

Анализ подходов и методов формирования интегральных индексов риска при работе с паспортами безопасности территории субъектов Российской Федерации

ISSN 1996-8493
DOI: 10.54234/CST.19968493.2023.20.3.77
© Технологии гражданской безопасности, 2023

Е.В. Арефьева, Е.В. Муравьева, А.С. Котосонов, Д.В. Полторанов, А.В. Кузьмин

Аннотация

В статье приводится обзор отечественных и зарубежных публикаций, посвященных применению вероятностных и индексных методов для оценки показателей риска чрезвычайных ситуаций; формализована постановка научной задачи в области повышения защищенности населения, территорий и работы с паспортами безопасности территорий.

Авторами сделаны выводы об эффективности применения такого подхода при рейтинговых оценках деятельности высших должностных лиц субъектов Российской Федерации с целью выработки управленческих решений, направленных на повышение защищенности населения, территорий от угроз природного и техногенного характера.

Ключевые слова: индекс риска; обобщенный показатель; интегральный индекс; паспорт безопасности; чрезвычайная ситуация; защита населения и территории; дистанционная оценка риска.

Analysis of Approaches and Methods for the Formation of Integral Risk Indices When Working with Safety data Sheets of the Territory of the Constituent Entities of the Russian Federation

ISSN 1996-8493
DOI: 10.54234/CST.19968493.2023.20.3.77
© Civil Security Technology, 2023

E. Arefyeva, E. Muravieva, A. Kotosonov, D. Poltoranov, A. Kuzmin

Abstract

The article provides an overview of domestic and foreign publications devoted to the use of probabilistic and index methods for assessing emergency situations risk indicators, formulation of scientific task in the field of improving population and territories security and working with safety data sheets of territories was formalized.

The authors draw conclusions about the effectiveness of this approach in rating the activities of senior officials of the Russian Federation subjects in order to develop management decisions aimed at improving the protection of the population, territories from natural and man-made threats.

Key words: risk index; complex indicator; integral index; safety data sheet; emergency situation; protection of the population and territory; remote risk assessment.

Введение

Современная проблематика устойчивого развития общества, зафиксированная как на глобальном, так и на национальном уровне, требует консолидации усилий всех заинтересованных сторон, в частности, при решении задач обеспечения комплексной безопасности и защищенности населения и территорий от угроз природного и техногенного характера

В Российской Федерации приказом МЧС России от 25.11.2004 № 484¹ утверждены типовые паспорта безопасности территорий субъектов Российской Федерации и муниципальных образований.

Основные требования к структуре, оформлению и содержанию паспорта безопасности административно-территориальных единиц определены национальным стандартом ГОСТ Р 22.2.03². Паспорт безопасности разрабатывается для определения количественных показателей риска чрезвычайных ситуаций (ЧС), оценки последствий возможных ЧС, разработки рациональных мероприятий, направленных на снижение риска ЧС, предупреждение ЧС и смягчение последствий ЧС [1]. Согласно установленным национальным стандартом нормативам³ основными показателями, характеризующими меру опасности чрезвычайной ситуации, являются значения индивидуального, коллективного, потенциального, социального и допустимого риска. В работе [2] рассмотрены нормативные документы в области менеджмента риска чрезвычайной ситуации. Математический аппарат анализа показателей риска ЧС в указанных документах базируется на теории вероятностей и для оценки риска, например, индивидуального, рекомендуется представлять указанный показатель в виде значений вероятности гибели человека и ожидаемого количества погибших из числа выбранной группы лиц в течение определенного времени по формуле:

$$R = \frac{n}{N}, \quad (1)$$

где n — число пострадавших, а N — число лиц, подверженных риску.

Вместе с тем, для выработки и принятия управленческих решений по формированию перечня мероприятий, влияющих на снижение риска ЧС и повышающих безопасность территории, необходим некоторый инструментарий, который позволит регулировать, «улучшать» текущую ситуацию в сфере безопасности за счет мероприятий, которые влияют на повышение защищенности и снижение подверженности рискам. Вероятностный подход в этом случае трудноприменим и необходимы иные методы и инструменты.

Одним из таких инструментов может явиться метод индексов, широко применяемый для различных оценок социально-экономических ситуаций, оценок опасностей, рисков различной природы. Индексный метод находит свое широкое применение в силу того, что в процессе оценок и принятия управленческих решений приходится иметь дело с огромными массивами разнородной, разрозненной информации; при этом данные выражены в различных единицах и измерены с разной периодичностью, достоверностью. На основе формирования комплексных, интегральных показателей можно и целесообразно проводить различные рейтинговые оценки, оценивать деятельность руководителей муниципальных образований, регионов и т.д. [3].

В настоящее время в международном научном сообществе разработано достаточно инструментов и методик для оценки риска бедствий; созданы базы данных по рискам и, несмотря на большое разнообразие в подходах, методах и моделях в области оценки риска бедствий, отсутствуют единые понятия, требования к расчетам, набору показателей для оценки риска.

В статье приводится обзор использования индексных методов для оценки защищенности населения и территорий от угроз природного и техногенного характера. Предлагается в качестве исходной информации для формирования интегральных показателей по оценке риска муниципальных образований использовать данные, в том числе, паспортов безопасности территорий муниципальных образований. При формировании таких индексов по субъекту Российской Федерации данные паспортов безопасности могут использоваться с соблюдением соответствующих режимов соблюдения государственной тайны.

