

УДК 614.8

**СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИРОДНОГО ХАРАКТЕРА
В МИРЕ И НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ****Королев Денис Сергеевич^{1,2}, Вытовтов Алексей Владимирович^{1,2},
Куприенко Павел Сергеевич¹, Русских Елена Алексеевна³**¹Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Российская Федерация²Воронежский институт повышения квалификации сотрудников ГПС МЧС России, г. Воронеж, Российская Федерация³Академия Государственной противопожарной службы, г. Москва, Российская Федерация**АННОТАЦИЯ**

События последних лет показывают, что количество чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера стремительно увеличивается. Если со вторыми складывающееся положение дел объясняется влиянием человеческого фактора, что, несомненно, учитывается при разработке комплекса профилактических мероприятий, направленных на минимизацию вероятности риска возникновения чрезвычайных ситуаций, то однозначной причины столь резкого увеличения числа природных катаклизмов на сегодняшний день нет. Поэтому авторами статьи проведена аналитическая работа по изучению негативного воздействия экстремальных метеорологических, климатических и гидрологических явлений в период 1970–2021 гг. в мире и на территории Российской Федерации. В результате были определены деструктивные события, оказывающие наибольшее влияние на смертность людей и экономический ущерб. Были рассчитаны и представлены аппроксимационные уравнения, позволяющие с удовлетворительной точностью спрогнозировать число природных катаклизмов. Полученные значения показывают неудовлетворительную перспективу, а значит разработка и совершенствование систем раннего предупреждения чрезвычайных ситуаций природного характера, методов прогнозирования и мониторинга обстановки – актуальные задачи нашего времени.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, природные катаклизмы, факторы, причины, прогнозирование, статистический анализ, аналитическая работа

**STATISTICAL ANALYSIS OF NATURAL EMERGENCIES IN THE WORLD AND ON THE TERRITORY
OF THE RUSSIAN FEDERATION****Denis S. Korolev¹, Alexey V. Vytovtov^{1,2}, Pavel S. Kuprienko¹, Elena A. Russkikh³**¹Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation²Voronezh Institute for Advanced Training of Employees of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, Voronezh, Russian Federation³Academy of the State Fire Service, Moscow, Russian Federation**ABSTRACT**URL: <http://uigps.ru/content/nauchnyy-zhurnal>

130

The events of recent years show that the number of natural and man-made emergencies is rapidly increasing. If the current state of affairs with the latter is explained by the influence of the human factor, which is undoubtedly taken into account when developing a set of preventive measures aimed at minimizing the likelihood of the risk of emergencies, then there is no unambiguous reason for such a sharp increase in the number of natural disasters today. Therefore, the authors of the article carried out analytical work to study the negative impact of extreme meteorological, climatic and hydrological phenomena in the period from 1970 to 2021 in the world and on the territory of the Russian Federation. As a result, destructive events were identified that have the greatest impact on human mortality and economic damage. Approximation equations were also calculated and presented, which make it possible to predict with satisfactory accuracy the number of natural disasters for the coming period. The obtained values show an unsatisfactory perspective of the future, which means that the development and improvement of early warning systems for natural emergencies, methods of forecasting and monitoring the situation are an urgent task of our time.

Keywords: emergency, natural disasters, factors, causes, forecasting, statistical analysis, analytical work

Введение

Стремительное увеличение среднегодовой температуры способствует ускорению круговорота воды на планете, приводя к интенсивным осадкам и наводнениям в одних регионах и к экстремальным засухам в других [1]. По этой же причине возросло количество зарегистрированных случаев лесных пожаров, активизировался процесс таяния вечной мерзлоты, критически уменьшилась толщина снежного покрова, как следствие, повышается уровень мирового океана с последующим затоплением прибрежных и низинных районов, вызывая эрозию почвы [2].

Изучение таких явлений, причин и факторов, способствующих их возникновению, невозможно без достоверного информационного и методологического обеспечения, а главное необходимо проведение аналитической работы, которая послужит основой для разработки эффективных решений и рекомендаций по снижению негативных последствий. Поэтому

цель исследования – проведение статистического анализа чрезвычайных ситуаций природного характера в мире и на территории Российской Федерации с последующим определением доверительных интервалов вероятности деструктивных событий.

