

DOI: 10.32686/1812-5220-2018-15-5-16-25  
УДК 614.8.01:502/504:004

ISSN 1812-5220  
© Проблемы анализа риска, 2018

# Метод интегрального аналитического оценивания природно-техногенной безопасности территорий (на примере Красноярского края)

**Т. Г. Пенькова,  
А. М. Метус,  
В. В. Ничепорчук,**

Института вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук (ИВМ СО РАН), г. Красноярск

## Аннотация

Предложен метод интегрального аналитического оценивания природно-техногенной безопасности территорий, обеспечивающий формирование комплексного показателя на основе многомерного аналитического моделирования состояния окружающей среды и объектов техносферы. Представлены основные принципы формирования территориально ориентированного стандарта безопасности и алгоритм расчета интегральной оценки природно-техногенной безопасности территорий. Выполнена апробация предложенного метода для оценивания состояния территорий Красноярского края.

**Ключевые слова:** интегральное аналитическое оценивание, территориально ориентированный стандарт, природно-техногенная безопасность, предупреждение чрезвычайных ситуаций.

# Method of integral analytical estimation of the natural and anthropogenic territory safety (in case of Krasnoyarsk region)

**T. G. Penkova,  
A. M. Metus,  
V. V. Nicheporchuk,**

Institute of Computational Modelling of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (ICM SB RAS), Krasnoyarsk

## Annotation

This paper presents a method of integral analytical estimation of the natural and anthropogenic safety of the territories which provides the formation of a complex indicator based on multidimensional analytical modelling of the state of environment and technosphere objects. The basic principles of creation of a geographically-oriented safety standard and algorithm of calculating an integral assessment of natural and anthropogenic safety of the territories are proposed here. The practical result of the work is an implementation of suggested method for estimation of the natural and anthropogenic safety of the Krasnoyarsk territory.

**Keywords:** integral analytical estimation, geographically-oriented standard, natural and anthropogenic safety, prevention of emergencies.

## Содержание

### Введение

1. Комплексное оценивание природно-техногенной безопасности территорий

2. Алгоритм интегрального оценивания состояния природно-техногенной безопасности территорий

### Заключение

### Литература

## Введение

Раннее предупреждение чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера является одной из важнейших задач территориального управления [1—5]. Успешность мероприятий по снижению рисков возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС) во многом определяется адекватной оценкой состояния безопасности территории и принятием обоснованных решений. Исследования показывают, что управление территориальной безопасностью должно осуществляться по двум основным направлениям: оперативному и стратегическому [6, 7]. Оперативное управление обеспечивает постоянный контроль параметров состояния объектов техносферы и окружающей среды, выявление предпосылок к возникновению ЧС; направлено на организацию превентивных мероприятий по предотвращению возможных аварий или смягчение их последствий. В свою очередь, стратегическое управление ориентировано на снижение общего риска на территории; обеспечивает сбор, хранение и всесторонний анализ показателей безопасности; направлено на планирование мероприятий и разработку управляющих рекомендаций по уменьшению риска, совершенствование организационной структуры подразделений, отвечающих за ликвидацию последствий ЧС.

Для решения задач повышения безопасности жизнедеятельности населения и территорий активно внедряются системы оперативного управления [8, 9]. На сегодняшний день созданы обширные сети мониторинга потенциальных источников ЧС, развернуты сети метеостанций и сейсмостанций, внедряются датчики контроля на различных объектах хозяйствования, используются системы видеомониторинга. Кроме инструментальных средств контроля 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. Однако в большинстве случаев природные и техногенные процессы рассматриваются независимо, что не позволяет оценивать обстановку комплексно с учетом влияния многих факторов [10]. Для оценивания состояния безопасности используется

три основных подхода. Вероятностный подход позволяет рассчитывать оценку риска возникновения ЧС с помощью математических моделей, связывающих предпосылки с вероятностью их проявления. Методы данного типа используются для расчета индивидуальных, коллективных и социальных рисков и ориентированы, как правило, на конкретный производственный объект. Применение этих методов к территории требует совершенствования нормативной базы и серьезной адаптации расчетных моделей. Статистический подход позволяет формировать количественную оценку на основе анализа данных за определенный период наблюдения. Достоинствами методов данного типа является их объективность, возможность исследовать динамику изменений наблюдаемых параметров и формировать сводные показатели. Однако такие методы не могут быть применены для редко наблюдаемых событий и не позволяют получать оперативные оценки текущего состояния, отсутствует возможность интерпретации количественных оценок. Эвристический подход позволяет формировать качественные оценки, когда формальные методы слишком сложны, а исходная база данных недостаточна для получения однозначного аналитического решения. Однако применение методов данного типа без аналитической поддержки ведет к ошибкам субъективного характера. Таким образом, подтверждается актуальность гибридного подхода, позволяющего получать комплексные оценки природно-техногенной безопасности территорий с учетом особенностей взаимного влияния факторов риска и их временного развития [11].