1. Анализ методов оценки защищенности населения и территорий от чрезвычайных ситуаций на основе зарубежного и российского опыта

Основным глобальным документом стратегической направленности в области защиты населения и территорий от угроз природного и техногенного характера бесспорно является Сендайская рамочная программа по снижению риска бедствий на период 2015–2030 гг. [4, 5]. Наиболее перспективным инструментарием в плане оценки готовности сообществ к бедствиям является подход INFORM [6].

Суть подхода INFORM заключается в онтологическом представлении состояния защищенности от чрезвычайных ситуаций (страны, региона, муниципального образования) в виде набора показателей, сгруппированных по направлениям: опасности, уязвимости и потенциала противодействия.

¹ Приказ МЧС от 25 октября 2004 г. № 484 «Об утверждении типового паспорта безопасности территорий субъектов Российской Федерации и муниципальных образований».

² ГОСТ Р 22.2.03-2022 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Паспорт безопасности административно-территориальных единиц // Доступ из справочно-правовой системы «Консультант» URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5295/ (дата обращения: 10.08.2023 г.).

³ ГОСТ Р 22.2.06-2016 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Оценка риска чрезвычайных ситуаций при разработке паспорта безопасности критически важного объекта и потенциально опасного объекта».

Опасности рассматриваются по категориям: природные и техногенные, в каждой из категорий представлен перечень опасностей. Под «уязвимостью» понимаются условия, определяемые физическими, социальными, экономическими и экологическими факторами или процессами, которые усиливают подверженность того или иного объекта или сообщества воздействию опасностей [4, 5].

Под «потенциалом противодействия» понимается способность системы, сообщества или общества, подверженного угрозам, противостоять последствиям угрозы, переносить их, приспосабливаться к ним и восстанавливаться своевременно и эффективно, в том числе посредством сохранения и восстановления своих основополагающих структур и функций [4, 5].

Соответственно, эксперты оценивают регион (страну, муниципальное образование) по 50 показателям по трем направлениям, по десятибалльной шкале (0 — «очень хорошо», 10 — «очень плохо»). В методологии INFORM применен аппарат нечетких множеств и далее, в результате процедур дефазификации, определяется числовое значение измеряемого показателя.

На основе полученных данных рассчитываются комплексные значения показателей по каждому направлению, что дает возможность подсчета интегрального индекса риска чрезвычайных ситуаций, как среднего геометрического суммы его составляющих по формуле (2):

$$I = \sqrt[3]{G \cdot V \cdot (1 - U)}, \quad (2)$$

где:

G — комплексный показатель опасности;

V — комплексный показатель уязвимости;

U — комплексный показатель потенциала противодействия.

Индекс управления рисками INFORM — это инструмент с открытым исходным кодом для количественной оценки рисков кризисов и стихийных бедствий. Пользователи могут получить доступ к результатам, загрузив электронные таблицы Excel, содержащие все исходные данные и расчеты, загрузив профили отдельных стран, а также получить с помощью интерактивного приложения различные карты и диаграммы, определить тренды как по отдельным показателям, так и по комплексным.

Результаты могут затем использоваться на глобальном, региональном, национальном и субнациональном уровнях: для ранжирования стран (регионов, отдельных сообществ) по риску или любому из его аспектов; для создания профилей рисков для любых отдельных компонентов риска, а также для проведения анализа тенденций, чтобы понять, как страны изменяются относительно друг друга [6].

Помимо подхода INFORM, различные исследовательские коллективы и отдельные авторы разрабатывают иные интегральные показатели и индексы для оценки риска, потенциала противодействия.

В работах по оценке интегрального индекса риска ЧС таких авторов, как Игнатьева А. В. и Кнауб Р. В., приводятся результаты применения модифицированной

методологии INFORM для территории Сибирского федерального округа [7]; параметры и показатели выбранны более соответствующие российским реалиям [8]. В указанных работах индексы опасности, уязвимости и потенциала противодействия вычислялись по формулам, в которых фигурируют усредненные относительные показатели, выбранные авторами в качестве базовых, однако, на наш взгляд, не являющиеся бесспорными. Например, показатель уязвимости региона представляет собой усредненный показатель из относительных показателей разных сущностей без весовых коэффициентов, что может вызывать сомнения в объективности и интерпретации показателя. Так, коэффициент (показатель природной опасности) определяется по формуле (3):

$$H_c = D \times \frac{S}{P}, \quad (3)$$

где:

H_c — коэффициент природной опасности;

D — количество природных процессов, опасных в масштабе региона;

$\frac{S}{P}$ — плотность населения в регионе.

Неясно, например, как определяется показатель D , за какой период оцениваются опасность, уязвимость по погибшим, пострадавшим.

Вместе с тем идея применения индексных методов для учета разнородных, разноименных показателей, из которых формируются комплексные показатели, несомненно, представляет интерес.

