

УДК 614.8

ПРИРОДНЫЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ОБЪЕКТАХ ТЕХНОСФЕРЫ

Петрова Елена Геннадиевна

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. Объекты техносферы могут подвергаться различным негативным внешним воздействиям, в том числе и со стороны опасностей природного характера. Опасные и неблагоприятные природные процессы и явления способны стать как прямой, так и косвенной причиной чрезвычайных ситуаций (ЧС) на технологических или инфраструктурных объектах. В обоих случаях это приводит к авариям на них или нарушению режима их нормального функционирования. Возникающие ЧС характеризуются как природно-техногенные. Цель данного исследования — проанализировать особенности природных воздействий на техносферу, проследить их возможные последствия, приводящие к формированию ЧС. Это важно для планирования мероприятий по повышению защищенности техносферных объектов от таких внешних воздействий и предотвращению нежелательных последствий. Основным методом исследования является мониторинг природно-техногенных ЧС, происходящих на территории России, путем фиксации этих событий в авторской электронной базе данных с последующим их анализом. Более 90 % всех зарегистрированных в БД природно-техногенных событий было обусловлено воздействием опасных гидрометеорологических процессов и явлений. Проведена группировка субъектов РФ по уровню риска возникновения природно-техногенных ЧС, выделены регионы наибольшего риска.

Работа выполнена по теме 1.7 «Опасность и риск природных процессов и явлений» государственного задания Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова № АААА-А21-121051300175-4.

Ключевые слова: опасные природные процессы, неблагоприятные природные явления, техносферная авария, чрезвычайные ситуации, база данных, природно-техногенный риск

Для цитирования: Петрова Е. Г. Природные факторы формирования чрезвычайных ситуаций на объектах техносферы // Техносферная безопасность. 2026. № 1 (50). С. 73–82.

NATURAL FACTORS CAUSING EMERGENCY SITUATIONS AT TECHNOSPHERE FACILITIES

Elena G. Petrova

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

Abstract. Technosphere objects can be exposed to various negative external influences, including those from natural hazards. Dangerous and unfavorable natural processes and phenomena can become both a direct and indirect cause of emergency situations (ES) at technological and infrastructure facilities. In both cases, this leads to accidents or disruptions to their normal functioning. These emergencies are characterized as natural and man-made.

The purpose of this study is to analyze the characteristics of natural impacts on the technosphere and track their potential consequences leading to emergency situations. This is important for planning measures to improve the security of technosphere facilities from such external impacts and prevent undesirable consequences. The primary research method is monitoring natural and man-made emergencies occurring in Russia by recording these events in the author's electronic database and subsequently analyzing them. More than 90 % of all natural-technological events registered in the database were caused by the impact of hazardous processes and phenomena of hydrometeorological nature. Russian regions were grouped by risk level for natural and man-made emergencies, and the regions with the highest risk were identified.

This work was completed under Topic 1.7 "Danger and risk of natural processes and phenomena" of the state assignment of Lomonosov Moscow State University named after M.V. Lomonosov No. AAAA-A21-121051300175-4.

Keywords: hazardous natural processes, adverse natural phenomena, technospheric accidents, emergencies, database, natural and man-made risks

For citation: Petrova E. G. Natural factors causing emergency situations at technosphere facilities // Technospheric safety. 2026. No. 1 (50). Pp. 73–82.

Введение

В числе факторов, которые могут приводить к формированию чрезвычайных ситуаций (далее — ЧС) на различных техносферных объектах, можно выделить не только экономические, технические, социальные, но и природные. К экономическим факторам техносферной аварийности можно отнести высокую степень физического износа производственных фондов и оборудования, нехватку финансовых и других ресурсов на их замену и обновление, неправильное распределение материальных средств и другие. Технические причины аварий включают в себя целый комплекс, охватывающий качественные характеристики применяемых

технологий, используемых материалов, защитных сооружений и других составляющих. Факторы социального характера связаны с нарушениями трудовой дисциплины, правил техники безопасности, преднамеренными негативными действиями различных лиц, ошибками персонала. Наряду с этим важную роль играют природные факторы.