В работе предлагается метод интегрального аналитического оценивания природно-техногенной безопасности территорий, обеспечивающий формирование комплексного показателя на основе многомерного аналитического моделирования состояния окружающей среды и объектов техносферы. Представлены основные принципы и алгоритм формирования интегральной оценки природно-техногенной безопасности территорий. На основе мониторинговых данных Главного управления МЧС России по Красноярскому краю выполнена апробация предложенного метода для оценивания состояния природно-техногенной безопасности территорий Красноярского края.

## 1. Комплексное оценивание природно-техногенной безопасности территорий

Комплексное аналитическое оценивание природно-техногенной безопасности территорий основано на формировании территориально ориентированного стандарта и интегральном оценивании состояния объектов окружающей среды и техносферы по результатам оперативной аналитической обработки мониторинговых данных [11].

**Формирование стандарта природно-техногенной безопасности** территорий — построение территориально ориентированной нормативной модели, предназначенной для корректного измерения фактического состояния безопасности и описывающей «желаемый» уровень безопасности с учетом индивидуальных особенностей территории и реальных возможностей его достижения. Стандарт разрабатывается экспертами на основе спецификаций территорий и результатов комплексного анализа состояния окружающей среды и объектов техносферы [12, 13]. На рис. 1 представлена диаграмма декомпозиции IDEF0 формирования стандарта

природно-техногенной безопасности. Модель IDEF0 отображает основные этапы процесса, данные, изменяемые и появляющиеся в результате выполнения функций, механизмы, посредством которых выполняются основные функции, а также правила и ограничения выполнения функций.

**Интегральное оценивание состояния природно-техногенной безопасности территорий** — формирование интегральной оценки комплексного показателя, рассчитываемой на основе иерархии оценок базовых показателей по результатам оперативной аналитической обработки мониторинговых данных. Формирование интегральной оценки осуществляется OLAP-системой в соответствии с разработанным стандартом безопасности и предлагаемым алгоритмом расчета. На рис. 2 представлена диаграмма декомпозиции IDEF0 интегрального оценивания состояния природно-техногенной безопасности.

**Формирование стандарта природно-техногенной безопасности территорий** включает следующие основные этапы:

- формирование иерархической системы показателей;