Близкий к методологии INFORM подход представлен в серии работ зарубежных авторов: Peijun Shi, Jiabing Shuaila и др. Так, в статьях [9–13] анализируются модели оценки риска и условия передачи риска крупномасштабных бедствий в соответствии с характеристиками таких бедствий. Разработана модель оценки риска крупномасштабных бедствий, основанная на концепции региональной системы стихийных бедствий: риск крупномасштабных бедствий (RL) является функцией опасности, вызвавшей бедствие (H), уязвимости соответствующих объектов (V) и стабильности контекстуальной среды, формирующей опасность (E) или RL (4) [9].

$$RL = f(H, V, E). \quad (4)$$

На глобальном уровне крупномасштабная передача риска бедствий должна иметь единообразное определение и характеризоваться государственной поддержкой, функционированием рынка, участием общественности, смягчением последствий бедствий и разделением рисков.

Авторами рассматриваемого подхода вводится понятие крупномасштабного бедствия. Крупномасштабная катастрофа (Largescaldisaster (LSD)) — это любое серьезное бедствие, которое приводит к большим человеческим жертвам, огромному материальному ущербу и затрагивает обширные территории; оно основано

на любой опасности, которая возникает с интервалом в 100 лет или дольше и с которой пострадавшие районы не могут справиться без внешнего вмешательства [10].

Оценка риска крупномасштабных бедствий является основой для создания модели передачи риска таких бедствий, а также ключом к созданию моделей управления рисками. Руководствуясь концепцией региональной системы стихийных бедствий и отталкиваясь от модели оценки риска (4), а также принимая во внимание характеристики цепочки крупномасштабных бедствий, в работе [11] предложена модель оценки риска крупномасштабных бедствий для адекватного отражения интенсивности опасностей, уязвимостей. Индекс опасностей (Disaster Risk Index (DRI)) используется для расчета среднего риска смертности, вызванного крупномасштабными землетрясениями, тропическими циклонами, наводнениями и засухами [11].

$$R = H \cdot Pop \cdot Vul, \quad (5)$$

где:

R — число погибших в результате потенциальных бедствий;

H — опасности, зависящие от частоты и интенсивности бедствий;

Pop — общее население пострадавших районов;

Vul — уязвимость, зависящая от социального, политического и экономического статуса пострадавших районов.

Как видно из формулы (5), DRI определяется совместно с опасностями и подверженностью опасности (пострадавшее население), но не учитывает влияние среды, формирующей опасность, а также не учитывает потери имущества и ущерб ресурсам и окружающей среде в результате этих бедствий [10, 11]. В соответствии с международной практикой управления рисками в Китае предлагается интегрировать показатели безопасности, помощи при бедствиях и управления чрезвычайными ситуациями в единую систему LSD risk, а также координировать действия для повышения готовности к чрезвычайным ситуациям, восстановления и реконструкции объектов.

Также, близкий по сути к INFORM подход реализован для оценки риска стран Южной и Северной Америки [12]. Национальный университет Колумбии и Межамериканский банк развития совместно разработали систему показателей (SD) для управления рисками стихийных бедствий (IDB — IDEA), которая состоит из четырех групп индексов: индекс дефицита ресурсов при стихийных бедствиях (Disaster Deficit Index (DDI)); индекс местных стихийных бедствий (Local Disaster Index (LDI)); индекс распространенной уязвимости (Vulnerability Index (PVI)) и индекс управления рисками (Risk Management Index (RMI)). Целью такого подхода является проведение систематической количественной оценки управления рисками стихийных бедствий в странах Северной и Южной Америки.

Европейская модель оценки множественных рисков (EU-MRA) [13], разработанная Европейским союзом,

оценивает риски природных и технических опасностей в пределах оцениваемого региона и проводит оценку риска системы стихийных бедствий с использованием метода взвешенной суммы (метод Дэльфи) [13]. Комплексная оценка риска бедствий EU-MRA включает составление карт отдельных и комплексных опасностей, отдельных и комплексных карт уязвимости (всесторонне охарактеризованных с использованием регионального валового продукта на душу населения, плотности населения в пострадавших районах, региональной природной фрагментации и национального ВВП на душу населения) и интегрированных карт рисков.

В работе российских ученых Аркадьевой О. Г., Березиной Н. В. [14] на основе анализа 25 научных публикаций, посвященных применению рейтинговых оценок на основе индексных методов, сделаны выводы о факторах, которые необходимо учитывать для повышения объективности и адекватности оценок. Анализируемые работы сгруппированы в два класса:

1. Оценки эффективности деятельности органов государственной власти и местного самоуправления.
2. Оценки подверженности определенной совокупности субъектов экономики воздействию рисков факторов.

Так, в рамках первого подхода российскими учеными чаще всего анализируется реальный сектор экономики, оценивается эффективность деятельности сектора государственного управления [15].

Зарубежными учеными используется индекс SEM (State Economic Modernity Index) [16], позволяющий определить выполнение государством социально-экономических обязательств. Однако такой подход недостаточен с точки зрения выработки и принятия управленческих решений для улучшения ситуации по тем или иным направлениям и не позволяет делать прогнозы.

Для оценок подверженности различным рискам в рамках второго подхода, используются различные интегральные индексы. Так, методика World Risk Index (WRI), разработанная Институтом окружающей среды и безопасности человека Университета Организации Объединенных Наций (EHS) и немецким институтом Bündnis Entwicklung hilft (BEH), представленная в работе Birkmann J., Welle T. [17], применяется в различных инструментариях по оценке уязвимости общества, инфраструктуры, потенциала противодействия опасностям, включая оценку раннего предупреждения, готовности систем здравоохранения, адаптации к климатическим изменениям.

