29-32.
51. Беляков С.Л. и др. Интеллектуализация ГИС и картографический анализ // Известия ЮФУ. Технические науки, 2009. – №3– С. 222-227.
52. Бергер А.Б, Горбач И.В. и др. MS SQL Server 2005 Analysis services/ OLAP и многомерный анализ данных. – СПб.: БХВ-Петербург, 2007. – 928 с.
53. Берлянт А.М. Картография: Учебник для студентов вузов, обучающихся по геогр. и эколог. специальностям. – М.: Аспект Пресс, 2001.– 336 с.
54. Берлянт А.М., Востокова А.В, Кравцова В.И. Картоведение: Учебник для вузов. – М.: Аспект Пресс. – 2003. – 477 с.
55. Беляков С.Л. и др. Интеллектуализация ГИС и картографический анализ // Известия ЮФУ. Технические науки, 2009. – 3(92). – С. 222-227.
56. Берман А.Ф., Николайчук О.А. и др.. Информационная система для проведения экспертизы промышленной безопасности / Безопасность и мониторинг техногенных и природных систем / VI Всеросс. конф. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2018. – С. 23-27.
57. Бехтерев С. Майнд-менеджмент» Решение бизнес-задач с помощью интеллект-карт. – М.: Альпина Паблишерз, 2009. – 308 с.
58. Бондур В. Г., Крапивин В. Ф., Савиных В. П. Мониторинг и прогнозирование природных катастроф. – М.: Научный мир, 2009. – 692 с.
59. Боровская Е.В. Давыдова Н.А. Основы искусственного интеллекта: уч. пособ. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. – 127 с.
60. Бринк Х. и др. Машинное обучение. – СПб.: Питер, 2017. – 336 с.
61. Брукс Ф. П. Проектирование процесса проектирования. – М: «Вильямс», 2014. – 464 с.

62. Бураков Д.А., Воронов С.П., Николаев В.А., Ничепорчук В.В., Эглит В.Э. Применение информационных технологий для принятия решений по предупреждению и ликвидации ЧС, вызванных паводками и наводнениями в Красноярском крае // Вестник НИИ СУВПТ, 2001. Вып.7. – С.94-99.

63. Бурцев А.А., Ничепорчук В.В., Симонов К.В. Оценка рисков аварийных ситуаций на гидроэлектростанциях Красноярского края // Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies, 2008. V. 1. – № 2. – Pp. 207-218.

64. Буч Г., Колланен Дж., Хьюстон К. и др. Объектно-ориентированный анализ с примерами приложений. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2008. – 720 с.

65. Буч Г. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами на C++. – М.: «Издательство Бином», 1999. – 560 с.

66. Буч Г., Рамбо Д., Джекобсон А. Язык UML. Руководство пользователя. – М.: ДМК Пресс, 2001. – 432 с.

67. Бычков И.В., Владимиров Д.Я., Опарин В.Н., Потапов В.П., Шокин Ю.И. Горная информатика и проблема "Больших данных" в построении комплексных мониторинговых систем безопасности недропользования // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых, 2016. – № 6. – С. 163-179.

68. Бычков И.В., Ружников Г.М., Хмельнов А.Е., Гаченко А.С. и др. Интеграция информационно-аналитических ресурсов и обработка пространственных данных в задачах управления территориальным развитием. ИДСТУ СО РАН. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2011. – 369 с.

69. Бычков И.В., Ружников Г.М. и др. Инфраструктурный подход к обработке пространственных данных в задачах управления территориальным развитием // Вычислительные технологии, 2018. – Т. 23. № 4. – С. 15-31.

70. Бьюзен Т. Супермышление. – М.: ООО «Попурри», 2003. – 304 с.

71. Вабищевич П.Н. Численные методы. Вычислительный практикум – М.: ЛЕНАРД, 2016 – 320 с.

72. Вагин В.Н. Дедукция и обобщение в системах принятия решений. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. –334 с.

73. Васильев С.А., Доррер Г.А., Амельчугов С.П. Информационно-аналитическая система управления пожарной безопасностью теплоэнергетического предприятия // Проблемы управления рисками в техносфере. – № 4 (8), 2008 – С. 43-49.

74. Васильев С.Н., Воропай Н.И., Данилов-Данильян В.И. и др. Управление развитием крупномасштабных систем. – М.: Изд-во физ.-мат. лит-ры, 2012. – 496 с.

75. Васильев Ю.П., Доррер Г.А., Ничепорчук В.В. Картографическое моделирование природно-техногенного риска на территории Красноярского края. //Сборник регион. научно-практ. конф. «Лесной и химический комплексы – проблемы и решения». – Красноярск: СибГТУ, 2006. Т.2. – С. 294-303.

76. Вендров А.М. CASE-технологии. Современные методы и средства проектирования информационных систем // Центр информационных технологий. URL: <http://citforum.ru/database/case/> (дата обращения 23.04.20).

77. Верескун А.В., Зиновьев С.В., Олтян И.Ю., Барышев Е.М., Балер М.А. и др. Комплексное исследование влияния рисков природных и техногенных ЧС на безопасность жизнедеятельности населения Республики Крым и г. Севастополя. – М.: ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2015. – 208 с.

78. Виноградов Ю.Б., Виноградова Т.А. Современные проблемы гидрологии: Уч. пособ. для студ. вузов. – М.: Изд. центр «Академия», 2008. – 320 с.

79. Вишняков Я.Д., Радаев Н.Н. Общая теория рисков: Учеб. пособ. для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Изд. центр «Академия», 2008. – 368 с.

80. Владимиров В.А., Измалков В.И. и др. Оценка риска и управление техногенной безопасностью. – М.: Деловой экспресс, 2002. – 184 с.

81. Владимиров В.А., Воробьев Ю.Л., Салов С.С., Фалеев М.И., Кульба В.В., Малинецкий Г.Г., Махутов Н.А. Управление риском: риск, устойчивое развитие, синергетика. – М.: Наука, 2000. – 431 с.

82. Владимиров В.М., Борисевич А.Н., Иванов В.В. и др. Дистанционное зондирование Земли: Уч. пособ. – Красноярск: СФУ. –196 с.

83. Волкова В.Н., Денисов А.А. Теория систем: Учебник для студентов вузов. – М.: Высшая школа, 2006. – 511 с.
84. Волкова В.Н. Искусство формализации: От математики – к теории систем, и от теории систем – к математике. СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2004. – 200 с.
85. Волокитина А.В., Корец М.А., Софронова Т.М. Управление действующими лесными пожарами. – Красноярск: ИЛ СО РАН, 2012. – 78 с.
86. Волокитина А.В., Софронов М.А., Корец М.А. Ретроспективная проверка программы прогноза поведения лесных пожаров/ Мониторинг и моделирование опасных природных явлений и ЧС. / Сборник матер. Всеросс. конф. – Железногорск:, СибПСА ГПС МЧС России, 2019. – С. 34-40.
87. Волокитина А.В., Софронов М.А. Классификация и картографирование растительных горючих материалов. – Новосибирск: СО РАН, 2002. – 314 с.
88. Воробьев Ю.Л. Основы формирования и реализации государственной политики в области снижения рисков ЧС. – М.: «Деловой экспресс», 2000. – 248 с.
89. Воробьев Ю.Л., Акимов В.А. и др. Катастрофические наводнения начала XXI века: уроки и выводы. – М.: ООО «ДЭКС-ПРЕСС», 2003. – 352 с.
90. Воробьев Ю.Л., Акимов В.А., Соколов Ю.И. Комплексная безопасность человека: Уч. пособ.; – М.: ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2011. – 360 с.
91. Воробьев Ю.Л., Акимов В.А., Соколов Ю.И. Системные аварии и катастрофы в техносфере России. – М.: ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2012. – 308 с.
92. Воронов С.И. и др. Защита населения и территорий от ЧС / Под общ. ред. М.И. Фалеева. – Калуга: ГУП «Облиздат», 2001. – 504 с.
93. Воронов С.П., Николаев В.А., Ничепорчук В.В. Эглит В.Э. Направления совершенствования системы мониторинга и прогнозирования ЧС в Красноярском крае // Вестник НИИ СУВПТ, 2001. Вып.7. – С.87-93.
94. Вороной С.М., Дарменко А.Ф., Коряжин С.П. и др. Справочник спасателя: Спасательные работы при ликвидации последствий землетрясений, взрывов, бурь, смерчей и тайфунов. – М.: ВНИИ ГОЧС, 1995. – 195 с.

95. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Г. Базы знаний интеллектуальных систем. – СПб.: Питер, 2000. – 360 с.
96. Гагарина Л.Г. и др. Разработка и эксплуатация автоматизированных инф. систем: Уч. пособ. – М.: ИД «Форум»; ИНФРА-М, 2007. – 384 с.
97. Гайдес М.А., Общая теория систем (системы и системный анализ). – Винница: Глобус-пресс, 2005. – 201 с.
98. Гайкович А.И. Основы теории проектирования сложных технических систем. – СПб: МОАИНТЕХ, 2001. – 432 с.
99. Гайсарян С.С. Объектно-ориентированные технологии проектирования прикладных программных систем // Центр информационных технологий. URL: [http://citforum.ru/programming/oop\\_rsis/](http://citforum.ru/programming/oop_rsis/) (дата обращения 23.04.20).
100. Геловани В.А., Башлыков А.А. и др.. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений в нештатных ситуациях с использованием информации о состоянии природной среды. М.: Эдиториал УРСС, 2001. – 304 с.
101. Гинко С.С. Катастрофы на берегах рек. – Л.: Гидрометеиздат, 1977 – 128 с.
102. Гиенко А.Я., Гиенко Г.А. Дистанционные географо-экологические исследования Ангаро-Енисейского бассейна (в связи с гидроэнергопромышленным освоением региона). – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010. – 137 с.
103. Гражданская защита: Энциклопедический словарь. под общей ред. В.А. Пучкова – М.: ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2015. – 664 с.
104. Грас Джоел. DataScience. Наука о данных с нуля. – СПб.: БХВ-Петербург, 2017. – 336 с.
105. Грекул В.И., Денищенко Г.Н., Коровина Н.Л. Проектирование информационных систем. – М.: Интернет-Ун-т инф. технологий, 2005. – 304 с.
106. Громов Ю.Ю. и др. Интеллектуальные информационные системы и технологии: Уч. пособ. – Тамбов : Изд-во ТГТУ, 2013. – 244 с.
107. Грузенко Е.А., Морозов Р.В. Автоматизация инструментального мониторинга радиационно-химической обстановки на территории Красноярского края // Информатизация и связь, 2011. – № 3. – С. 99-104.

108. Гурвиц Джудит, Ньюджент Алан, Халпер Ферн, Кауфман Марсия. Просто о больших данных. – М.: Эксмо, 2015. – 396 с.
109. Гуськов А.В., Могилевский К.Е. Надёжность технических систем и техногенный риск. – Новосибирск: НГТУ, 2007. – 426 с.
110. Данные о дорожно-транспортных происшествиях. URL: безопасныедороги.рф/places. (дата обращения 25.04.20).
111. Джексон П. Введение в экспертные системы. – М.: Вильямс, 2001. – 624 с.
112. Доррер Г.А. Основы теории управления: Уч. пос. для студентов направлений 552800 и 654600. – Красноярск: СибГТУ, 2003. – 228 с.
113. Доррер Г.А. Ничепорчук В.В. Распределенные системы экологического мониторинга: учебное пособие. – Красноярск: СибГТУ, 2010. – 232 с.
114. Дюк В. И др. Data mining: учебн. курс. – СПб: Питер, 2001. – 368 с.
115. Евсюков А.А., Марков А.А., Морозов Р.В., Ничепорчук В.В., Ноженкова Л.Ф. и др. Интеграция технологий в системах поддержки принятия решений в условиях ЧС / Безопасность и живучесть технических систем: Труды II Всеросс. конф. – Красноярск, ИВМ СО РАН, 2007. С. 44-48.
116. Евсюков А.А., Кустов А.Н., Ничепорчук В.В. Перспективы использования ГИС в органах управления МЧС России // Безопасность и живучесть технич. систем: Труды III Всеросс. конф.. – Красноярск, ИВМ СО РАН, 2009. – С. 137-141.
117. Евсюков А.А., Марков А.А., Морозов Р.В., Ничепорчук В.В., Ноженкова Л.Ф. Программный комплекс ЭСПЛА-ПРО // Труды Двенадцатой национальной конференции по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2010 – . Т. 4. – М.: Физматлит, 2010. – С. 20-27.
118. Евсюков А.А., Морозов Р.В., Ничепорчук В.В. Метод картографического анализа зон затопления территории // VI Всесибирский конгресс женщин-математиков. – Красноярск: РИЦ СибГТУ, 2010. – С. 123-127.

119. Евсюков А.А., Ничепорчук В.В. Особенности проектирования информационной системы для управления ликвидацией ЧС / Материалы VI Всеросс. конф. ТИПВСИТ-2005. – Улан-Удэ, Изд. ВСГТУ, 2005. – С. 236-241.

120. Евсюков А.А., Ничепорчук В.В. Методы информационной поддержки в период паводковых ЧС в Красноярском крае / Проблемы информатизации региона. ПИР-2005. Материалы Всеросс. научно-практ. конф. – Красноярск: ИТПЦ КГТУ, 2005. Т.1. – С. 121-125.

