

УДК 614.8.01:502/504:004

ISSN 1812-5220
© Проблемы анализа риска, 2018

Система аналитических показателей для стратегического контроля природно-техногенной безопасности территорий

В. В. Ничепорчук,
Т. Г. Пенькова,
ИВМ СО РАН,
г. Красноярск

Аннотация

Предложена иерархическая система аналитических показателей для стратегического контроля природно-техногенной безопасности территорий на различных уровнях управления (субъектного, муниципального и местного). С применением технологий хранилищ данных и оперативной аналитической обработки рассчитаны многомерные показатели состояния безопасности территорий Красноярского края. Разработанная система показателей позволяет в дальнейшем реализовать методы интегрального оценивания состояния территорий в целом и по отдельным обстановкам.

Ключевые слова: аналитические показатели, стратегический контроль, природно-техногенная безопасность, территориальное управление.

Содержание

Введение

1. Информационные ресурсы стратегического контроля природно-техногенной безопасности территорий
 2. Система аналитических показателей природно-техногенной безопасности территорий Красноярского края
- Заключение
Литература

Введение

Обеспечение безопасности населения является одной из приоритетных задач территориального управления [1—3]. Успешность мероприятий по снижению рисков возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера во многом определяется адекватной оценкой текущей обстановки и своевременным принятием обоснованных решений на всех уровнях управления. Исследования показывают, что управление уровнем безопасности территорий должно осуществляться по двум основным направлениям: оперативному и стратегическому [4, 5]. Оперативное управление обеспечивает постоянный контроль параметров состояния опасных объектов и окружающей среды, выявление предпосылок к возникновению ЧС; направлено на организацию превентивных мероприятий по предотвращению возможных аварий или смягчение тяжести их последствий. В свою очередь стратегическое управление ориентировано на глобальное снижение риска на территории; обеспечивает сбор, хранение и всесторонний анализ данных безопасности; направлено на планирование мероприятий и разработку рекомендаций по уменьшению риска, совершенство-

вание организационной структуры подразделений, отвечающих за ликвидацию последствий ЧС.

Для решения задач повышения безопасности населения и территорий активно внедряются системы оперативного управления [6, 7]. На сегодняшний день созданы обширные сети мониторинга потенциальных источников ЧС, развернуты сети метеостанций и сейсмостанций, внедряются датчики контроля параметров функционирования на различных объектах хозяйствования, используются системы видеомониторинга. Кроме инструментальных средств мониторинга развиваются и теоретические исследования в области стратегического управления безопасностью. В России и в мире ведется большое количество исследований по разработке методов анализа рисков, методов оценивания текущего состояния и прогнозирования развития ситуаций. Много работ посвящено контролю природной и техногенной безопасности территорий, в том числе исследованию метеорологической и гидрологической напряженности территории Томской области [8]; исследованию биоклиматических показателей Волгоградской области [9]; исследованию рисков экологической обстановки Краснодарского края [10]; исследованию состояния гидротехнических сооружений [11]. Однако существующие решения управления территориальной безопасностью, как правило, ориентированы на отдельные сферы: метеорологическую, гидрологическую, сейсмическую, радиационную и т. д. Такая фрагментарность не позволяет оценивать состояние природно-техногенной безопасности территорий в целом. Необходимо рассматривать сферы мониторинга комплексно и формировать интегральную оценку состояния безопасности территорий с возможностью детализации по отдельным обстановкам. При этом качество получаемых оценок во многом зависит от системы используемых показателей. В связи с этим формирование эффективной системы показателей природно-техногенной безопасности становится одной из ключевых задач информационной поддержки стратегического управления.

В данной работе предложена иерархическая система аналитических показателей стратегического контроля природно-техногенной безопасности территорий, сформированная на основе анализа многолетних данных оперативного мониторинга чрезвычайных ситуаций и формализации данных паспортов территорий Красноярского края [12—14].