На основе WRI индекса в работе зарубежных исследователей Kiritz N., Ravitz M., Levonian M. [19] выполнены оценка и ранжирование прибрежных районов Латинской Америки по уровням опасности, уязвимости и потенциалу противодействия. С применением методов кластеризации выполнены оценка последствий реализации опасных событий и оценка достаточности потенциала противодействия [18, 19].

Основными трудностями при формировании оценок с помощью индексных методов можно выделить следующие:

необходимость наличия сопоставительных измерительных и оценивающих шкал для различных показателей;

формирование интегрального показателя и его составляющих должно учитывать различные масштабы численно измеряемых показателей, различную нормировку и сопоставимость градаций в различных комплексных показателях;

обоснованность наличия той или иной совокупности показателей, объясняющих их достаточность, достоверность, интерпретируемость, измеримость, объективность.

В рассматриваемой статье Аркадьевой О. Г., Березиной Н. В. [3] предлагаются направления улучшения

методологии индексных методов: «концентрация интегральных риск-индексов на предметной области», а также достаточная дезагрегация интегральных индексов до выявления связи с «рисковыми обстоятельствами»; «выбор качественных и количественных критериев оценки, а также использование предварительных оценок».

Кроме того, авторы предлагают проводить оценку с помощью интегральных индексов под конкретную цель. Тогда четко прорисовываются причинно-следственные связи между оценками и «рисковыми событиями».

В таблице представлены методы и подходы к оценке устойчивости и оценке рисков, разработанные в различных странах.

Таблица

Методы и подходы к оценке устойчивости и оценке рисков

Инструмент оценки	Год	Содержание оценки	Первичный разработчик
DRI (Индекс устойчивости к бедствиям) [20]	2015	Правовые и институциональные процессы; Повышение осведомленности и наращивание потенциала; Устойчивость важнейших служб и инфраструктуры; Готовность к чрезвычайным ситуациям, планирование реагирования и восстановления, а также Планирование развития, регулирование и снижение рисков	Earthquakes and Megacities Initiative (EMI)
CRD Устойчивость города к бедствиям [21]	2010	Человеческий, социальный, экономический, институциональный, физический экологический факторы	Academia, Shaw et al.
CRI Индекс устойчивости города [22]	2014	Инфраструктура и окружающая среда, лидерство и стратегия, здравоохранение и благосостояние, экономика и общество	The Rockefeller Foundation, Arup
Grosvenor (Международная организация (Великобритания)) [23]	2014	Климат; Экологический потенциал; Ресурсный потенциал; Инфраструктура; Сообщество; управление, институты, технические и учебные, система планирования, структура финансирования	Grosvenor, real estate investor (industry)
ICLEI (Местные власти за устойчивость) [24]	2014	Местные администрации оценивают свои климатические риски в контексте урбанизации, бедности и уязвимости и формулируют соответствующие стратегии устойчивости	ACCCRN, Rockefeller Foundation, ICLEI
UNISDR Инструментарий кампании по устойчивости городов к бедствиям [25]	2014	Оценочная карта устойчивости городов к бедствиям. 10 приоритетов	UNISDR. (2014). Disaster resilience scorecard for cities. United Nations Office for Disaster Risk Reduction
CDRI (Индекс устойчивости городов к бедствиям) [26]	2010	Социальные, экономические, институциональные, природные факторы	Coastal Services Center and the National Oceanic and Atmospheric Administration
CRI (Индекс устойчивости городов) [27]	2010	Критически важная инфраструктура и объекты; Транспорт; Общинные планы и договоренности; Меры по смягчению последствий; Бизнес-планы; Социальные системы.	USA/ National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)
SPUR (Сан-Франциско планирование устойчивости города) [28]	2009	Безопасность во время землетрясения и удобство использования в периоды реагирования и восстановления города Сан-Франциско	USA. San Francisco Planning + Urban Research Association (SPUR)
Huogo Guidance on Measuring the Reduction of Disaster Risks and the Implementation of the Huogo Framework for Action [29]	2008	Институциональный приоритет уменьшения опасности бедствий; Оценка и мониторинг риска; знания, инновации и образование; снижение рисков; Повышение готовности к ответным мерам	UN/OCHA and UN/ISDR
CPI (Индекс благосостояния городов ООН Хабитат) [30]	2012	Производительность; Развитие инфраструктуры; Качество жизни; Справедливость и социальная интеграция; Экологическая устойчивость; Городское управление и законодательство.	ООН Хабитат

2. Совершенствование методов оценки защищенности населения и территорий от чрезвычайных ситуаций

Приведенный обзор подходов к оценке риска бедствий и оценке защищенности населения и территорий с использованием индексных методов не претендует на полноту и исчерпываемость. Вместе с тем среди отечественных работ имеются попытки сформировать интегральный индекс риска при выполнении удаленной оценки риска на основе открытых и доступных данных [32–35].

Основная идея дистанционной оценки индекса риска чрезвычайной ситуации заключается в том, что исходные данные должны быть получены из открытых баз данных с минимальным привлечением экспертов. В качестве основных природных опасностей рассматриваются:

- наводнения и нагонные явления;
- сейсмическая активность;
- оползни, сели, лавины;
- природные пожары;
- ураганы, смерчи, сильные ветры;
- подтопления.