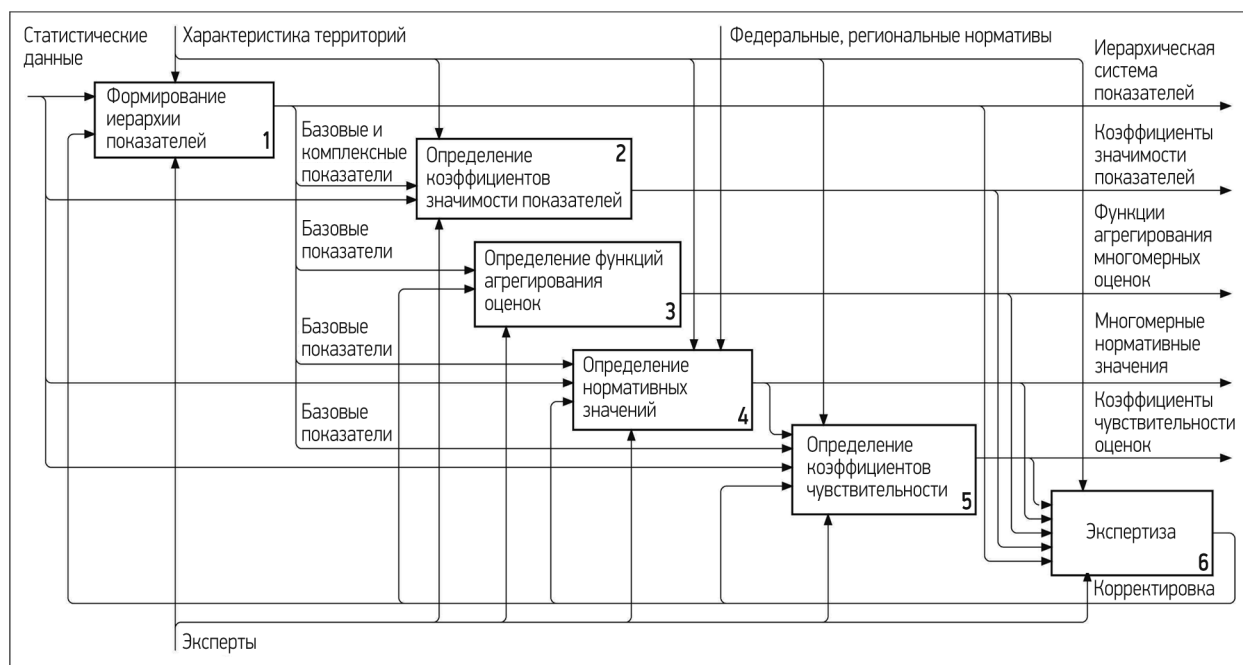


Рис. 1. Диаграмма декомпозиции IDEF0 формирования стандарта природно-техногенной безопасности территорий

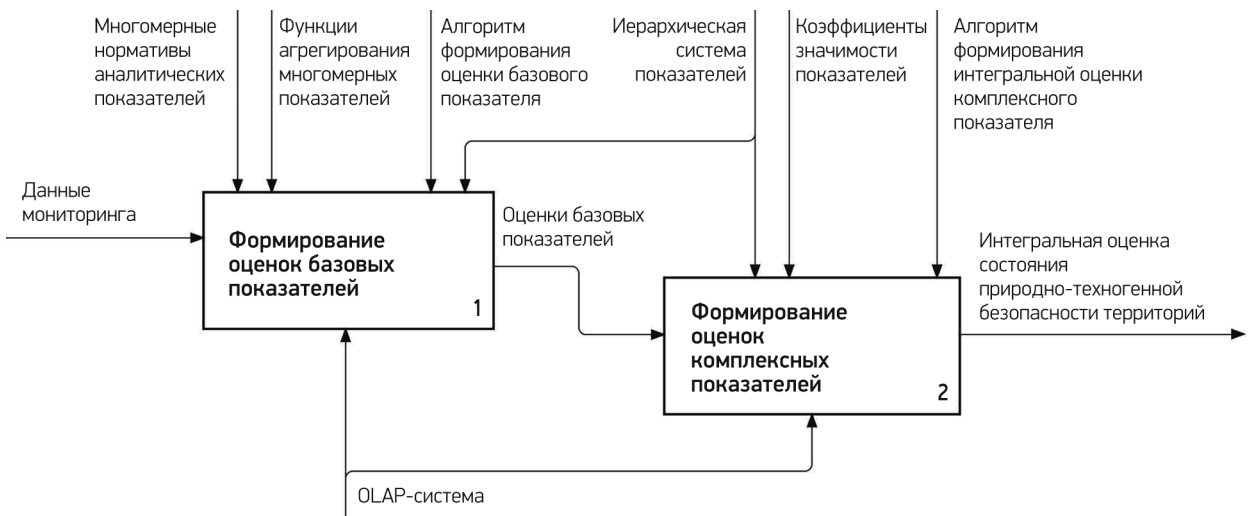


Рис. 2. Диаграмма декомпозиции IDEF0 интегрального оценивания состояния природно-техногенной безопасности территорий

- определение коэффициентов значимости показателей;
- определение функции агрегирования оценок;
- определение нормативных значений показателей;
- определение коэффициентов чувствительности оценок.

**Формирование иерархической системы показателей** — формирование набора показателей, характеризующих природные и техногенные факторы риска возникновения чрезвычайных ситуаций и уровней их агрегирования [14]. Иерархия содержит два типа показателей: базовые показатели — нижний уровень иерархии, формируемый OLAP-моделями; комплексные показатели — промежуточный и верхний уровни иерархии. На рис. 3 представлен пример уровней агрегирования показателей природно-техногенной безопасности.

**Определение коэффициентов значимости показателей** — определение относительных весовых коэффициентов ( $u_k$ ), характеризующих вклад показателей нижнего уровня иерархии в показатели верхнего уровня ( $u_k > 0, \sum u_k = 1$ ). Коэффициенты значимости показателей определяются для каждой территории с учетом ее физико-географических и социально-экономических особенностей. В табл. 1 представлены коэффициенты значимости показателей на примере двух территорий: мегапо-