121. Евсюков А.А., Ничепорчук В.В. Проектирование и реализация информационной системы поддержки управления в техногенных ЧС / Современные методы мат. моделирования природных и антропогенных катастроф. Материалы VIII Всеросс. конф. – Кемерово, 2005. – С. 50-59.

122. Евсюков А.А., Ничепорчук В.В., Марков А.А. Использование средств оперативного геомоделирования для мониторинга ЧС на территории Сибирского федерального округа. ГЕО-Сибирь-2010. Т. 1. Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия. Ч. 3: сб. матер IV Междунар. конгресса «ГЕО-Сибирь-2010». – Новосибирск : СГГА, 2010. – С. 132-137.

123. Евсюков А.А., Ничепорчук В.В., Марков А.А. Использование технологий оперативной аналитической обработки данных для мониторинга ЧС // IX Всеросс. конф. по теоретич. основам проектирования и разработки распределенных инф. систем (ПРИС-2011) – Красноярск: ООО «Формат», 2011. – С. 157-163.

124. Егоров А.Ф., Савицкая Т.В. Управление безопасностью химических производств на основе новых инф. технологий. – М.: Химия, 2004. – 416 с.

125. Единая государственная система информации об обстановке в Мировом океане (ЕСИМО). Электронный ресурс. <http://portal.esimo.ru/portal/portal/esimo-user/services/hydro>. (дата обращения 23.04.20).

126. Елманова Н., Федоров А. Введение в OLAP. Часть 2. Хранилища данных – КомпьютерПресс, 2001, №5

127. Емельянов С.В., Коровин С.К. Новые типы обратной связи. Управление при неопределенности. – М.: Наука, 1997. – 352 с.

128. Емельянов С.Г. и др. Обработка цифровых аэрокосмических изображений для геоинформационных систем. – Старый Оскол: Тонкие наукоёмные технологии, 2012. – 176 с.

129. Енисейское бассейновое водохозяйственное управление. [Электронный ресурс]. URL: enbvui.ru (дата обращения 25.04.20)

130. Жилин Д.М. Теория систем: опыт построения курса. – М.: Едиториал УРСС, 2004. – 184 с.

131. Жирков П.А., Иванов А. В., Раевская М.Г. О правовом регулировании функционирования и развития информационно-технологической основы межведомственного информационного взаимодействия // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций, 2017. – №6. – С. 14-25.

132. Жуков В.И. и др. Защита и безопасность в чрезвычайных ситуациях: учеб. пособие. – М.: ИНФРА-М; Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2013. – 392 с.

133. Жучков Д.В. Информационная модель унифицированного справочника // Информатизация и связь, 2016. – № 3. – С. 199-203.

134. Жучков Д.В. Программное обеспечение хранилищ данных для формирования информационных ресурсов в региональном здравоохранении // Дисс. канд. тех. наук. – Красноярск: СФУ, 2004. – 143 с.

135. Замай С.С., Якубайлик О.Э. Программное обеспечение и технологии геоинформационных систем: Учеб. пособие. Красноярск: КГТУ, 1998. – 110 с.

136. Замятина О. М. Моделирование систем: Уч. пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2009. – 204 с.

137. Зацаринный А.А., Малинецкий Г.Г., Райков А.Н. и др. Прорывное ситуационное управление // Проблемы управления, 2018. – № 5. – С. 31-38.

138. Зацаринный А.А., Малинецкий Г.Г. и др. Система распределенных ситуационных центров развития. В книге: Управление развитием крупномасштабных систем MLSD'2017 /Материалы Десятой междунар. конф.: в 2-х томах. Институт проблем управления им. В.А.Трапезникова; Российская академия наук; Под общей редакцией А.Д. Цвиркуна, 2017. – С. 70-73.

139. Зацаринный А.А., Малинецкий Г.Г. и др. Сборка субъектов и объектов в рефлексивно-активной среде ситуационных центров развития. В сб.: XIII Всероссийское совещание по проблемам управления, 2019. – С. 1525-1530.
140. Зацаринный А.А., Сучков А.П. Некоторые подходы к ситуационному анализу потоков событий // Открытое образование. – №1, 2012. – С. 36-46.
141. Зейлер Майкл. Моделирование нашего мира: Руководство ESRI по проектированию базы геоданных. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 254 с.
142. Ильин Н.И., Демидов Н.Н., Попович П.Н. Развитие систем специального информационного обеспечения систем государственного управления. Федеральная служба охраны. – М.: МедиаПресс, 2009. – 288 с.
143. Интеллект-карты. Тренинг эффективного мышления. [Электронный ресурс]. URL: [mind-map.ru](http://mind-map.ru). (дата обращения 23.04.20)
144. Информационно-коммуникационные технологии обеспечения безопасности жизнедеятельности: монография / под общ. ред. П.А. Попова, МЧС России. – М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2006. – 272 с.
145. Информационная система дистанционного мониторинга (ИСДМ) Рослесхоз. [Электронный ресурс]. URL: [nffc.aviales.ru](http://nffc.aviales.ru). (дата обращения 23.04.20)
146. Информационная система РосРеестра. [Электронный ресурс]. URL: [rosreestr.ru](http://rosreestr.ru). (дата обращения 25.04.20)
147. Информационно-аналитическая система в области ликвидации последствий ДТП. [Электронный ресурс]. URL: [abdtp.ru](http://abdtp.ru). (дата обращения 24.04.20)
148. Информационные технологии управления: учеб. пособ. для вузов. / Под ред. проф. Г.А. Титоренко. – М.: Юнити-ДАНА, 2003. – 439 с.
149. Исаев С.В., Карев В.Ю., Ничепорчук В.В., Ноженкова Л.Ф., Соболева А.В., Шатровская Е.В. Применение ГИС-технологий для анализа паводковых ситуаций в Красноярском крае / ГИС для оптимизации природопользования в целях устойчивого развития территорий: Матер. Межд. конф. Интеркарто-98. – Барнаул: Изд-во Алтайского госуниверситета, 1998. – С. 533-538.

150. Исаев С.В., Морозов Р.В., Ничепорчук В.В. Методы построения систем поддержки принятия решений в ЧС. Интеллектуальные системы / Труды Седьмого междунар. симпозиума. – М.: РУСАКИ, 2006. – С. 321-325.

151. Исаев С.В., Морозов Р.В., Ничепорчук В.В. Экспертная геоинформационная система поддержки принятия решений при паводковых ЧС // Труды Международных научно-технических конференций "Интеллектуальные системы" (AIS'07) и "Интеллектуальные САПР" (CAD-2007). Научное издание в 4-х томах. – М.: Физматлит, 2007, Т.2. – С.55-60.

152. Ишенин П.П. Инструментальные средства построения комплексов моделей и аналитических приложений в OLAP-технологии// Дисс. канд. тех. наук. – Красноярск: СФУ, 2005. – 128 с.

153. Казиев В.М. Введение в анализ, синтез и моделирование систем: Уч. пособ. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 244 с.

154. Калянов Г.Н. CASE структурный системный анализ (автоматизация и применение) – М.: «ЛОРИ», 1996. – 242 с.

155. Кальнер В.Д., Полозов В.А. Экологический императив выживания. Книга 1. – М.: Калвис, 2012. – 325 с.

156. Камаев В.А., Костерин В.В. Технологии программирования: Учебник. – М.: Высш. шк., 2005. – 359 с.

157. Касти Дж. Большие системы: Связность, сложности и катастрофы. – М.: Мир, 1982. – 216 с.

158. Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. Синергетика и прогнозы будущего. – М.: URSS, 2003. – 288 с.

159. Капралов Е.Г., Кошкарев А.В., Тикунов В.С. Геоинформатика: Учеб. для вузов. – М.: Изд. центр «Академия», 2005. – 480 с.

160. Когаловский М.Р. Энциклопедия технологий баз данных – М.: Финансы и статистика, 2002. – 800 с.

161. Кирбабина О.И., Ничепорчук В.В. и др. Информационная поддержка управления экологической безопасностью территорий Сибири / Проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. – 2010. – №5. – С. 91-102.

162. Коновалова Н.В., Капралов Е.Г. Введение в ГИС: Уч. пособ. – М.: ООО «Библион», 1997. – 160 с.
163. Конторович А.Э. Нефть и газ российской Арктики: освоение в XX веке, ресурсы, стратегия на XXI век // Наука из первых рук, 2015. – №1(61). – С. 46-65.
164. Концепция создания и развития инфраструктуры пространственных данных Российской Федерации. URL: <http://www.gisa.ru/file/file780.doc>.
165. Кориков А.М. и др. Теория систем и системный анализ: учеб. пос. – Томск: Томский гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2008. – 264 с.
166. Корнеев В.В., Гареев В.Ф., Васютин С.В., Райх В. Базы данных. Интеллектуальная обработка данных. М.: Нолидж, 2000. – 352 с.
167. Коробко А.А., Ничепорчук В.В., Ноженков А.И. Динамическое формирование интерфейса ВЕБ-системы сбора данных мониторинга чрезвычайных ситуаций // Информатизация и связь. – 2014, №3. – С. 59-64.
168. Коробко А.В., Пенькова Т.Г., Ничепорчук В.В. Оперативный аналитический контроль состояния объектов техносферы и окружающей среды Красноярского края на основе мониторинговых данных // Мониторинг. Наука и безопасность. – 2013, №3 (11). – С. 66-83.
169. Коробко А.В., Пенькова Т.Г., Ничепорчук В.В. Оценивание состояния объектов защиты и источников ЧС на основе аналитических индикаторов // Образовательные ресурсы и технологии. – №1(4). – 2014. – С. 338-345.
170. Королев Ю.К. Общая геоинформатика. Ч. 1 Теоретическая геоинформатика. – Вып. 1. – М.: СП «Дата+», 1998. – 118 с.
171. Косяков А., Свит У. и др. Системная инженерия. Принципы и практика. – М.: ДМК Пресс, 2014. – 624 с.
172. Косяченко С.А., Кульба В.В. и др. Модели и методы автоматизации управления в условиях ЧС. // Автоматика и телемеханика, 1998.– №9. С. 3-66.
173. Кошкарёв А.В., Тикунов В.С. Геоинформатика. – М.: Картгеоцентр-Geoиздат, 1993. – 213 с.

174. Кошкарев А.В. Проблемы становления российских ИПД // ИнтерКарто/ИнтерГИС-2014: Устойчивое развитие территорий: геоинформационное обеспечение. Материалы Междунар. конф., Белгород, Харьков (Украина), Кигали (Руанда) и Найроби (Кения), 2014. – С. 137–151.

175. Крааг М.-Я., Ормелинг Ф. Картография: визуализация пространственных данных / Под ред. В.С. Тикунова. – М.: Научный мир, 2005. – 325 с.

176. Кравченко Ю.А. Основы формальной картографии: монография. – М.: НИФРА-М, 2018. – 155 с.

177. Красноярское краевое управление автомобильных дорог. [Электронный ресурс]. URL: [krudor.ru](http://krudor.ru) (дата обращения 27.12.20).

178. Красноярский лесопожарный центр. [Электронный ресурс]. URL: [rsentr.ru](http://rsentr.ru) (дата обращения 25.04.20).

179. Кривоножко В.Е., Лычев А.В. Моделирование и анализ деятельности сложных систем. – М.: ЛЕНАНД, 2013. – 256 с.

180. Кулагин О.А. Принятие решений в организациях. – СПб.: Сентябрь, 2001. – 148 с.

181. Кудж С.А. Научно-методические и технологические основы единого информационного пространства межведомственной деятельности. – Автореф. дисс. д-ра тех. наук. – СПб., 2011. – 45 с.

182. Кудрин А.Ю., Гутарев С.В., Куренева Н.И., Коровин А.И. Рекомендации по картографическому обеспечению МЧС России: Утв. заместителем Министра МЧС России А. П. Чуприяном 16.01.2008 года.

183. Куренева Н.И., Коровин А.И., Гутарев С.В. Формирование картографического обеспечения МЧС России в условиях модернизации отрасли геодезии и картографии Российской Федерации // Технологии гражданской безопасности, Т. 7, 2010. – №1-2(23-24). – С. 132-134.

184. Курличенко И.В., Близнюк М.С. и др. Перспективы планирования и ведения мероприятий гражданской обороны // Интернет-журнал «Технологии технологической безопасности». – Выпуск № 6 (58), 2014. – С. 1-6.

