

Научная статья

УДК 338.054.23; DOI: 10.61260/2304-0130-2026-2-90-99

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ К ОЦЕНКЕ РИСКА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА В РЕГИОНЕ

✉ Волокобинский Михаил Юрьевич.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

Пекарская Ольга Анатольевна;

Котюков Михаил Васильевич.

Национальный открытый институт, Санкт-Петербург, Россия

✉ volokobin@mail.ru

Аннотация. Сегодня изменения геофизической среды, в которую «встроена» техническая среда, повышают риск возникновения техногенных аварий, потому что возникает синергетический эффект взаимодействия этих сред. Поэтому очень важными являются научно обоснованные подходы к моделированию и прогнозированию аварий и чрезвычайных ситуаций, а также оценки степени риска их возникновения на определенных территориях.

В статье показано применение метода анализа иерархий для эффективного ранжирования шести важнейших критериев (факторов) техногенной опасности, выделенных экспертами по степени их значимости.

Ключевые слова: факторы техногенных опасностей, техногенные чрезвычайные ситуации, оценка рисков, метод анализа иерархий, вектор приоритетов

Для цитирования: Волокобинский М.Ю., Пекарская О.А., Котюков М.В. Применение метода анализа иерархий к оценке риска возникновения чрезвычайной ситуации техногенного характера в регионе // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2026. № 2 (58). С. 90-99. DOI: 10.61260/2304-0130-2026-2-90-99

Scientific article

APPLICATION OF THE HIERARCHY ANALYSIS METHOD TO ASSESS THE RISK OF A TECHNOGENIC EMERGENCY IN A REGION

✉ Mikhail Y. Volokobinsky.

Saint-Petersburg university of state fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia

Olga A. Pekarskaya;

Mikhail V. Kotyukov.

National Open Institute of St. Petersburg, Saint-Petersburg, Russia

✉ volokobin@mail.ru

Abstract. Today, changes in the geophysical environment, which includes the technical environment, increase the risk of natural and man-made accidents, because there is a synergistic effect of interaction between these environments. Therefore, it is very important to use scientifically based approaches to modeling and forecasting accidents and emergencies, as well as to assess the risk of their occurrence in certain territories.

The analysis of risks and sources of man-made hazards was carried out, taking into account the influence of territorial factors.

The article demonstrates the application of the analysis of hierarchies method for effectively ranking six most important criteria of man-made hazards in terms of their significance.

Keywords: factors of man-made hazards, man-made emergencies, risk assessment, hierarchy analysis method, and priority vector

For citation: Volokobinsky M.Y., Pekarskaya O.A., Kotyukov M.V. Application of the hierarchy analysis method to assess the risk of a technogenic emergency in a region // Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty) = Natural and man-made risks (physico-mathematical and applied aspects). 2026. № 2 (58). P. 90-99. DOI: 10.61260/2304-0130-2026-2-90-99

Введение

Наше время характеризуется активной динамикой процессов, касающихся геоэкологических комплексов, причем факторов воздействия в данном случае имеется множество, но наиболее значительным является техногенное воздействие, интенсивность которого возрастает от года к году. При этом, ожидаемо, будет расти и вероятность возникновения техногенных аварий и катастроф в связи с застройкой новых территорий, промышленным строительством и развитием всех видов инфраструктуры [1].

Количество таких аварий, за последние 15 лет составило 190 тыс., а пожаров произошло 900 тыс. Такие происшествия приводят к жертвам, огромному материальному ущербу и крупным финансовым затратам, что, конечно, отрицательно сказывается на социальных процессах в обществе, экономической ситуации и экологических процессах [2].

Конечно, такие изменения необходимо отслеживать, т.е. изучать обстановку в регионах, применяя различные методы мониторинга, используя методику прогнозирования и картографического моделирования территорий [3].