В качестве техногенных опасностей рассматриваются возможные аварии на потенциально опасных объектах (радиационно, химически, пожаровзрывоопасных объектах, гидротехнических сооружениях).

В качестве уязвимости рассматриваются уязвимость населения, износ систем ЖКХ, износ производственных объектов, незащищенность территорий от наводнений, оползней, иных опасных процессов.

В качестве потенциала противодействия рекомендуется рассматривать:

- наличие и охват систем оповещения и информирования;
- систему реагирования на ЧС;
- запасы резервов материальных и финансовых ресурсов, медицинских средств и пр.

Исходные данные для муниципальных образований можно получить из паспорта безопасности данной населенной территории.

Подробный перечень показателей по трем направлениям (опасности, уязвимости, потенциалу противодействия) представлен в работе [32].

Для оценки комплексных индексов по каждому направлению (опасности, уязвимости, потенциалу противодействия) необходимо оценить максимальные и минимальные значения.

Максимальные значения (наихудшие) комплексных показателей для формирования интегрального индекса риска могут быть определены как средневзвешенные значения (формулы 6, 7, 8):

$$G_{\max} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \alpha_i} \sum_{i=1}^n \alpha_i g_i^{\max}, \quad (6)$$

где:

$i = \overline{1, n}$ — количество показателей, характеризующих опасности;

g_i^{\max} — максимальные значения i -ой опасности, относительные безразмерные показатели [32];

α_i — весовые коэффициенты;

$$V_{\max} = \frac{1}{\sum_{j=1}^m \beta_j} \sum_{j=1}^m \beta_j v_j^{\max}, \quad (7)$$

где:

$j = \overline{1, m}$ — количество показателей, характеризующих уязвимость;

v_j^{\max} — максимальные значения показателей уязвимости (наихудшие), относительные безразмерные показатели [32];

β_j — весовые коэффициенты;

$$U_{\max} = \frac{1}{\sum_{k=1}^l \gamma_k} \sum_{k=1}^l \gamma_k u_k^{\max}, \quad (8)$$

где:

$k = \overline{1, l}$ — количество показателей, относящихся к потенциалу противодействия;

u_k^{\max} — максимальные значения k -го показателя потенциала противодействия (наилучшие), относительные безразмерные показатели [32].

Соответственно:

$$G_0 = \sum_{i=1}^n \alpha_i g_i —$$

начальное значение для i -ой опасности (внешние факторы);

$$V_0 = \sum_{j=1}^m \beta_j v_j —$$

начальное значение j -ой уязвимости (внутренние факторы, повышенный риск, снижение устойчивости);

$$U_0 = \sum_{k=1}^l \gamma_k u_k —$$

начальное значение k -го показателя потенциала противодействия.

Для выражения начального значения интегрального индекса риска воспользуемся формулой:

$$R_0 = [G_0 \times V_0 \times (1 - U_0)]^{1/3}. \quad (9)$$

Далее, ежегодно вычисляются i -ые значения индексов опасности, уязвимости, потенциала противодействия по формулам (6)–(8), но для текущих значений.

Для удобства вычислений и приведения к единообразию различных индексов предлагается выполнить их нормировку.

Нормирование значений комплексных индексов представлено формулами (10), (11), (12):

$$\bar{G}_0 = \frac{G_0}{G_{\max}} \leq 1; \quad (10)$$

$$\bar{V}_0 = \frac{V_0}{V_{\max}} \leq 1; \quad (11)$$

$$\bar{U}_0 = \frac{U_0}{U_{\max}} \leq 1. \quad (12)$$

Тогда нормированный интегральный индекс риска:

$$\bar{R}_0 = (\bar{G}_0 \times \bar{V}_0 \times (1 - \bar{U}_0)^{1/3}) \leq 1. \quad (13)$$

С учетом проведения мероприятий, т.е. в имитационном режиме, просчитываются различные варианты «реализации мероприятий» по снижению уязвимости и повышению потенциала противодействия, индекс \bar{R}_α выражается через \bar{G}_α , \bar{V}_α , \bar{U}_α по формуле (14):

$$\bar{R}_\alpha = ((\bar{G}_\alpha \times \bar{V}_\alpha \times (1 - \bar{U}_\alpha)^{1/3}). \quad (14)$$

Для выработки управленческих решений используется программный комплекс [32, 33] в имитационном режиме выработки рационального перечня мероприятий по снижению риска ЧС и повышению устойчивости населенных пунктов и общества.

Формальное построение целевой функции для повышения защищенности и снижения риска чрезвычайных ситуаций на основе использования индексных методов может быть сформулировано как снижение уязвимости, повышение потенциала противодействия и, соответственно, снижение отсутствия потенциала противодействия:

$$R_{\text{упр.}i} \rightarrow \min \text{ за счет } \begin{cases} V_{\text{упр.}i} \rightarrow \min \\ (1 - U_{\text{упр.}i}) \rightarrow \min \end{cases}. \quad (15)$$

Таким образом, в имитационном режиме можно оценить вклад мероприятий, повышающих потенциал противодействия опасности и снижающих уязвимость населения, объектов инфраструктуры и экономики и территорий, выполнить измененные расчеты индексов и интегрального индекса риска и сравнить с начальным значением (9). Так, просчитав в имитационном режиме различные варианты реализации тех или иных мероприятий, определяются наиболее эффективные.