185. Лапшин В. А. Онтологии в компьютерных системах. – М.: Научный мир, 2010. – 224 с.
186. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений. – М.: Логос, 2000. – 296 с.
187. Ларичев О.И., Мошкович Е.М. Качественные методы принятия решений. – М.: Наука, 1996. – 208 с.
188. Лебедева О.А. Картографические проекции: Метод. пособ. – Новосибирск: Учебно-методический центр по ГИС и ДЗ, 2000. – 35 с.
189. Левкевич В.Е., Шапарев Н.Я. и др. Устойчивое развитие и природно-техногенная безопасность (Беларусь и Сибирь); отв. ред. В.Ф. Шабанов. – Красноярск: Изд-во КГПУ им. В.П. Астафьева, 2010. – 322 с.
190. Левкевич В.Е., Лепихин А.М., Москвичёв В.В., Никитенко В.Г., Ничепорчук В.В., Шапарев Н.Я., Шокин Ю.И. Безопасность и риски устойчивого развития территорий. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2014. – 224 с.
191. Лепихин А.М., Махутов Н.А., Москвичёв В.В. и др. Вероятностный риск-анализ технических систем. – Новосибирск: Наука, 2003 – 174 с.
192. Лепихин А.М., Москвичев В.В., Ничепорчук В.В. и др. Оценка и районирование риска чрезвычайных ситуаций для территории Красноярского края // Проблемы безопасности и ЧС, 2007, – №5. – С. 124-133.
193. Лепихин А. М., Москвичев В.В., Ничепорчук В.В. и др. Картографирование рисков территорий с использованием статистического анализа и методов мат. моделирования //Безопасность и живучесть технических систем: Труды II Всеросс. конф. – Красноярск, ИВМ СО РАН, 2007. – С. 63-67.
194. Лепихин А.М., Москвичев В.В., Ничепорчук В.В. и др. Концепция оценки экологического риска на примере Красноярского края // Проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. – 2010. – №1. – С. 31-42.
195. Лепихин А.М., Москвичев В.В., Чернякова Н.А., Ничепорчук В.В. Оценка антропогенных рисков нефтегазодобывающих территорий Сибири // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. –№5, 2013. – С. 42-52.

196. Ли Перри. Архитектура интернета вещей. – М.: ДМК Пресс, 2019. – 454 с.
197. Липаев В.В. Системное проектирование сложных программных средств для информационных систем – М.: СИНТЕГ, 2002. – 268 с.
198. Логинов В.Н. Информационные технологии управления: уч. пособ. – М.: КРОНУС, 2015. – 240 с.
199. Лупян Е.А. и др. Центр коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных ИКИ РАН для решения задач изучения и мониторинга окружающей среды // Современные проблемы дист. зондирования Земли из космоса, 2015. – Т. 12, № 5. – С. 263-284.
200. Лурье И.К. Геоинформационное картографирование. Методы геоинформатики и обработки косм. снимков: учебник. – М.: КДУ, 2010. – 424 с.
201. Льноградский Л.А. Концепция системного проектирования. – Самара: Изд-во Самарского гос. тех. ун-та, 2005. – 180 с.
202. Люггер Д.Ф. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем. М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 864 с.
203. Майерс Д. Интуиция. – СПб.: Питер, 2019. – 448 с.
204. Маклаков С.В. Создание информационных систем с AllFusion Modeling Suite. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2003. – 432 с.
205. Малкин В.С. Надёжность технических систем и техногенный риск. – Ростов н/Д: Феникс, 2010. – 432 с.
206. Малышев И.И. Разработка информационной системы моделирования ЧС по затоплению территории округа. Этап создания цифровой модели рельефа поймы р. Иртыш и прилегающей к ней территории в районе г. Ханты-Мансийска // Проблемы безопасности и ЧС. – №5, 2015. – с.88-101.
207. Марц Натан, Уоррен Джеймс. Большие данные. Принципы построения масштабируемых систем обработки в реальном времени. – М., СПб.: Издательский дом «Вильямс», 2016. – 356 с.

208. Маслобоев А.В. Исследование и разработка моделей и методов информационной поддержки управления региональной безопасностью (на примере Мурманской области). Дисс. докт. тех. наук., 2016. – Апатиты. – 314 с.
209. Марков Д.С., Яковенко Н.В. Геоинформационные технологии оценки качества городской среды. Шуя: Изд-во ШГПУ, 2012. – 154 с.
210. Матрюков Б.С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. – М. Изд. центр «Академия», 2003. – 336 с.
211. Матвейкин В.Г., Дмитриевский Б.С., Ляпин Н.Р. Информационные системы интеллектуального анализа. – М.: Машиностроение, 2008. – 92 с.
212. Махутов Н.А. Прочность и безопасность: фундаментальные и прикладные исследования. – Новосибирск: Наука, 2008. – 528 с.
213. Махутов Н.А. Безопасность и риски: системные исследования и разработки. – Новосибирск: Наука, 2017. – 724 с.
214. Махутов Н.А., Ахметханов Р.С., Дубинин Е.Ф., Куксова В.И. Информационные аспекты безопасности в техногенной сфере // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций, №6, 2015. – С. 136-151.
215. Махутов Н.А., Ахметханов Р.С. и др. Система оценки рисков при техническом регулировании. – М.: Изд-во ОВЛ, 2006. – 96 с.
216. 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. – М.: ИНЭС, 2011. – 136 с.
217. Махутов Н.А., Кузык Б.Н. и др. Системные стратегические риски и приоритеты прогнозного социально-экономического и научно-технологического развития РФ до 2030 года. – М.: ИМАШ РАН 2012. – 78 с.
218. Махутов Н.А., Москвичев В.В., Лепихин А.М. и др. Формирование нормативной базы безопасности и защищенности ГЭС Сибири от тяжелых катастроф // Проблемы безопасности и ЧС, 2011. – №4. – С. 28-39.

219. Махутов Н.А., Петров В.П., Ахметханов Р.С. и др. Методы и моделирование процессов возникновения и развития техногенных катастроф // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – 2010, №2. – С. 3-22.

220. Медоуз Д. Азбука системного мышления. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. – 200 с.

221. Мельник А.А., Ничепорчук В.В., Яровой А.В. Новые принципы организации информационного пространства РСЧС // Научно-аналитический журнал «Сибирский пожарно-спасательный вестник», 2017, №5. – С.34-41.

222. Мельник А.А., Осавелюк П.А., Антонов А.В., Мартинович Н.В. Роль социологических исследований при управлении системой подготовки населения в области пожарной безопасности // Сибирский пожарно-спасательный вестник, 2018. – № 2 (9). – С. 38-41.

223. Меньшиков В.В., Швыряев А.А. Опасные химические объекты и техногенный риск: Уч. пособ. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2003. – 254 с.

224. Методика оценки последствий аварийных взрывов топливо-воздушных смесей. – Сборник №1. – М.: Госгортехнадзор РФ. 1999. – 112 с.

225. Методика оценки последствий химических аварий. Методика «Токси-3» // Сборник методик. – М.: Госгортехнадзор РФ, 2004. – С. 86-112.

226. Методические рекомендации по порядку разработки, проверки и корректировки электронных паспортов территорий (объектов). Утверждены зам. министра МЧС России А.П. Чуприяном. – М., 2016. – 120 с.

227. Методические рекомендации по построению, развитию и эксплуатации аппаратно-программного комплекса «Безопасный город». Утверждены зам. Министра МЧС России А.П. Чуприяном. – М., 2015. – 72 с.

228. Методология проведения статистического анализа обстановки с пожарами в Российской Федерации. – М.: ВНИИ ПО, 2014. – 20 с.

229. Милькова И.А., Симонов К.В., Ничепорчук В.В., Бурцев А.А. Информационное обеспечение для решения задач безопасности ГТС / Проблемы информатизации региона. ПИР-2013: Материалы XIII Всеросс. научно-практ. конф. – Красноярск: ИВМ СО РАН, 2013. – С. 219-226.

230. Митакович С.А., Заяц Е.В. Современные ГИС технологии для мониторинга и прогнозирования ЧС //Башкирский экологический вестник. – № 3-4 (28-29), 2011. – С. 57-62.

231. Молчанов В.П., Акимов В.А., Соколов Ю.И. Риски чрезвычайных ситуаций в Арктической зоне Российской Федерации; МЧС России. М.:ФБГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2011. – 300 с.

232. Морозов Р.В., Ничепорчук В.В. Объектно-ориентированное моделирование чрезвычайных ситуаций. / ПИР-2009: Материалы XI Всеросс. научно-прак. конф. – Красноярск: РИЦ СибГТУ, 2009. – С. 190-193.

233. Морозов Р.В., Ничепорчук В.В. Использование многоуровневой модели для формализации процессов управления в чрезвычайных ситуациях// VI Всесибирский конгресс женщин-математиков. / Материалы Всероссийской конф. – Красноярск: РИЦ СибГТУ, 2010. – С.289-293.

234. Морозов Р.В., Ничепорчук В.В. Представление знаний в системе комплексной поддержки управления в ЧС «ЭСЛА-ПРО» //Труды Двенадцатой национальной конф. по искусственному интеллекту КИИ-2010 (20-24 сентября 2010 г., Тверь). Т. 2. – М.: Физматлит, 2010. – С. 182-186.

235. Морозов Р.В., Ничепорчук В.В. Редактор баз знаний для адаптивного управления ликвидацией чрезвычайных ситуаций // Известия Кыргызского гос. технического университета им. И. Раззакова. – 2011. №24. – С. 150-154.

236. Москвичёв В.В., Бычков И.В., Потапов В.П., Тасейко О.В., Шокин Ю.И. Информационная система территориального управления рисками развития и безопасностью // Вестник РАН, 2017. – Т. 87, №8. – с. 696-705.

237. Москвичев В.В., Лепихин А.М., Ничепорчук В.В., Ноженкова Л.Ф. и др. Техногенные риски с учетом территориальных особенностей Красноярского края. – Препринт № 1. – Красноярск: ИВМ СО РАН, 2004. – 42 с.

238. Москвичев В.В., Ничепорчук В.В., Шапарев Н.Я. Механизмы управления территориальными рисками в контексте устойчивого развития // Устойчивое развитие территорий: управление природными, техногенными, пожарными, био-

лого-социальными и экологическими рисками: Материалы междунар. научно-практ. конф. – Оренбург: Изд. ОГАУ, 2011. – С. 53-57.

239. Москвичёв В.В., Ничепорчук В.В. и др. Глава 3. Природно-техногенная безопасность и риски чрезвычайных ситуаций в развитии территорий Сибири // В кн. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Системные исследования чрезвычайных ситуаций. – М.: МГОФ «Знание», 2015. – С. 273-356.

240. Москвичёв В.В., Ничепорчук В.В., Потапов В.П., Тасейко О.В., Фалеев М.И. Информационное обеспечение мониторинга и рисков развития социально-природно-техногенных систем // Проблемы анализа риска. – 2018. – Т.15. – №2. – С. 56-77.

241. Москвичев В.В., Перетокин С.А., Ничепорчук В.В., Якубайлик О.Э. Применение ГИС-технологий для оценки экологических рисков при эксплуатации трубопроводов// Труды V Евразийского симпозиума по проблемам прочности материалов и машин для регионов холодного климата. – Якутск, 2010 г. – С. 225-235.

242. Москвичев В.В., Перетокин С.А., Сибгатулин В.Г., Ничепорчук В.В., Симонов К.В. и др. Оценка потенциальной опасности участков трубопроводов с помощью ГИС// Геоинфор. технологии и мат. модели для мониторинга и управления экологическими и социально-экономическими системами: монография. – Барнаул: Пять плюс, 2011. – С. 175-182.

243. Москвичев В.В., Симонов К.В., Ничепорчук В.В. Моделирование аварийных ситуаций на крупных гидротехнических и энергетических объектах Красноярского края. // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций, 2008. – №4. – С. 75-83.

244. Москвичев В.В., Шокин Ю.И., Лепихин А.М., Ничепорчук В.В. и др. Проблемы природно-техногенной безопасности регионов Сибири. Красноярск: СКТБ «Наука» КНЦ СО РАН, 2010. – Препринт №1. – 86 с.

245. Москвичев В.В., Шокин Ю.И. Антропогенные и природные риски на территории Сибири // Вестник РАН. 2012. – № 2. – С. 131-140.

246. МРСК Сибири. [Электронный ресурс]. URL: [mrsk-sib.ru](http://mrsk-sib.ru). (дата обращения 25.04.20)
247. Музалевский А.А., Карлин Л.Н. Экологические риски: теория и практика. – СПб.: РГГМУ, ВВМ, 2011. – 448 с.
248. Наставление по организации управления и оперативного (экстренного) реагирования при ликвидации ЧС. – М.: МЧС России, 2010. – 138 с.
249. Научно–проектный центр исследования риска и экспертизы безопасности. Программы расчёта. Электронный ресурс. [Электронный ресурс]. URL: [ireb.ru/program\\_gaschet](http://ireb.ru/program_gaschet). (дата обращения 23.04.20).
250. Николаев С.М. ЧС и экологические проблемы. Институт геологии и минералогии СО РАН. – Новосибирск: Гео, 2007. – 377 с.
251. Николенко С., Кадурич А., Архангельская Е. Глубокое обучение. Погружение в мир нейронных сетей. – СПб.: Питер, 2018. – 480 с.
252. Ничепорчук В.В. Информационное моделирование в ГИЭС «Паводки» / Современные методы мат. моделирования катастроф: Тез.докл. V Межд. конф. – Красноярск: ИВМ СО РАН, 1999. – С. 178-181.
253. Ничепорчук В.В. Перспективы виртуализации управления РСЧС // Проблемы управления рисками в техносфере. – №6, 2020. – С.118-127.
254. Ничепорчук В.В. Информационная поддержка управления безопасностью территорий Красноярского края при паводках и наводнениях // Вестник Томского гос. ун-та. – 8470; 9(II), 2004. – С.57-62.
255. Ничепорчук В.В. Концепция формирования и использования информационных ресурсов для управления безопасностью территорий /Актуальные проблемы обеспечения пожарной безопасности и защиты от ЧС: Сб. материалов Всеросс. научно-практической конф. – Железногорск: Изд-во: СибПСА ГПС МЧС России, 2019. – С. 14-22.
256. Ничепорчук В.В. Метод использования критериев опасностей для идентификации рискоопасных ситуаций / Обработка пространственных данных в задачах мониторинга природных и антропогенных процессов: Сборник трудов всеросс. конф. – Новосибирск: ИВТ СО РАН, 2019. – С.427-433.