Разного рода процессы и явления природного характера опасны не только своим разрушительным воздействием, иногда приводящим к жертвам или пострадавшим среди населения, экологическому и экономическому ущербу, но и тем, что они способны становиться прямой или косвенной причиной аварии или нарушения в работе на промышленных предприятиях, в сельском

хозяйстве, сфере транспорта, связи, рекреации и туризма и других техногенных системах. Кроме того, они могут вызывать различные сбои штатного функционирования автоматики и электроники. В первом случае, если речь идет о прямых механических воздействиях, их могут оказывать опасные природные процессы таких типов, которые обычно имеют в виду, говоря о стихийных бедствиях. К ним относятся опасные геологические, гидрологические, атмосферные или биологические процессы и явления. Во втором случае отмечается влияние различных процессов волнового характера (магнитных бурь или других возмущений геофизических полей), под воздействием которых могут выходить из строя автоматические и электронные системы. Помимо этого, природные факторы как первого, механического, так и второго, волнового типа могут оказывать влияние на физическое и психологическое состояние людей, что также может стать причиной аварии. К особенно разрушительным последствиям приводят опасные стихийные процессы катастрофических масштабов.

Любые аварийные события и ЧС в техносфере, которые происходят под воздействием природных опасностей того или иного характера и генезиса, мы рассматриваем как природно-техногенные. Этот термин используется также в работах других авторов, хотя они трактуют его по-разному [1–3]. Общим свойством всех природно-техногенных событий является то, что они отличаются своим комплексным характером, являясь одновременно как природными — по источнику негативного воздействия и исходящей опасности, так и техногенными — по реципиенту такого воздействия и месту возникновения аварии. Такой комплексный характер природно-тех-

ногенных ЧС создает значительные трудности при планировании и осуществлении превентивных защитных мер и ликвидации возникающих последствий.

Настоящая работа направлена на исследование именно таких аварий и ЧС природно-техногенного характера. Рассматривается и анализируется их природная составляющая, и выделяются техносферные объекты, которые могут подвергаться воздействиям со стороны опасных и неблагоприятных природных процессов и явлений.

Материалы и методы

Для решения поставленных задач использовалась информация, собранная автором за 1991–2024 гг. в электронной базе данных (далее — БД) по ЧС в техносфере, обусловленным различными причинами и факторами. В БД аккумулируется информация обо всех типах ЧС техногенного и природно-техногенного характера, происходящих на территории РФ. В связи с достаточно широким диапазоном ее охвата как в региональном, временном, так и в отраслевом разрезе, БД является важным универсальным и многофункциональным инструментом, который может применяться в качестве основного рабочего материала для проведения разных тематических исследований в рамках общей проблематики техногенных и природно-техногенных опасностей и риска. События природного характера фиксируются в рассматриваемой БД только тогда, когда они выступают триггером для возникновения дальнейших аварий на объектах техносферы или нарушают штатный режим их функционирования.

Более детально структура и функциональные особенности авторской БД обсуждаются

в работах [4, 5]. Преобладающими источниками исходных данных для пополнения БД являются оперативные сводки МЧС России и его региональных управлений. Дополнительными источниками информации служат сообщения ведущих российских информационных агентств (ТАСС, РИА «Новости», Интерфакс). Вся используемая информация является открытой. Это относится в том числе и к оперативным сводкам МЧС России, которые публикуются на сайте ведомства в интернете в открытом доступе в круглосуточном режиме.

Собираемая в БД информация определенным образом структурируется. Это позволяет в дальнейшем производить необходимую компьютерную обработку данных в соответствии с решаемыми целями и задачами, в зависимости от направления конкретных исследований. Вся информация проходит предварительный авторский отбор, оценивается и анализируется. Данные накапливаются и хранятся в БД в табличной форме. По каждому регистрируемому событию указывается его порядковый номер в базе, время и место возникновения и последствия (число погибших и пострадавших, материальный ущерб). Проводится авторская оценка, к какому типу по классификации МЧС может быть отнесена произошедшая ЧС, выделяются основные условия, причины и факторы ее формирования. Обязательно приводится источник информации о регистрируемом событии.

Главными рабочими инструментами БД для дальнейшей обработки и анализа накопленного массива данных являются поисковые запросы (по ключевым словам или параметрам) и сортировка данных. С их помощью в БД была проведена выборка информации о природно-техногенных ЧС (далее — ПТЧС) всех возможных типов.