Методы и результаты исследований

Согласно сведениям всемирной метеорологической организации, представленным в докладе, отмечено, что за последние 50 лет (в период 1970–2021 гг.) в мире произошло свыше 11 тыс. природных катаклизмов (природные пожары, наводнения, штормы, засухи и т. д.). При этом прослеживалась тенденция их резкого увеличения с 1970 г. вплоть до 2005 г., когда было зарегистрировано рекордное число крупных природных (150 случаев) катастроф и техногенных (205 случаев) аварий (рис. 1) [3, 4].

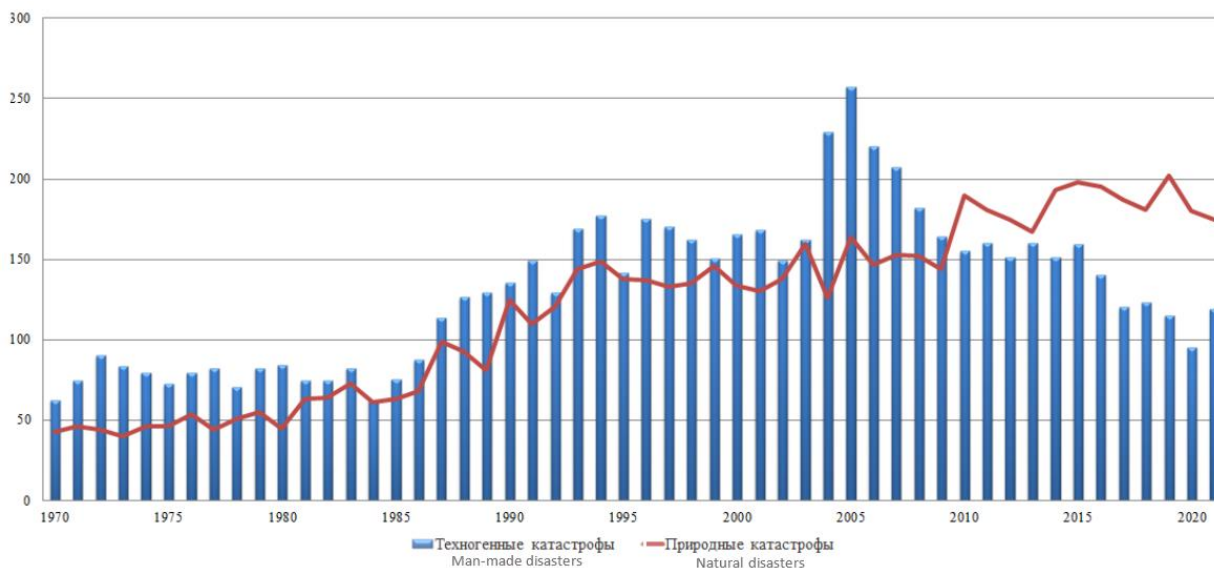


Рис. 1. Динамика природных и техногенных катастроф в мире за период 1970–2021 гг.
Fig. 1. Dynamics of natural and man-made disasters in the world for the period 1970-2021

Однако уже в 2006 г. происходит снижение количества чрезвычайных ситуаций техногенного характера, а минимальные значения, характерные для 1973 г., фиксировались в период 2019–2020 гг., что обусловлено, по всей видимости, распространением новой коронавирусной инфекции (COVID-19), введением локдаунов, замедлением работы производственных предприятий.

Катастрофы природного характера, напротив, продолжили динамику увеличения. В 2010–2023 гг. отмечен ряд крупных по числу жертв и величине экономических

убытков чрезвычайных ситуаций, среди которых: аномальная жара на территории РФ (свыше 56 тыс. погибших, ущерб в 1,5 % ВВП), землетрясение на Гаити (свыше 240 тыс. погибших), природно-техногенная авария в Японии (экономический урон свыше 309 млрд долларов), ураган в США, землетрясение в Турции (погибших более 50 тыс. человек), наводнения в Индии, России, Италии, Афганистане и т. д. Как итог – свыше 159438 человеческих смертей и экономический ущерб в размере 1 трлн долларов (рис. 2).