257. Ничепорчук В.В. Принципы формирования информационных ресурсов поддержки управления природно-техногенной безопасностью / Моделирование сложных процессов и систем: Сб. трудов секции №12 XXIX Междунар. конф. «Предупреждение. Спасение. Помощь». – Химки: АГЗ МЧС России, 2019. – С. 42-50.

258. Ничепорчук В.В. Программные средства оценки рисков ЧС. /Проблемы совершенствования природной, техногенной и пожарной безопасности населения и территорий муниципальных образований субъектов РФ Сибирского ФО: Материалы конф. – Новосибирск, 2008. – С. 67-70.

259. Ничепорчук В.В. Проектирование информационной системы оценивания территориальных рисков ЧС / Мониторинг, моделирование опасных природных явлений и ЧС: Сборник VII Всеросс. научно-практ. конф. – Железногорск: Изд-во СибПСА ГПС МЧС РФ, 2017 г. – С. 25-29.

260. Ничепорчук В.В. Региональная система оперативного мониторинга природно-техногенной безопасности. / Актуальные задачи математического моделирования и информационных технологий: Материалы междунар. научно-практ. конф. – Сочи: Соч. гос. ун-т, 2015. – С. 95-99.

261. Ничепорчук В.В. Системная модель управления природно-техногенной безопасностью /Безопасность и живучесть технических систем: материалы и доклады / V Всеросс. конф. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2015. – Т.2. – С. 104-109.

262. Ничепорчук В.В. Информационные модели мониторинга циклических чрезвычайных ситуаций/ Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций: Сборник V всеросс. научно-практ. конф. – Железногорск, 2015. – С. 84-88.

263. Ничепорчук В.В. Методические и программные средства поддержки принятия решений в паводкоопасных ситуациях// Дисс. канд. тех. наук. – Красноярск: СибГТУ, 2002. – 148 с.

264. Ничепорчук В.В. Принципы создания информационно-аналитических систем поддержки управления природно-техногенной безопасностью / Сборник

материалов XXVI Междунар. конф. «Предупреждение. Спасение. Помощь». – Химки, 2016. – С. 12-17.

265. Ничепорчук В.В. Формирование базы показателей природно-техногенной безопасности территорий Красноярского края // Образовательные ресурсы и технологии, 2016. – №4. – С. 226-234.

266. Ничепорчук В.В. Системный анализ информационных потоков органов управления РСЧС регионального уровня // Сибирский пожарно-спасательный вестник, 2016. – №2. – С. 41-46.

267. Ничепорчук В.В. Современные подходы к прогнозированию ЧС // «Сибирский пожарно-спасательный вестник». – 2018, №1. – С. 89-95.

268. Ничепорчук В.В. Системная модель оперативного комплексного мониторинга / Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций: Сборник VI Всеросс. научно-практической конф. – Железногорск, 2016. – С. 24-28.

269. Ничепорчук В.В. Информационное обеспечение управления природно-техногенной безопасностью // Сибирский пожарно-спасательный вестник, 2016. – №1. – С. 49-54.

270. Ничепорчук В.В. Использование карт для управления процессами предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций / Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. конгр. – Новосибирск: СГГА, 2013. – С. 72-77.

271. Ничепорчук В.В. Использование современных информационных технологий для поддержки управления противопаводковыми мероприятиями / Труды VI Евразийского симп. по проблемам прочности материалов для регионов холодного климата. – Т. 1. Якутск: Ахсаан. – 2013. – С. 230-236.

272. Ничепорчук В.В. Картографическое обеспечение противопаводковых мероприятий в Красноярском крае. / Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр., 5-я Междунар. конф. «Раннее предупреждение и управление в кризисных ситуациях в эпоху «больших данных»: Сб. материалов. – Новосибирск: СГГА, 2014. Т.7. – С. 24-30.

273. Ничепорчук В.В. Многоуровневая модель управления ликвидацией чрезвычайных ситуаций / Теоретические и прикладные вопросы современных информационных технологий: материалы XI Всероссийской научно-технической конференции. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГУТУ, 2012. – С. 381-386.

274. Ничепорчук В.В., Антамошкина О.А., Трофимова Н.В., Медведев О.А., Михеева Е.В. Концепция создания автоматизированного центра поддержки принятия решений для оперативного анализа рисков техногенных ЧС //Проблемы безопасности и ЧС, 2014. – Т. 11. – №3(41). – С. 88-93.

275. Ничепорчук В.В., Бабинцев И.В. Модель комплексного мониторинга безопасности территорий / Материалы двадцать седьмой междунар. конф. «Системы безопасности – 2018». – М.: Ак. ГПС МЧС РФ, 2018. – С. 82-87.

276. Ничепорчук В.В., Берестевич М.О., Калайдов А.Н, Кулабухов О.О. Обоснование использования комплексных оценок рисков для планирования и реализации превентивных мероприятий защиты территорий от ЧС/ Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и ЧС: Сборник материалов Всеросс. научно-практ. конф. – Железногорск, – Изд-во: СибПСА ГПС МЧС России, 2019. – С. 205-212.

277. Ничепорчук В.В, Коробко А.В. Применение методов OLAP-анализа для информационной поддержки управления территориальной безопасностью/ Труды XVII Байкальской Всеросс. конф. «Информационные и математические технологии в науке и управлении». – Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2013. – С. 171-177

278. Ничепорчук В.В., Марков А.А. и др. Экспертная геонформационная система поддержки управления противопожарными мероприятиями //ПИР-2007. Труды Всеросс. конф. – Красноярск: ИВМ СО РАН, 2007. – Т.1. – С. 152-156.

279. Ничепорчук В.В., Ноженков А.И. Архитектура территориальной системы мониторинга ЧС //Информатизация и связь. – 2018, №2. – С. 35-41.

280. Ничепорчук В.В., Ноженков А.И. Автоматизация мониторинга чрезвычайных ситуаций в арктической зоне (на примере Красноярского края) //Информатизация и связь. – 2013. – №5. – С. 37-42.

281. Ничепорчук В.В., Ноженков А.И. Интеграция технологий в системе комплексного мониторинга чрезвычайных ситуаций // Образовательные ресурсы и технологии, 2016. – №4. – С. 281-287.

282. Ничепорчук В.В., Ноженков А.И. Информатизация деятельности оперативных диспетчерских служб муниципального уровня / Проблемы информатизации региона. ПИР-2015: Материалы XIV Всеросс. конф. – Красноярск: ИВМ СО РАН, 2015. – С. 166-172.

283. Ничепорчук В.В., Ноженков А.И. Проблемы увеличения жизненного цикла систем оперативного мониторинга ЧС / Сборник материалов XXV Международ. научно-практ. конф. «Предупреждение. Спасение. Помощь». – Химки, 2015. – С. 4-9.

284. Ничепорчук В.В., Ноженков А.И. Система комплексного мониторинга Арктической зоны Красноярского края / Проблемы информатизации региона. ПИР-2013: Материалы XIII Всеросс. научно-практ. конф. – Красноярск: ИВМ СО РАН, 2013. – С. 243-249.

285. Ничепорчук В.В., Коробко А.А. и др. Мобильные приложения безопасности жизнедеятельности // Образовательные ресурсы и технологии, 2018. – №4(25). – С. 60-65. DOI: 10.21777/2500-2112-2018-4-60-65

286. Ничепорчук В.В., Ноженков А.И. Технология ситуационного моделирования опасных ситуаций для информационной поддержки управления безопасностью территорий // Информатизация и связь. – 2019, №4. – С. 76-82.

287. Ничепорчук В.В., Ноженков А.И., Ноженкова Л.Ф. Программный комплекс ЭСПЛА-ПРО: средства сбора, аналитической обработки данных и поддержки принятия решений // Базовые и приоритетные направления научно-технической политики МЧС РФ. – Новосибирск, 2009. – С. 58-70.

288. Ничепорчук В.В., Ноженкова Л.Ф. Информационные системы природно-техногенной безопасности Красноярского края // Вычислительные технологии, 2003. – Т. 8. – С.70-79.

289. Ничепорчук В.В., Ноженкова Л.Ф. Методы разработки многоуровневых систем мониторинга стихийных бедствий // Технологии разработки информаци-

онных систем: Сборник материалов Междунар. конф. Т. 2. – Таганрог: Изд-во технологического ун-та ЮФУ, 2011. – С. 58-61.

290. Ничепорчук В.В., Ноженкова Л.Ф. Экспертная ГИС поддержки принятия решений паводкоопасных ситуациях для территорий Сибирского региона // Вестник Кемеровского гос. ун-та, 2012. – №4/2(52). – С. 97-104.

291. Ничепорчук В.В., Ноженкова Л.Ф. ЭСПЛА-ПРО: программный интегратор системы мониторинга и поддержки принятия решений ГУ МЧС РФ по Красноярскому краю /Мониторинг, прогнозирование и моделирование опасных природных явлений и ЧС: Материалы научно-практ. семинара. – Железногорск; Изд-во СибПСА ГПС МЧС России, 2011. – С. 13-24.

292. Ничепорчук В.В., Ноженкова Л.Ф., Краснокутский В.В., Москвичёв В.В. и др. Управляющие и геоинформационные системы обеспечения безопасности //В кн. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Региональные проблемы безопасности. Красноярский край. – М.: «Знание», 2001. – С. 446-480.

293. Ничепорчук В.В., Ноженкова Л.Ф. Методы разработки многоуровневых систем мониторинга стихийных бедствий // Информатизация и связь. – №3, 2011 – С. 49-52.

294. Ничепорчук В.В., Окишева Е.В. Применение интернет-технологий для представления информационных ресурсов Гос. комитета по делам ГО и ЧС Республики Бурятия. /Проблемы информатизации региона. Материалы восьмой Всеросс. конф. – Т.2. = Красноярск: КГТУ, 2003. – С. 53-60.

295. Ничепорчук В.В., Пенькова Т.Г. Исследование факторов риска для оценки и управления природно-техногенной безопасностью территорий / Безопасность и мониторинг техногенных и природных систем: материалы и доклады / VI Всеросс. конф. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2018. – С. 81-86.

296. Ничепорчук В.В., Пенькова Т.Г. Паспорт территории – динамический инструмент анализа опасностей //Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2014. – №1. – С. 3-8.

297. Ничепорчук В.В., Пенькова Т.Г. Система аналитических показателей для стратегического контроля природно-техногенной безопасности территорий // Проблемы анализа риска. – Т.15. – №1, 2018. – С. 34-41.

298. Ничепорчук В.В., Пенькова Т.Г., Метус А.М. Формирование стандарта природно-техногенной безопасности территорий Красноярского края // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – № 2, 2018. – С. 41-52.

299. Ничепорчук В.В., Симонов К.В. Оценка последствий строительства крупных промышленных объектов в Красноярском крае. // Journal Ecology and Safety. Burgas, Bulgaria. – Vol.2. – Part 2, 2008 – P. 30-38.

300. Ничепорчук В.В., Соколов С.В. Принципы информационной поддержки управления при угрозах чрезвычайных ситуаций, связанных с природными пожарами / Материалы IV Междунар. научно-практ. конф. «Гражданская оборона на страже мира и безопасности»: Ч. II. Проблемы предупреждения и ликвидации ЧС. – М.: Акад. ГПС МЧС России, 2020. – С.121-127.

301. Ничепорчук В.В., Соколов С.В. Концепция создания информационно-управляющей системы контроля лесопожарной обстановки // Вестник СибГУТИ, 2020. – №2. – С. 50-55

302. Ничепорчук В.В., Пенькова Т.Г. Комплексный анализ факторов территориальных рисков // Проблемы анализа риска, 2019 – Т.16. – №4. – С. 52-62.

303. Ничепорчук В.В., Чернякова Н.А. Проектирование информационных систем оценки рисков и моделирования ЧС с помощью технологических карт /Безопасность и живучесть технических систем: Труды IV Всеросс. конф. – Красноярск: Ин-т физики СО РАН, 2012. – Т.2. – С. 249-253.

304. Ничепорчук В.В., Чернякова Н.А. Использование инфраструктур данных для оценивания рисков чрезвычайных ситуаций / Обработка пространственных данных в задачах мониторинга природных и антропогенных процессов: Труды всеросс. конф. – Новосибирск, 2017. – С. 280 – 284.

305. Ничепорчук В.В., Шапарев Н.Я. Оценка влияния рисков ЧС на устойчивое развитие территорий Сибирского региона /Пятая междунар. конф. «Сис-

темный анализ и информационные технологии» САИТ-2013: Труды конференции. – Т. 2. – Красноярск: ИВМ СО РАН, 2013. – С. 285-291.

306. Ничепорчук В.В., Яровой А.В. Принципы защиты территорий от затоплений на основе комплексного мониторинга / Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и ЧС: Сб. VII Всероссийской научно-практ. конф. – Железногорск, 2018 г. – С. 44-48.