1. Информационные ресурсы стратегического контроля природно-техногенной безопасности территорий

Показатели стратегического контроля природно-техногенной безопасности формируются на основе анализа накопленных статистических и отчетных данных ведомственных систем мониторинга, а также нормативно-правовых документов МЧС России и других федеральных ведомств, ведущих мониторинг опасных событий [15]. Отраслевые приказы, методики и рекомендации определяют порядок и формы учета ситуаций и происшествий, имеющих последствия в виде смерти, травмирования людей и материального ущерба. Также подлежат учету ситуации, связанные с ухудшением жизнедеятельности населения (например, аварии на системах жилищно-коммунального хозяйства) и природные явления, масштаб которых может вызвать негативные последствия для нормальной жизнедеятельности населения, нарушить функционирование объектов и коммуникаций.

Показатели природно-техногенной безопасности территорий характеризуют события техногенного характера, события природного характера и результаты мониторинга окружающей среды, представляющие потенциальную угрозу безопасности территорий. В зависимости от решаемых задач управления территориальной безопасностью состав показателей может быть расширен данными экологического, санитарно-эпидемического и других видов мониторинга.

С целью формирования системы показателей стратегического контроля природно-техногенной безопасности собраны, обработаны и проанализированы следующие оперативные базы данных ведомственных структур.

1. Чрезвычайные ситуации и происшествия. Ведется органами управления МЧС России в соответствии с Приказом МЧС РФ от 08.07.2004 № 329 «О критериях чрезвычайных ситуаций». Документ устанавливает критерии отнесения ситуации к ЧС для всех типов опасных событий, возможных на территории Российской Федерации. Например, согласно документу, к ЧС относятся события, повлекшие смерть двух и более человек или травмирование четырех и более человек; события меньшего масштаба идентифицируются как происшествия.

2. Техногенные и бытовые пожары. Ведется органами управления МЧС России (до 2002 года МВД)

в соответствии с Приказом МВД РФ от 30.06.1994 № 332 (ред. от 07.07.1995) «Об утверждении документов по государственному учету пожаров и последствий от них в Российской Федерации». Учитываются все случаи возгорания техногенного характера.

3. *Дорожно-транспортные происшествия.* Ведется органами управления МВД России и Министерства транспорта России в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 29.06.1995 № 647 (ред. от 04.09.2012) «Об утверждении Правил учета дорожно-транспортных происшествий».

4. *Аварии жилищно-коммунального хозяйства.* Ведется оперативными дежурными сменами ЕДДС муниципальных образований и региональными министерствами (управлениями) ЖКХ. Учитываются ситуации, связанные с аварийными (внеплановыми) отключениями систем электро-, водо-, тепло-, газоснабжения, а также аварии на системах канализации.

5. *Затопления территорий.* Ведется органами управления Минприроды России — бассейновыми водохозяйственными управлениями. Учитываются все случаи превышения уровней воды в водотоках и водоемах, а также склоновые, сопровождающиеся ущербами для населения и объектов экономики. Эти же ведомства ответственны за ведение *данных по режимам работы гидроэлектростанций*, включающих мониторинг расходов сброса и наполнения водохранилищ.

6. *Природные пожары.* Ведется территориальными органами Рослесхоза РФ (лесопожарными центрами) на основании данных наземного, авиационного и космического мониторинга.

7. *Сейсмособытия.* Ведется сейсмологической службой РАН и международными организациями (USGS и др.). Учитываются природные сейсмособытия (землетрясения) и техногенные промышленные взрывы.

8. *Радиационная обстановка.* Ведется подразделениями Росатома в зонах расположения предприятий атомной промышленности. В Красноярском крае работает сегмент системы наблюдений АКСРО. Посты контроля радиационной обстановки, оборудованные датчиками гамма-излучения и автоматическими метеостанциями, принадлежат ФГБУ «Среднесибирское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (СУГМС)», Управлению Роспотребнадзора по Красноярскому

краю, Министерству природных ресурсов и экологии края, ФГУП «Горно-химический комбинат». С 2011 года работают посты радиационно-химического мониторинга Главного управления МЧС России по Красноярскому краю.

