

Опасные природные и техногенные процессы: анализ рисков и стратегии защиты

Ю.В. Конец, К.К. Конец

Луганский государственный университет имени В. Даля, г. Луганск

Аннотация: В статье рассмотрен актуальный на сегодняшний день вопрос опасных природных и техногенных процессов. Приведена общая характеристика этих процессов. Проанализированы риски, связанные с техногенными процессами и природными явлениями. Особое внимание уделяется современным методам мониторинга за опасными техногенными и природными процессами и их прогнозированию.

Ключевые слова: опасные природные процессы, опасные техногенные процессы, последствия опасных процессов, аварии, техногенные угрозы, природные катастрофы, факторы риска, системный подход.

В современную эпоху человечество сталкивается с возрастающей частотой и интенсивностью опасных природных и техногенных процессов, что обуславливает необходимость углублённого научного осмысления их природы, механизмов развития и последствий. Согласно данным Центра исследований эпидемиологии катастроф (CRED), в период 2010–2023 гг. ежегодно регистрировалось в среднем 400 крупных природных катастроф, а совокупный экономический ущерб от них превысил 2,5 трлн долларов США [1]. Параллельно сохраняется высокая вероятность техногенных аварий — по оценкам МАГАТЭ, только на объектах атомной энергетики ежегодно фиксируется до 50 инцидентов различной степени тяжести [2].

Актуальность исследования определяется необходимостью прогнозирования и минимизации последствий опасных процессов, потребностью в совершенствовании систем мониторинга и раннего предупреждения, а также важностью разработки интегрированных стратегий управления рисками.

Цель работы - комплексный анализ опасных природных и техногенных процессов с позиций системного подхода, выявление общих закономерностей их проявления и обоснование эффективных мер защиты.

Задачи исследования:

1. Определить сущность и классификацию опасных процессов.
2. Проанализировать ключевые факторы риска и механизмы их реализации.
3. Оценить масштабы и характер последствий чрезвычайных ситуаций.
4. Рассмотреть современные методы прогнозирования и системы защиты.
5. Обозначить перспективные направления совершенствования системы управления рисками.

Общая характеристика опасных процессов

Опасные природные и техногенные процессы представляют собой сложные динамические явления, способные вызывать существенные негативные последствия для населения, экономики и окружающей среды. Их объединяют следующие признаки: внезапность проявления, высокая энергия воздействия, пространственно-временная неопределённость и каскадность последствий.

Природные опасные процессы обусловлены естественными геодинамическими, атмосферными и гидрологическими механизмами. В соответствии с классификацией МЧС России (МЧС России. Методические рекомендации МЧС России по мониторингу и прогнозированию чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, 2024), выделяют: геофизические (землетрясения, извержения вулканов); геологические (оползни, сели, обвалы); метеорологические (ураганы, смерчи, засухи); гидрологические (наводнения, паводки, цунами); космические (астероидно-кометная опасность, космический мусор); природные пожары (лесные, торфяные); биологические (эпидемии, эпизоотии, эпифитотии).

Техногенные опасные процессы возникают вследствие аварий и катастроф на объектах промышленной, транспортной, энергетической и

коммунальной инфраструктуры. Их классификация осуществляется по сфере возникновения: промышленные (аварии на АЭС, химически опасных объектах); транспортные (крушения поездов, авиакатастрофы, аварии на трубопроводах); строительные (обрушения зданий и сооружений); энергетические (аварии на ЛЭП, ТЭЦ, ГЭС); коммунальные (прорывы теплосетей, водопроводов).

Механизмы возникновения и факторы риска

Формирование опасных процессов происходит под воздействием комплекса природных и антропогенных факторов. В случае природных явлений ведущую роль играют геодинамические процессы: движение литосферных плит со скоростью 5–10 см/год, конвективные течения в мантии, градиенты атмосферного давления. Например, возникновение тропических циклонов связано с температурными контрастами над океанами ($\Delta T > 25^\circ\text{C}$), а формирование селей — с интенсивными осадками (> 50 мм/час) в горных районах [3, 4].