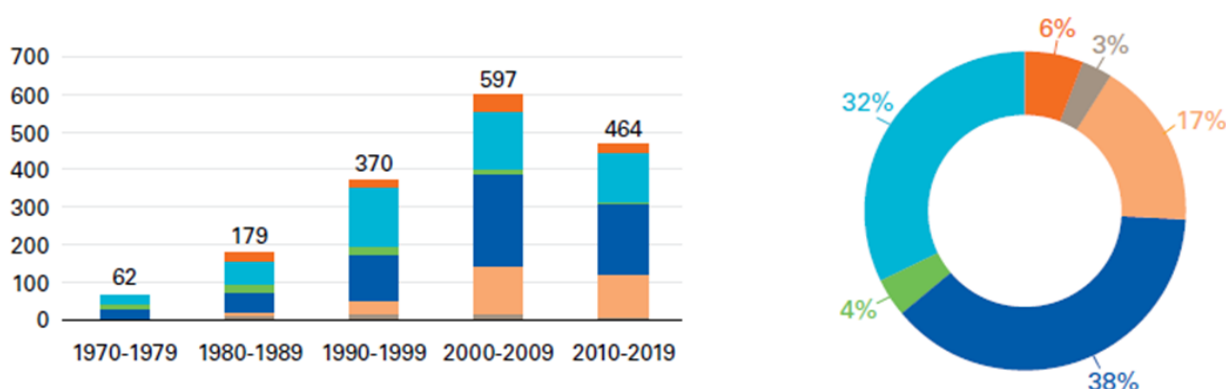


Рис. 2. Распределение природных катастроф по типу возникновения
Fig. 2. Distribution of natural disasters by type of occurrence

Аналитическая работа позволила установить, что около 70 % природных бедствий приходится на паводки (38 %) и штормы (32 %), а максимальное число

смертей (93 %) было вызвано экстремально высокими температурами, где безусловным лидером стала Россия (рис. 3) и землетрясениями [5, 6].

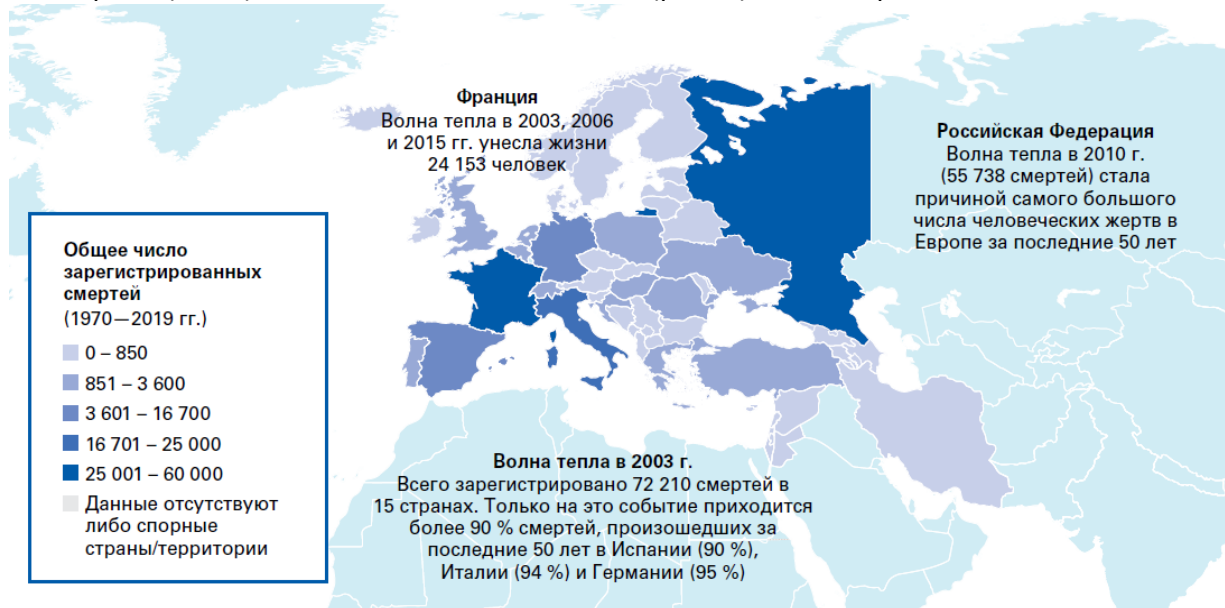


Рис. 3. Наиболее значимые случаи гибели людей

Fig. 3. The most significant deaths

Детальное отражение динамики чрезвычайных катастроф природного характера представили как линию тренда, где y – количественный фактор, а x – временной показатель. С точки зрения показателя качества, наилучшим оказалась

