

УДК 004.41.614.8.005.334
<https://doi.org/10.32686/1812-5220-2019-16-4-48-63>

ISSN 1812-5220
© Проблемы анализа риска, 2019

Ранжирование территорий Красноярского края с использованием риск-ориентированного подхода*

**Иванова У. С. *,
Москвичев В. В.,**

Институт вычислительных технологий СО РАН,
660049, Россия, г. Красноярск,
проспект Мира, д. 53,
Сибирский федеральный
университет,
660041, Россия, г. Красноярск,
пр. Свободный, д. 79

Тасейко О. В.,

Институт вычислительных технологий СО РАН,
660049, Россия, г. Красноярск,
проспект Мира, д. 53,
Сибирский государственный
университет науки
и технологии им. Решетнева,
660037, Россия, г. Красноярск,
проспект им. Газеты
«Красноярский рабочий», д. 31

Аннотация

С позиций ненулевой концепции риска аварий и катастроф рассмотрена проблема устойчивого развития промышленных территорий. Выбраны математические модели оценки рисков для использования в информационной системе территориального управления рисками и безопасностью. Цель работы — определение и анализ базовых техногенных рисков для информационной системы территориального управления рисками и безопасностью (ИСТУ РБ) Красноярского края, обеспечивающей информационную поддержку принятия решений по реализации мероприятий, направленных на снижение рисков устойчивого развития. В работе поставлены следующие задачи: определение базовых рисков техно-сферы; расчет и анализ рисков ЧС техногенного характера на примере Красноярского края; анализ безопасности региона. Для реализации цели работы использовались вероятностно-статистические методы исследования. Актуальность работы определяется необходимостью реализации стратегии национальной безопасности на региональном уровне посредством оценки и анализа рисков. Итогом работы является оценка техногенных рисков и обобщенный анализ безопасности территорий Красноярского края. Определены базовые риски развития и алгоритмы оценки территориальных рисков с использованием статистического анализа, получены диапазоны значений индивидуального, коллективного, материального и социального рисков при ЧС техногенного характера. Проведено ранжирование территорий Красноярского края по степени техногенной опасности (высокоопасные, пограничные, безопасные). На основании полученных результатов сделан вывод, что для достижения приемлемых значений рисков необходимо использовать комплексный системный подход к многофункциональному мониторингу территорий. Перечень показателей, используемых для оценки состояния социально-природно-техногенных систем, должен формироваться не только на основе анализа предметной области, но и с учетом доступности актуализируемых данных мониторинга территорий, объемов и качества архивов наблюдений.

Ключевые слова: социально-природно-техногенная система, информационная система территориального управления рисками и безопасностью, базовые техногенные риски.

Для цитирования: Иванова У. С., Москвичев В. В., Тасейко О. В. Ранжирование территорий Красноярского края с использованием риск-ориентированного подхода // Проблемы анализа риска. Т. 16. 2019. № 4. С. 48—63, <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2019-16-4-48-63>

* Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, Правительства Красноярского края, Красноярского краевого фонда науки в рамках научно-го проекта № 18-47-240006: «Методы и информационные технологии оценки рисков развития социально-природно-техногенных систем промышленного региона».

Classifying of Krasnoyarsk territory using a risk-based approach

**Ivanova Ulyana S.*,
Moskvichev Vladimir V.,**
Institute of Computational
Technologies SB RAS,
660049, Russia, Krasnoyarsk,
Mira av., 53,
Siberian Federal University,
660041, Russia, Krasnoyarsk,
Svobodny pr., 79

Taseiko Olga V.,
Institute of Computational
Technologies SB RAS,
660049, Russia, Krasnoyarsk,
Mira av., 53,
Reshetnev Siberian State
University of Science and
Technology,
660014, Russia, Krasnoyarsk,
Krasnoyarsky Rabochy Av., 31

Annotation

The problem of sustainable development of industrial territories is considered with using a nonzero risk concept of accidents and catastrophes. The mathematical models for risk assessment were chosen for the information system of territorial risk management and safety. The purpose of the work is to identify and analyze basic technological risks for the information system of territorial risk management and safety (IST RMS) of the Krasnoyarsk territory. This information system provides making decision on the implementation of measures aimed at reducing the risks of sustainable development. The following tasks are set in the work: determination of the basic technospheric risks; calculation and analyzing risk of anthropogenic emergencies on the example of the Krasnoyarsk territory; safety analysis of the region. To achieve the purpose of this work were used probabilistic-statistical research methods. The relevance of the work is determined by the need to implement a national safety strategy at the regional level through risk assessment and analysis. The result of the work is an assessment of technological risks and a generalized security analysis of the municipalities and regions in the Krasnoyarsk territory. We obtained the basic development risks and algorithms for assessing territorial safety are determined using statistical analysis, ranges of individual, collective, material and social risks in an anthropogenic emergency. The classifying of territories according to the degree of anthropogenic hazard was carried out. Based on the obtained results, we conclude that in order to achieve acceptable risk values, it is necessary to use an integrated system approach to multifunctional monitoring of territories.

Keywords: social-natural-technogenic system, information system of territorial risk and safety management, basic technogenic risks.

For citation: Ivanova Ulyana S., Moskvichev Vladimir V., Taseiko Olga V. Classifying of Krasnoyarsk territory using a risk-based approach // Issues of Risk Analysis. Vol. 16. 2019. No. 4. P. 48—63 (Russia), <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2019-16-4-48-63>

Содержание

Введение

1. Безопасность социально-природно-техногенной системы — механизм устойчивого развития
2. Организация системы мониторинга на территории Красноярского края
3. Характеристика безопасности территорий Красноярского края

Заключение

Литература

Введение

Научно-технический потенциал страны характеризуется наличием стратегически и критически важных и потенциально опасных объектов техносферы. Формирование критической инфраструктуры техносферы позволяет добиться значительных технологических достижений в различных областях, однако наличие объектов техносферы приводит к возникновению ранее не существовавших угроз окружающей среде обитания, человеку и обществу в целом. Ненулевая концепция риска аварий и катастроф отражает тот факт, что довольно сложно полностью предотвратить и исключить возникновение техногенных аварий, природных катастроф и других чрезвычайных ситуаций. Ставится задача снизить их количество, уменьшить ущерб от их последствий путем мониторинга и анализа рисков развития, обеспечить реализацию мероприятий по их предотвращению.

При оценках комплексной безопасности территориальных образований большое внимание уделяется разработке и использованию критериев и методов анализа рисков. Цель работы — определение и анализ базовых техногенных рисков для информационной системы территориального управления рисками и безопасностью (ИСТУ РБ) Красноярского края, обеспечивающей информационную поддержку принятия решений по реализации мероприятий, направленных на снижение рисков устойчивого развития.

Актуальность определяется необходимостью реализации стратегии национальной безопасности на региональном уровне на базе разработки методов и моделей анализа природно-техногенной безопасности региональных социально-природно-техногенных систем в рамках концепции устойчивого развития путем управления рисками и безопасностью территорий [1, 2].