307. Ничепорчук В.В., Яровой А.В., Кожемякин Н.Л. Метод проектирования сценариев действий в опасных ситуациях / Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и ЧС. Сб. материалов Всеросс. научно-практ. конф. – Железногорск, – Изд-во: СибПСА МЧС России, 2019. – С. 47-58.

308. Новосельцев В.И, Тарасов В.Б, Голиков В.К., Дёмин Б.Е. Теоретические основы системного анализа. М.: Майор, 2006. – 592 с.

309. Ноженкова Л.Ф. Экспертные геоинформационные системы по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций // Вычислительные технологии, 1999. – Т.4. – Спец. выпуск. – С.111–118.

310. Ноженкова Л.Ф. Гибридные информационные технологии: направления развития и применения // Вестник КрасГУ. – №4, 2004. – С.99-106.

311. Ноженкова Л.Ф., Терешков В.И. ЭСПЛА – экспертная система по ликвидации аварий со СДЯВ // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях, 1993. – Вып. 8. – С. 37–45.

312. Ноженкова Л.Ф., Евсюков А.А., Ничепорчук В.В., Марков А.А. Применение методов оперативного анализа данных для обработки результатов мониторинга ЧС на региональном уровне управления // Сб. матер. Междунар. конгресса «Совершенствование системы управления, предотвращения и демпфирования последствий ЧС регионов и проблемы безопасности жизнедеятельности населения». – Новосибирск: СГГА, 2010. – С. 3-11.

313. Ноженкова Л.Ф., Ничепорчук В.В., Исаев С.В., Евсюков А.А., Морозов Р.В. и др. ЭСПЛА-ПРО – система сбора, аналитической обработки данных и поддержки принятия решений по предупреждению и ликвидации чрезвычайных

ситуаций // Безопасность и живучесть технических систем: Труды III Всеросс. конф. – Красноярск, ИВМ СО РАН, 2009. – С.51-55.

314. Ноженкова Л.Ф., Ничепорчук В.В. ЭСПЛА-ПРО – система комплексной поддержки управления в кризисных ситуациях // ПИР-2009: Материалы XI Всеросс. конф. – Красноярск: СибГТУ, 2009. – С. 195-199.

315. Ноженков А.И., Ничепорчук В.В., Коробко А.В. Информационное сопровождение организации кадрового обеспечения учреждений образования Красноярского края // ПИР-2011: Материалы XII Всеросс. научно-практической конференции. – Красноярск: ИВМ СО РАН, 2011. – С. 183-188.

316. Ноженкова Л.Ф., Исаев С.В., Ничепорчук В.В., Евсюков А.А., Морозов Р.В., Марков А.А. Средства построения систем поддержки принятия решений по предупреждению и ликвидации ЧС. // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций, 2008. – №4. – С. 46-55.

317. Ноженкова Л.Ф., Ничепорчук В.В., Евсюков А.А., Марков А.А. и др. Применение экспертной ГИС для анализа пожарной обстановки в Красноярском крае. // Проблемы безопасности и ЧС, 2009. – №2. – С. 75-85.

318. Ноженкова Л.Ф., Ничепорчук В.В. Интеграция систем сбора информации и обеспечения оперативного управления в МЧС России. // Теоретические и прикладные вопросы современных информационных технологий: Материалы X Всеросс. научно-практ. конф. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2009. – Ч. I. – С. 227-232.

319. Ноженкова Л.Ф., Ничепорчук В.В. Экспертная ГИС поддержки принятия решений в паводкоопасных ситуациях для территорий Сибирского региона // Проблемы мониторинга окружающей среды. Сборник трудов в XI Всеросс. конф. – Кемерово: КемГУ, 2011. – С. 351-356.

320. Ноженкова Л.Ф., Ничепорчук В.В. Информационная интеграция процессов мониторинга и прогнозирования ЧС // ПИР-2011: Материалы XII Всеросс. конф. – Красноярск: ИВМ СО РАН, 2011. – С. 196-204.

321. Ноженкова Л.Ф. Ничепорчук В.В. Принципы построения систем консолидации и анализа данных мониторинга ЧС / Совершенствование системы

управления, предотвращения и демпфирования последствий чрезвычайных ситуаций регионов и проблемы безопасности жизнедеятельности населения: сб. матер. Междунар. конгресса «СИББЕЗОПАСНОСТЬ-СПАССИБ-2012». – Новосибирск. – Новосибирск: СГГА, 2012. – С. 101-105.

322. Ноженкова Л.Ф., Ничепорчук В.В., Ноженков А.И. Система распределённого сбора и анализа данных мониторинга чрезвычайных ситуаций // Информатизация и связь, 2012. – №5. – С. 45-50.

323. Ноженкова Л.Ф., Ничепорчук В.В., Ноженков А.И. Применение современных информационных технологий для обеспечения комплексной безопасности территорий / VII Всесибирский конгресс женщин-математиков: Материалы Всеросс. науч. конф. – Красноярск, СибГТУ, 2012. – С.157-161.

324. Ноженкова Л.Ф., Ничепорчук В.В., Пенькова Т.Г., Коробко А.В., Евсюков А.А., Марков А.А. и др. Система консолидации и анализа данных мониторинга чрезвычайных ситуаций в Красноярском крае // Проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях, 2012. – №4. – С. 63-73.

325. Ноженкова Л.Ф., Ничепорчук В.В., Ноженков А.И. Создание комплексной системы безопасности региона на основе системной интеграции технологий // Информатизация и связь, 2013. – №2 – 122-124.

326. Ноженкова Л.Ф., Ничепорчук В.В., Ноженков А.И. Опыт создания регионального сегмента системы обеспечения комплексной безопасности региона / Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и ЧС: Материалы Всеросс. конф. – Железногорск, 2013. – С. 31-36.

327. О'Коннор, Макдермотт И. Искусство системного мышления: необходимые знания о системах и творческом подходе к решению проблем. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2006. – 256 с.

328. ОДМ 218.8.001-2009. Методические рекомендации по специализированному гидрометеорологическому обеспечению. Утверждены распоряжением Росавтодора от 26.11.2009. № 499-р. – М., 2010. – 24 с.

329. Олтян И.Ю., Арефьева Е.В., Крапухин В.В. и др. О реализации в российской федерации Сендайской рамочной программы МСУОБ ООН по повыше-

нию устойчивости городов "Мой город готовится!" // Технологии гражданской безопасности, 2017. – Т.14. – №2 (52). – С.32-38.

330. Опекунов А.Ю. Экологическое нормирование и оценка воздействия на окружающую среду: уч. пособ. – СПб.: Изд-во СПб. Ун-та, 2006. – 261 с.

331. Осипов В.И. Биосфера и экологическая безопасность: юбилейная лекция. – М.: РУДН, 2017 – 136 с.

332. Осипов В.И. Природные катастрофы на рубеже XXI века // Вестник РАН. – Т.71. №4, 2000. – С. 291-302.

333. Осипов В.И. Управление природными рисками // Вестник РАН. – Т. 80, №4., 2010 – С. 291-297.

334. Осипов В.И. Природные опасности: Мониторинг и оповещение // Геоэкология. Инженерная геология. – № 3, 2013. – С. 209–215.

335. Осипов Г.С. Лекции по искусственному интеллекту. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2013. – 272 с.

336. Острейковский В.А. Математические модели техногенного риска. – Сургут: ИЦ СурГУТ, 2012. – 253 с.

337. Орлов С. Технологии разработки программного обеспечения: Учебник – СПб.: Питер, 2002. – 464 с.

338. Отчёт о выполнении НИР «Техническое проектирование, разработка нормативного правового и методического обеспечения для реализации пилотных проектов по созданию Российской инфраструктуры пространственных данных». – М.: МОО «ГИС-Ассоциация», 2006. – 85 с.

339. Отчёт о НИР «Разработка проекта Концепции развития Национального центра управления в кризисных ситуациях до 2030 года. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. – 196 с.

340. Оценка и управление природными рисками. Тематический том / Под ред. А.Л. Рагозина. – М.: Изд. фирма «КРУК», 2003. – 320 с.

341. Павлов А.Н. Экология: рациональное природопользование и безопасность жизнедеятельности. уч. пособ. – М.: Высш. шк., 2005. – 343 с.

342. Паклин Н.Б., Орешков В.И. Бизнес-аналитика: от данных к знаниям: учебное пособие. 2-е изд. – СПб.: Питер, 2013. – 704 с.

343. Пахучий В.В. Ведение лесного хозяйства на базе ГИС: Учебное пособие. Сыкт. лесн. ин-т. – Сыктывкар: СЛИ, 2013. – 56 с.

344. Пенькова Т.Г., Ничепорчук В.В. Комплексный анализ природно-техногенной безопасности территорий Красноярского края на основе методов интеллектуальной обработки данных // Мониторинг. Наука и технологии, 2016. – №2 (27). – С. 64-71.

345. Пенькова Т.Г., Метус А.М., Ничепорчук В.В. Метод интегрального аналитического оценивания природно-техногенной безопасности территорий (на примере Красноярского края) // Проблемы анализа риска, 2018. – Т.15. – №5. – С. 16-25.

346. Пенькова Т.Г., Коробко А.В. Концептуальная модель межсистемного информационного взаимодействия на основе унифицированного представления структуры обмена данными // Информатизация и связь, 2017. – № 3. – С. 17-22.

347. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Введение в системный анализ. – М.: Высшая школа, 1989. – 367 с.

348. Петрова И.Ф. Проблемы отображения понятия «опасность» на экологических картах // Известия РАН. Серия географическая, 2008. – №5. – С. 126-131.

349. Питулько В.М., Кулибаба В.В., Растоскуев В.В. Техногенные системы и экологический риск: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования. – М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 352 с.

350. План фундаментальных исследований Российской академии наук на период до 2025 года. Утверждён распоряжением Президиума РАН №10103-948 от 08.11.2005 г. – М.: «Наука», 2007. – 205 с.

351. Полотнюк И.С. Межведомственная интеграция: пути оптимизации // Информационные ресурсы России, 2006. – №5. – С. 10-12.

352. Порфирьев Б.Н. Природа и экономика: риски взаимодействия (Эколого-экономические очерки). – М.: «Анкил», 2011. – 352 с.

353. Порядок работы с данными дистанционного зондирования. Электронный ресурс. URL:<http://gis-lab.info/qa/srtm.html#mission> (дата обращения 27.12.20)

354. Поспелов Г.С. Искусственный интеллект – основа новой информационной технологии. – М.: Наука, 1988. – 280 с.

355. Прангишвили И.В. Системный подход и общесистемные закономерности. – М.: СИНТЕГ, 2000. – 528 с.

356. Прангишвили И.В. Энтропийные и другие системные закономерности: Вопросы управления сложными системами. – М.: Наука, 2003. — 428 с.

357. Природные опасности России / Под общ. ред. В.И. Осипова, С.К. Шойгу, Ю.Л. Воробьёва. – М: Крук, 2002-2006. – Т.1-6.

358. Прогноз научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2030 года. – М.: Мин. образования и науки РФ, 2013. – 72 с.

359. Пупков К.А., Коньков В.Г. Интеллектуальные системы. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. – 348 с.

360. Пучков В.А., Авдотьяна Ю.С., Авдотьян В.П. Административно-правовые режимы управления природным и техногенным рисками / МЧС России. – М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС(ФЦ), 2011. – 328 с.

361. Пчелкин В.И. Географический фактор в деятельности МЧС России: проблема и пути её решения. – М: ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2013. – 130 с.

362. Разработка программного аппаратного комплекса для обработки данных системы мониторинга опасности угроз на объектах транспортной инфраструктуры РФ. Рук-во пользователя. – М.: ЗАО «Научно-пром. компания «Высокие технологии и стратегические системы», 2013 – 321 с.

363. Рамки для действий по осуществлению международной стратегии уменьшения опасностей бедствий (МСУОБ). – ООН, 2001. – 25 с.

364. Рекомендации по картографическому обеспечению МЧС России/ Нормативно-методические документы по вопросам организации выполнения НИ-ОКР. – М.: ВНИИ ГОЧС, 2008. – 69 с.

365. Романов В.Н. Системный анализ для инженеров. – СПб: СЗГЗТУ, 2006. – 186 с.

366. Романов В.Н. Техника анализа сложных систем. – СПб: СЗГЗТУ, 2011. – 287 с.

367. Ромасько В.Ю., Борисевич А.Н., Иванов В.В. и др. Использование данных ДЗЗ из космоса для мониторинга ЧС в паводкоопасный период // Земля из космоса: наиболее эффективные решения. 2010. № 4. – С. 36-43.

368. Российское научное общество анализа риска (РНОАР). [Электронный ресурс]. URL: <http://sra-russia.ru>. (дата обращения 22.04.2020).

369. Саати Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети. – М.: Изд-во ЛКИ, 2008. – 360 с.

370. Санитарно-гигиенический мониторинг СГМ Роспотребнадзора Электронный ресурс. URL: [krista.ru](http://krista.ru) (дата обращения 25.04.20).

371. Саулова Т.А., Ничепорчук В.В. Ноксология: уч. пособ. для бакалавров направления подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность» профиля подготовки «Безопасность жизнедеятельности в техносфере». – Красноярск: СибГАУ, 2016. – 167 с.