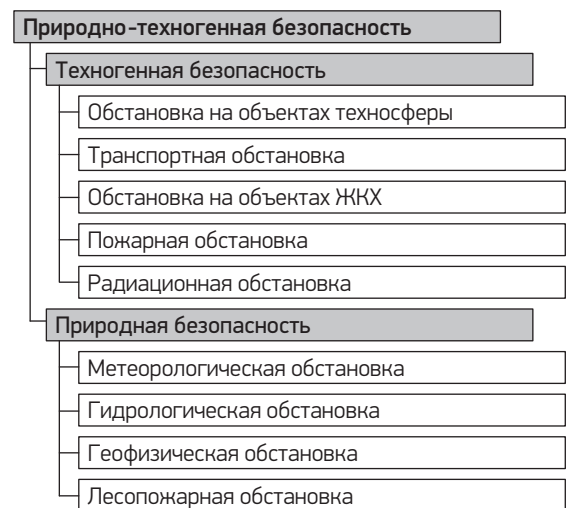


Рис. 3. Пример уровней агрегирования показателей

лиса, краевого центра (г. Красноярск) и муниципального района с интенсивной добычей минерального сырья в северной части края (Туруханский район).

**Определение функций агрегирования оценок** — определение функций, обеспечивающих переход от многомерных оценок показателей, рассчитанных по нескольким пунктам наблюдения, к одномерным значениям, рассчитанным по территории в целом ( $f_{agr}^k$ ). Выбор функции агрегирования (минимум,

Пример коэффициентов значимости показателей

Таблица 1

Иерархия показателей	г. Красноярск	Туруханский р-н
Техногенная безопасность	0,8	0,4
Обстановка на объектах техносферы	0,35	0,2
Транспортная обстановка	0,3	0,2
Обстановка на объектах ЖКХ	0,1	0,3
Пожарная обстановка	0,1	0,2
Количество бытовых и производственных пожаров на 10 000 населения	0,4	0,3
Количество пожаров с погибшими на 10 000 населения	0,3	0,3
Количество пожаров с пострадавшими на 10 000 населения	0,3	0,4
Радиационная обстановка	0,15	0,1
Природная безопасность	0,2	0,7
Метеорологическая обстановка	0,3	0,2
Гидрологическая обстановка	0,2	0,3
Геофизическая обстановка	0,3	0,05
Лесопожарная обстановка	0,2	0,45

максимум, среднее) определяется тенденцией (уровень безопасности повышается при увеличении или уменьшении значений показателей) и качественными свойствами показателей (наихудшее зарегистрированное значение показателя в большей или в меньшей степени отражается на оценке показателя территории). Например, для показателей, характеризующих радиационную и геофизическую обстановку, определена функция «среднее», для метеорологической и гидрологической обстановки — «максимум».

*Определение нормативных значений показателей* — определение интервала нормативных, с точки зрения уровня безопасности, значений показателей с учетом их многомерности ( $[N_j^k; Z_j^k]$ ). Многомерные нормативные значения определяются по результатам статистического анализа данных многолетних наблюдений. Диапазон нормативных значений задается с помощью статистических характеристик, медианы  $P_{jMe}^k$  и среднеквадратического отклонения  $\sigma_j^k$ ; следующим образом:

$$[N_j^k; Z_j^k] = \begin{cases} [0; P_{jMe}^k + \sigma_j^k], & \text{если } P_{jMe}^k - \sigma_j^k < 0 \\ [P_{jMe}^k - \sigma_j^k; P_{jMe}^k + \sigma_j^k], & \text{если } P_{jMe}^k - \sigma_j^k > 0 \end{cases}. (1)$$

Например, для Туруханского района нормативные значения для базового показателя метеорологической обстановки «Количество событий «Аномально холодная погода»», отражающего количество периодов длительностью не менее пяти суток, в течение которых минимальная суточная температура воздуха достигала  $-50^\circ\text{C}$ , составляют: в пунктах наблюдения «Бор», «Ворогово» и «Игарка» —  $[0; 4]$ ; в пунктах наблюдения «Верещагино», «Курейка» и «Туруханск» —  $[1; 3]$ ; в пунктах наблюдения «Светлогорск» и «Янов Стан» —  $[1; 2]$ ; в пункте наблюдения «Советская Речка» —  $[0; 5]$ ; в пункте наблюдения «Верхнеимбатск» —  $[0; 3]$ ; в пункте наблюдения «Келлог» —  $[0; 2]$ .

*Определение коэффициентов чувствительности оценок* — определение коэффициентов, регулирующих скорость изменения оценки при отклонении фактического значения показателя от установленного норматива ( $q_k$ ). Коэффициент принимает значения:  $0 < q < 1$ , если скорость изменения оценки показателя должна увеличиваться при увеличении отклонения фактического значения от норматива (чем ниже значение коэффициента, тем выше скорость изменения оценки);  $q > 1$ , если скорость изменения оценки должна снижать-

ся при увеличении отклонения значения показателя от норматива (чем больше значение коэффициента, тем ниже скорость изменения оценки);  $q = 1$ , если скорость изменения оценки вне норматива должна оставаться постоянной.