В работе поставлены следующие задачи:

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

Для повышения эффективности управления территорией (муниципальным образованием, регионом, страной) за последние 25 лет в России создаются на разных уровнях и в различных областях автоматизированные системы, позволяющие хранить, искать и обрабатывать потоки мониторинговой информации для решения конкретных

отдельных задач по подготовке и принятию управленческих решений. На сегодняшний день в России ведутся разработки ряда информационных систем комплексного мониторинга и прогнозирования возможных чрезвычайных ситуаций, включающих в ряде случаев анализ рисков [3—7].

1. Безопасность социально-природно-техногенной системы — механизм устойчивого развития территорий

Стратегия национальной безопасности и федеральное законодательство в области стратегического планирования определили базовые стратегические цели — сохранение народонаселения, повышение уровня жизни и обеспечение национальной безопасности, основанные на снижении рисков жизнедеятельности [8, 9]. Реализация комплексного подхода к достижению безопасности на всех уровнях управления определяется решением ряда научных и организационных задач в рамках единой социально-природно-техногенной системы (С-П-Т системы) [1].

Устойчивое развитие территории предопределяется соответствующим уровнем безопасности. Определение, оценка и анализ безопасности территории невозможны без систематизации и обобщения необходимой исходной информации. Понятие С-П-Т системы рассматривается как основа для систематизации данных, механизмы и закономерности которой позволяют рассматривать территорию как систему взаимосвязанных элементов социо-эко-техносферы (рис. 1), в пределах которой формируются и реализуются комплексы социальных, природных и техногенных рисков ее развития и функционирования. Оценка базовых рисков С-П-Т системы позволит определять уровни безопасности как отдельных элементов системы, так и всей территории в комплексе. В работе рассматривается элемент системы — техносфера и анализ рисков функционирования данного элемента на примере промышленной агломерации Красноярского края.

Оценка рисков развития С-П-Т систем требует сбора, обработки и анализа огромных массивов данных мониторинга состояния основных элементов, что предполагает необходимость разработки ИСТУ РБ для отдельных промышленных агломераций, субъектов и регионов, основанной на информационных технологиях нового поколения (рис. 2) [1, 3].

При создании ИСТУ РБ решается проблема информационного обеспечения принятия решений

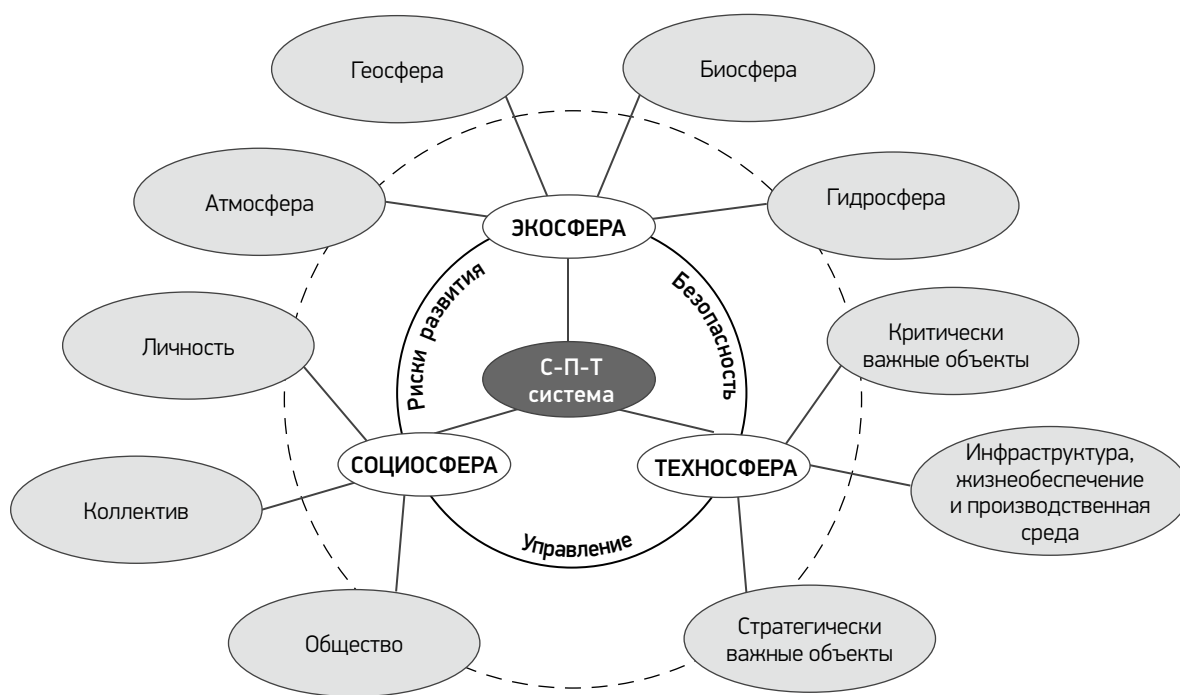


Рис. 1. Структурные элементы С-П-Т системы

Figure 1. The structure of the social-natural-technogenic system

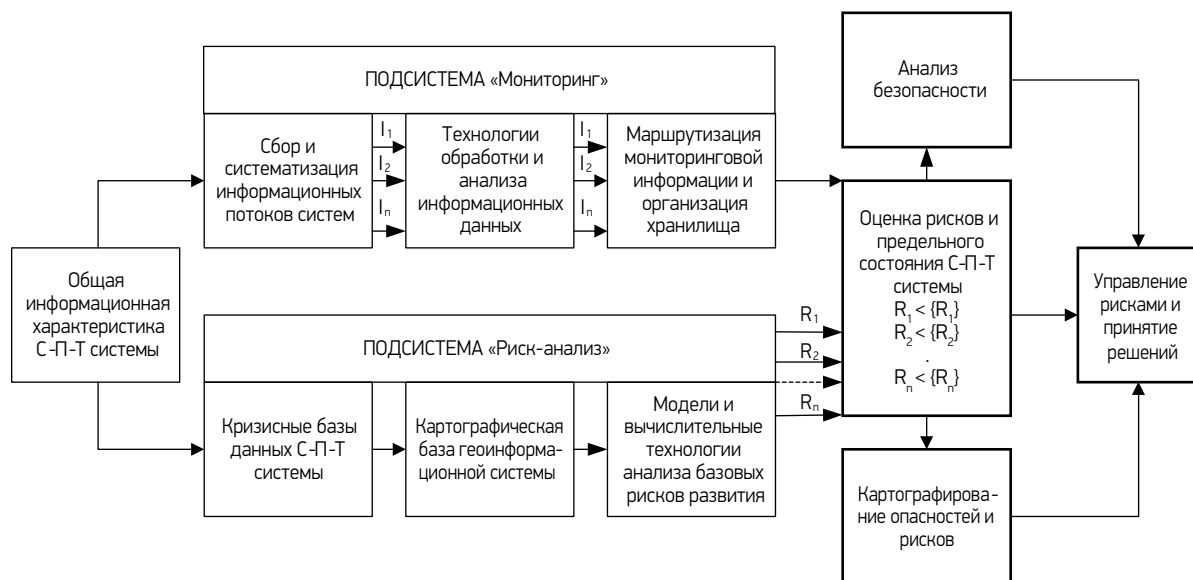


Рис. 2. Блок-схема информационной системы территориального управления рисками и безопасностью (ИСТУ РБ)

Figure 2. The diagram of the information system of territorial risk and safety management (IST RSM)

территориального управления исходя из данных мониторинга, модельных и прогнозных оценок рисков социально-экономического и научно-технологического развития, рисков возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и обеспечения безопасности.