линейная зависимость (1), характеризующая хорошей связью коэффициента детерминации (2) и низким процентом средней ошибки аппроксимации (3). Линейная зависимость, лежащая в пределах 5–15 % и свидетельствующая о хорошем подборе уравнения регрессии к исходным данным.

$$y_x = r_{xy} \cdot \frac{x - \bar{x}}{S(x)} \cdot S(y) + \bar{y} = 0,961 \cdot \frac{x - 1995,5}{15,008} \cdot 52,483 + 119,019. \quad (1)$$

$$y_x = 3,3589x - 6583,6153$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (y_i - y_x)^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2} = 1 - \frac{11086,45}{143232,98} = 0,9226. \quad (2)$$

$$\bar{A} = \frac{\sum_{i=1}^n |y_i - y_x|}{n} \cdot 100\% = \frac{6,23}{52} \cdot 100\% = 11,98\%. \quad (3)$$

Исследование подачи ВГС с помощью МУПТ

В качестве прибора подачи ОТВ использовалась модульная установка пожаротушения тонкораспыленной

водой, с рабочим объемом 18 л. \bar{x} , \bar{y} – фактические значения уровня ряда;

$x - \bar{x}$ – разность между сравниваемым уровнем и уровнем, который ему предшествует;

$y_i - y_x$ – разница между средними значениями.

Линейная зависимость (1) показывает, что количество случаев природных катаклизмов изменяется во времени (x) с устойчивым положительным трендом ($a_1 = 3,35$), т. е. число природных катастроф в мире будет продолжать увеличиваться.

Коэффициент $b = -6583,6153$ формально показывает потенциальный уровень y .

Спрогнозируем границы доверительного интервала, в котором будет сосредоточено более 95 % возможных значений « y » при неограниченно большом числе наблюдений для $x_p = 2024$. В этом случае для прогнозирования зависимой переменной результативного признака необходимо знать прогнозные значения всех входящих в модель факторов, которые можно подставить в модель и получить точечные прогнозные оценки для выбранного показателя (4):

$$\begin{aligned} y(t) &= bx + a \\ y(t) &= 3,3589x - 6583,6153 \\ y(2024) &= 215,001. \end{aligned} \quad (4)$$

Вычислим ошибку прогноза для уравнения (4) по формуле (5):

$$\epsilon = t_{krit} \cdot S \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(\bar{x} - x_p)^2}{\sum (x_i - \bar{x})^2}}, \quad (5)$$

где n – количество периодов времени;

S – стандартная ошибка оценки;

t_{krit} – отношение количества периодов времени к количеству зарегистрированных случаев деструктивных событий;

x – годовой параметр.

$$\epsilon = 2,311 \cdot 14,891 \sqrt{\frac{1}{52} + \frac{(1995 - 2024)^2}{11713}} = 9,684.$$

В итоге, с вероятностью 95 % можно гарантировать, что значение y при $x = 2024$ будет находиться в интервале от 208,317 до 224,6.

На территории РФ официальным учетом и статистическим анализом сведений, представляемых федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, государственными корпорациями и предприятиями, о чрезвычайных ситуациях, в частности природного характера, занимается Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий

[7, 8]. Результатом аналитической работы за отчетный период становится Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера». На основании полученных данных разрабатываются алгоритмы действий и взаимодействия органов РСЧС, планы предупреждения и ликвидации ЧС, направленные на защиту населения и территорий и обеспечение национальной безопасности страны [9–11].

В силу некоторых обстоятельств (срок хранения документов, закрытость

информации и др.) проследить многолетнюю динамику развития деструктивных событий природного характера для России

не предоставляется возможным, поэтому детализацию проведем для небольшого промежутка времени (рис. 4) [12, 13].