Затем для анализа отобранных данных были использованы методы математической статистики. Вычислены доли ПТЧС, обусловленных отдельными типами опасных природных процессов и явлений, в общем количестве ПТЧС. Аналогичные расчеты были произведены и по отдельным типам объектов техносферы и типам ЧС, определены доли ПТЧС различных типов в их общем числе. По каждому из регионов России были рассчитаны суммарные количества событий всех типов природно-техногенных ЧС в целом, а также вычислены средние арифметические значения (μ) и стандартные отклонения (σ) по всей выборке. Результаты проведенного анализа обсуждаются в следующем разделе.

Обсуждение результатов

Для того чтобы оценить вклад отдельных типов неблагоприятных и опасных природных процессов и явлений в возникновение природно-техногенных ЧС, среди всего массива накопленной в БД информации (около 30 тыс. единиц хранения) были проведены соответствующие поисковые запросы. В каждом из таких запросов использовались различные ключевые слова (или неизменяемые части слов, чтобы исключить влияние их морфологических изменений), набор которых корректировался в процессе, чтобы не допустить случайного попадания в выборку ошибочной информации из-за встречающихся в описании событий однокоренных слов, не отвечающих теме запроса.

Как показал анализ результатов, полученных в ходе выполнения поисковых запросов, в общей сложности в БД было зафиксировано 3 426 событий природно-техногенного характера. Наибольшая их доля (около половины)

была обусловлена одновременным воздействием на те или иные объекты техносферы целого комплекса опасных процессов и явлений гидрометеорологического характера (рис. 1). К ним чаще всего относились воздействия сильных порывистых ветров в сочетании с экстремальными атмосферными осад-

ками различных типов. Такая комбинация природных факторов наиболее опасна для воздушных линий электропередачи (ЛЭП). Обрыв проводов ЛЭП, повреждение их опор в результате таких природных воздействий — наиболее часто повторяющийся тип ПТЧС практически во всех регионах России [6, 7].