9. *Метеорологические наблюдения.* Регистрация данных осуществляется метеорологическими станциями СУГМС и постами экологического мониторинга Министерства природных ресурсов. Кроме того, подразделениями Росгидромета ведется база данных опасных метеорологических явлений (ОМЯ). Критерии ОМЯ утверждены РД 52.04.563-2013 «Инструкция по подготовке и передаче штормовых сообщений наблюдательными подразделениями».

10. *Гидрологические наблюдения.* Регистрация данных осуществляется на водомерных постах СУГМС и временных постах наблюдений, организуемых ЕДДС муниципальных образований в период прохождения весеннего половодья.

Таким образом, система показателей стратегического контроля природно-техногенной безопасности территорий формируется на основе интеграции комплекса информационных ресурсов мониторинга обстановки, опасных событий и характеристик территорий (рис. 1). Центральное место в интеграции занимает контроль чрезвычайных ситуаций и происшествий. Основные системообразующие элементы — общероссийский классификатор территорий (ОКАТО), классификаторы видов и масштабов событий. Учитывая тот факт, что для большинства событий определение масштаба, выраженного в виде материального ущерба, затруднительно, при формировании показателей используются временные (продолжительность события или явления) и пространственные характеристики (площадь зоны действия поражающих факторов ЧС, расстояние до защищаемых объектов и др.). Данные о характеристиках территорий формируются на основе статистической и отчетной информации, представленной в государственных докладах и на веб-ресурсах [16].

Предлагается следующая иерархическая система показателей контроля природно-техногенной безопасности территорий.

- **Метеорологическая обстановка:**

- количество событий «Аномально холодная погода»;
- количество событий «Сильная жара»;

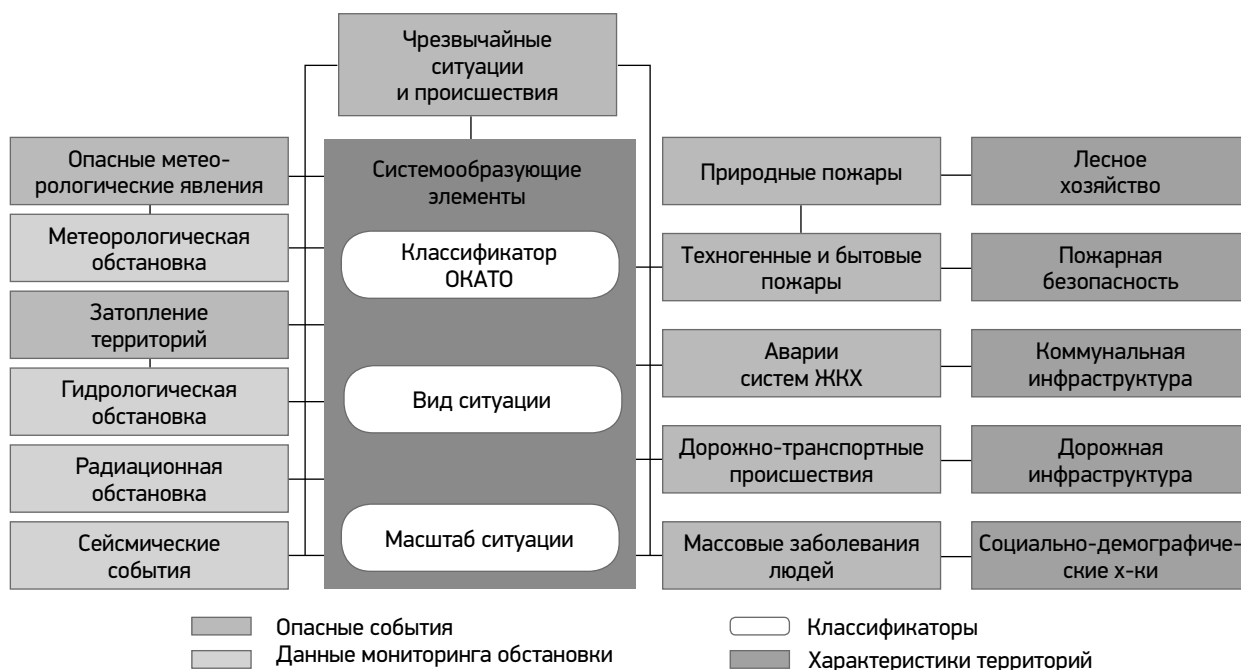


Рис. 1. Состав информационных ресурсов стратегического контроля природно-техногенной безопасности территорий