2. Организация системы мониторинга на территории Красноярского края

В соответствии с постановлением правительства Красноярского края от 09.02.2011 № 80-П «Об утверждении Положения о краевой подсистеме мониторинга, лабораторного контроля и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера на территории Красноярского края» на территории действует ряд государственных организаций, деятельность которых связана с мониторингом.

В табл. 1 представлены территориальные органы, осуществляющие мониторинг техногенного характера на территории Красноярского края [10]. Территориальные структуры подчинены разным ведомствам и министерствам и, как следствие, слабо

взаимодействуют между собой, поэтому на данный момент в Красноярском крае отсутствует комплексная и взаимосвязанная система мониторинга, объединяющая информацию о текущем состоянии природно-техногенной безопасности на территории края. Частично данную функцию выполняет Территориальный центр мониторинга и прогнозирования ЧС по Красноярскому краю, который обеспечивает всесторонний мониторинг и оперативное прогнозирование ЧС природного и техногенного характера на территории Красноярского края.

3. Характеристика безопасности территорий Красноярского края

Красноярский край — субъект Российской Федерации в Сибирском федеральном округе; относится к Восточно-Сибирскому экономическому району [11]. В Красноярский край входят следующие административно-территориальные единицы: 13 краевых городов, 3 ЗАТО и 44 муниципальных района края.

Красноярский край, имеющий обширную территорию и наличие крупных промышленных комплексов, подвержен риску возникновения опасных

Таблица 1. Территориальные структуры природно-техногенного мониторинга Красноярского края

Table 1. Services of natural and technogenic monitoring in the Krasnoyarsk territory

Федеральное ведомство	Территориальный орган исполнительной власти	Мониторинг
Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор)	Енисейское управление Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору	Учет ОПО (ГТС, ХОО, ВПОО, РОО). Учет аварий и травматизма на ОПО. Учет аварий на теплоэнергетическом, электроэнергетическом комплексах. Производственный контроль
Министерство природных ресурсов и экологии РФ	Федеральное государственное бюджетное учреждение «Среднесибирское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды»	Мониторинг гидрометеорологических явлений, мониторинг состояния и загрязнения окружающей среды (качество воздуха, радиационная обстановка)
Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России)	Территориальный центр мониторинга и прогнозирования ЧС по Красноярскому краю	Сбор, обработка и анализ информации о потенциальных источниках чрезвычайных ситуаций природного, техногенного и биолого-социального характера
Государственная корпорация по космической деятельности «Роскосмос»	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр "Красноярский научный центр Сибирского отделения РАН"»	Сбор, хранение и отображение материалов космического мониторинга по территории и отдельным объектам Красноярского края
Министерство внутренних дел РФ	УГИБДД ГУ МВД России по Красноярскому краю	Мониторинг аварийности на дорогах Красноярского края

природных явлений и техногенных аварийных ситуаций, связанных с выбросом радиоактивных веществ, выбросом АХОВ, затоплением при разрушении гидротехнических сооружений, крупными производственными авариями и пожарами, лесными пожарами, наводнениями, крупными ДТП, авариями на авиа- и железнодорожном транспорте и пр.

На рис. 3 представлены статистические данные Государственных докладов МЧС России по Красноярскому краю за период 1997—2016 гг. Основную долю чрезвычайных ситуаций в период 1999—2017 гг. на основании официальной базы данных АИУС РСЧС составляют техногенные аварии и катастрофы (в табл. 2 представлена характеристика степени опасности по административным территориальным единицам Красноярского края за период 1999—2017 гг.).

Наличие большого числа потенциально опасных объектов с функционально сложными и высокоопасными системами производства увеличивает вероятность возникновения различных аварий и катастроф техногенного характера:

- аварии на химически опасных объектах (23 чрезвычайные ситуации);
- обрушения зданий и сооружений (10);

- пожары и взрывы на промышленных объектах (90);
- аварии на транспорте (ж/д, воздушном, автомобильном, водном) (85);
- аварии на коммунально-энергетических сетях (57);
- пожары и взрывы на социальных объектах (278);
- аварии на нефтепроводе (2);
- аварии на радиационно опасных объектах (2);
- аварии на гидротехнических сооружениях (1).

Последствия чрезвычайных ситуаций и катастроф подразделяются на три группы ущербов [12, 13]:

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

В соответствии с приведенной информацией к базовым рискам развития промышленных регионов относятся [14, 15]:

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

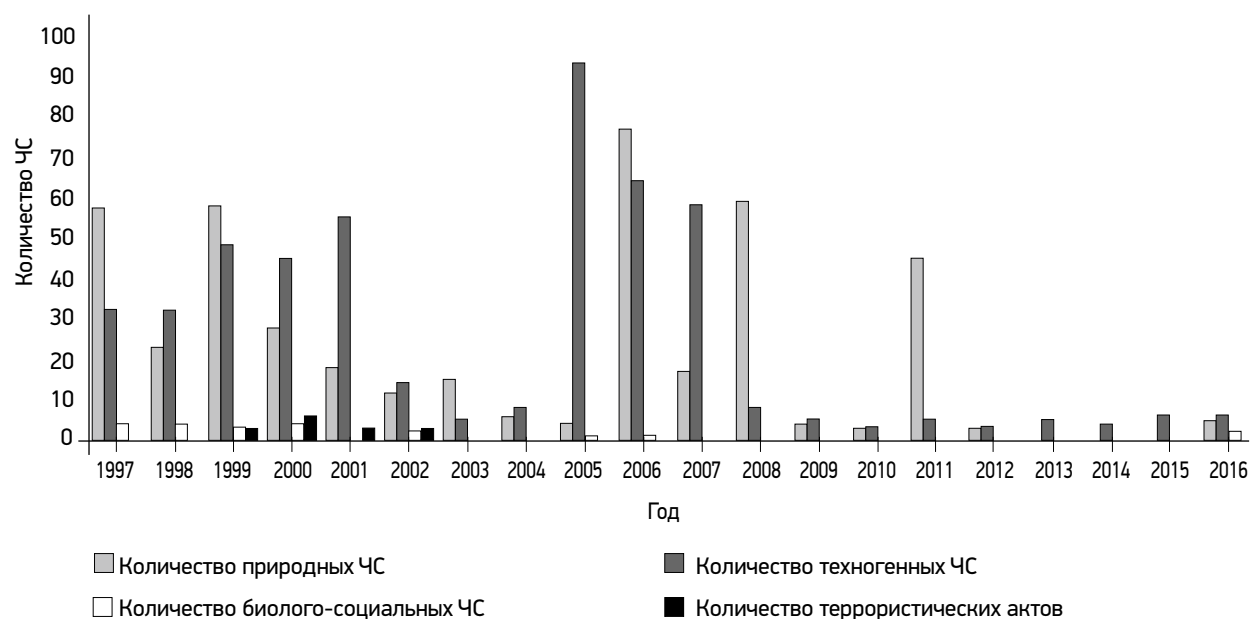


Рис. 3. Статистические показатели по видам ЧС в Красноярском крае (1997—2016 гг.)