Например, для базового показателя пожарной обстановки «Количество пожаров с погибшими на 10 000 населения» установлено значение  $q = 0,3$ ; для показателя «Количество пожаров с пострадавшими на 10 000 населения»  $q = 0,8$ ; для показателя «Количество бытовых и производственных пожаров на 10 000 населения»  $q = 1$ .

Процесс формирования стандарта безопасности завершается экспертизой, в ходе которой выполняется проверка нормативов на соответствие актуальным данным и необходимая корректировка. Более подробно принципы формирования территориально ориентированного стандарта и установленные нормативные значения коэффициентов для территорий Красноярского края представлены в работе [15].

*Интегральное оценивание состояния природно-техногенной безопасности территорий* включает следующие основные этапы:

- формирование оценок базовых показателей;
- формирование оценок комплексных показателей.

*Формирование оценок базовых показателей* — расчет многомерных оценок базовых показателей (по отдельным пунктам наблюдения) и их агрегирование по территории в соответствии с заданной функцией. Оценки базовых показателей характеризуют соответствие фактических значений нормативу и позволяют оценить степень изменения показателя по отношению к интервалу нормативных значений с учетом многомерности показателей и необходимой чувствительности оценок. Расчет многомерных оценок выполняется в виде OLAP-моделей.

*Формирование оценок комплексных показателей* — расчет оценок комплексных показателей на основе оценок базовых показателей с учетом их значимости.

Формирование оценок базовых показателей и оценок комплексных показателей выполняется на базе стандарта безопасности в соответствии с предложенным алгоритмом.

## 2. Алгоритм интегрального оценивания состояния природно-техногенной безопасности территорий

Алгоритм формирования интегральной оценки состояния природно-техногенной безопасности территорий представляет собой развитие метода индексного оценивания социального благополучия населения [16] за счет включения OLAP-моделей в иерархию формирования комплексного показателя: интегральная оценка формируется на основе многомерных оценок показателей, которые рассчитываются на базе многомерных нормативных значений. Кроме того, предлагаемый алгоритм расчета оценок позволяет учитывать скорость изменения оценки при отклонении показателя от нормативных значений.

Количественным выражением состояния безопасности является интегральная оценка комплексного показателя, которая рассчитывается на основе оценок базовых показателей с учетом их значимости в показателе верхнего уровня иерархии:

$$I_{\Sigma} = \sum_{k=1}^n u_k I_k, \quad (2)$$

где  $I_{\Sigma}$  — интегральная оценка комплексного показателя;  $I_k$  — оценка  $k$ -го базового показателя по территории,  $u_k$  — коэффициент значимости  $k$ -го базового показателя, заданный в стандарте безопасности.

Оценки базовых показателей представляют собой агрегированные по территории оценки показателей, рассчитанные по каждому отдельному пункту наблюдения:

$$I_k = f_{agr}^k(i_1^k, \dots, i_m^k), \quad (3)$$

где  $i_j^k, j \in \{1 \dots m\}$  — многомерная оценка  $k$ -го базового показателя в  $j$ -м пункте наблюдения,  $f_{agr}^k$  — функция агрегирования для  $k$ -го базового показателя, заданная в стандарте безопасности.

Многомерные оценки показателей формируются в виде OLAP-моделей и характеризуют соответствие показателя нормативу в разрезе отдельных пунктов наблюдения. Многомерные оценки рассчитываются следующим образом:

$$i_j^k = 1 + \Delta P_j^k S_j^k, \quad (4)$$

где  $S_j^k = \pm 1$  — коэффициент, отражающий тенденцию  $k$ -го показателя в  $j$ -м пункте наблюдения,

$S_j^k = 1$  — если состояние безопасности улучшается при увеличении значения показателя,  $S_j^k = -1$  — если состояние безопасности улучшается при уменьшении значения показателя;  $\Delta P_j^k$  — коэффициент соответствия фактического значения  $k$ -го показателя нормативу в  $j$ -м пункте наблюдения.