- количество событий «Аномально жаркая погода»;
- количество событий «Очень сильный ветер»;
- количество событий «Метель»;
- количество событий «Ливневый дождь»;
- количество событий «Продолжительный сильный дождь»;
- количество событий «Ливневый снег»;
- количество событий «Резкий суточный перепад температуры»;
- количество событий «Гроза».
- **Гидрологическая обстановка:**
 - количество событий «Превышение допустимого уровня воды в реке»;
 - количество событий «Ледовый затор (зажор)»;
 - количество событий «Продолжительный ледостав (ледоход)»;
 - количество событий «Объемы сброса ГЭС выше (ниже) установленных».
- **Паводковая обстановка:**
 - количество случаев затоплений жилого сектора;
 - количество случаев затоплений производственных объектов и инфраструктуры;
 - процент гидротехнических сооружений в предаварийном и аварийном состояниях.

- **Сейсмическая обстановка:**
 - количество сейсмособытий магнитудой более 3 баллов;
 - количество сейсмособытий магнитудой более 5 баллов.
- **Радиационная обстановка:**
 - количество событий «Эксп. доза гамма-излучения от 20 до 40 мкР/час»;
 - количество событий «Эксп. доза гамма-излучения свыше 40 мкР/час».
- **Лесопожарная обстановка:**
 - количество лесных пожаров на 1 кв. км леса;
 - количество нелесных пожаров на 1 кв. км территории;
 - количество верховых пожаров на 1 кв. км леса;
 - количество низовых пожаров на 1 кв. км леса;
 - количество крупных (более 100 га) пожаров на 1 кв. км леса;
 - процент от площади территории, пройденной пожарами;
 - количество природных пожаров вблизи населенных пунктов (менее 5 км).
- **Пожарная обстановка:**
 - количество бытовых и производственных пожаров на 10 000 населения;

- количество пожаров с погибшими на 10 000 населения;

- количество пожаров с пострадавшими на 10 000 населения.

- **Обстановка на объектах техносферы:**

- количество аварийных ситуаций на производственных объектах;

- количество аварий на объектах ведения горных работ;

- количество аварий на магистральных нефте- и газопроводах.

- **Транспортная обстановка:**

- количество аварий на автомобильном транспорте на 100 км автодороги;

- количество аварий на железнодорожном транспорте на 100 км магистрали;

- количество аварий на авиационном транспорте на 100 кв. км территории;

- количество аварий на водном транспорте на 100 км водных путей.

- **Обстановка на объектах ЖКХ:**

- количество аварий на системах электроснабжения на 10 000 населения;

- количество аварий на системах теплоснабжения на 10 000 населения;

- количество аварий на системах водоснабжения на 10 000 населения;

- количество аварий на канализационных системах на 10 000 населения.

Иерархическая организация показателей позволяет в дальнейшем реализовать методы интегрального оценивания состояния территорий в целом и по отдельным обстановкам. Относительные показатели формируются путем нормирования значений по площади, численности населения территории или числу объектов, расположенных на территории, что обеспечивает возможность проведения адекватного сравнительного анализа территорий. Учитывая географические особенности территорий, распределение значений по ряду показателей будет неравномерное, однако это позволяет выделить территории с дополнительной напряженностью. Например, показатель безопасности на нефте- и газопроводах характерен для территорий центральной части, Эвенкии и Арктической зоны Красноярского края, а показатель опасных гидрологических явлений антропогенного происхождения характерен для территорий, на которых рас-

положены гидротехнические сооружения. Состав показателей может расширяться и актуализироваться в соответствии с задачами территориального управления и возможностями межведомственного информационного обмена.