Figure 3. Statistical indicators of the types for emergency situations in Krasnoyarsk territory (1997—2016)

Таблица 2. Характеристика уровня опасности административно-территориальных единиц Красноярского края (1999—2017 гг.)

Table 2. Characteristics of the hazard level for municipalities and regions of Krasnoyarsk territory (1999—2017)

Административно-территориальные единицы	Средняя численность населения за период 1999—2017 гг. (тыс. чел.)	Площадь, км ²	Количество ЧС и происшествий техногенного характера	Количество ЧС и происшествий природного характера	Количество ЧС и происшествий биолого-социального характера
Абанский р-н	24,1	9512	26	1	
Ачинский р-н	15,4	2522,58	35		3
Балахтинский р-н	23	10 249,8	33	1	1
Березовский р-н	38,4	4315,9	69		
Бирюлюсский р-н	11,8	11 800	11		
Боготольский р-н	11,6	2992,21	25	1	
Богучанский р-н	48,7	54 000	61	38	1
Большемуртинский р-н	19,9	6855,71	30		
Большеулуйский р-н	8,3	2590	13	4	
г. Ачинск	112	101,75	85		2
г. Боготол	22,4	62,81	19		
г. Бородино	18	35,17	4		1
г. Дивногорск	29,5	501,5	26		
г. Енисейск	19,4	66,41	21	1	
г. Канск	98,5	100,6	98	2	
г. Красноярск	958,1	379,49	1145	4	6
г. Лесосибирск	63,5	270,83	56		
г. Минусинск	69,7	60,5	55	2	
г. Назарово	54,8	87,93	35	2	
г. Норильск	173,5	4509	204	1	1
г. Сосновоборск	32,3	26,641	17		
г. Шарыпово	39,4	28,97	19	2	
Дзержинский р-н	15,3	3610	14	1	
Емельяновский р-н	46,6	7437,08	114	1	
Енисейский р-н	28,5	106 300	34	4	
Ермаковский р-н	21,4	17 652	22	9	2
ЗАТО г. Железногорск	90,1	456,67	15		3
ЗАТО г. Зеленогорск	66,9	162	1	1	2
Идринский р-н	13,7	6070	13		

Административно-территориальные единицы	Средняя численность населения за период 1999—2017 гг. (тыс. чел.)	Площадь, км ²	Количество ЧС и происшествий техногенного характера	Количество ЧС и происшествий природного характера	Количество ЧС и происшествий биолого-социального характера
Иланский р-н	26,4	3750,35	27	1	
Ирбейский р-н	17,8	10 921	20	4	2
Казаченский р-н	11,5	5754,95	23		
Канский р-н	27,6	4246	36	2	1
Каратузский р-н	17,3	10 236,17	18	2	
Кежемский р-н	23,4	34 540,54	17	51	1
Козульский р-н	17,9	5305	34	2	
Краснотуранский р-н	16,1	3461,93	12		1
Курагинский р-н	49,6	24 073	42	9	1
Манский р-н	17,3	5976	41	2	
Минусинский р-н	26,4	3185,29	39	4	3
Мотыгинский р-н	17,5	18 100	33	4	
Назаровский р-н	23,7	4230	24	2	
Нижнеингашский р-н	35,9	6143	37		
Новоселовский р-н	15,1	3880,66	16		2
Партизанский р-н	11,2	4955,14	16	4	
Пировский р-н	8,2	6242	11		1
Рыбинский р-н	26,2	3526,5	63	1	2
Саянский р-н	13,1	8031,02	18	2	1
Северо-Енисейский р-н	11,4	47 242	12	4	
Сухобузимский р-н	21,8	5600,55	37	1	
Таймырский Долгано-Ненецкий р-н	36,6	879 929	40		1
Тасеевский р-н	14,8	9923	21		
Туруханский р-н	15,4	209 309,18	40	4	
Тюхтетский р-н	9,5	9339	15		
Ужурский р-н	34,4	4226	27	3	
Уярский р-н	23,1	2197	33	1	
Шарыповский р-н	16,5	3764	30		
Шушенский р-н	35,1	10 140	20	2	1
Эвенкийский р-н	16,8	763 197	94	2	1
Итого по краю			3196	182	40

На основании Государственных докладов МЧС России и методических рекомендаций проведен анализ базовых техногенных рисков при чрезвычайных ситуациях техногенного характера на примере Красноярского края [11—13]. В табл. 3 приведены статистические расчетные значения, на основании которых проведена оценка рисков. Величина ущерба определена как осредненное значение стоимости летальных и нелетальных исходов [12]. В табл. 4 представлены значения индивидуальных, коллективных, материальных и социальных рисков по годам.

1. *Индивидуальный риск.* При техногенных опасностях индивидуальный риск определяется потенциальным территориальным риском — вероятно-

стью нахождения человека в районе возможного действия опасных факторов, характеризуется одним числовым значением и является универсальной характеристикой опасности для человека. Определяется в соответствии с методикой и рассчитывается по формуле [16]:

$$R = \frac{N_{\text{п}}}{N_{\text{н}}}, \quad (1)$$

где $N_{\text{п}}$ — среднее количество погибших в год при определенном виде ЧС и происшествии на заданной территории;

$N_{\text{н}}$ — количество населения, проживающего на данной территории.

Таблица 3. Статистические расчетные значения для оценки риска ЧС техногенного характера для Красноярского края

Table 3. Calculated risk levels for technogenic emergencies in the Krasnoyarsk territory

Год	Количество ЧС	Погибшие	Пострадавшие	Численность населения	Вероятность	Ущерб (млн руб.)
1996	54	50	52	3 099 424	0,147945	71,123
1997	32	27	44	3 085 791	0,084932	97,375
1998	32	30	554	3 067 863	0,087671	119,509
1999	48	40	359	3 048 716	0,131507	85,15
2000	45	41	67	3 022 092	0,123288	72,622
2001	55	50	88	3 000 891	0,150685	118,21
2002	14	45	76	2 966 042	0,038356	58,109
2003	5	8	299	2 961 871	0,013699	78,1
2004	8	8	23	2 941 993	0,021918	11,92
2005	93	192	170	2 925 330	0,254795	217,652
2006	64	145	6613	2 906 181	0,175342	817,04
2007	58	125	100	2 893 748	0,158904	193,164
2008	8	26	43	2 890 350	0,021918	31,12
2009	5	20	31	8 669 355	0,013699	23,79
2010	3	21	732	2 828 187	0,008219	94,452
2011	5	1	20 648	2 829 105	0,013699	2068,934
2012	3	2	40	2 838 396	0,008219	11
2013	5	17	23	2 846 475	0,013699	19,303
2014	4	11	22	2 852 810	0,010959	19,32
2015	6	39	121	2 858 773	0,016438	55,574
2016	6	13	36	2 866 490	0,016438	23,35