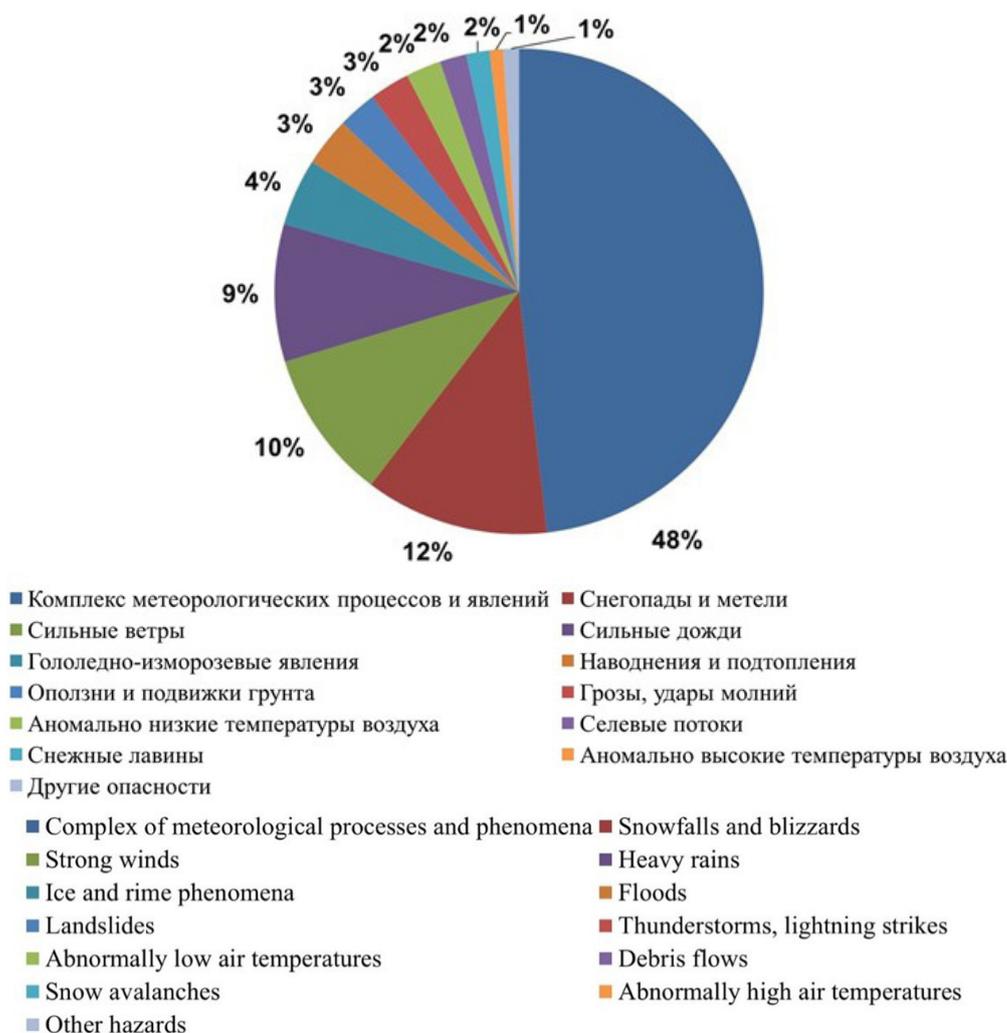


Рис. 1. Соотношение основных природных факторов ЧС в техносфере России за 1991–2024 гг.
 Fig. 1. The ratio of the main natural factors of emergencies in the technosphere of Russia for 1991–2024

Помимо этого, был выявлен дополнительный вклад в возникновение ПТЧС отдельных типов гидрологических и метеорологических процессов и явлений, в том числе:

- 12 % от общего числа ПТЧС было обусловлено сильными снегопадами, метелями, снежными заносами или снеговыми нагрузками;
- 10 % — различными ветровыми явлениями;
- 9 % — сильными дождями, ливнями и градом;
- 4 % — гололедно-изморозевыми явлениями;
- по 3 % — наводнениями/подтоплениями и грозами/ударами молний;

- 2 % — аномально низкими и 1 % — аномально высокими температурами воздуха.

Таким образом, в целом природными факторами гидрометеорологического характера было спровоцировано более 90 % всех зафиксированных в БД природно-техногенных ЧС. Если говорить о природных факторах другого генезиса, то 3 % всех зафиксированных ПТЧС было вызвано такими склоновыми процессами, как оползни, подвижки или просадки грунта, по 2 % — снежными лавинами и селевыми потоками; на долю остальных опасных природных процессов, в число которых входят, например, землетрясения и вулканические извержения, пришлось немногим более 1 % от всех ПТЧС, зарегистрированных в базе данных (см. рис. 1).

Следующий комплекс поисковых запросов был осуществлен для того, чтобы определить, на каких типах техносферных объектов ПТЧС повторяются наиболее часто. Выяснилось, что наиболее уязвимы к природным воздействиям системы электро-, теплоснабжения и связи (главным образом воздушные линии): на этих объектах происходит более половины от общего количества зарегистрированных в базе ПТЧС. Основными природными опасностями для данных типов объектов являются сильный ветер, особенно сопровождающийся выпадением твердых или жидких атмосферных осадков (снега, мокрого снега, дождя, града), а также по отдельности перечисленные типы атмосферных осадков большой интенсивности, образование наледи на проводах, гроззовые явления, сход снежных лавин и селевых потоков. Более детально эти вопросы рассматриваются в работе [7]. На втором месте по степени уязвимости оказалась транспортная инфраструктура и объекты

транспорта: более 20 % всех зарегистрированных в БД ПТЧС были отмечены на автомобильном транспорте — к ним относятся ДТП и нарушения автомобильного сообщения из-за действия различных природных факторов. В числе основных природных факторов аварийности и нарушений движения на автомобильных дорогах можно выделить сильные снегопады и метели, приводящие к снежным заносам, гололедные явления, сильные дожди, приводящие к подтоплениям дорог, туманы, а также сход снежных лавин и селевых потоков. Примерно по 2 % от общего числа ПТЧС пришлось на долю транспортных объектов других типов: авиационного, водного, железнодорожного и трубопроводного транспорта.

На рис. 2 показано распределение всех зафиксированных ПТЧС по типам объектов техносферы и типам техносферных аварий, которые были спровоцированы за рассматриваемый период воздействием тех или иных опасных природных процессов и неблагоприятных природных явлений.