372. Саулова Т. А., Бас В.И., Ничепорчук В.В. Управление техносферной безопасностью. Управление безопасностью в чрезвычайных ситуациях: практикум для бакалавров направлений подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность» профиля «Безопасность жизнедеятельности в техносфере» и 44.03.01 «Профессиональное обучение» профиля «Безопасность жизнедеятельности» очной формы обучения. – Красноярск: СибГАУ, 2016. – 65 с.

373. Саулова Т.А., Ничепорчук В.В., Бас В.И. Безопасность в ЧС. Оценка последствий катастрофического затопления на производственном объекте: уч. пособие для студентов специальности 280101 «Безопасность жизнедеятельности в техносфере». – Красноярск: СибГТУ, 2010 г. – 88 с.

374. Саулова Т.А., Беседина И.Н., Ничепорчук В.В. Оценка устойчивости пожаровзрывоопасных объектов в чрезвычайных ситуациях. Серия «Безопас-

ность в ЧС»: Метод. пособ. для студентов спец. 280101 «Безопасность жизнедеятельности в техносфере». – Красноярск: СибГТУ, 2011. – 84 с.

375. Сборник методических документов, применяемых для независимой оценки рисков в области пожарной безопасности, гражданской обороны и защиты населения и территорий от ЧС. Союз организаций, осуществляющих экспертную деятельность в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, промышленной, пожарной и экологической безопасности. Части 1 и 2. – М.: ООО «Типография Полимаг», 2008. – 704 с.

376. Сведения об обстановке с пожарами в Российской Федерации за 12 месяцев 2019 года. – М: ВНИИ ПО, 2020. – 29 с.

377. Северцев Н.А., Дедков В.К Системный анализ и моделирование безопасности: Уч. пособие для вузов. - М.: Высш. школа, 2006. – 462 с.

378. Сервис видеонаблюдения и мониторинга природных пожаров «Лесоохранитель». [Электронный ресурс]. URL: <https://lesohranitel.ru>. (дата обращения 01.03.20).

379. Серебряков В.Б. Региональный центр космического мониторинга // Пространственные данные, 2008. - №1. – С. 52-55.

380. Симонов К.В., Перетокин С.А., Сибгатуллин В.Г. Сейсморайонирование Южной Сибири. – Красноярск: КНИИГиМС, 2004. – 300 с.

381. Симонов К. В., Сибгатулин В.Г., Ничепорчук В.В. и др. Информационная поддержка управления экологической безопасностью территорий Сибири // Проблемы безопасности и ЧС, 2010. №5. – С. 91-102.

382. Симонов К.В., Ничепорчук В.В., Бурцев А.А. Анализ риска ЧС на основе ГИС-моделирования данных // Труды VII Всероссийской ФАМ-2008 конференции. – Красноярск: СФУ, 2008. – Часть 2. – С. 224-236.

383. Система космического мониторинга КАСКАД [Электронный ресурс]. URL: <http://ukmmchs.ru>. (дата обращения 01.03.20).

384. Системный анализ: краткий курс лекций / Под ред. В.П. Прохорова. – М.: КомКнига, 2006. – 216 с.

385. Системный анализ и принятие решений: Словарь-справочник: Уч. пособ. для вузов. – М.: Высш. шк., 2004. – 616 с.
386. Словарь основных терминов и определений системы «Безопасность в чрезвычайных ситуациях». – М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2011. – 336 с.
387. Смил В. Глобальные катастрофы и тренды следующие 50 лет. – М.: АСТ-ПРЕСС КНИГА, 2012. – 368 с.
388. Смолин Д.В. Введение в искусственный интеллект. – М.: Физматлит, 2004. – 356 с.
389. Советов Б.Я. и др. Архитектура информационных систем: учебник. М.: Академия, 2012. – 283 с.
390. Советов Б.Я., Цехановский В.В., Чертовской В.Д. Интеллектуальные системы и технологии: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования. – М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 320 с.
391. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем: Учеб. для вузов. – М.: Высш. шк., 2001. – 343 с.
392. Современная геодинамика и гелиодинамика. Пособие по обеспечению личной безопасности при чрезвычайных ситуациях природного происхождения. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2005. – Кн. V. – 102
393. Современные системы мониторинга и прогнозирования ЧС / под. общ. ред. В.А. Пучкова. – М.: ФКУ ЦСИ ГЗ МЧС России, 2013. – 352 с.
394. Современные технологии защиты и спасения / Под общ. ред. Р.Х. Цаликова; МЧС России. – М.: Деловой экспресс, 2007. – 288 с.
395. Соколов Ю.И. К вопросу организации оповещения населения при возникновении ЧС // Проблемы анализа риска. – №1. Т.16, 2019. – С. 69-85.
396. Соммервилл М. Инженерия программного обеспечения. – М.: Вильямс, 2002. – 467 с.
397. Сосунов И.В. Актуальные вопросы гражданской обороны и защиты от чрезвычайных ситуаций в условиях реформы технического регулирования. Монография. – М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2008. – 254 с.

398. Сосунов И.В., Лисица В.Н. Актуальные вопросы предупреждения ЧС. МЧС России – М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2010.
399. Сосунов И.В. и др. Программно-технический комплекс «СМИС РСЧС»// Мониторинг. Наука и безопасность. №2 (14), 2013. – С. 8-13.
400. Спирли Э. Корпоративные хранилища данных. Планирование, разработка, реализация. Том. 1: Пер. с англ. – М.: "Вильямс", 2001.
401. Среднесибирское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. [Электронный ресурс]. URL:meteo.krasnoyarsk.ru. (дата обращения 25.04.20).
402. Статистика пожаров. [Электронный ресурс]. URL: sites.google.com/site/pojstat/home. (дата обращения 24.04.20).
403. Стручкова Г.П., Ничепорчук В.В., Капитонова Т.А. и др. Application of GIS in Modeling of territory flooding in the republic of Sakha (Yakutia) // Материалы Междунар. научно-практ. конф. « International conference prevention and management of emergencies in the Arctic. – Якутск, 2011, Ч.1. – С. 125-135.
404. Сурмин Ю.П. Теория систем и системный анализ: Учеб. пособ. – М.: МАУП, 2003. – 368 с.
405. Теория систем и системный анализ в управлении организациями: Справочник. – М.: Финансы и статистика, 2006 – 848 с.
406. Тикунов В.С. Моделирование в картографии: Учебник. – М.: Изд-во МГУ, 1997. – 404 с.
407. Тиханычев О.В. Общие подходы к обеспечению автоматизированной поддержки принятия решений. – М.: Эдитус, 2014. – 64 с.
408. Топольский Н.Г., Хабибулин Р.Ш., Рыженко А.А., Бедило М.В. Адаптивная система поддержки деятельности центров управления в кризисных ситуациях. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2014. – 151 с.
409. Тарасенко Ф.П. Прикладной системный анализ (Наука и искусство решения проблем): учебник. – Томск: Том. гос. ун-т, 2004. – 186 с.

410. Терешков В.И., Вильчик С.И, Ноженкова Л.Ф. Красноярская краевая интегрированная информационно-экспертная система по ЧС // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – Вып. 11, 1995. – С. 77-83

411. Техническое задание на выполнение работы «Разработка специального ПО АИУС РСЧС-2030 (I очередь)». Утверждено зам. начальника ВНИИ ГОЧС С.А. Качановым. – М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2015. – 46 с.

412. Тимофеева С.С., Хамидуллина Е.А. Оценка техногенных рисков: учебное пособие. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2015. – 208 с.

413. Тимофеева С.С. Ноксология: Практикум. – М.: ФОРУМ, 2014. – 160 с.

414. Трахтенгерц Э.А. Сетецентрические методы компьютерного противодействия катастрофам и рискам // Управление большими системами. – Выпуск 41, 2010. – С. 162-248.

415. Трофимова Н.В., Антамошкин О.А., Антамошкина О.А., Ничепорчук В.В. Система поддержки принятия решений по реагированию на ЧС и происшествия на опасных производственных объектах // Технологии гражданской безопасности, 2011. – Т.8. – №4(30). – С. 64-70.

416. Трофимова Н.В., Ничепорчук В.В. и др. Информационно-управленческие методы обеспечения безопасности туристической деятельности // Технологии гражданской безопасности, 2013. №2. – С. 62-67.

417. Трофимова Н.В., Антамошкин О.А., Ничепорчук В.В. и др. Разработка технологий обеспечения безопасности туристической деятельности (на примере природного парка «Ергаки») // Проблемы, пути и направления дальнейшего совершенствования природной, техногенной, пожарной безопасности населения и территорий субъектов РФ Сибирского федерального округа. Материалы конф.. – Новосибирск, 2011. – С.137-141.

418. Трофимова Н.В., Ничепорчук В.В. и др. Алгоритмическое и информационное обеспечение для оценки опасности наводнений / Труды XV Байкальской междунар. школы. – Т.5. – Иркутск: ИДСТУ РАН. – С. 141-145.

419. Туманов В.Е., Маклаков С.В. Проектирование реляционных хранилищ данных. – М.: Издательство Диалог-МИФИ, 2007. – 333 с.

420. Уломов В. И., Шумилина Л.С. Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации – ОСР-97. Масштаб 1:8 000 000. Объяснительная записка и список городов и населенных пунктов, расположенных в сейсмоопасных районах. – М.: ОИФЗ, 1999. – 57 с.

421. Управление рисками техногенных катастроф и стихийных бедствий (пособие для руководителей организаций). Монография. Под общей редакцией Фалеева М.И./ РНОАР. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2016. – 270 с.

422. Устименко А.В. Архитектура информационной среды для доступа и использования данных, полученных при зондировании Земли из космоса / Современные информационные технологии и ИТ образование / Сборник VII Международ. научно-практ. конф.. – М.: ИНТУИТ.РУ, 2012. – С. 939-950.

423. Фалеев М.И., Олтян И.Ю., и др.. Методология и технология дистанционной оценки риска // Проблемы анализа риска, 2018. – Т.15. – № 4, – С. 6-19.

424. Фалеев М.И., Соколов Ю.И. и др. Раннее предупреждение о чрезвычайных ситуациях. – М.: МЧС России, 2015. – 232 с.

425. Черемных С.В., Семёнов И.О., Ручкин В.С. Структурный анализ систем: IDEF-технологии. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 208 с.

426. Чернышов В.Н., Чернышов А.В. Теория систем и системный анализ: Учебное пособие. – Тамбов: Изд. гос. тех. ун-та, 2008. – 96 с.

427. Чернякова Н.А., Ничепорчук В.В. Программные средства мониторинга состояния окружающей среды на территориях Красноярского края. Труды XV Байкальской Всеросс. конф. «Информационные и математические технологии в науке и управлении» Ч. III. – Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2010. – С. 196-204.

428. Чубукова И.А. Data Mining: учебное пособие. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. – 382 с.

429. Чуйков А. Неосеменённая страна. / Аргументы недели №3(697), 20.01.2020. – С. 8-9.

430. Чура Н. Н. Техногенный риск: уч. пособие – М.: КНОРУС, 2011. – 280 с.

431. Хорошев А.Н. Управление решением проектных задач на предприятии // Современные научные исследования и инновации. – № 7, 2011. [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2011/11/4940> (дата обращения 27.12.20).

432. Хранилище данных дистанционного зондирования. [Электронный ресурс]. [http://gisweb.ciat.cgiar.org/sig/90m\\_data\\_tropics.htm](http://gisweb.ciat.cgiar.org/sig/90m_data_tropics.htm) 4940 (дата обращения 27.02.20).

433. Цаликов Р.Х., Акимов В.А. и др. Оценка природной, техногенной и экологической безопасности РФ. – М.: ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2009. – 464 с.

434. Цветков В.Я. Геоинформационные системы и технологии. – М.: Эко-Тренд, 1998.

435. Цветков В.Я. Информационные модели и информационные ресурсы // Известия вузов. геодезия и аэрофотосъёмка. – 2005. – №3. – с.85-95.

436. Шапарев Н.Я. Введение в проблемы устойчивого развития. – Красноярск: Изд-во КГПУ им. В.П. Астафьева, – 2010. – 368 с.

437. Шахраманьян М. А. Оценка сейсмического риска и прогноз последствия землетрясений в задачах спасения населения. – М.: ВНИИ ГОЧС, 2000. – 247 с.

438. Шахраманьян М.А., Акимов В.А. и др. Оценка природной и техногенной безопасности России. – М.: ФИД "Деловой экспресс", 1998. – 218 с.

439. Шахраманьян М. А., Акимов В.А., Козлов К.А. Оценка природной и техногенной безопасности России. – М.: Деловой экспресс, 1998. – 217 с.

440. Шахраманьян М. А., Ларионов В.И. и др. Методика оценки комплексного риска для населения от ЧС. – Москва: ВНИИ ГОЧС, 2002. – 21 с.

441. Шахраманьян М.А. Применение географических информационных систем для решения некоторых задач обеспечения национальной безопасности России. В книге: Новые инф. технологии в задачах обеспечения нац. безопасности России. – М.: МЧС России, 2003. – С. 27-48.

442. Швецов А.Н. Яковлев С.А. Распределённые интеллектуальные информационные системы. – СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2003. – 318 с.