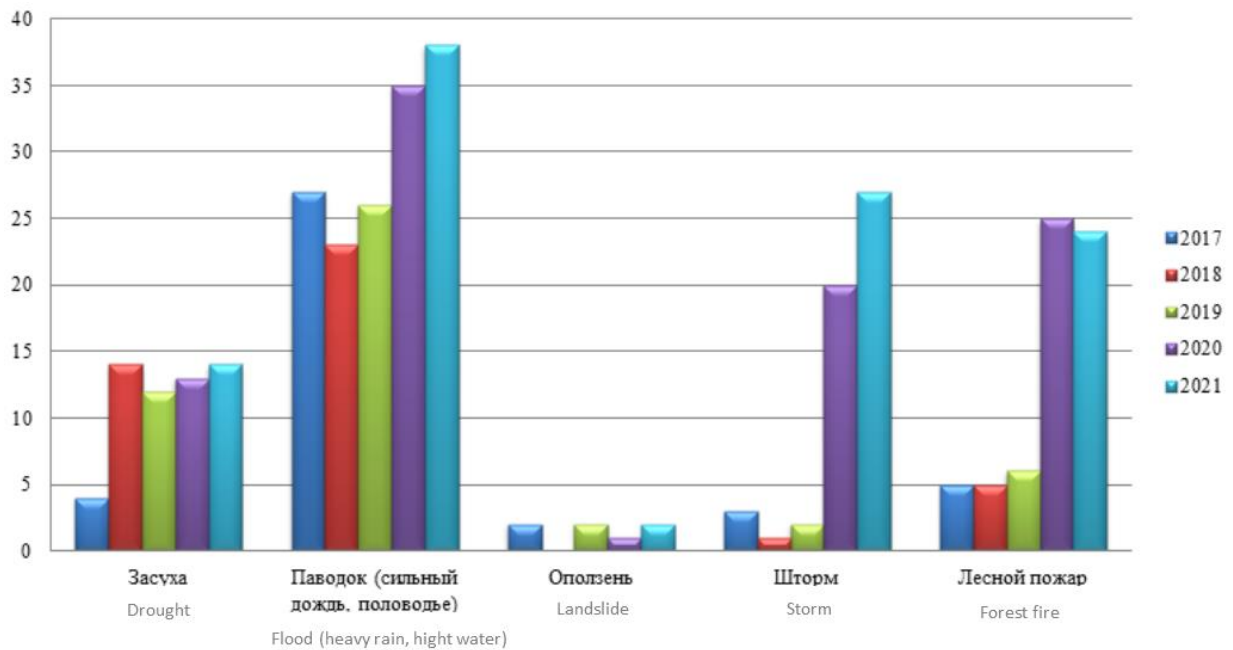


Рис. 4. Распределение ЧС природного характера на территории РФ с 2017–2021 гг.

Fig. 4. Distribution of natural emergencies on the territory of the Russian Federation from 2017–2021

На гистограмме рис. 4 видно, как в России преобладают наводнения (половодья), а также сильные снегопады и дожди, крупный град, наносящие ощутимый материальный ущерб населению

и отраслям экономики, а их количество растет с каждым годом, что отражается в подобранной экспоненциальной линии тренда (6–8):

$$b = \frac{n \sum x_i \cdot \ln y_i - \sum x_i \cdot \sum \ln y_i}{n \cdot \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} = \frac{5 \cdot 41914,2999 - 10095 \cdot 20,7586}{5 \cdot 20381815 - 10095^2} \approx 0,2786. \quad (6)$$

$$a = \frac{1}{n} \cdot \sum \ln y_i - \frac{b}{n} \sum x_i = \frac{1}{5} \cdot 20,7586 - \frac{0,2786}{5} \cdot 10095 \approx -558,3059. \quad (7)$$

$$y(t) = e^{-558,3059 + 0,2786x}. \quad (8)$$

Отметим, что эмпирические коэффициенты тренда а и b являются лишь оценками теоретических коэффициентов, а само уравнение отражает лишь общую тенденцию в поведении рассматриваемых переменных. Поэтому коэффициент тренда b = 0,278 показывает среднее изменение резульативного показателя с изменением периода времени t.

Спрогнозируем границы доверительного интервала, в котором будет сосредоточено более 90 % возможных значений y при неограниченно большом числе наблюдений для x_p = 2024. В этом случае для прогнозирования зависимой переменной резульативного признака необходимо использовать экспоненциальную модель (11):

$$\bar{A} = \frac{0,7243}{5} \cdot 100\% = 14,48\%. \quad (9)$$

$$R^2 = 0,85. \quad (10)$$

Отметим, что эмпирические коэффициенты тренда a и b являются лишь оценками теоретических коэффициентов, а само уравнение отражает лишь общую тенденцию в поведении рассматриваемых переменных. Поэтому коэффициент

тренда $b = 0,278$ показывает среднее изменение результивного показателя с изменением периода времени t .