Расчет суммарного количества ПТЧС, отмеченных в каждом из субъектов РФ за весь исследуемый период, позволил провести географический анализ распределения природно-техногенных событий по территории России. Все регионы России (субъекты РФ) были проранжированы по этому показателю. Наибольшее количество ПТЧС — число событий больше значения $(\mu + 2\sigma)$ — было отмечено в следующих субъектах РФ (регионы упоминаются в порядке убывания показателя): Сахалинская область, Краснодарский край, Республика Дагестан, Красноярский, Хабаровский и Приморский края, Республика Северная Осетия (Алания), Ставропольский край, Новгородская область и Камчатский край. Перечисленные регионы отличаются

наиболее высоким уровнем природно-техногенного риска. Именно в этих регионах ПТЧС различных типов повторяются наиболее часто. Это обусловлено частотой и интенсивностью проявления воздействия на объекты техносферы различных природных факторов, прежде всего опасных природных процессов гидрологического и метеорологического характера. В группу повышенного уровня риска были выделены регионы, в которых повторяемость ПТЧС колебалась в интервале между величинами от $(\mu + \sigma)$

до $(\mu + 2\sigma)$. В эту группу вошли следующие субъекты РФ (в порядке убывания показателя): Ленинградская, Мурманская, Тверская, Нижегородская, Ростовская, Иркутская области, Алтайский край, Оренбургская и Челябинская области. К группе среднего уровня риска были отнесены регионы, где повторяемость ПТЧС оставалась в промежутке $(\mu \pm \sigma)$. Наконец, в группу низкого уровня риска попали регионы, в которых повторяемость ПТЧС была ниже значения $(\mu - \sigma)$.