Коэффициент соответствия фактического значения показателя нормативу рассчитывается следующим образом:

$$\Delta P_j^k = \begin{cases} 0, & \text{если } P_j^k \in [N_j^k, Z_j^k] \\ \left( \frac{P_j^k - Z_j^k}{Z_j^k - N_j^k} \right)^{q_k}, & \text{если } P_j^k > Z_j^k, \\ -\left( \frac{N_j^k - P_j^k}{Z_j^k - N_j^k} \right)^{q_k}, & \text{если } P_j^k < N_j^k \end{cases} \quad (5)$$

где  $q_k$  — коэффициент чувствительности оценки к отклонению  $k$ -го показателя от норматива, заданный в стандарте безопасности;  $[N_j^k; Z_j^k]$  — диапазон нормативных значений  $k$ -го показателя в  $j$ -м пункте наблюдения, заданный в стандарте безопасности;  $N_j^k$  — минимальное нормативное значение,  $Z_j^k$  — максимальное нормативное значение;  $P_j^k$  — фактическое значение  $k$ -го показателя в  $j$ -м пункте наблюдения. Коэффициент  $\Delta P_j^k$  принимает значение, равное нулю, когда фактическое значение показателя соответствует норме. Если фактическое значение показателя выходит за пределы верхней границы диапазона нормативных значений, значение коэффициента  $\Delta P_j^k$  становится положительным. Если фактическое значение показателя выходит за пределы нижней границы диапазона нормативных значений, значение коэффициента  $\Delta P_j^k$  становится отрицательным. Значение коэффициента  $\Delta P_j^k$  в совокупности со значением коэффициента  $S_j^k$  позволяет получить количественную оценку  $i_j^k$  показателя. Значения оценки  $i_j^k$ , превышающие единицу, демонстрируют улучшение показателя.

Рассмотрим в качестве примера формирование интегральной оценки комплексного показателя «Пожарная обстановка» городского округа Красноярск, в состав которого входят населенные пункты г. Красноярск и д. Песчанка (табл. 2).

На первом этапе рассчитываются оценки базовых показателей пожарной обстановки — опреде-

ляются многомерные оценки (в разрезе двух пунктов наблюдения — г. Красноярск и д. Песчанка) и выполняется их агрегирование по всей территории — городскому округу Красноярск.

Предварительно рассчитываются коэффициенты соответствия показателей нормативу. Фактические значения показателей по всем пунктам наблюдения выходят за границы нормативов. Так, коэффициент соответствия показателя «Количество бытовых и производственных пожаров на 10 000 населения» для г. Красноярска рассчитывается по условию выхода за верхнюю границу норматива:  $\Delta P_{1,1} = ((3,721 - 2,52) / (2,52))^1 = 0,48$ ; для д. Песчанка коэффициент рассчитывается по условию выхода за нижнюю границу норматива:  $\Delta P_{1,2} = ((1,882 - 1,346) / (7,54 - 1,882))^1 = -0,09$ . Далее, с учетом полярности показателя, оценка для г. Красноярска составляет  $i_{1,1} = 1 + 0,48 \times (-1) = 0,52$ , для д. Песчанка —  $i_{1,2} = 1 + (-0,09) \times (-1) = 1,09$ . Аналогично, для показателя «Количество пожаров с пострадавшими на 10 000 населения» оценки составляют:  $i_{2,1} = 0,44$  для г. Красноярска и  $i_{2,2} = 2,38$  для д. Песчанки; для показателя «Количество пожаров с погибшими на 10 000 населения»:  $i_{3,1} = 0,43$  и  $i_{3,2} = 1,84$  соответственно.

Агрегированные оценки базовых показателей (по городскому округу Красноярск) рассчитываются, исходя из наихудших значений, зарегистрированных на отдельных пунктах наблюдения. Так, оценка базового показателя «Количество бытовых и производственных пожаров на 10 000 населения» составляет  $i_1 = \max(0,52; 1,09) = 1,09$ . Оценки базовых показателей «Количество пожаров с пострадавшими на 10 000 населения» и «Количество пожаров с погибшими на 10 000 населения» составляют  $i_2 = 2,38$  и  $i_3 = 1,84$  соответственно.