Таблица 4. Расчетные значения рисков ЧС техногенного характера

Table 4. Calculated risks of technogenic emergency

Год	Индивидуальный риск	Коллективный риск	Материальный риск	Социальный риск
1996	$1,61 \cdot 10^{-5}$	$8,14 \cdot 10^{-1}$	1,39	$1,6 \cdot 10^{-1}$
1997	$8,75 \cdot 10^{-6}$	$3,4 \cdot 10^{-1}$	2,03	$8,7 \cdot 10^{-2}$
1998	$9,78 \cdot 10^{-6}$	$2,7 \cdot 10^{-1}$	$6,8 \cdot 10^{-1}$	$9,8 \cdot 10^{-2}$
1999	$1,31 \cdot 10^{-5}$	$9,2 \cdot 10^{-1}$	2,08	$1,3 \cdot 10^{-1}$
2000	$1,36 \cdot 10^{-5}$	1,12	1,7	$1,4 \cdot 10^{-1}$
2001	$1,67 \cdot 10^{-5}$	$9,8 \cdot 10^{-1}$	1,9	$1,7 \cdot 10^{-1}$
2002	$1,52 \cdot 10^{-5}$	$3,1 \cdot 10^{-1}$	$3,9 \cdot 10^{-1}$	$1,5 \cdot 10^{-1}$
2003	$2,7 \cdot 10^{-6}$	$2,7 \cdot 10^{-2}$	$4,6 \cdot 10^{-1}$	$2,7 \cdot 10^{-2}$
2004	$2,72 \cdot 10^{-6}$	$1,3 \cdot 10^{-1}$	$1,8 \cdot 10^{-1}$	$2,7 \cdot 10^{-2}$
2005	$6,56 \cdot 10^{-5}$	46,12	50,6	$6,5 \cdot 10^{-1}$
2006	$4,99 \cdot 10^{-5}$	20,78	27,9	$4,9 \cdot 10^{-1}$
2007	$4,32 \cdot 10^{-5}$	14,72	17,5	$4,3 \cdot 10^{-1}$
2008	$9 \cdot 10^{-6}$	$3,6 \cdot 10^{-1}$	$4,1 \cdot 10^{-1}$	$8,9 \cdot 10^{-2}$
2009	$6,92 \cdot 10^{-6}$	$1,1 \cdot 10^{-1}$	$1,3 \cdot 10^{-1}$	$6,9 \cdot 10^{-2}$
2010	$7,43 \cdot 10^{-6}$	$5,7 \cdot 10^{-2}$	$2,6 \cdot 10^{-1}$	$7,4 \cdot 10^{-2}$
2011	$3,53 \cdot 10^{-7}$	$2,7 \cdot 10^{-3}$	5,7	$3,5 \cdot 10^{-3}$
2012	$2,47 \cdot 10^{-6}$	$5,4 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-2}$	$2,4 \cdot 10^{-2}$
2013	$5,97 \cdot 10^{-6}$	$1,3 \cdot 10^{-1}$	$1,5 \cdot 10^{-1}$	$5,9 \cdot 10^{-2}$
2014	$3,86 \cdot 10^{-6}$	$3,1 \cdot 10^{-2}$	$5,3 \cdot 10^{-2}$	$3,8 \cdot 10^{-2}$
2015	$1,36 \cdot 10^{-5}$	$6,4 \cdot 10^{-1}$	$9,1 \cdot 10^{-1}$	$1,3 \cdot 10^{-1}$
2016	$4,54 \cdot 10^{-6}$	$2,1 \cdot 10^{-1}$	$3,8 \cdot 10^{-1}$	$4,5 \cdot 10^{-2}$

Допустимое значение риска, установленного в [16], составляет $[R] = 1 \cdot 10^{-5}$.

На рис. 4 изображена кривая индивидуального риска от ЧС техногенного характера.

2. Коллективный риск определяет ожидаемое количество пострадавших людей в результате возможных аварий за определенный интервал времени и рассчитывается по формуле [12]:

$$R_{\text{колл}} = \sum_{i=1}^k n_i p_i, \quad (2)$$

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

p_i — вероятность аварийной ситуации.

На рис. 5 приведены количественные показатели коллективного риска при ЧС техногенного характера.

3. Материальный риск связан с потерей материальных или финансовых средств в результате возможных техногенных ЧС и рассчитывается по формуле [12]:

$$R_{\text{мат}} = \sum_{i=1}^k g_i p_i, \quad (3)$$

где g_i — значение стоимостной оценки материального ущерба при реализации i -го сценария аварийной ситуации из k возможных;

p_i — вероятность аварийной ситуации.

Для материального риска введены параметры приемлемого риска, представленные на рис. 6,

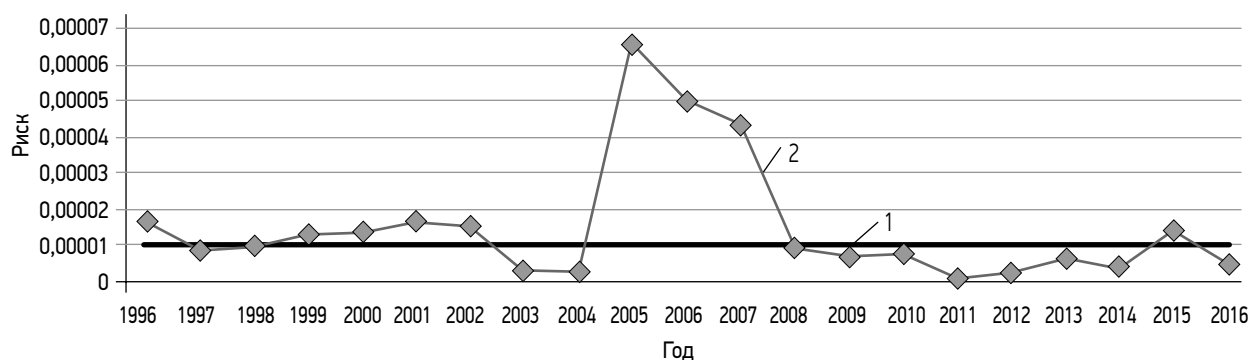


Рис. 4. Кривая индивидуального риска ЧС техногенного характера для Красноярского края: 1 — допустимый риск; 2 — расчетный риск

Figure 4. The curve of individual technogenic risk emergencies for the Krasnoyarsk territory: 1 — acceptable risk; 2 — calculated risk

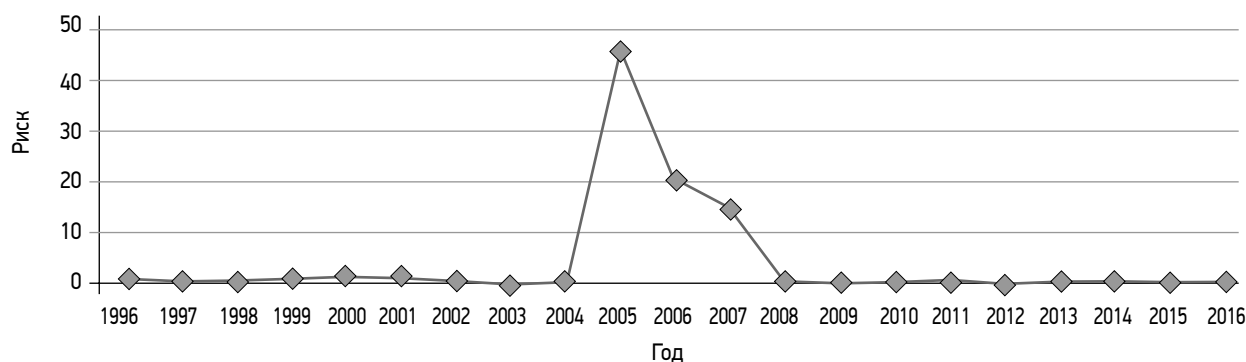


Рис. 5. Кривая коллективного риска ЧС техногенного характера для Красноярского края