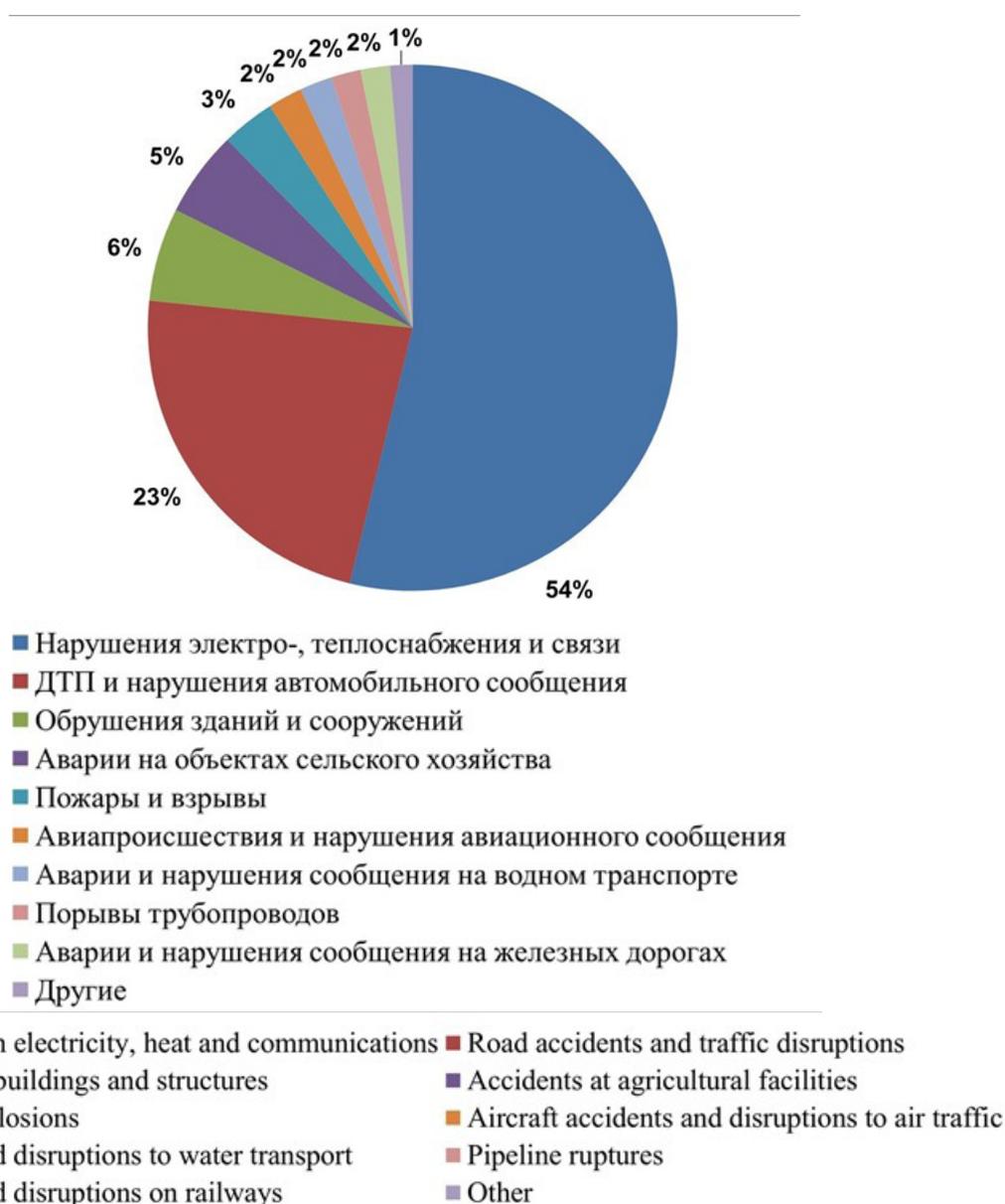


Рис. 2. Соотношение ПТЧС по типам объектов техносферы за 1991–2024 гг.

Fig. 2. Ratio of natural-technological emergencies by types of technosphere facilities for 1991–2024

Выводы

Опасные природные процессы и неблагоприятные природные явления могут выступать в качестве важных факторов техносферной аварийности, наряду с экономическими, техническими и социальными причинами возникновения ЧС. Проявления природных факторов могут приводить к авариям на подверженных их воздействиям объектах техносферы или нарушать штатный режим их функционирования.

Проведенный анализ информации авторской базы данных по ЧС в техносфере показал, что самая большая доля ПТЧС была вызвана комплексным воздействием опасных процессов и явлений гидрометеорологического характера. Среди отдельных типов природных опасностей по уровню воздействия на инфраструктуру и другие технологические системы выделяются сильные снегопады, метели, снежные заносы, снеговые нагрузки, ветровые явления, сильные дожди, ливни и град.

Более половины от общего количества зарегистрированных в базе данных ПТЧС произошло в системах электро-, теплоснабжения и связи. Наиболее уязвимы к природным воздействиям воздушные ЛЭП. Более 20 % от всех ПТЧС составляют автомобильные аварии и нарушения автотранспортного сообщения.

Наиболее часто ПТЧС повторяются в Сахалинской области, Краснодарском крае, Республике Дагестан, Красноярском, Хабаровском и Приморском краях, Республике Северная Осетия (Алания), Ставропольском крае, Новгородской области и Камчатском крае.

Из-за наблюдающихся климатических изменений на территории России прогнозируется увеличение интенсивности и повторяемости опасных природных процессов гидрометеорологического характера [8–10]. Это повышает актуальность исследования опасных природных воздействий на техносферу и проблем анализа и оценки природно-техногенного риска.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Мягков С. М. География природного риска. М., 1995. 224 с.
2. Оценка природно-техногенного риска на основе динамических моделей / В. А. Минаев [и др.] // Технологии техносферной безопасности. 2020. Вып. 2 (88). С. 8–21. URL: <https://elibrary.ru/hgchdl> (дата обращения: 12.09.2025).
3. Ноженкова Л. Ф., Ничепорчук В. В. Технологии комплексной поддержки управления природно-техногенной безопасностью // Вычислительные технологии. 2023. № 28 (4). С. 109–121. URL: <https://elibrary.ru/iriynk> (дата обращения: 12.09.2025).
4. Петрова Е. Г. Особенности мониторинга опасных природных воздействий с использованием базы данных // Экологические системы и приборы. 2021. № 7. С. 11–16. URL: <https://elibrary.ru/mdbdjs> (дата обращения: 22.10.2025).