2. Система аналитических показателей природно-техногенной безопасности территорий Красноярского края

На основе технологий хранилища данных (Data Warehouse) и оперативной аналитической обработки (On-line Analytical Processing, OLAP) реализовано централизованное хранение данных для формирования показателей природно-техногенной безопасности Красноярского края. Технология хранилищ данных обеспечивает консолидацию, долговременное хранение данных и возможность применения современных средств анализа [12]. Технология OLAP предоставляет гибкий инструмент для манипулирования и визуализации многомерных данных, позволяет реализовать сложные запросы построения аналитических показателей [17].

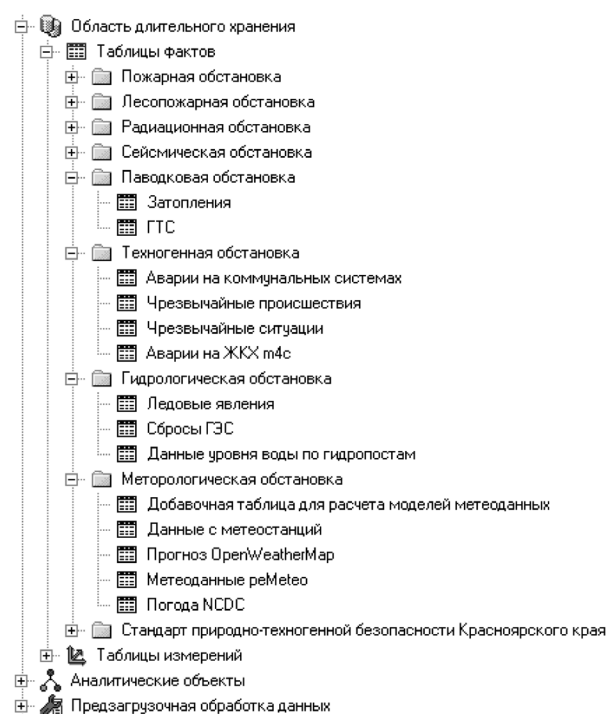


Рис. 2. Фрагмент дерева объектов области длительного хранения централизованного хранилища

Дата записи	Температура	Минимальная тем	Максимальная тем	Давление	Влажность	Скорость ветра	Наименование об.
21.06.2016 18:53:41	21	21	21	1020	1020	21	4 clear sky
21.06.2016 18:53:41	17	17	17	1021	29	5	5 clear sky
21.06.2016 18:53:41	15	15	15	1021	38	4	4 clear sky
21.06.2016 18:53:41	20	20	21	1008	53	1	1 few clouds
21.06.2016 18:53:41	16	16	17	1009	71	1	1 scattered clouds
21.06.2016 18:53:41	13	13	13	1009	85	1	1 clear sky
21.06.2016 18:53:41	12	12	12	1009	83	1	1 broken clouds
21.06.2016 18:53:41	17	17	17	1009	78	1	1 scattered clouds
21.06.2016 18:53:41	22	22	22	1009	58	2	2 scattered clouds
21.06.2016 18:53:41	23	23	23	1008	53	1	1 broken clouds
21.06.2016 18:53:41	23	23	23	1008	51	2	2 clear sky
21.06.2016 18:53:41	23	23	23	1007	54	1	1 clear sky
21.06.2016 18:53:41	18	18	18	1007	70	1	1 few clouds
21.06.2016 18:53:41	15	15	15	1006	78	1	1 scattered clouds
21.06.2016 18:53:41	15	15	15	1006	83	1	1 broken clouds
21.06.2016 18:53:41	19	19	19	1006	71	1	1 broken clouds
21.06.2016 18:53:41	21	21	21	1006	61	1	1 broken clouds