Отметим, что техносферные и биосферные явления проявляют себя не изолированно, а в постоянном взаимодействии друг с другом, поэтому и тяжелые последствия возникающих чрезвычайных ситуаций (ЧС) из-за взаимодействия данных систем часто тесно связаны. Постоянное развитие техносферы привело к возникновению новых терминов: «техногенная опасность», то есть совокупность факторов (технологических явлений и процессов, объектов и субъектов), представляющих угрозу для жизнедеятельности человека, экологической обстановки, социально-экономических объектов, и «техногенная чрезвычайная ситуация (ЧС)», под которой подразумевается обстановка в регионе (районе), уже сформировавшаяся в результате аварий, причиной которых техногенные опасности, и повлекшая за собой не только ущерб здоровью людей или окружающей среде, но и человеческие жертвы, большие материальные потери и даже экологические катастрофы [4].

Несмотря на новизну термина, понятно, что данная проблема появилась уже период активной урбанизации, когда люди, используя технические средства производства, углеводородное сырье, разные виды энергии, в том числе и ядерной, вступив в период научно-технической революции, одновременно создали условия для возникновения крупномасштабных аварий, катастроф, чрезвычайных ситуаций.

Рассмотрим сначала общепринятую классификацию чрезвычайных ситуаций, закрепленную в постановлении Правительства РФ от 21.05.2007 № 304 «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» по масштабу распространения, когда основными классификационными критериями являются размер территории, количество пострадавших и жертв, а также материальные потери.

Согласно данной квалификации выделяют:

- локальные ЧС, распространение которых не выходит за границы территории конкретного объекта (рабочее место, производственный участок, квартира, малая часть дороги), число пострадавших и жертв не превышает десяти человек, а объем финансового ущерба не более 100 тыс. рублей;

- муниципальные и межмуниципальные чрезвычайные ситуации, особенностью которых, соответственно, является распространение в пределах муниципального образования или не менее двух муниципальных образований; число пострадавших и жертв не более 50 человек, размер финансового ущерба не более 18,81 млн. руб.;
- региональные чрезвычайные ситуации, в ликвидации которых чаще всего необходимо участие не только субъекта РФ, на территории которого они происходят, но и привлечение федеральных сил, число пострадавших и жертв при которых составляет до 500 человек, а материальный ущерб может достичь 1,2 млрд. рублей;
- межрегиональные чрезвычайные ситуации, отличающиеся от региональных только тем, что они затрагивают территорию более чем двух субъектов РФ;
- чрезвычайные ситуации федерального характера, в которых обстановка оценивается количеством пострадавших более 500 человек, ущерб превышает 1,2 млрд. руб. [5].

Необходимо отметить, что для отнесения чрезвычайной ситуации к конкретному из вышеперечисленных видов, достаточно помимо территориального критерия зафиксировать хотя бы один критериев, касающихся числа пострадавших или материальных потерь.

В зависимости от характера чрезвычайных ситуаций и непосредственных аварий, с ними связанных, наиболее часто возникают аварии: на транспорте, на производственных зданиях, сооружениях и коммуникациях, в жилищно-коммунальном секторе, на природных объектах [6].

И техногенные опасности, и техногенные чрезвычайные ситуации, всегда порождают дополнительные поражающие факторы, воздействующие как на окружающую среду, так и на человека.

Определяющим фактором интенсивности техногенных опасностей и угроз является состояние техносферы, и поэтому, для своевременного применения комплексных мер, предотвращающих возникновение или уменьшающих интенсивность чрезвычайных ситуаций, классификация техногенных опасностей с определением главнейших классификационных признаков, приводящих к развитию аварии или чрезвычайной ситуации, является сегодня актуальной задачей.