Figure 5. The curve of collective technogenic risk emergencies for the Krasnoyarsk territory

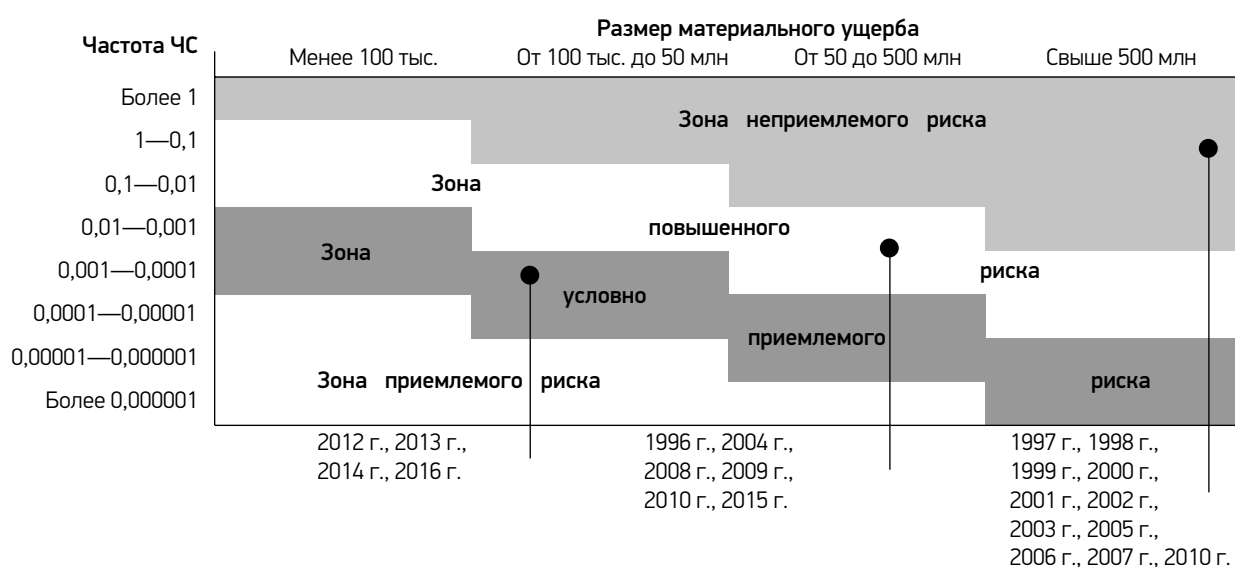


Рис. 6. Значения материального риска ЧС техногенного характера для Красноярского края по годам

Figure 6. Annual dynamics of the material technogenic risk for the Krasnoyarsk territory

с выделением по годам зон условно приемлемого, повышенного и неприемлемого рисков.

4. *Социальный риск* оценивается динамикой погибших в пересчете на 10 000 человек и характеризует масштабы и тяжесть чрезвычайных ситуаций:

$$R_c = \frac{10\,000\,C}{L}(t), \quad (4)$$

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

L — общая численность исследуемой группы.

5. *Экономический риск* определяется соотношением пользы и вреда, получаемых обществом, от рассматриваемого вида деятельности [12]. Определение экономического риска от техногенных ЧС достаточно сложно в связи с отсутствием полноты информации по данным показателям.

При анализе риска на территории Красноярского края были выявлены основные причины, которые в большей степени влияют на уровень риска (рис. 7). Основной вклад по количеству ЧС вносят пожары и взрывы на объектах промышленного

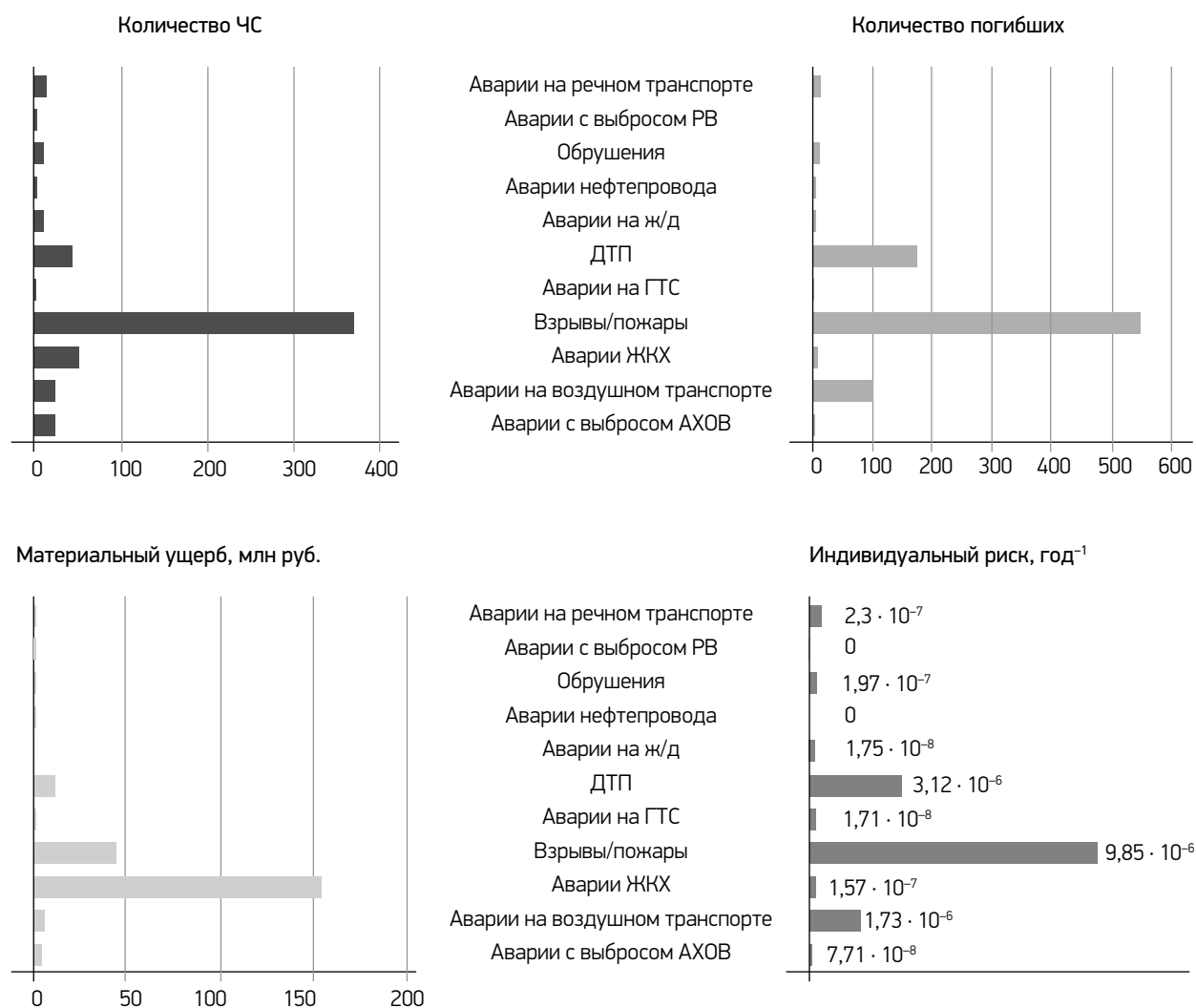


Рис. 7. Основные показатели и индивидуальный риск территорий Красноярского края по видам ЧС техногенного характера