На втором этапе рассчитывается интегральная оценка комплексного показателя «Пожарная обстановка» по городскому округу Красноярск на основе коэффициентов значимости входящих в него показателей. Оценка комплексного показателя «Пожарная обстановка» составляет  $I_{\text{Пожар.}} = 0,4 \times 1,09 + 0,3 \times 2,38 + 0,3 \times 1,84 = 1,7$ . Аналогичным образом рассчитываются остальные комплексные показатели: «Обстановка на объектах ЖКХ» —  $I_{\text{ЖКХ}} = 0,45$ ; «Транспортная обстановка» —  $I_{\text{Трансп.}} = 1,0$ ; «Обста-

**Пример расчета интегральной оценки комплексного показателя «Пожарная обстановка» на территории городского округа г. Красноярск**

Таблица 2

Показатель	Коэффициент значимости, $u_k$	Коэффициент чувствительности, $q_k$	Нижняя граница норматива, $N_k$	Верхняя граница норматива, $Z_k$	Фактическое значение, $P_k$	Оценка, $I_\Sigma, I_k, i_k$
1. Пожарная обстановка	0,12					1,7
Количество бытовых и производственных пожаров на 10 000 населения, $\times 10^{-8}$	0,4					1,09
1.1 г. Красноярск		1,0	0	2,520	3,721	0,52
1.2 д. Песчанка		1,0	1,882	7,540	1,346	1,09
2. Количество пожаров с пострадавшими на 10 000 населения, $\times 10^{-8}$	0,3					2,38
2.1 г. Красноярск		0,8	0,005	0,041	0,058	0,44
2.2 д. Песчанка		0,8	1,103	1,839	0	2,38
3. Количество пожаров с погибшими на 10 000 населения, $\times 10^{-8}$	0,3					1,84
3.1 г. Красноярск		0,3	0,012	0,036	0,039	0,43
3.2 д. Песчанка		0,3	0,755	2,115	0	1,84

новка на объектах техносферы» —  $I_{\text{Техносф.}} = 1,23$ ; «Радиационная обстановка» —  $I_{\text{Радиаци.}} = 1,0$ ; «Лесопожарная обстановка» —  $I_{\text{Лесопожар.}} = 1,05$ ; «Геофизическая обстановка» —  $I_{\text{Геофизич.}} = 1,0$ ; «Гидрологическая обстановка» —  $I_{\text{Гидролог.}} = 1,0$ ; «Метеорологическая обстановка» —  $I_{\text{Метеор.}} = 1,1$ .

Комплексные показатели более высокого уровня рассчитываются на основе коэффициентов значимости комплексных показателей нижнего уровня: «Техногенная безопасность» —  $I_{\text{Техног.}} = 1,7 \times 0,1 + 0,45 \times 0,1 + 1 \times 0,3 + 1,23 \times 0,35 + 1 \times 0,15 = 1,095$ ; «Природная безопасность» —  $I_{\text{Природ.}} = 1,05 \times 0,2 + 1 \times 0,3 + 1 \times 0,2 + 1,1 \times 0,3 = 1,04$ ; «Природно-техногенная безопасность» —  $I_{\text{Природ.-техног.}} = 1,095 \times 0,8 + 1,04 \times 0,2 = 1,084$ .

Формируемая иерархия оценок позволяет получать обобщенные количественные характеристики состояния безопасности территории, выполнять

сравнительный анализ с другими территориями и, в случае необходимости, детализировать оценки до отдельных сфер мониторинга и показателей, что дает возможность определить первопричины текущего состояния и сформировать целевые управляющие рекомендации.

## Заключение

Авторами предложен метод интегрального аналитического оценивания природно-техногенной безопасности территорий, основанный на формировании территориально ориентированного стандарта безопасности и интегральном оценивании состояния окружающей среды и объектов техносферы. Территориально ориентированный стандарт безопасности обеспечивает корректное измерение фактического состояния безопасности на территории и описывает «желаемый» уровень с учетом



индивидуальных особенностей территории и реальных возможностей его достижения. Интегральная оценка состояния природно-техногенной безопасности формируется на основе иерархии оценок показателей, рассчитанных по результатам оперативной аналитической обработки мониторинговых данных с применением многомерных нормативных значений. Метод позволяет получать обобщенные количественные оценки текущего состояния безопасности, выполнять сравнительный анализ территорий и, в случае необходимости, детализировать оценки до отдельных сфер мониторинга и показателей, что дает возможность определить первопричины текущего состояния и сформировать целевые управляющие рекомендации.