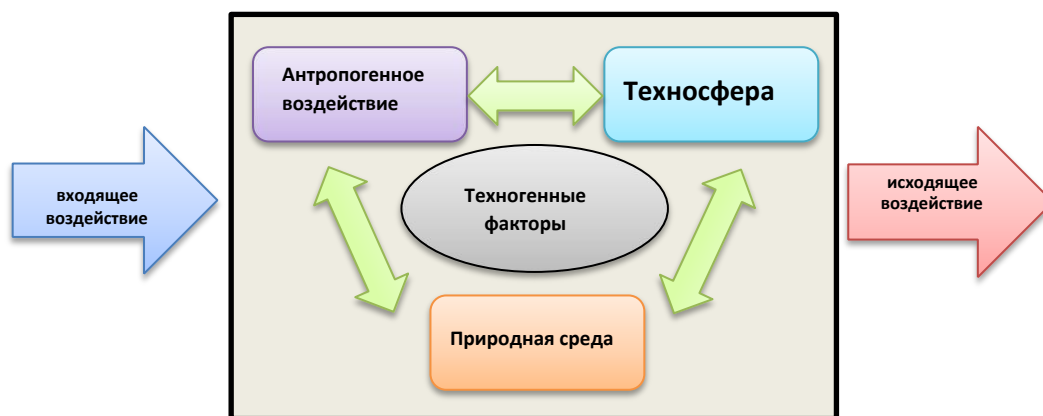


Рис. 1. Составляющие системы «человек – техносфера – природная среда» [7]

Какая-либо серьезная авария, как правило, может повлечь за собой возникновение других опасных явлений и процессов, как природных, так и техногенных, и известный в теории чрезвычайных ситуаций эффект «домино», то есть не только негативный суммарный, но и синергетический эффект от аварии, будет настолько сильным, что предвидеть возможный сценарий развития данной аварии будет очень трудно [7]

Риском называется сочетание результата опасного явления (процесса) и его вероятность возникновения, вследствие негативного влияния каких-либо факторов [8].

Знание возможных источников возникновения техногенных опасностей и умение проводить оценку их влияния на состояние территории региона, сформированная многофакторная оценка техногенной опасности региона через основные критерии опасности позволит сформировать комплекс мер, проведение которых обеспечит снижение риска техногенных ЧС и, в целом, безусловно, будет способствовать снижению техногенной опасности в регионе, и определению основных направлений совершенствования региональной политики в области техногенной безопасности [9].

Модели и методы исследования.

Большинство специалистов, изучающих техногенные опасности территорий, выделяют основные факторы (показатели) опасностей, к которым относятся:

- 1) климатическая составляющая (КС);
- 2) территориальная урбанизированность (ТУ)
- 3) топливно-энергетический сектор (ТЭС);
- 4) промышленный сектор (ПС);
- 5) сектор жилищно-коммунального хозяйства (СЖКХ);
- 6) транспортная инфраструктура (ТИ).

Каждый регион нашей страны характеризуется основными физико-географическими, социально-экономическими, оказывающими влияние на проявление и активизацию техногенных процессов, поэтому оценка влияния этих факторов на формирование источников техногенных опасностей очень значима для предотвращения самых распространенных техногенных аварий и ЧС, которые влекут за собой человеческие жертвы или серьезные последствия для здоровья людей, огромный экономический ущерб, связанный с разрушениями зданий и инфраструктуры, и, естественно, негативно влияют на состояние окружающей среды, нанося экологический вред посредством физических, химических и биологических загрязнений [10].

Так как факторы техногенных опасностей не имеют явных числовых показателей, для оценки их значимости (по степени опасности) необходимо обратиться к балльно-рейтинговым шкалам или к теории экспертных оценок, то есть к методике качественных методов, основанных на многокритериальном выборе [11].

Одним из наиболее эффективных и удобных методов является метод анализа иерархий (метод МАИ), предложенный Т. Саати, и позволяющий путем парных сравнений проранжировать все критерии по степени их значимости, получить для каждого критерия свой весовой коэффициент, а затем, учитывая полученные значения весовых коэффициентов техногенной опасности, определить значение эндогенной переменной «техногенная опасность», представляющую собой многофакторную категорию [12].

Именно по этому значению переменной можно определить риск развития на территории региона техногенной аварии (катастрофы) или чрезвычайной ситуации.

Техногенная опасность территории определяется опасностью объектов, которые на ней расположены, и реализуется в виде поражающих воздействий источников техногенных чрезвычайных ситуаций. Под безопасностью понимается состояние защищенности населения, объектов народного хозяйства и окружающей среды от опасностей [13].