443. Шеховцов О.И. и др. Интеллектуальные средства поддержки принятия управленческих решений. – СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2000. – 59 с.
444. Шмуллер Дж. Освой самостоятельно UML за 24 часа. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2002. – 352 с.
445. Шокин Ю.И., Москвичев В.В., Ничепорчук В.В. Методика оценки антропогенных рисков территорий и построения картограмм рисков с использованием ГИС // Вычислительные технологии, 2010. – Т.15. №1 – С. 120-131.
446. Шокин Ю.И., Москвичев В.В., Ноженкова Л.Ф., Ничепорчук В.В. Кризисные базы данных для управления безопасностью территорий // Вычислительные технологии, 2011. – Т.16. – №6. С.115-126.
447. Шокин Ю.И., Москвичев В.В., Ноженкова Л.Ф., Ничепорчук В.В. Использование распределенных баз геоданных для оценки состояния безопасности территорий // МПТ-2011. Математические и информационные технологии. Zbornik Radova. – Белград, 2012. – С. 355-359.
448. Шойгу С.К., Воробьёв Ю.Л., Владимиров В.А. Катастрофы и государство. – М.: Энергоиздат, 1997. – 160 с.
449. Шумилин В.К. ЧС и защита населения и предприятий: практические рекомендации и примеры. – М.: Изд-во «Альфа-Пресс», 2011. – 176 с.
450. Эколого-географическое картографирование и прогнозирование: монография. – Владивосток: Изд. Дальневост. федерал. ун-та, 2012. – 139 с.
451. Энциклопедия «Природные ресурсы Красноярского края». – Красноярск: КНИИГ и МС, 2007. – 472 с.
452. Якобсон А., Буч Г., Рамбо Дж. Унифицированный процесс разработки программного обеспечения – СПб.: Питер, 2002. – 496с..
453. Якубайлик О.Э. Методы и приемы пространственного анализа в ГИС: Уч. пособ. – Красноярск: Изд-во КрасГУ, 2001. – 140 с.
454. Якубайлик О.Э., Ничепорчук В.В. Моделирование затоплений территорий с использованием ГИС и ВЕБ-технологий/ Мониторинг, моделирование

опасных природных явлений и ЧС: Материалы IV Всеросс. конф. – Железногорск; СибПСА ГПС МЧС России, 2014. – С. 22-26.

455. Ямалов И.У. Моделирование процессов управления и принятия решений в условиях ЧС. – М.: Лаборатория базовых знаний, 2013. – 288 с.

456. Ясницкий Л.Н. Интеллектуальные информационные технологии и системы. – Пермь: ПГУ, 2007. – 270 с.

457. ARC/INFO MAPS, Maps Demonstrate Sophisticated Use of GIS for Many Applications. ESRI. 1990. 96 p.

458. Boucher T.O., etc. Reliability, Validity, and Imprecision in Fuzzy Multicriteria Decision Making // IEEE Trans. Syst., Man, Cybern., Part C. 2002, V. 32. No. 3.

459. Bowles D.S. Tolerable risk guidelines for dams: Principles and applications. Risk analysis, Dam Safety, Dam Security and Critical Infrastructure Management- Escuder-Bueno et al. (eds). Taylor & Francis Group. London, 2011.

460. Bowles D.S., and L.R. Anderson. “Risk-informed Dam Safety Decision-Making.” ANCOLD Bulletin, V. 123, 2003. pp. 91-103.

461. Cios J. Krzysztof. Data Mining: A Knowledge Discovery Approach. OLAP Server Architectures. Springer, 2007.

462. Codd E. F., Codd S.B. Providing OLAP. On-line Analytical Processing to User-Analists: An IT Mandate – C. T. Salley, E. F. Codd & Associates, 1993. – 27 p.

463. Christopher Negus With William Henry. Docker Containers. Build and Deploy with Kubernetes, Flannel, Cockpit, and Atomic. – Indiana US: Pearson Education, Inc., 2015. 319 p.

464. Complete Flood Management with ArcGIS. URL: [waterresources.maps.arcgis.com/apps/MapSeries](http://waterresources.maps.arcgis.com/apps/MapSeries). (дата обращения 07.12.15).

465. Comprehensive Emergency Management Program. Arlington, Virginia, 2009. 25 p.

466. Crozier M.J., Glade T. Landslide Hazard and Risk: Issues, Concepts and Approach// Landslide Hazard and Risk/T.Glade, M. Anderson and M.J. Crozier, eds. – John Wiley & Sons, 2004. Pp. 1-40.

467. De Groeve T., Poljansek K., Ehrlich D. Recording Disaster Losses. JRC scientific and Policy reports. European Commission, 2013. 76 p.

468. De Groeve T., Thomas P., Annunziato A., Vernaccini L. Global Disaster Alert and Coordination System. [Электронный ресурс]. URL: researchgate.net. (дата обращения 21.04.20).

469. Emergency Management Principles and Practices for Health Care Systems. Unit 2. Incident Command System, MultiAgency Coordination Systems and the Application Strategic NIMS Principles. USA: Emergency Management Ac, 2010. 150 p.

470. Emergency operations center course. Standardized emergency management system. Participant reference manual. USA:CA, 2003. 94 p.

471. Global Risk and Vulnerability Index –Trends per Year (GRAVITY). Geneva: The “GRAVITY-Team”, United Nations Environment Program – Global Resource Information. Database, 2001-2003.

472. Haddow G.W., Bullock J.A. Introduction to Emergency Management. Elsevier Butterworth Heinemann, 2006. 43 p.

473. Health and Safety Executive. Principles and Guidelines to Assist HSE in its Judgments that Duty Holders. Have Risk as Low as Reasonably Practicable. 2002. [Электронный ресурс]. URL: hse.gov.uk. (дата обращения 20.04.20).

474. IEEE Standard Computer Dictionary: A Compilation of IEEE Standard Computer Glossaries. NY, 1990.

475. Incident management handbook. US Coast Guard. US Homeland Security, 2006. 372 p.

476. Independent Study Program. Course Brochure. USA: FEMA, 2016. 25p.

477. Integrated Measurement and Information System for monitoring of environmental activity (IMIS). [Электронный ресурс]. URL: imis.bfs.de/geoportal/. (дата обращения 23.04.20).

478. International search and rescue advisory group. [Электронный ресурс]. URL: insarag.org. (дата обращения 22.04.20).

479. Inmon W. Building the Data Warehouse – John Willey & Sons. NY, 1992.

480. Lei Zhou, Xianhua Wu, Zeshui Xu, Hamido Fujita. Emergency decision making for natural disasters: An overview // *International Journal of Disaster Risk Reduction*. 27, 2018. Pp. 567–576.

481. Kaplan, S. and Garrick, J. (1981) On the quantitative definition of risk. *Risk Analysis* 1(1), 11–27.

482. Kein D., Andrienko G., Fekete J.-D., GörP C., Kohlhammer J., Melancon G. Information visualization. Vol. 4950 of *Lecture Notes in Computer Science*. Springer, 2008, ch. Visual Analytics: Definition, Process, and Challenges, Pp. 154–175.

483. Kimball Ralph, *The Data Warehouse Toolkit: Practical Techniques for Building Dimensional Data Warehouses*, John Wiley & Sons, 1996. 449 p.

484. Kimball Ralph, *The Data Webhouse Toolkit: Building the Web-Enabled Data Warehouse*", John Wiley & Sons, 2000.

485. Kolin B., Honnes S., Huijskes E. Flood preparedness in The Newslands: a US perspective. USA: NL, 2012. 185 p.

486. Korobko A.V., Penkova, T.G., Nicheporchuk V.V. etc. The integral OLAP-model of the emergency risk estimation in case of Krasnoyarsk region // *Proc. 36th Intern. Convention. The conf. «Business Intelligence Systems»*, 2013. Pp. 1456-1461.

487. Liu, Z., Wang, L., & Shen, H. (2018). Blue book of disaster prevention and emergency in Chinese alliance. *Zhonghua wei zhong bing ji jiu yi xue*, 30(6), 515-517.

488. *Living with Risk. A Global Review of Disaster Reduction Initiatives. International Strategy for Disaster Reduction*. United Nations, Geneva, 2002. 382 p.

489. Marr Bernard, Ward Matt. *Artificial intelligence in practice: How 50 successful used artificial intelligence to solve problems*. Wiley, 2019. 320 p.

490. Nagabhushana S. *Data Warehousing OLAP and Data Mining*. – New Delhi: New Age International Publishers, 2006. 351 p.

491. National centers of environmental information. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ngdc.noaa.gov/ngdc.html>. (дата обращения 07.02.15).

492. National center for environmental prediction. *Global Forecast System*. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.nco.ncep.noaa.gov/pmb/products/> (дата обращения 28.02.20).

493. National Incident Management System. US: Homeland Security, 2008. 170 p. [Электронный ресурс]. URL: dhs.gov. (дата обращения 22.04.20).
494. Natural Hazard Risk Assessment//Taming Natural Disasters, 2005.
495. Nicheporchuk V.V., Lepikhin A.M., Moskvichev V.V. Simonov K.V. Investigation of ecological danger for territories of Siberia. Journal Ecology and Safety. Burgas, Bulgaria, 2009. Vol.3, Part 2, Pp. 104-122.
496. Nicheporchuk V.V., Chernyakova N.A. Use geoinformation technologies for emergency risk estimation on water objects of Siberia. Zbornik radova konferencije MIT-2013. Beograd, 2014. – Pp. 471-478.
497. Nicheporchuk V.V., Chernyakova N.A. Application of data infrastructure for estimation of emergency risks // Application of Information and Communication Technologies (AICT), 2017. – Conference Proceedings. – Vol. 2033. – Pp. 280-284
498. Nicheporchuk V.V., Nozhenkov A.I., Nozhenkova L.F. Integrated emergency monitoring system in Krasnoyarsk region // Computer science and engineering (2017 3rd International Conference on Artificial Intelligence and Industrial Engineering (AIIE2017). Proceeding). Shanghai, China. – Pp. 292-296.
499. Nicheporchuk V.V. Method of using hazard criteria for identifying hazardous situations // CEUR Workshop Proceedings (CEUR-WS.org) Vol. 2534. ISSN 1613-0073. Proceedings of the All-Russian Conference "Spatial Data Processing for Monitoring of Natural and Anthropogenic Processes" (SDM-2019) – Pp. 427-433.
500. Nicheporchuk V.V., Nozhenkov A.I. The technology of situational modeling of dangerous events for territorial management information support // Procedia Structural Integrity. – 2019, №20C. – Pp. 248-253.
501. Open Geospatial Consortium (OGC). [Электронный ресурс]. URL: www.ogc.org (дата обращения 24.04.20).
502. Penkova, T.G., Korobko A.V., Nicheporchuk V.V. Emergency situations monitoring use OLAP-technology // Proc. 35th International Convention. The conference «Business Intelligence Systems (miproBIS)», 2012. – Pp. 1941-1946.

503. Penkova T.G., Korobko A.V., Nicheporchuk V.V., Nozhenkova L.F. On-line modelling and assessment of the state of technosphere and environment objects based on monitoring data // *Procedia Computer Science*, Vol. 35 (2014). Pp. 156-165.

504. Penkova T., Korobko A., Nicheporchuk V., Nozhenkova L., Metus A. On-line Control of the Natural and Anthropogenic Safety in Krasnoyarsk Region // *International Journal of Social, Behavioral, Educational and Management Engineering: World Academy of Science, Engineering and Technology*, Vol.9 N8. (2015) Pp. 2336-2341.

505. Penkova T.G., Korobko A.V., Nicheporchuk V.V., Nozhenkova L.F. On-line Control of the State of Technosphere and Environment Objects in Krasnoyarsk region // *International Journal of Knowledge-based and Intelligent Engineering Systems*, IOS Press, 2016. V. 20, N 2. Pp.65-74, DOI 10.3233/KES-160330.

506. Reduction and predictability of natural disaster // Eds. J.B. Rundle, D.I. Tircotte, W. Klein. Proceedings and workshop "Reduction and predictability of natural disasters". held January 5-9, 1994 in Santa-Fe, New-Mexico, 1995.

507. Response Information Management System (RIMS) Replecement. Feasibility Study Report. USA: CA, 2008. 127 p.

508. Risk Factor of Earth. – Munich Re, 2007, Risk Mapping in the New Member States. A Summary of General Practices for Mapping Hazards, Vulnerability and Risk. – European Commission, Joint Research Centre, 2007

509. Scott J.H., Burgan R.E. Standard fire behavior fuel models: a comprehensive set for use with Rothermel's surface fire spread model. USDA, forest Service, Rocky Mountain Research Station. General Tech.l Report RMRS – GTR – 153, 2005. – 80 p.

510. Schwarzenegger A., Bettenhausen M.R. Standardized emergency management system. SEMS Guidelines. USA:CA, 2009. 616 p.

511. Shokin Yu. I., Moskvichev V. V., Nicheporchuk V. V. Method of Assessment of Human-Induced Area Risks and Creation of Risk Map Using Geoinformation Systems // *Jornal of American Society of Civil Engineers "Vulnerability, Uncertainty, and Risk Analysis, Modeling, and Management"*. 2011. ASCE Conf. Proc. doi:10.1061/41170(400)54.