Рис. 3. Пример таблицы фактов по данным метеорологической обстановки

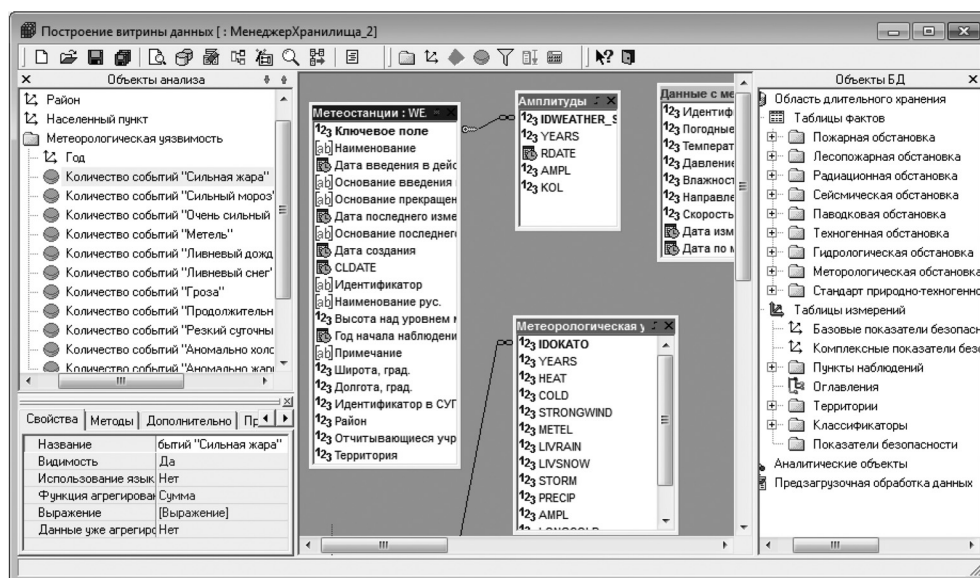


Рис. 4. OLAP-средства формирования запросов на примере витрины данных метеорологической обстановки

С помощью средств управления хранилищем данных выполнена загрузка данных из ведомственных баз данных, созданы и наполнены классификаторы и справочники. На рис. 2 представлен фрагмент дерева объектов области длительного хранения централизованного хранилища, сгруппированных по видам обстановок (пожарная, радиационная, сейсмическая, паводковая, радиационная и др.). На рис. 3 показан пример таблицы фактов, содержащей исходные данные по метеорологической обстановке.

С помощью средств OLAP рассчитаны аналитические показатели природно-техногенной безопасности территорий. На рис. 4 представлены средства построения OLAP-моделей аналитических показателей — формирование витрины данных. В область построения витрины данных из источника данных выбираются таблицы, на основе которых строится запрос, и устанавливаются связи. Затем из каждой таблицы выбираются нужные поля и задаются условия. После выполнения аналитических операций автоматически формируется SQL-запрос,

Район	Год	Количество событий "Сильный мороз"	Количество событий "Аномально холодная погода"	Количество событий "Очень сильный ветер"	Количество событий "Ливневый дождь"	Количество событий "Гроза"	Количество событий "Резкий суточный перепад температуры"
Енисейский район	2003			1	1		178
	2004				4		151
	2005			1	2		76
	2006	91	11	8	157	66	178
	2007				202	27	104
	2008	9	3		191	38	107
	2009	20	7		101	29	134
	2011					1	25
	2012	4	11	44		59	315
	2013	2		2		69	333
	2014	21	6	4		15	182
Ермаковский район	1948			10			81
	1949			15			78
	1950			12			107
	1951			21			103
	1952	1		16			65
	1953			7			61

Рис. 5. Кросс-таблица с аналитическими показателями метеорологической обстановки

результат выполнения которого представляется пользователю в виде таблицы, сохраняется в базу и может использоваться как источник данных для других моделей, а также для дальнейшей аналитической обработки.

На рис. 5 представлен результат выполнения аналитических запросов в виде кросс-таблицы. На рисунке показаны результаты расчета аналитических показателей метеорологической обстановки по годам в разрезе муниципальных образований Красноярского края.

Сформированная система аналитических показателей позволяет контролировать состояние природно-техногенной безопасности территорий на различных уровнях детализации. Разработанные средства хранения и обработки мониторинговых данных обеспечивают информационную поддержку стратегического управления и возможность комплексно оценивать состояние безопасности территорий.

Заключение

На основе исследования данных ведомственных систем оперативного мониторинга и отраслевой нормативной документации предложена иерархическая система аналитических показателей стратегического контроля природно-техногенной безопасности территорий. Выполнена систематизация и консо-

лидация многолетних данных в единое хранилище. С применением технологии оперативной аналитической обработки рассчитаны многомерные показатели состояния безопасности территорий в динамике по годам и различным видам обстановок.