Каждая территория по-своему особенна, т.к. сочетает набор определенных факторов, влияющих на формирование уровня опасности. Основными территориальными особенностями, которые определяют существование и развитие и геоэкологических рисков, являются все имеющиеся на территории явления и процессы природного, техногенного и социального происхождения.

Для оценки риска техногенной опасности региона можно использовать двухуровневую иерархическую модель по методу Саати, где первый уровень является уровнем отбора доминантных факторов техногенной опасности, а на втором уровне представлены факторы, которые будут ранжированы.



Рис. 2. Двухуровневая иерархическая структура для отбора доминантных факторов риска техногенной ЧС

Модель техногенной опасности территории региона представлена в виде некоторой целевой функции Z (многофакторная эндогенная переменная):

$$Z = \sum_{i=1}^k a_i x_i, \quad (1)$$

где x_i – значения i -го фактора техногенной опасности, k – количество факторов техногенной опасности, a_i – коэффициенты, характеризующие степень значимости i -го фактора (весовые коэффициенты).

Сопоставление выбранных показателей друг другу приведено авторами статьи на основании опросов 214 специалистов (экспертов) из различных областей и сфер деятельности (техносферная безопасность, землеустройство, инженерная геоморфология, экология и природопользование, гидрометеорология).

С использованием традиционной для метода иерархий девятибалльной шкалы, каждый из факторов сравнивался попарно с оставшимися факторами по их влиянию на техногенную опасность.

Степень важности, равная единице, свидетельствовала об идентичности факторов с точки зрения их влияния на достижение цели. Степени важности 3,5,7,9 показывали, соответственно, умеренное, сильное, очень сильное и абсолютное превосходство одного фактора над другим. Таким образом, можно толковать данные значения степеней важности (в порядке возрастания) как легкое, достаточно убедительное, очень убедительное и практически абсолютное предпочтение при выборе одного из двух факторов. А четные значения также можно использовать как промежуточные показатели соседних смежных степеней важности.

В унифицированной для метода иерархий матрице попарного сравнения факторов, элементом a_{ij} (i – номер строки, j – номер столбца) являлось отношение критерия i к критерию j . Соответственно методике Т.Саати, элемент a_{ji} являлся обратной величиной по отношению к $a_{ij} = 1/a_{ji}$. На главной диагонали матрицы находились элементы, соответствующие сравнению фактора с самим собой, то есть равные единице.

В табл. 1 целые значения являются усредненными оценками попарного сравнения факторов (округленные до ближайших целых значений), полученных по мнению всех экспертов-специалистов.

Так, например, фактор «топливно-энергетический сектор» по приоритету достаточно убедительно превосходил фактор «территориальная урбанизированность» (среднее экспертное значение, округленное до целого, $a_{24} = 6$), а фактор «климатическая составляющая» очень сильно отставал по значимости от фактора «транспортная инфраструктура» (соответствующее усредненное значение $a_{16} = 1/7$).

Таблица 1

**Результаты попарного сравнения и вектор приоритетов
для факторов техногенной опасности территории**

Факторы	КС	ТЭС	ПС	ТУ	СЖКХ	ТИ	Среднее геометрическое значение фактора	Вектор приоритетов
КС	1	1/6	1/8	1/4	1/5	1/7	0,230	0,025
ТЭС	6	1	1/3	6	5	1/2	1,762	0,193
ПС	8	3	1	7	6	2	3,554	0,395
ТУ	4	1/6	1/7	1	1/2	1/6	0,447	0,062
СЖКХ	5	1/5	1/6	2	1	1/2	0,741	0,094
ТИ	7	2	1/2	6	2	1	2,092	0,231
Сумма	31	6,53	1,95	23,25	14,53	7,34	9,126	1,000

В табл. 1 авторы статьи приводят результаты попарного сравнения факторов, расчетное среднее значение каждого фактора и координаты вектора приоритетов, под которым понимается совокупность весовых характеристик каждого фактора.