512. Tatiana Penkova, Valeriy Nicheporchuk, and Anna Metus. Comprehensive Operational Control of the Natural and Anthropogenic Territory Safety Based on Analytical Indicators //International Joint Conference, IJCRS 2017. Olsztyn, Poland, July 3–7, 2017. Proceedings, Part I. Pp. 263-270. DOI 10.1007/978-3-319-60837-2.

513. Technology for Disaster Reduction. – United Nations University, 2001.

514. Trofomova N.V., Nicheporchuk V.V., Gerasimov V.S. Method of territory ranging in terms of the level of danger // Journal of International scientific publications: Ecology and Safety. Burgas, Bulgaria. Vol. 8, 2014. p. 237-248.

515. Urban Flood Risk Management – A Tool for Integrated Flood Management. –WMO/GWP Associated Programme on Flood Management, 2008.

516. Using ArcViewGIS: The Geographic Information System of Everyone. – ESRI Press, 1999. 350 p.

517. Wrembel Robert, Koncilia Christian. Data warehouses and OLAP: concepts, architectures, and solutions. IRM Press, 2007. P. 1–26.

518. The USGS Earthquake Hazards Program. [Электронный ресурс]. URL: [earthquake.usgs.gov/earthquakes/map/](http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/map/). (дата обращения 21.04.20).

519. Vrijling, J.K. et Alt, (1998): Acceptable risk as a basis for design, Journ. Rel. Engin and System Safety 59.

520. Vrijling, J.K., van Gelder, P.H.A.J.M., (1998): Societal risk and the concept of risk aversion, ESREL, 1997. Pp. 45-52.

521. Weather forecast. [Электронный ресурс]. URL: [openweathermap.org](http://openweathermap.org). (дата обращения 21.04.20).

522. Yevsyukov A.A., Nicheporchuk V.V., Markov A.A.. Operational geomodeling for monitoring of the emergency situations on the territory of Siberian federal district // Сб. матер. Междунар. научно-практ. конгресса «Совершенствование системы управления, предотвращения ЧС». – Новосибирск: СГГА, 2010. – С. 96-101.

523. Zhou, L., Tan, Y., Kang, M., Liu, F., Ren, R., Wang, Y., Zhang, H., 2017. Preliminary epidemiology of human infections with highly pathogenic avian influenza A (H7N9) virus, China. Emerging infectious diseases, 23(8), 1355.

## Приложение 1. Список сокращений и условных обозначений

АСУ	Автоматизированная система управления
АСУ ТП	Автоматизированная система управления технологическими процессами
АСФ	Аварийно-спасательное формирование
АИУС	Автоматизированная информационно-управляющая система РСЧС
АСКРО	Автоматизированная система контроля радиационной обстановки
АХОВ	Аварийно химически опасное вещество
БД	База данных
БЗ	База знаний
БПЛА	Беспилотный летательный аппарат
БПД	Банк пространственных данных
ВНИИ	Федеральное государственное бюджетное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России, федеральный центр науки и высоких технологий
ГОЧС (ФЦ)	исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России, федеральный центр науки и высоких технологий
ВНИИ ПО	Всероссийский научно-исследовательский институт пожарной охраны
ГИС	Геоинформационная система
ГПС	Государственная противопожарная служба
ГТС	Гидротехническое сооружение (например, дамба, плотина)
ГУ МЧС	Главное управление МЧС России по субъекту РФ
ГКХ	Горно-химический комбинат
ГЭС	Гидроэлектростанция
ЕДДС	Единая дежурно-диспетчерская служба муниципального образования
ЕнБВУ	Енисейское бассейновое водное управление Министерства природных ресурсов Российской Федерации
ЖКХ	Жилищно-коммунальное хозяйство
КА	Космический аппарат
КПО	Класс пожарной опасности
ЛПОКИ	Лаборатория приёма и обработки космической информации
ЛПР	Лицо, принимающее решение
МО	Муниципальное образование
МПО	Муниципальный пост пожарной охраны
МЧС	Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий

МХД	Менеджер хранилища данных
НП	Населённый пункт
ОДС	Оперативная дежурная смена
ОКАТО	Общероссийский классификатор административно -территориальных образова- ний
СППР	Система поддержки принятия решений
СРЦ	Сибирский региональный центр по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий
СУГМС	Среднесибирское территориальное управление по гидрометеорологии и мони- торингу окружающей среды
ТП РСЧС	Территориальная подсистема Единой государственной системы предупрежде- ния и ликвидации ЧС
ЧС	Чрезвычайная ситуация
ЦМР	Цифровая модель рельефа
ЦУКС	Центр управления кризисными ситуациями
ЭС	Экспертная система
ASTER	Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer
GDEM	(Усовершенствованный космический радиометр излучения и отражения) – дис- танционное сенсорное устройство КА Terra, для уточнения ЦМР
ETL	Extract, Transform, Load (Извлечение, Преобразование, Загрузка) –средства кон- солидации данных
GRIB	GRIdded Binary – математический формат сжатых данных, обычно используе- мый в метеорологии для хранения исторических и прогнозируемых данных о погоде. Стандартизирован Всемирной метеорологической организации
shp	Открытый формат пространственных данных фирмы ESRI
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission (Радиолокационная топографическая миссия шаттла) – международный исследовательский проект по созданию цифровой модели высот Земли с помощью радарной топографической съёмки её поверх- ности

Приложение 2. Документы о применении результатов  
диссертационной работы

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2018661879

**«Программный комплекс для мониторинга и  
прогнозирования чрезвычайных ситуаций – ЭСПЛА-М»**

Правообладатель: *Общество с ограниченной ответственностью  
«Научно-производственная компания «Техносфера» (RU)*

Авторы: *Ноженков Александр Ильич (RU), Ноженкова Людмила  
Федоровна (RU), Ничепорчук Валерий Васильевич (RU), Пенькова  
Татьяна Геннадьевна (RU), Коробко Анна Владимировна (RU), Марков  
Алексей Александрович (RU), Метус Анна Михайловна (RU)*



Заявка № 2018616724

Дата поступления 29 июня 2018 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 20 сентября 2018 г.

Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

 Г.П. Ивлиев

## РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2009615944

«Система комплексной поддержки управления  
по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций  
ЭСПЛА-ПРО»

Правообладатель(ли): *Учреждение Российской академии наук  
Институт вычислительного моделирования  
Сибирского отделения РАН (RU)*

Автор(ы): *Ноженкова Людмила Федоровна,  
Исаев Сергей Владиславович, Ничепорчук Валерий Васильевич,  
Морозов Роман Викторович, Марков Алексей Александрович,  
Евсюков Александр Анатольевич (RU)*

Заявка № 2009614812

Дата поступления 3 сентября 2009 г.

Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ  
27 октября 2009 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной  
собственности, патентам и товарным знакам

Б.П. Симонов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**СВИДЕТЕЛЬСТВО**

о государственной регистрации программы для ЭВМ

**№ 2011612987****«Система анализа данных мониторинга чрезвычайных ситуаций  
OLAP-GIS»**

Правообладатель(ли): **Учреждение Российской академии наук  
Институт вычислительного моделирования  
Сибирского отделения РАН (RU)**

Автор(ы): **Ноженкова Людмила Федоровна,  
Ничепорчук Валерий Васильевич, Марков Алексей Александрович,  
Евсюков Александр Анатольевич (RU)**

Заявка № **2011611126**Дата поступления **22 февраля 2011 г.**Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ  
**14 апреля 2011 г.**

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной  
собственности, патентам и товарным знакам

Б.П. Симонов

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель начальника  
Главного управления МЧС  
России по Красноярскому краю  
полковник

В.В. Сизых



«31» марта 2020 г.

**А К Т****о внедрении комплекса программ для ЭВМ в работу  
Главного управления МЧС России по Красноярскому краю**

Комиссия в составе

председатель: Заместитель начальника Главного управления (по гражданской обороне и защите населения) – начальник управления гражданской обороны и защиты населения полковник Ветчинников Р.И.

члены комиссии:

заместитель руководителя территориального органа (главный Государственный инспектор по маломерным судам Красноярского края) Государственный советник РФ 3 класса Терешков В.И.;

начальник ЦУКС ГУ МЧС России по Красноярскому краю полковник внутренней службы Гилек С.А.;

начальник отдела мониторинга и моделирования и организации проведения превентивных мероприятий ЦУКС ГУ МЧС России по Красноярскому краю майор внутренней службы Уколов А.В.

составили настоящий акт о том, что комплекс программ для ЭВМ, разработанный в ИВМ СО РАН, внедрен в работу Главного управления МЧС России по Красноярскому краю.

Экспертная геоинформационная система поддержки экстренного реагирования ЭСПЛА-ПРО применяется в оперативной дежурной смене Центра управления в кризисных ситуациях для расчёта последствий химических аварий, затоплений территорий, анализа пожарной безопасности сельских населённых пунктов. Реализованная в программе технология

ситуационного моделирования позволила значительно сократить время принятия решений по экстренному реагированию.

Информационно-аналитическая система мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций ЭСПЛА-М применяется в Территориальном центре мониторинга и прогнозирования ЧС Красноярского края для раннего обнаружения опасностей и угроз, оперативного предоставления детализированной информации об обстановке. С использованием ЭСПЛА-М сформировано хранилище данных комплексного оперативного мониторинга обстановки, объём которого позволил решить ряд смежных задач поддержки управления, включая анализ рисков чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, формирование аналитических отчётов и др.

Председатель комиссии

— Ветчинников Р.И.

Члены комиссии:

Терешков В.И.

Гилек С.А.

Уколов А.В.

## УТВЕРЖДАЮ

Исполняющий обязанности руководителя  
главного управления по ГО, ЧС и ПБ  
администрации города Красноярска



В. В. Подлегаев

2020 г.

## А К Т

**о внедрении результатов  
докторской диссертационной работы  
Ничепорчука Валерия Васильевича**

Настоящим актом подтверждается, что результаты, полученные в диссертационной работе **«Ресурсы и технологии региональных информационно-аналитических систем природно-техногенной безопасности»**, используются в главном управлении по делам ГО, ЧС и ПБ администрации города Красноярска при разработке Планов действий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций, Паспорта территории города, Паспорта безопасности города, планировании комплексных учений и тренировок.

Внедрение программных систем ситуационного моделирования, спроектированных и разработанных коллективом ИВМ СО РАН при активном участии Ничепорчука В. В. позволило повысить эффективность функционирования Единой дежурно-диспетчерской службы города Красноярска по реагированию на происшествия природного и техногенного характера.

Начальник отдела защиты населения  
главного управления по ГО, ЧС и ПБ  
администрации города Красноярска

Ю.А. Попков

УТВЕРЖДАЮ

ВрИО начальника ФГБОУ ВО  
Сибирская пожарно-спасательная  
академия ГПС МЧС России  
генерал-майор внутренней службы  
А.А. Назаров



2019 г.

АКТ

от «20» декабря 2019 г.

о внедрении результатов научно-исследовательской работы в практику

**Председатель:** Сергеев И.Ю. – первый заместитель начальника ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, кандидат технических наук, полковник внутренней службы

**Члены комиссии:** Мельник А.А. – заместитель начальника ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России по научной работе – начальник научно-технического центра, кандидат технических наук, доцент, полковник внутренней службы

Елфимова М.В. – заместитель начальника ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России по учебной работе, кандидат технических наук, доцент, полковник внутренней службы

Матеров Е.Н. - заведующий кафедрой физики, математики и информационных технологий ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, кандидат физико-математических наук.

Комиссия удостоверяет, что результаты диссертационной работы старшего научного сотрудника Института вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук – обособленного подразделения ФИЦ КНЦ СО РАН кандидата технических наук Ничепорчука Валерия Васильевича на тему «Ресурсы и технологии региональных информационно-аналитических систем природно-техногенной безопасности» используются при подготовке адъюнктов в ФГБОУ Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, а именно, при исследовании

принципов информационной поддержки управления природно-техногенной безопасности, моделировании информационно-аналитических систем поддержки управления, построении алгоритмов ситуационного моделирования, аналитической обработки мониторинговых данных.

Результаты внедрены в дисциплину «Математические методы и информационные технологии в научных исследованиях», направление подготовки 20.07.01 «Техносферная безопасность» (уровень подготовки кадров высшей квалификации).

**Председатель:**

Сергеев И.Ю.

**Члены комиссии:**

Мельник А.А.

Елфимова М.В.

Матеров Е.Н.

УТВЕРЖДАЮ

Директор Института лесных технологий  
ФГБУ ВО «Сибирский государственный  
университет науки и технологий имени  
академика М.Ф. Решетнева»

С.В. Верховец



### СПРАВКА О ВНЕДРЕНИИ

Выдана для представления в диссертационный Совет о том, что результаты докторской диссертационной работы Валерия Васильевича Ничепорчука «Ресурсы и технологии региональных информационно-аналитических систем природно-техногенной безопасности» по методам анализа и управления рисками потенциально опасных объектов и территорий используются в учебном процессе на кафедре «Безопасности жизнедеятельности» в преподавании специальных курсов и подготовке научных работ студентами выпускных курсов дневного отделения. Результаты исследования включены в учебные пособия и используются в научно-исследовательской работе Университета.

Зав. кафедрой БЖД СибГУ,  
к.ф.-м.н., доцент

О.В. Тасейко