Техногенные угрозы порождаются иными механизмами, среди которых доминируют: физический износ оборудования (коэффициент износа $K_{\text{изн}} > 60\%$); отклонения параметров работы от нормативных значений ($\Delta P > 10\%$, $\Delta T > 5^\circ\text{C}$); недостаточный контроль критических показателей ($t_{\text{опрос}} > 1$ мин); ошибки проектирования и эксплуатации; внешние воздействия (природные катаклизмы, террористические акты).

Особую опасность представляет синергия природных и техногенных рисков, когда природное явление инициирует техногенную аварию. Классическими примерами служат: землетрясение, вызывающее аварию на АЭС (Фукусима, 2011); ураган, приводящий к повреждению нефтехранилищ и разливу нефтепродуктов; наводнение, провоцирующее прорыв дамбы промышленного объекта. Подобные каскадные эффекты многократно

усиливают масштаб ущерба и усложняют ликвидацию последствий, требуя комплексного подхода к оценке рисков [5].

Социально-экономические и экологические последствия

Последствия опасных процессов носят многоаспектный характер, затрагивая демографическую, экономическую, экологическую и социокультурную сферы [6]. Прямые ущербы включают: человеческие жертвы (показатель смертности D достигает 103 чел. при крупных катастрофах); материальные потери (стоимость разрушенных объектов $C_{ущ}$ исчисляется миллиардами долларов); экологический урон (объём выбросов $V_{загр}$ — до 105 т, площадь загрязнения $S_{загр}$ — сотни км²).

Косвенные последствия проявляются в долгосрочной перспективе и включают: снижение ВВП на 2–10 % в пострадавших регионах; миграцию населения ($N_{мигр} > 105$ чел. при масштабных катастрофах); нарушение логистических цепочек и энергоснабжения; рост социальной напряжённости и психологических расстройств; утрату культурного наследия и исторических памятников.

Показательным примером служит землетрясение в Тохоку (2011 г.), где совокупный ущерб превысил 360 млрд долларов США, а авария на АЭС «Фукусима-1» привела к долгосрочному выведению из оборота 2 600 км² территорий [7]. Аналогично ураган «Катрина» (2005 г.) вызвал затопление 80 % Нового Орлеана и унёс жизни 1 836 человек, причинив экономический ущерб в размере 125 млрд долларов [8].

Экологические последствия часто имеют трансграничный характер. Разливы нефти, выбросы химических веществ, радиоактивное загрязнение способны затрагивать территории нескольких государств, требуя международного сотрудничества в ликвидации последствий. Например, авария на Чернобыльской АЭС (1986 г.) привела к радиоактивному загрязнению территорий 17 европейских стран [9].

Прогнозирование и мониторинг

Эффективность управления рисками напрямую зависит от качества прогнозирования и мониторинга опасных процессов. В сфере природных угроз применяются следующие методы:

- сейсмологический мониторинг — анализ форшоков, деформации земной коры ($\epsilon \geq 10^{-5}$), изменений геофизических полей;
- метеорологические модели — численные прогнозы погоды с использованием систем NCEP, ECMWF с пространственным разрешением до 10 км;
- гидрологическое моделирование — расчёт паводочного стока по формулам типа $Q=f(H,S,i)$, где Q — расход воды, H — уровень воды, S — площадь водосбора, i — уклон русла;
- дистанционное зондирование — спутниковый мониторинг в диапазонах $\lambda=0,4\text{--}12,5$ мкм с применением мультиспектральных и гиперспектральных сенсоров.

Для техногенных рисков ключевую роль играют:

- автоматизированные системы контроля (SCADA) с периодом опроса $t_{\text{опрос}} \leq 1$ с;
- вибродиагностика — анализ спектра частот ($f=10\text{--}1000$ Гц) для выявления аномалий в работе оборудования;
- термография — выявление перегрева ($\Delta T \geq 5^\circ\text{C}$) с помощью инфракрасных камер;
- химический анализ — непрерывный контроль предельно допустимых концентраций вредных веществ в воздухе и воде.