Результаты исследования и их обсуждение

В каждой строке было найдено среднее геометрическое всех ее элементов, в предпоследнем столбце таблицы представлены усредненные значения факторов. Элементы каждого столбца были просуммированы, и в последнем столбце, который называется вектором приоритетов факторов (техногенной опасности), представлены нормированные усредненные значения факторов (результат деления среднего значения фактора на сумму средних значений).

Так как в методе анализа иерархий важна согласованность матрицы парных сравнений, важно было убедиться в том, что при наличии рассогласованности (например, из-за субъективности эксперта, неопределенностью объекта оценки или из-за отсутствия необходимой пропорциональности), оценочный критерий непротиворечивости умозаключений эксперта об иерархической предпочтительности элементов будет не выше определенного значения [14].

В общем случае любая матрица парных сравнений почти всегда не является согласованной.

Был рассчитан показатель λ_{max} : по каждому фактору сумму значений из последней строки умножали на вес фактора из последнего столбца и складывали полученные произведения. Данный показатель имел следующее значение: $\lambda_{max} = 6,616$.

Индекс согласованности (ИС) в методе анализа иерархий рассчитывается по формуле:

$$ИС = (\lambda - k) / (k - 1)$$

где k – количество факторов.

Оценка индекса согласованности в нашем случае для шести факторов приняла следующее значение: $ИС = 0,123$.

Затабулированное значение случайной согласованности для матрицы 6-го порядка равно 1,24.

Расчет отношения согласованности (ОС) произведен по формуле:

$$ОС = ИС / СС = 0,123 / 1,24 = 0,099 \text{ (9,9\%)},$$

где ИС – индекс согласованности, СС – средняя согласованность. $ОС = 0,099$.

Величина ОС < 10% , и это значит, что матрица приоритетов факторов согласована.

Таким образом, можно определить «тройку» факторов, наиболее значимых с точки зрения серьезности возникновения риска техногенной катастрофы.

К этим факторам относятся: промышленность (вес фактора 0,395), транспортная система (вес фактора 0,231), топливно-энергетический комплекс (вес фактора 0,193).

Поэтому (1) будет выглядеть так:

$$Z = 0,395 x_1 + 0,395 x_2 + 0,395 x_3 + 0,395 x_4 + 0,395 x_5 + 0,395 x_6$$

Методика ранжирования факторов техногенной опасности региона является первым, базовым, этапом формирования эндогенной переменной Z (1), характеризующей техногенную опасность региона.

Заключение

При оценке угрозы возникновения ЧС, как природной, так и техногенной, необходимо иметь четкую методику оценки степени рисков. Это позволяет объективнее оценивать складывающуюся в результате возможной ЧС обстановку, а также устанавливать необходимую последовательность действий для борьбы с возникшей ЧС и ее последствиями. Осложняющим обстоятельством является то, что как техногенные опасности, так и уже возникающие техногенные ЧС всегда порождают дополнительные поражающие факторы, воздействующие как на окружающую среду, так и на человека. Важнейшие факторы техногенной опасности могут быть оценены с помощью метода анализа иерархий, где нами была использована двухуровневая иерархическая модель по методу Т.Саати. Значения самих факторов x_i , в свою очередь, могут быть определены разными методами, например, методом нечетких множеств, методом фиктивных переменных и другими методами, применяемыми при конвертации атрибутивных переменных в количественные значения. Это позволяет оценить техногенную опасность того или иного региона или отдельных территорий регионов для того, чтобы эффективно планировать комплекс мероприятий для борьбы с возникающими ЧС, а также состав сил и средств, которые для этого предназначены.

Реализация выше оговоренных мер с учетом рассмотренной методики ранжирования факторов техногенной опасности позволяет повысить оперативность, объективность и точность оценки существующих факторов техногенной опасности по регионам, что позволяет уточнить риск возникновения ЧС как в пределах субъектов РФ, так и на всей территории России. Это позволит разрабатывать дополнительные меры, позволяющие эффективнее бороться с ЧС и провоцируемыми ими последствиями.