Такой подход планируется апробировать в пилотном субъекте — Республике Татарстан.

При анализе паспорта безопасности Республики Татарстан был сделан вывод о том, что принятый подход к оценке риска (индивидуального, социального и др.) базируется на вероятностном подходе и анализе статистических рядов данных параметров чрезвычайных ситуаций (погибшие, пострадавшие, ущерб) и не позволяет вырабатывать управленческие решения, отталкиваясь от таких показателей, поскольку не ясно, какими мероприятиями можно повлиять на индивидуальный риск, например.

Так, проведенный анализ паспорта безопасности Республики Татарстан позволил сделать следующие выводы:

1. На величину коллективного риска для муниципальных образований Республики Татарстан в большей

степени влияют потенциально опасные объекты, поскольку именно для них прогнозируются наибольшие потери как персонала, так и населения. Среди муниципальных образований наибольший риск характерен для Азнакаевского, Нижнекамского районов и города Казани.

2. На величину экономического риска для муниципальных образований Республики Татарстан влияют объекты нефтедобычи, нефтепереработки, а также транспортировки и газоснабжения. Это связано с тем, что эти объекты среди потенциально опасных занимают большую долю. Соответственно, несмотря на низкую величину вероятности возникновения аварий и инцидентов, величина экономического риска прогнозируется на достаточно высоком уровне. Среди муниципальных образований наибольший риск характерен для Аксубаевского, Тукаевского районов и города Казани.

3. Величина индивидуального риска ЧС для Республики Татарстан составляет $3,1 \cdot 10^{-6}$, что не превышает величины, установленной ГОСТ Р 22.10.02 для Республики Татарстан, — $1,05 \cdot 10^{-5}$. В то же время следует обратить внимание на то, что по риску гибели при техногенных пожарах — $3,0 \cdot 10^{-5}$ и гибели в дорожно-транспортных происшествиях — $1,1 \cdot 10^{-3}$ в нормативы уложиться не удалось. Соответственно, именно в этих направлениях необходимо сосредоточить основные усилия в рамках реализации политики в области обеспечения комплексной безопасности.

4. Среди муниципальных образований наибольший риск характерен для Мензелинского района (индивидуальный риск чрезвычайных ситуаций), Верхнеуслонского района (индивидуальный риск техногенных пожаров; индивидуальный риск дорожно-транспортных происшествий).

5. Наименьший риск среди муниципальных образований характерен для города Набережные Челны (индивидуальный риск чрезвычайных ситуаций), Балтасинского района (индивидуальный риск техногенных пожаров), Агрызского района (индивидуальный риск дорожно-транспортных происшествий).

Проведенные расчеты, а также оценка динамики комплексных и интегральных показателей на основе вышеизложенных индексов риска могут составить основу для разработки и корректировки мероприятий программы обеспечения комплексной безопасности Республики Татарстан на очередной период планирования.

Выводы

В качестве выводов по результатам статьи можно сформулировать следующие:

1. Применение индексных методов для оценки состояния защищенности населения и территорий от угроз природного и техногенного характера позволяет не только проводить оценку подверженности населения и территорий опасностям, выявлять тренды, отслеживать динамику тех или иных показателей, но также связывать изменение (снижение) показателей опасностей и уязвимости за счет проведения соответствующих

мероприятий, т. е. улучшения показателей потенциала противодействия.

2. Индексный метод, в отличие от вероятностных подходов к оценке риска чрезвычайных ситуаций, позволяет одновременно оценивать разнородные и разномасштабные показатели, проводя соответствующую нормировку отдельных показателей и сведя в комплексные индексы, оценивать их динамику.

3. Интегральные показатели, представляющие собой свертку отдельных показателей с соответствующими весовыми коэффициентами, позволяют проводить оценку эффекта от вкладываемых ресурсов в состояние защищенности населения и территорий от бедствий. Информацию для формирования интегральных показателей целесообразно брать как из паспортов безопасности муниципальных образований, так и из открытых данных.

4. При формировании паспортов безопасности территорий субъекта Российской Федерации и муниципальных образований целесообразно понимать,

какие показатели являются управляемыми, какие контролируемые, а на какие показатели местные органы влиять не могут.

5. На примере Республики Татарстан показано, что в качестве показателей риска ЧС в паспортах безопасности территории используются вероятностные показатели риска ЧС, которые в явном виде не связаны с мероприятиями, повышающими защищенность населения и территорий от ЧС. Поэтому необходим дополнительный инструментарий, позволяющий использовать показатели, представленные в различных разделах паспорта безопасности территории по трем направлениям: опасности, уязвимости и потенциала противодействия. Мероприятия в области предупреждения и ликвидации ЧС, в области защищенности населения и территорий от ЧС целесообразно осуществлять в целях снижения уязвимости (объектов экономики, инфраструктуры, населения и территорий), повышения потенциала противодействия бедствиям.