Figure 7. Key indicators and individual technogenic risks of Krasnoyarsk territory

и социального значения, аварии жилищно-коммунальной сферы (теплосети, электросети, водоснабжение и пр.) и аварии на транспорте. По количеству погибших наибольший показатель от пожаров и взрывов и аварий на транспорте (воздушный, наземный). Однако наибольший материальный ущерб приносят аварии в жилищно-коммунальной сфере, что связано с большим числом пострадавших и экономическими потерями при ликвидации ЧС и аварийно-восстановительных работах. Значения индивидуальных рисков (среднее значение за 20 лет по каждому показателю) не превышают предельно допустимого ($R \leq 10^{-5}$), но наблюдается высокий риск от ЧС, связанных с пожарами и взрывами. Наблюдаются повышенные характеристики индивидуального, социального и материального рисков, что свидетельствует о необходимости их снижения с целью эффективного экономического развития региона.

При анализе индивидуального риска от ЧС техногенного характера (среднее значение за 20 лет)

по районам Красноярского края (рис. 8) было проведено ранжирование муниципальных образований (на опасные, пограничные и безопасные) по количественной оценке риска.

Заключение

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

В рамках данной работы были получены следующие результаты.

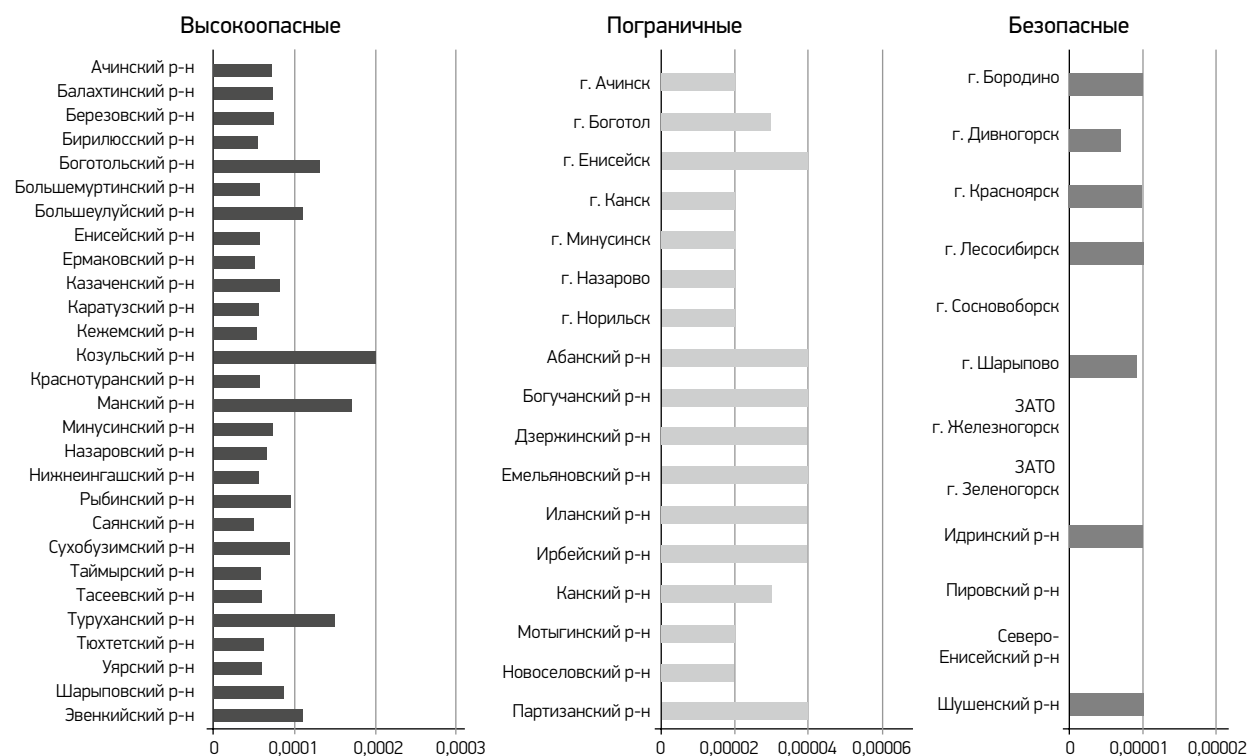


Рис. 8. Ранжирование муниципальных образований по степени риска

Figure 8. Classifying of municipalities and regions according to risk levels

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

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

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

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

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

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, Правительства Красноярского края, Красноярского краевого фонда науки в рамках научного проекта «Методы и информационные технологии оценки рисков развития социально-природно-техногенных систем промышленного региона».

Литература [References]

1. Москвичев В.В., Бычков И.В., Потапов В.П., Тасейко О.В., Шокин Ю.И. Информационная система территориального управления рисками развития и безопасностью // Вестник Российской академии наук. 2017. № 8. С. 696—705. DOI: 10.7868/S0869587317080035. [Moskvichev V.V., Bychkov I.V., Potapov V.P., Taseiko O.V., Shokin Yu.I. Information system of territorial development and security risk management // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2017. № 8. P. 696—705 (Russia). DOI: 10.7868/S0869587317080035].
2. Левкевич В.Е., Лепихин А.М., Москвичев В.В., Никитенко П.Г., Ничепорчук В.В., Шапарев Н.Я., Шокин Ю.И. Безопасность и риски устойчивого развития территорий. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2014. 224 с. [Levkevich V.E., Lepikhin A.M., Moskvichev V.V., Nikitenko P.G., Niceporchuk V.V., Shaparev N.I., Shokin Yu.I. Security and risks of sustainable development of territories. Krasnoyarsk: Siberian Federal University, 2014. 224 p. (Russia).]
3. Бычков И.В., Ружников Г.М., Хмельнов А.Е. и др. Инфраструктура информационных ресурсов и технологии создания информационно-аналитических систем территориального управления. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2016. 237 с. [Bychkov I.V., Ruzhnikov G.M., Hmelnov A.E., etc. Infrastructure of information resources and technologies of creation of information and analytical systems of territorial administration. Novosibirsk: SB RAS, 2016. 237 p. (Russia).]
4. Далматов В.В., Стасенко В.Л., Турчанинов Д.В. Реализация системного подхода в теории и практике современной эпидемиологии // Здоровье населения и среда обитания. 2004. № 5. С. 29—34. [Dalmatov V.V., Stasenko V.L., Turchaninov D.V. Implementation of the systemic approach in the theory and practice of modern epidemiology // Population health and habitat. 2004. № 5. P. 29—34 (Russia).]
5. Арефьева Е.В. Особенности использования оценочного инструментария международной кампании ООН «Мой город готовится» в Арктической зоне Российской Федерации // Проблемы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций в арктическом регионе. Безопасный город в Арктике: Материалы конференции МЧС России, 2016. С. 156—160. [Arefieva E.V. Peculiarities of using the Evaluation Toolkit of the UN International campaign “My City is preparing” in the Arctic Zone of the Russian Federation // Problems of prevention and liquidation of emergency situations in the Arctic region. Safe city in the Arctic: Materials of the Conference of MES of Russia. 2016. P. 156—160 (Russia).]
6. Большаков Б.Е., Шевенина Е.В. Методологические принципы бездефектного управления безопасностью и развитием территориальных и производственных систем // Наукоедение. Т. 8. 2016. № 2. С. 1—18. [Bolshakov B.E., Shevenina E.V. Methodological principles of non-defective management of security and development of territorial and production systems // Science. Vol. 8. 2016. № 2. P. 1—18 (Russia).]