Современные технологии существенно повышают точность прогнозов. Использование искусственного интеллекта для обработки Big Data сокращает время выявления аномалий на 30–40 %, а беспилотные летательные аппараты

с мультиспектральными камерами обеспечивают мониторинг труднодоступных зон с погрешностью менее 5 % [10].

Выводы

1. Опасные природные и техногенные процессы представляют собой взаимосвязанные угрозы, требующие системного подхода к анализу и управлению. Их частота и масштаб продолжают расти под влиянием климатических изменений и антропогенной деятельности.

2. Ключевыми факторами риска для природных процессов выступают геодинамическая активность и атмосферная нестабильность, а для техногенных - износ инфраструктуры и человеческий фактор. Синергия этих угроз порождает каскадные эффекты, многократно усиливающие ущерб.

3. Социально-экономические последствия катастроф включают прямые (гибель людей, материальные потери) и косвенные (экономические спады, миграция) эффекты.

Литература

1. CRED. Annual Disaster Statistical Review 2023. Brussels: Centre for Research on the Epidemiology of Disasters, 2024. 187 p.

2. IAEA. Incident and Accident Report System (IRS) Annual Summary 2023. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2024. 96 p.

3. Smith J., Johnson R. Natural Hazards: Processes, Prevention, and Mitigation. London: Springer, 2021. 312 p.

4. Гридневский А.В. Комплексная оценка геологических опасностей территорий Ростовской области // Инженерный вестник Дона, 2013, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1946

5. Гадаборшев Т.Б., Сметанкина Г.И., Дорохова О.В. Возникновение ЧС природного и техногенного характера, их возможные последствия// «Мировая наука». 2019. № 2(23). С. 118-120.

6. Тимошенко М.С. Эколого-экономические аспекты городской застройки с учетом факторов экологического риска // Инженерный вестник Дона, 2012, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/967.

7. Fukushima Nuclear Accident Independent Investigation Commission. The Official Report. Tokyo: National Diet of Japan, 2012. 600 p.

8. National Hurricane Center. Hurricane Katrina: Service Assessment. Miami: NOAA, 2006. 214 p.

9. Lee H., Kim S. Smart Monitoring Systems for Industrial Risk Management // Journal of Hazardous Materials. 2023. Vol. 450. pp. 128-137.

10. World Bank. Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction 2024: Resilience Pathways. Washington: World Bank Group, 2024. 284 p.

References

1. CRED. Annual Disaster Statistical Review 2023. Brussels: Centre for Research on the Epidemiology of Disasters, 2024. 187 p.

2. IAEA. Incident and Accident Report System (IRS) Annual Summary 2023. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2024. 96 p.

3. Smith J., Johnson R. Natural Hazards: Processes, Prevention, and Mitigation. London: Springer, 2021. 312 p.

4. Gridnevskij A.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2013, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1946

5. Gadaborshev T.B., Smetankina G.I., Dorohova O.V. «Mirovaja nauka». 2019. № 2 (23). pp. 118-120.

6. Timoshenko M.S. Inzhenernyj vestnik Dona, 2012, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/967.

7. Fukushima Nuclear Accident Independent Investigation Commission. The Official Report. Tokyo: National Diet of Japan, 2012. 600 p.

8. National Hurricane Center. Hurricane Katrina: Service Assessment. Miami: NOAA, 2006. 214 p.



9. Lee H., Kim S. Journal of Hazardous Materials. 2023. Vol. 450. pp. 128-137.
10. World Bank. Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction 2024: Resilience Pathways. Washington: World Bank Group, 2024. 284 p.

Авторы согласны на обработку и хранение персональных данных.

Дата поступления: 15.11.2025

Дата публикации: 26.12.2025