Спрогнозируем границы доверительного интервала, в котором будет сосредоточено более 90 % возможных значений « y » при неограниченно большом числе наблюдений для $x_p = 2024$. В этом случае для прогнозирования зависимой переменной результивного признака необходимо использовать экспоненциальную модель (11):

$$y(t) = a \cdot e^{bt} \quad (11)$$

$$y(t) = e^{-558,3059+0,2786x}$$

$$y(2024) = 146,56.$$

Вычислим ошибку прогноза для уравнения (11) по формуле (5):

$$\epsilon = t_{krit} \cdot S \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(\bar{x} - x_p)^2}{\sum (x_i - \bar{x})^2}}$$

$$\epsilon = 4,177 \cdot 0,217 \sqrt{\frac{1}{5} + \frac{(2017 - 2024)^2}{10}} = 0,953.$$

Отсюда, с вероятностью 90 % можно гарантировать, что значение y при $x = 2024$ будет находиться в интервале от 145,6 до 147,5.

Заключение

В период 1970–1979 гг. в среднем в мире регистрировалось 700 чрезвычайных ситуаций природного характера. К 2000–2009 гг. эта цифра возросла до максимального значения – 3536 катаклизмов, что эквивалентно 10 бедствиям в день, а к 2010 г. немного снизилась до 3165, а наиболее частыми регистрируемыми катастрофами являлись штормы, наводнения (половодья, ливни), засуха, лесные пожары, оползни. Детальный анализ позволил представить склады-

вающуюся обстановку в виде аппроксимационной зависимости, наиболее наглядно описывающей развитие деструктивных событий. Такой подход позволил определить доверительные интервалы с 90 %-й вероятностью показывающие, что количество природных катастроф в мире будет только расти, а значит необходимость наращивания сил и средств для борьбы с природной стихией, разработка и совершенствование систем раннего предупреждения, новых методов прогнозирования и мониторинга остаются задачей номер один.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Глобальный аналитический доклад по снижению риска бедствий в 2019 г. URL: <https://gar.undrr.org/sites/default/files/.pdf>. (дата обращения: 06.06.2023).
2. Атлас смертности и экономических потерь в результате экстремальных метеорологических, климатических и гидрологических явлений (1970–2019 гг.). URL: https://www.unclearn.org/wpcontent/uploads/library/1267_Atlas_of_Mortality_RU.pdf (дата обращения: 13.06.2023).
3. Брушлинский Н. Н., Соколов С. В., Вагнер П. Человечество и пожары. М., 2007. 122 с.

4. Енин Д. В. Чрезвычайные ситуации и их динамика в Российской Федерации // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2019. № 1. С. 56–61.
5. Королев Д. С., Калач А. В. Опыт применения информационных ресурсов для мониторинга и прогнозирования возникновения ЧС природного характера на примере Воронежской области // Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Мониторинг, предотвращение и ликвидация чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: мат. Международной научно-практической конференции. СПб., 2021. С. 251–256.
6. Концепция модели развития системы управления в кризисных ситуациях / Д. С. Королев и др. // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2021. № 2 (21). С. 64–69.
7. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2021 году». URL: <https://mchs.gov.ru/dokumenty/5946> (дата обращения: 13.06.2023).
8. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2018 году». URL: https://motrelna.ru/upload_files/articles/2019/06/GosDoclad_po_2018_godu_Print.pdf (дата обращения: 13.06.2023).
9. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2020 году». URL: <https://mchs.gov.ru/dokumenty/5304> (дата обращения: 13.06.2023).
10. Semenov V.S., Semenova O.V. Administrative-management bodies and public organizations activities in natural disasters // Modern Science and Innovations. 2020. № 1 (29). С. 124–130.
11. Balandina E.S., Al-Abboodi M.F. Linguistic representation of natural disasters in media coverage // Bulletin of the South Ural State University. Series: Linguistics. 2020. Т. 17. № 2. С. 30–35.
12. Соя А. В., Котловский И. Б. О возможности применения альтернативных методов управления рисками природных катастроф в России // Управление риском. 2021. № 4 (100). С. 3–11.
13. Проблемы мониторинга и предсказания природных катастроф / В. Г. Бондур и др. // Исследование Земли из космоса. 2005. № 1. С. 3–14.