7. Немтинов В. А. Информационные технологии принятия решений по обеспечению экологической безопасности промышленных объектов // Вестник ТГТУ. 2008. № 14. С. 13—19. [Nemtinov V. A. Information technologies of decision-making on maintenance of ecological safety of industrial objects // Herald of TGTU. 2008. № 14. P. 13—19 (Russia).]
8. Стратегия национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года / Утверждена Указом Президента Российской Федерации от 12 мая 2009 г. № 537. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_87685/ [National security strategy of the Russian Federation until 2020 / Approved by the Decree of the Russian Federation of May 12, 2009 № 537. [Electronic resource]. Access mode: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_87685/ (Russia).]
9. Стратегия социально-экономического развития Сибири до 2020 г. / Распоряжение Правительства Российской Федерации от 12 мая 2009 г. № 1120-р. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_103600/ [Strategy of socio-economic development of Siberia to 2020 // Regulation of the Government of the Russian Federation of May 12, 2009. № 1120-P. [Electronic resource]. Access mode: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_103600/ (Russia).]
10. Распоряжение Правительства РФ от 27.08.2005 № 1314-р «Об одобрении Концепции федеральной системы мониторинга критически важных объектов и (или) потенциально опасных объектов инфраструктуры РФ и опасных грузов». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=55325&fld=134&dst=100008,0&rnd=0.9947080386050011> [Order of the RF government from 27.08.2005 № 1314-p "On approval of the concept of the federal system of monitoring of critical objects and (or) potentially dangerous objects of infrastructure of the Russian Federation and dangerous goods" [Electronic resource]. Access mode: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=55325&fld=134&dst=100008,0&rnd=0.9947080386050011> (Russia).]
11. О состоянии защиты населения и территорий Красноярского края от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: Государственный доклад. М.: МЧС России, 1996—2016 гг. [On the state of protection of population and territories of Krasnoyarsk region from emergency situations of natural and technogenic character: the State report. Moscow: EMERCOM of Russia, 1996—2016 (Russia).]
12. Сборник методических документов, применяемых для независимой оценки рисков в области пожарной безопасности, гражданской обороны и защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций. Союз организаций, осуществляющих экспертную деятельность в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций промышленной, пожарной и экологической безопасности. М., 2008. Ч. 1. 704 с. [Collection of methodical documents used for independent assessment of risks in the field of fire safety, civil defense and protection of population and territories from emergency situations. Union of organizations carrying out expert activity in the field of protection of population and territories from emergency situations of industrial, fire and ecological safety. Moscow, 2008. Part. 1. 704 p. (Russia).]
13. Сборник методических документов, применяемых при анализе и оценке техногенных рисков. Союз организаций, осуществляющих экспертную деятельность в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, промышленной, пожарной и экологической безопасности. М., 2011. 416 с. [Collection of methodical documents used in the analysis and assessment of technogenic risks. Union of organizations carrying out expert activity in the field of protection of population and territories from emergency situations, industrial, fire and ecological safety. Moscow, 2011. 416 p. (Russia).]
14. Москвичев В. В., Тасейко О. В., Иванова У. С., Черных Д. А. Базовые риски природно-техногенной безопасности Красноярской промышленной агломерации // Проблемы анализа риска. Т. 15. 2018. № 1. С. 42—47. [Moskvichev V. V., Taseiko O. V., Ivanova U. S., Chernykh D. A. Basic risks of natural and technogenic safety in Krasnoyarsk region // Issues of risk analysis. Vol. 15. 2018. № 1. P. 42—47 (Russia).]
15. Иванова У. С. Динамика изменений техногенных рисков промышленных регионов: Красноярский край, Кемеровская область // Обработка пространственных данных в задачах мониторинга природных и антропогенных процессов (SDM-2017): Труды Всероссийской конференции. Новосибирск: ИБТ СО РАН, 2017. С. 316—318. [Ivanova U. S. Dynamics of changes in technogenic risks of industrial territories: Krasnoyarsk region, Kemerovo region // Spatial data processing in the tasks of monitoring of natural and anthropogenic processes (SDM-2017): Works of the All-Russian conference. Novosibirsk: Russian Academy of Sciences, 2017. P. 316—318 (Russia).]

16. МР 2-4-71-40 Методические рекомендации «По порядку разработки, проверки, оценки и корректировки электронных паспортов территорий (объектов): утв. Министерством РФ по гражданской обороне, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий от 15.07.2016). [MR 2-4-71-40 Methodical recommendations "On the Order of development, verification, evaluation and correction of electronic passports of territories (objects): utv. Ministry of the Russian Federation on civil defense, emergency situations and liquidation of consequences of natural disasters from 15.07.2016) (Russia).]

Сведения об авторах

Иванова Ульяна Сергеевна: Институт вычислительных технологий СО РАН, Сибирский федеральный университет

Количество публикаций: 9

Область научных интересов: методы и средства сбора, обработки и анализа статистической информации

Контактная информация:

Адрес: 660049, г. Красноярск, проспект Мира, д. 53 / 660041, г. Красноярск, пр. Свободный, д. 79

Тел.: +7 (923) 281-94-64

E-mail: ulyana-ivanova@inbox.ru

Москвичев Владимир Викторович: доктор технических наук, профессор, Институт вычислительных технологий СО РАН, Сибирский федеральный университет

Количество публикаций: 457

Область научных интересов: природно-техногенная безопасность населения и объектов экономики

Контактная информация:

Адрес: 660049, г. Красноярск, проспект Мира, д. 53

Тел.: +7 (391) 227-29-12

E-mail: krasn@ict.nsc.ru

Тасейко Ольга Викторовна: кандидат физико-математических наук, доцент, Институт вычислительных технологий СО РАН, Сибирский государственный университет науки и технологии имени академика М. Ф. Решетнева

Количество публикаций: 91

Область научных интересов: математическое моделирование в задачах охраны окружающей среды

Контактная информация:

Адрес: 660049, г. Красноярск, проспект Мира, д. 53 / 660037, г. Красноярск, проспект им. Газеты «Красноярский рабочий», д. 31

Тел.: +7 (923) 280-52-10

E-mail: taseiko@gmail.com

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Дата поступления: 11.04.2019

Дата принятия к публикации: 15.04.2019

Дата публикации: 30.08.2019

The authors declare no conflict of interest.

Came to edition: 11.04.2019

Date of acceptance to the publication: 15.04.2019

Date of publication: 30.08.2019