## Литература [References]

1. Beroggi G. E., Wallace W. A. Operational Risk Management The Integration of Decision, Communications, and Multimedia Technologies, Springer US, 2012. 207 p.
2. Haddow G.D., Bullock J.A., Coppola D.P. Introduction to emergency management. Amsterdam: Butterworth-Heinemann, 2011. 518 p.
3. Махутов Н.А. Безопасность и риски: системные исследования и разработки. Новосибирск: Наука, 2017. 724 с. [Makhutov N. A. Safety and risks: system researches and developments. Novosibirsk: Nauka, 2017. 724 p.]
4. Управление рисками техногенных катастроф и стихийных бедствий: Пособие для руководителей организаций. Монография // Под общ. ред. Фалеева М.И. / РНОАР. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2016. 270 с. [Management of risks of technological disasters and natural hazards: Textbook for managers. Moscow: FGBU VNII GOCHS(FC), 2016. 270 p.]
5. Osipov V.I., Larionov V.I., Burova V.N., Frolova N.I., Sushchev S.P. Methodology of Natural risk assessment in Russia. Natural hazards. 2017. No. 8. Vol. 88. P. 17—41.
6. Ямалов И.У. Моделирование процессов управления и принятия решений в условиях чрезвычайных ситуаций. М.: Лаборатория базовых знаний, 2013. 288 с. [Yamalov I. U. Modeling of management and decision-making processes in emergency situations. Moscow: Laboratoriya Basovikh Znaniy, 2010. 288 p.]
7. 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. [Moskvichev V. V., Bychkov I. V., Potapov V. P., Taseiko O. V., Shokin Yu. I. Information system for territorial risk and safety management development. Vestnik RAN, 2017. No. 8 (87). P. 696—705.]
8. 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.
9. Фалеев М.И., Малышев В.П., Макиев Ю.Д. Раннее предупреждение о чрезвычайных ситуациях / МЧС России. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2015. 232 с. [Faleyev M.I., Malyshev V.P., Makiev Yu.D. and etc. Early warning about emergency situations. Moscow: FGBU VNII GOCHS(FC), 2015. 232 p.]
10. Метус А.М. Актуальные задачи комплексного оценивания природно-техногенной безопасности территории // Молодой ученый, 2015. № 11. С. 89—92. [Metus A.M. Actual tasks of comprehensive estimation of natural and technogenic territory safety. Molodoj uchenyj, 2015. No. 11. P. 89—92.]
11. Пенькова Т.Г., Метус А.М. Концептуальная модель интегрального аналитического оценивания природно-техногенной безопасности территории // Информатизация и связь, 2016. № 2. С. 65—71. [Penkova T.G., Metus A.M. Conceptual model of integral analytical estimation of natural and technogenic territory safety. Informatizaciya i svyaz', 2016. No. 2. P. 65—71.]
12. Государственный доклад о состоянии защиты населения и территорий Красноярского края от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера / Главное управление МЧС России по Красноярскому краю в 2017 году. Красноярск, 2018. 248 с. [The national report about an emergency protection of the population and territory of the Krasnoyarsk region. Krasnoyarsk: Glavnoe upravlenie MCHS Rossii po Krasnoyarskomu krayu, 2018. 248 p.]
13. Penkova T. Analysis of Natural and Technogenic Safety of the Krasnoyarsk Region Based on Data Mining Techniques // Lecture Notes in Computer Science: Advances in Conceptual Modeling. 2016. Vol. 9975. P. 102—112.
14. Ничепорчук В.В., Пенькова Т.Г. Система аналитических показателей для стратегического контроля природно-техногенной безопасности территорий // Проблемы анализа риска, 2018. Т. 15, № 1. С. 70—77. [Nicheporchuk V. V., Penkova T. G. The system of analytical indicators for a long-term control of natural and

technogenic territory safety), Problemy analiza riska, 2018. No.11(15). P. 70—77.]

15. Ничепорчук В.В., Пенькова Т.Г., Метус А.М. Формирование стандарта природно-техногенной безопасности территорий Красноярского края // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций, 2018. № 2. [Nicheporchuk V.V., Penkova T.G. and Metus A.M. Developing of the natural and technogenic safety standard of the Krasnoyarsk region. Problemy bezopasnosti i chrezvychajnyh situacij, 2018. No. 2. P. 41—52.]
16. Penkova T. Method of Wellbeing Estimation in Territory Management // Book Series: Lecture Notes in Computer Science. 2014. Part IV. Vol. 8582. P. 57—68.

## Сведения об авторах

**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, территориальное управление

*Контактная информация:*

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

Тел. +7 (391) 249-53-56

E-mail: penkova\_t@icm.krasn.ru

**Метус Анна Михайловна:** младший научный сотрудник Института вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук (ИВМ СО РАН)

Количество публикаций: 11

Область научных интересов: методы и технологии аналитической обработки данных, оценка природно-техногенной безопасности

*Контактная информация:*

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

Тел. +7 (391) 290-74-53

E-mail: metus@icm.krasn.ru

**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, системы поддержки принятия решений, комплексный мониторинг чрезвычайных ситуаций

*Контактная информация:*

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

Тел. +7 (391) 290-74-53

E-mail: valera@icm.krasn.ru