Последующие этапы работы связаны с реализацией методов интегрального аналитического оценивания состояния природно-техногенной безопасности территорий на основе разработанной системы показателей стратегического контроля и применения территориально-ориентированных многомерных нормативов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-37-00014.

Литература

1. Махутов Н.А. Безопасность и риски: системные исследования и разработки. Новосибирск: Наука, 2017. 724 с.
2. 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.
3. Osipov V.I., Larionov V.I., Burova V.N., Frolova N.I., Sushchev S.P. Methodology of natural risk assessment in Russia. Natural hazards. № 8, 2017. Vol. 88. P. 17—41.

4. Ямалов И.У. Моделирование процессов управления и принятия решений в условиях чрезвычайных ситуаций. М.: Лаборатория базовых знаний. 2013. 288 с.
5. 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.
6. Penkova T., Nicheporchuk V., Metus A. Comprehensive operational control of the natural and anthropogenic territory safety based on analytical indicators // LNAI Lecture Notes in Artificial Intelligence. 2017. Part I, Vol. 10313. P. 263—270.
7. Фалеев М.И., Малышев В.П., Макиев Ю.Д. Раннее предупреждение о чрезвычайных ситуациях / МЧС России. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ). 2015. 232 с.
8. Невидимова О.Г., Янкович Е.П. Исследование природно-климатических опасностей с использованием ГИС-технологий // Геоинформационные технологии и математические модели для мониторинга и управления экологическими и социально-экономическими системами. 2011. С. 169—174.
9. Сергеева Г.А. Оценка биоклиматических условий Волгоградской области по индексу патогенности метеорологической ситуации // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы современной гидрометеорологии и геоэкологии», Ростов-на-Дону. 2007. С. 115—121.
10. Яйли Е.А., Музалевский А.А. Методология и способ оценки качества компонентов природной среды урбанизированных территорий на основе индикаторов, индексов и риска // Экологические системы и приборы. 2006. № 12. С. 23—29.
11. Махутов Н.А., Москвичев В.В., Гаденин М.М., Лепихин А.М., Черняев А.П. Формирование нормативной базы безопасности и защищенности ГЭС Сибири от тяжелых катастроф // Проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2011. № 4. С. 28—39.
12. Бадмаева К.В., Пенькова Т.Г., Ничепорчук В.В. Проектирование специализированного хранилища данных для мониторинга чрезвычайных ситуаций // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М.Ф. Решетнева. 2011. № 5(38). С. 14—18.
13. Ничепорчук В.В., Пенькова Т.Г. Паспорт территории — динамический инструмент анализа опасностей // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2014. № 1. С. 3—8.
14. 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.
15. Приказ МЧС России № 94 от 4 марта 2011 г. «Об утверждении Положения о функциональной подсистеме мониторинга, лабораторного контроля и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций».
16. Автоматизированная система мониторинга муниципальных образований Красноярского края [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://aismmo.ru> (Дата обращения 30.10.2017).
17. 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. 2016. Vol. 20. № 2. P. 65—74.

Сведения об авторах

Ничепорчук Валерий Васильевич: кандидат технических наук, старший научный сотрудник Института вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук (ИВМ СО РАН)

Количество публикаций: 140

Область научных интересов: геоинформационные системы, комплексный мониторинг чрезвычайных ситуаций, интеллектуальный анализ данных, системы поддержки принятия решений

Контактная информация:

Адрес: 660036, г. Красноярск, Академгородок, д. 50, стр. 44

Тел.: +7 (391) 290-74-53

E-mail: valera@icm.krasn.ru

Пенькова Татьяна Геннадьевна: кандидат технических наук, старший научный сотрудник Института вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук (ИВМ СО РАН)

Количество публикаций: 77

Область научных интересов: методы и системы искусственного интеллекта в поддержке принятия решений, методы аналитической обработки больших объемов данных

Контактная информация:

Адрес: 660036, г. Красноярск, Академгородок, д. 50, стр. 44

Тел.: +7 (391) 249-53-56

E-mail: penkova_t@icm.krasn.ru