Литература

- Олтян И. Ю. Использование инструмента анализа рисков в системе МЧС России // ВНИИ ГОЧС: вчера, сегодня, завтра: 35 лет на службе безопасности жизнедеятельности / МЧС России; ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ). М.: ЗАО ФИД «Деловой экспресс», 2011. Кн. 3. EDN: MUMXYS.
- Олтян И. Ю. О противоречиях в нормативных правовых актах и нормативных документах в области менеджмента риска чрезвычайной ситуации и путях их устранения / И. Ю. Олтян, А. И. Коровин // Актуальные проблемы защиты и безопасности: Труды XXV Всероссийской научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 4–7 апреля 2022 года. СПб.: Российская академия ракетных и артиллерийских наук, 2022. С. 278–284. EDN: HNXSHA.
- Аркадьева О. Г., Березина Н. В. Анализ методологических подходов и принципов оценки рисков на основе построения рейтингов интегральных риск-индексов // Проблемы анализа риска. 2019. Т. 16. № 6. С. 78–89.
- Сендайская рамочная программа по снижению риска бедствий на 2015–2030 годы. А/RES/69/283.
- Реализация Сендайской рамочной программы по снижению риска бедствий в Российской Федерации: Итоги пятилетия / И. Ю. Олтян, Е. В. Арефьева, В. В. Крапухин и др. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2021. 344 с. ISBN 978-5-93970-252-2. EDN: JZQGAW.
- INFORM. URL: <https://apdim.unescap.org/knowledge-hub/inform-index-risk-management>.
- Игнатьева А. В., Кнауб Р. В. Критерии оценки интегрального индекса риска чрезвычайных ситуаций различного генезиса для территорий Сибирского федерального округа // Геосферные исследования. 2021. № 1. С. 76–86.
- Игнатьева А. В., Кнауб Р. В. Анализ природно-техносферной безопасности субъектов Сибирского федерального округа России с использованием методологии INFORM // Успехи современного естествознания. 2021. № 12. С. 120–126.
- Peijun Shi, Jiabing Shuai la, Wenfang Chen la, and Lili Lu Study on Large-Scale Disaster Risk Assessment and Risk Transfer Models Int. J. Disaster Risk Sci. 2010, 1 (2): 1–8 doi: 10.3974/j.issn.2095-0055.2010.02.001.
- Shi, P. J., and Y. H. Liu. 2009. Chinese Paradigm of Catastrophe Risk Governance. Journal of US-China Public Administration 6 (6): 18–28.
- Shi, P. J. 1991. Theory and Practice of Disaster Studies. Journal of Nanjing University (Natural Sciences) (Special): 37–42. [In Chinese.]
- Omar D. Cardona and Martha L. Carreño System of indicators of disaster risk and risk management for the Americas: Recent updating and application of the IDB-IDEA. Measuring vulnerability to natural hazards: Towards disaster resilient societies (second edition) (pp.251). Publisher: United Nations University.
- Greiving, S. 2006. Multi-Risk Assessment of Europe's Regions. In Measuring Vulnerability to Natural Hazards: Towards Disaster Resilient Societies, edited by J. Birkmann, 210–26. Tokyo: United Nations University.
- Аркадьева О. Г., Березина Н. В. Анализ методологических подходов и принципов оценки рисков на основе построения интегральных индексов // Проблемы анализа риска. 2019. Т. 16. № 6.
- Берендеева А. Б., Леядякина И. И. Рейтинги как инструмент оценки эффективности и результативности деятельности государственной и муниципальной власти // Вестник Ивановского гос. Ун-та. Серия: Экономика. 2018. № 1 (35). С. 6–17.
- Murphy R. H. The state economic modernity index: an index of state building, state size and scope, and state economic power. Economics of Governance, 2019. No. 20. P. 73–101. <http://doi.org/10.1007/s.10101-018-00220-0>.
- Birkmann J., Welle T., Assessing the risk of loss and damage: exposure, vulnerability and risk to climate related hazards for different country classifications. International Journal of Global Warming. Vol. 8. 2015. No. 2. P. 191–212. <http://doi.org/10.1504/IJGW.2015.071963>.
- Kiritz N., Ravitz M., Levonian M. Model risk tiering: an exploration of industry practices and principles. Journal of Risk Model Validation, 2018. No. 13(2). P. 47–77.
- World risk report 2022.-Bündnis Entwicklung Hilft Ruhr University Bochum — Institute for International Law of Peace and Armed Conflict (IFHV).
- Khazai et al. (2015) A guide to measuring urban risk resilience: Principles, tools and practice of urban indicators. The Philippines: Earthquakes and Megacities Initiative (EMI). Электронный ресурс: <https://resources.peopleinneed.net/documents/143-2015-guide-to-measuring-urban-risk-resilience.pdf>.
- Shaw, R., Takeuchi, Y., Joerin, J., Fernandez, G., 2010. Climate and Disaster Resilience Initiative Capacity-Building Program. Kyoto University, Kyoto, Japan.
- The Rockefeller Foundation & Arup (2015) City Resilience Framework. <https://www.rockefellerfoundation.org/wp-content/uploads/City-Resilience-Framework-2015.pdf>.
- Barkham et al. Resilient cities: A Grosvenor research report // URL: <https://www.researchgate.net/publication/283320811>.
- Gawler, S., & Tiwari, S. (2014). ICLEI ACCCRN PROCESS building urban climate change resilience; A toolkit for local government. ICLEI South Asia. <http://www.unisdr.org/campaign/resilientcities/home/toolkit>.
- Peacock et al. (2010) Advancing Resilience of Coastal Localities: Developing, Implementing, and Sustaining the Use of Coastal Resilience Indicators: A Final Report. Hazard Reduction and Recovery Center // URL: <https://www.researchgate.net/publication/254862206>.
- Sempieretal. (2010) Coastal community resilience index: A community self-assessment // URL: https://masge.org/assets/uploads/publications/662/coastal_community_resilience_index.pdf.
- Poland C, (2009) The resilient city: Defining what San Francisco needs from its seismic mitigation policies. San Francisco, CA, USA: San Francisco Planning and Urban Research Association report // URL: <https://mitigation.ceri.org/resource-library/policy-and-community-planners/the-resilient-city-defining-what-san-francisco-needs-from-its-seismic-mitigation-policies>.
- Guidance on Measuring the Reduction of Disaster Risks and the Implementation of the Hyogo Framework for Action. UN/ISDR