5. Петрова Е. Г. Опасные природные воздействия на транспорт: опыт анализа базы данных // Экологические системы и приборы. 2019. № 1. С. 8–11. URL: <https://elibrary.ru/vqwxie> (дата обращения: 22.10.2025).
6. Зотов Е. И. Проблемы и возможные направления их решения в области защиты населения при чрезвычайных ситуациях, вызванных авариями на объектах электроэнергетики // Техносферная безопасность. 2024. № 4 (45). С. 106–114. URL: <https://elibrary.ru/iiebuk> (дата обращения: 15.10.2025).
7. Петрова Е. Г. Исследование опасных метеорологических воздействий на воздушные линии электропередачи в России // Геориск. 2021. Т. 15, № 2. С. 26–36. URL: <https://elibrary.ru/smiiei> (дата обращения: 15.10.2025).
8. Природно-антропогенные процессы и экологический риск. Т. 4 / отв. ред. С. А. Добролюбов, Н. С. Касимов, С. М. Малхазова // География, общество, окружающая среда : колл. монография / Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова. М., 2004. 616 с.
9. Прогноз климатической ресурсообеспеченности Восточно-Европейской равнины в условиях потепления XXI века : монография / А. В. Кислов [и др.]. М., 2008. 292 с.
10. Доклад о климатических рисках на территории Российской Федерации / под ред. В. М. Катцова. СПб., 2017. 106 с.

REFERENCES

1. Myagkov S. M. Geography of natural risk. Moscow, 1995. 224 p.
2. Natural and technogenic risks assessment based on dynamic model / V. A. Minaev et al. // Technology of technosphere safety. 2020. No. 2 (88). Pp. 8–21. URL: <https://elibrary.ru/hgchdl> (accessed 12.09.2025).
3. Nozhenkova L. F., Nicheporchuk V. V. Technologies for integrated support of natural and man-made safety management // Computational technologies. 2023. No. 8 (4). Pp. 109–121. URL: <https://elibrary.ru/iriynk> (accessed 12.09.2025).
4. Petrova E. G. Features of monitoring hazardous natural impacts using database // Ecological Systems and Devices. 2021. No. 7. Pp. 11–16. URL: <https://elibrary.ru/vqwxie> (accessed 22.10.2025).
5. Petrova E. G. Natural hazard impacts on transportation: experience of the database analysis // Ecological Systems and Devices. 2019. No. 1. Pp. 8–11. URL: <https://elibrary.ru/vqwxie> (accessed 22.10.2025).
6. Zotov E. I. Problems and possible solutions in the field of public protection in emergency situations caused by accidents at electric power facilities // Technospheric safety. 2024. No. 4 (45). Pp. 106–114. URL: <https://elibrary.ru/iiebuk> (accessed 15.10.2025).
7. Petrova E. G. Study of hazardous meteorological impacts on overhead power lines in Russia // Georisk. 2021. Vol. 15, No. 2. Pp. 26–36. URL: <https://elibrary.ru/smiiei> (accessed 15.10.2025).
8. Natural-anthropogenic processes and environmental risk. Vol. 4 / ed. by S. A. Dobrolubov, N. S. Kasimov, S. M. Malkhazova // Geography, society, environment : collective monograph / Lomonosov Moscow State University. Moscow, 2004. 616 p.

9. Forecast of climatic resource availability of the East European Plain under warming conditions of the 21st century : monograph / A. V. Kislov et al. Moscow, 2008. 292 p.

10. Report on climate risks in the Russian Federation / ed. by V. M. Katzov. St. Petersburg, 2017. 106 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Петрова Елена Геннадиевна, канд. геогр. наук, старший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории снежных лавин и селей Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова (119991, Российская Федерация, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1); РИНЦ ID: 74575; Scopus AuthorID: 7103034855; ResearcherID: A-8341-2011; ORCID: 0000-0003-0620-2060; e-mail: epgeo@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Elena G. Petrova, Cand. Sci. (Geogr.), Senior Researcher of Research Laboratory of Snow Avalanches and Debris flows of the faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University (1 Leninskie Gory St., Moscow, GSP-1, 119991, Russian Federation); ID RISC: 74575; Scopus AuthorID: 7103034855; ResearcherID: A-8341-2011; ORCID: 0000-0003-0620-2060; e-mail: epgeo@mail.ru