Список источников

1. Кожар В.В., Скращук Н.Д. Промышленный симбиоз: классификация и опыт для Беларуси. Ключевые позиции и точки развития экономики и промышленности: наука и практика. // Липецк: Липецкий государственный технический университет. 2022. С. 226–230.
2. Каранина Е.В., Картавых К.Е. Экологические аспекты устойчивого развития региона // Проблемы анализа риска. 2023. Т. 20. №1. С. 26–35.
3. Towards the Circular Economy: An Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition. URL: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/towards-the-circular-economy-vol-1-an-economic-and-business-rationale-for-a-an> (дата обращения: 12.04.2026).
4. Стратегия развития экономики замкнутого цикла до 2025 года. URL: <https://pravo.by/document> (дата обращения: 31.01.2026).
5. О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: постановление Правительства Рос. Федерации от 21 мая 2007 г. № 304. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

6. Ильясова А.И. Оценка техногенного риска магистрального газопровода с учетом воздействия магнитного поля при проведении внутритрубной дефектоскопии // Уфа. ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» 2022. 24 с.
7. Татаринцев С.А. Методика геоэкологической оценки риска проявления техногенных опасностей в аридных территориях// Воронеж. Военно-учебный центр ВВС «Военно-воздушная академия профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина» МО РФ. 2024.
8. Кулагин А.В., Зыкин С.А. Технологии управления техногенными рисками // Ижевск: Удмуртский университет. 2022. 87 с.
9. Сытдыков М.Р., Балобанов А.А., Иванов А.В. Оценка степени ущерба при авариях магистральных трубопроводов методом анализа иерархий // «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2023. №3. С. 36–44.
10. Пекарская О.А., Лукьянов А.Г. Методика расчета зоны чрезвычайной ситуации при затоплении // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2022. № 1. С. 13–19.
11. Пекарская О.А., Рыбакова И.В. Анализ математических моделей, описывающих формирование горных селевых потоков // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2022. №1. С. 30–39.
12. Стрижак А.Ю., Волокобинский М.Ю. Применение многокритериального метода выбора альтернатив при ранжировании маркетплейсов покупателями // Новое в экономической кибернетике. 2024. № 4. С. 41–52.
13. Волокобинский М.Ю., Выходцев С.А. Методы оценки экономического ущерба от чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2025. № 3 (55). С. 45–54.
14. О повышении индекса согласованности матрицы парных сравнений в системах поддержки принятия решений / А.Е.Куренных [и др.] // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. 2018. № 196. 16 с. URL: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp> (дата обращения 12.04.2026).
15. Стрижак А.Ю., Пекарская О.А. Проблемы социальной инженерии в киберпространстве: региональный аспект // Инновационная парадигма экономических механизмов хозяйствования: сб. материалов IX Междунар. науч.-практ. конф. Симферополь, 2024. С. 621–623.

References

1. Kozhar V.V., Skrashchuk N.D. Promyshlennyj simbioz: klassifikaciya i opyt dlya Belarusi. Klyuchevye pozicii i tochki razvitiya ekonomiki i promyshlennosti: nauka i praktika. // Lipeck: Lipeckij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitetu. 2022. S. 226–230.
2. Karanina E.V., Kartavyh K.E. Ekologicheskie aspekty ustojchivogo razvitiya regiona // Problemy analiza riska. 2023. T. 20. №1. S. 26–35.
3. Towards the Circular Economy: An Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition. URL: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/towards-the-circular-economy-vol-1-an-economic-and-business-rationale-for-a-an> (data obrashcheniya: 12.04.2026).
4. Strategiya razvitiya ekonomiki zamknutogo cikla do 2025 goda. URL: <https://pravo.by/document> (data obrashcheniya: 31.01.2026).
5. O klassifikacii chrezvychajnyh situacij prirodnogo i tekhnogennogo haraktera: postanovlenie Pravitel'stva Ros. Federacii ot 21 maya 2007 g. № 304. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».
6. Il'yasova A.I. Ocenka tekhnogennogo riska magistral'nogo gazoprovoda s uchetom vozdejstviya magnitnogo polya pri provedenii vnutritrubnoj defektoskopii // Ufa. FGBOU VO «Ufimskij gosudarstvennyj neftyanoj tekhnicheskij universitet» 2022. 24 s.
7. Tatarincev S.A. Metodika geoekologicheskoy ocenki riska proyavleniya tekhnogennyh opasnostej v aridnyh territoriyah// Voronezh. Voennno-uchebnyj centr VVS «Voennno-vozdushnaya akademiya professora N.E.Zhukovskogo i Yu.A.Gagarina» MO RF. 2024.