- (2008) // URL: https://www.unisdr.org/files/2259_IndicatorsofProgressHFA.pdf.
30. UN Habitat (2022) City prosperity index Methodology and Results of a Comparative Analysis of Cities // URL: <https://data.unhabitat.org>.
31. Рыбаков А. В., Иванов Е. В., Горина Л. Н., Кузьмин А. В. О подходе к определению показателя и шкалы для оценки защищенности населения, жилых зданий от химического загрязнения территории // Серия конференций ИОР: Наука о земле и окружающей среде. 2022.
32. Фалеев М. И., Олтян И. Ю., Арефьева Е. В., Болгов М. В. Методология и технология дистанционной оценки риска // Проблемы анализа риска. 2018. Т. 15.
33. Oltyan, I.Y.; Arefyeva, E.V., Kotosonov, A.S. Remote assessment of an integrated emergency risk index. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 2020 | Conference paper.: 10.1088/1757-899X/962/4/042053EID: 2-s2.0-85097064834 Part of ISBN: 1757899X 17578981.
34. Арефьева Е. В., Рыбаков А. В., Арифджанов С. Б. Оценка техногенного риска на основе интегрального индекса // Горная промышленность. 2018. № 1. С. 30–42.
35. Иванова У.С., Москвичев В.В., Тасейко О.В. Ранжирование территорий Красноярского края с использованием риск-ориентированного подхода // Проблемы анализа риска. 2019. Т. 16. № 4. С. 48–63.

Сведения об авторах

Арефьева Елена Валентиновна: д. т. н., доц., ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), гл. н. с. науч.-исслед. центра, Москва; Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева (КНИТУ-КАИ), проф. каф. промышл. и экологич. безопасности, Казань. Москва; Казань, Россия. SPIN-код: 2738-6323.

Муравьева Елена Викторовна: д. п. н., проф., Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева (КНИТУ-КАИ), зав. каф. промышл. и экологич. безопасности. Казань, Россия. SPIN-код: 5082-6256.

Котосонов Александр Сергеевич: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), нач. науч.-исслед. центра. Москва, Россия. SPIN-код: 2362-3700.

Полторанов Денис Владимирович: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), н. с. науч.-исслед. отдела. Москва, Россия. SPIN-код: 3885-2179.

Кузьмин Александр Викторович: к. т. н., Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева (КНИТУ-КАИ), доц. каф. промышл. и эколог. безопасности. Казань, Россия. SPIN-код: 5231-2804.

Information about authors

Arefyeva Elena V.: ScD (Technical Sc.), Associate Professor, VNIИ GOChS (FC), Chief researcher, Research Center, Moscow; Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Professor of the Department of Industrial and Environmental Safety, Kazan. Moscow; Kazan, Russia. SPIN-scientific: 2738-6323.

Muravieva Elena V.: ScD (Pedagogical Sc.), Professor, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Head of Department of the Department of Industrial and Environmental Safety. Kazan, Russia. SPIN-scientific: 5082-6256.

Kotosonov Alexander S.: VNIИ GOChS (FC), Head of Research Center. Moscow, Russia. SPIN-scientific: 2362-3700.

Poltoranov Denis V.: VNIИ GOChS (FC), Researcher, Research Department. Moscow, Russia. SPIN-scientific: 3885-2179.

Kuzmin Alexander V.: PhD (Technical Sc.), Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Associate Professor of the Department of Industrial and Environmental Safety. Kazan, Russia. SPIN-scientific: 5231-2804.

Издания ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ)

Авторы, название	URL
Совершенствование защиты населения, материальных и культурных ценностей от опасностей, возникающих при военных конфликтах или вследствие этих конфликтов с учетом современных угроз. Материалы научно-практической конференции. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2021.	https://elibrary.ru/item.asp?id=47152118
Наука и технологии обеспечения безопасности в чрезвычайных ситуациях. Материалы мероприятий деловой части программы конференции, организатором которых выступил ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ). Часть I. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2021.	https://elibrary.ru/item.asp?id=47150447
Наука и технологии обеспечения безопасности в чрезвычайных ситуациях. Материалы мероприятий деловой части программы конференции, организатором которых выступил ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ). Часть II. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2021.	https://elibrary.ru/item.asp?id=47233683
Олтян И.Ю. и др. Реализация Сендайской рамочной программы по снижению риска бедствий в Российской Федерации. Итоги пятилетия. Монография. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2021.	https://elibrary.ru/item.asp?id=46389727