8. Kulagin A.V., Zykin S.A. Tekhnologii upravleniya tekhnogennymi riskami // Izhevsk: Udmurtskij universitet. 2022. 87 s.
9. Sytdykov M.R., Balobanov A.A., Ivanov A.V. Ocenka stepeni ushcherba pri avariayah magistral'nyh truboprovodov metodom analiza ierarhij // «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MChS Rossii». 2023. №3. S. 36–44.
10. Pekarskaya O.A., Luk'yanov A.G. Metodika rascheta zony chrezvychajnoj situacii pri zatoplenii // Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty). 2022. № 1. S. 13–19.
11. Pekarskaya O.A., Rybakova I.V. Analiz matematicheskikh modelej, opisyvayushchih formirovanie gornyh selevyh potokov // Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty). 2022. №1. S. 30–39.
12. Strizhak A.Yu., Volokobinskij M.Yu. Primenenie mnogokriterial'nogo metoda vybora al'ternativ pri ranzhirovanii marketplejsov pokupatelyami // Novoe v ekonomicheskoy kibernetike. 2024. № 4. S. 41–52.
13. Volokobinskij M.Yu., Vyhodcev S.A. Metody ocenki ekonomicheskogo ushcherba ot chrezvychajnyh situacij tekhnogennogo i prirodnogo haraktera // Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty). 2025. № 3 (55). S. 45–54.
14. O povyshenii indeksa soglasovannosti matricy parnyh sravnenij v sistemah podderzhki prinyatiya reshenij / A.E.Kurennyh [i dr.] // Preprinty IPM im. M.V.Keldysha. 2018. № 196. 16 s. URL: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp> (data obrashcheniya 12.04.2026).
15. Strizhak A.Yu., Pekarskaya O.A. Problemy social'noj inzhenerii v kiberprostranstve: regional'nyj aspekt // Innovacionnaya paradigma ekonomicheskikh mekhanizmov hozyajstvovaniya: sb. materialov IX Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Simferopol', 2024. S. 621–623.

Информация о статье:

Статья поступила в редакцию: 01.02.2026; одобрена после рецензирования: 17.05.2026; принята к публикации: 21.05.2026

Information about the article:

The article was submitted to the editorial office: 01.02.2026; approved after review: 17.05.2026; accepted for publication: 21.05.2026

Информация об авторах:

Волокобинский Михаил Юрьевич, профессор Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России, доктор технических наук, профессор, адрес – 196105, Санкт-Петербург, Московский проспект 149; тел. 89112107994, e-mail: volokobin@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5350-6556>

Пекарская Ольга Анатольевна, заведующий кафедрой Национального открытого института г.Санкт-Петербург, адрес – 197183, Санкт-Петербург, Сестрорецкая улица 6, тел. 89312583101, эл.почта: pekarskaya.olga@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0717-4284>

Котюков Михаил Васильевич, обучающийся Национального открытого института г.Санкт-Петербург, адрес–197183, Санкт-Петербург, Сестрорецкая улица 6, тел. 89219744252, e-mail: kot-spb@bk.ru

Information about the authors:

Volokobinsky Mikhail Y., Professor Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), Doctor of Technical Sciences tel. 89112107994, e-mail: volokobin@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5350-6556>

Pekarskaya Olga A., Head of the Department of the National Open Institute, Saint Petersburg, address - 197183, Saint Petersburg, 6 Sestroretskaya Street, tel. 89312583101, e-mail: pekarskaya.olga@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0717-4284>

Kotyukov Mikhail V., a student at the National Open Institute, Saint Petersburg, address - 197183, Saint Petersburg, 6 Sestroretskaya Street, tel. 89219744252, e-mail: kot-spb@bk.ru