REFERENCES

1. Global analytical report to reduce disaster risk in 2019 [electronic source]/https://gar.undrr.org/sites/default/files/reports/2019-05/full_gar_report.pdf. (Date of circulation 06.06.2023). (rus).
2. Atlas of mortality and economic losses as a result of extreme meteorological, climatic and hydrological phenomena (1970-2019) [Electronic Source]/https://www.unclearn.org/wp-content/uploads/libry/1267_atlas_of_Mortality_ru.pdf (Date of circulation 06.13.2023) (rus).
3. Brushlinsky N. N., Sokolov S.V., Wagner P. Humanity and fires. Moscow, IPC Mask, 2007; 122. (rus).
4. Enin D. V. Emergency situations and their dynamics in the Russian Federation. Fires and Emergencies: Prevention, Liquidation, 2019; 1: 56 –61. (rus).
5. Korolev D. S., Kalach A. V. The experience of applying information resources for monitoring and forecasting the emergence of emergencies of a natural nature on the example of the Voronezh region. Safety Service in Russia: experience, problems, prospects. Monitoring, prevention and elimination of emergency situations of a natural and technogenic nature. Materials of the International Scientific and Practical Conference. St. Petersburg, 2021; 251–256. (rus).
6. Korolev D. S., Shmyreva M. B., Boyko G. M., Kvashnina G. A. The concept of the development model of the management system in crisis situations. Siberian fire and rescue messenger, 2021; 2 (21): 64–69. (rus).
7. The state report «On the state of protection of the population and territories of the Russian Federation from emergency situations of natural and technogenic nature in 2021» [Electronic source] /<https://mchs.gov.ru/dokumenty/5946> (Appeal 13.06.2023). (rus).
8. State report “On the state of protection of the population and territories of the Russian Federation from emergency situations of natural and technogenic in 2018” [Electronic source] https://motrelna.ru/upload_files/articles/2019/06/gosdoclad_pogodu_print.pdf (date of application 06.13.2023). (rus).
9. The state report «On the state of protection of the population and territories of the Russian Federation from emergency situations of natural and technogenic nature in 2020» [Electronic source] /<https://mchs.gov.ru/dokumenty/5304>(date of circulation 13.06.2023). (rus).
10. Semenov V. S., Semenova O. V. Administrative-Management Bodies and Public Organizations Activities in Natural Disasters. Modern Science and Innovations.,2020; 1 (29): 124–130. (rus).

11. Balandina E. S., Al-Abboodi M. F. Linguistic Representation of Natural Disasters in Media Coverage. Bulletin of the South Ural State University. Series: Linguistics, 2020, 2: 30–35. (rus).

12. Soya A. V., Kotlovsky I. B. On the possibility of applying alternative methods for managing the risk of natural disasters in Russia. Risk Management, 2021; 4 (100): 3–11. (rus).

13. Bondur B. G., Kondratyev K. Ya., Krapivin V. F., Savinov V. P. Problems of monitoring and predictions of natural disasters. Study of the Earth from Cosmos, 2005; 1: 3–14. (rus).

Информация об авторах

Королев Денис Сергеевич, доцент, к.т.н., Воронежский государственный технический университет, Россия, 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84; РИНЦ ID: 829407;
e-mail: otrid@rambler.ru

Вытовтов Алексей Владимирович, доцент, к.т.н., Воронежский государственный технический университет, Россия 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84; РИНЦ ID: 754850;
e-mail: taft.rvk@yandex.ru

Куприенко Павел Сергеевич, заведующий кафедрой техносферной и пожарной безопасности, д.т.н., доцент, Воронежский государственный технический университет, Россия, 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84; РИНЦ ID: 361280;
e-mail: pavelkup51@mail.ru

Русских Елена Алексеевна, старший преподаватель кафедры высшей математики, к.т.н., Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4; РИНЦ ID: 781857

Information about the authors

Denis S. Korolev, associate Professor, Ph.D., Voronezh State Technical University, st. 20th anniversary of October, 84, Voronezh, 394006, Russian Federation; ID RISC: 829407;
e-mail: otrid@rambler.ru

Alexey V. Vytovtov, associate Professor, Ph.D., Voronezh State Technical University, st. 20th anniversary of October, 84, Voronezh, 394006, Russian Federation; ID RISC: 754850;
e-mail: taft.rvk@yandex.ru

Pavel S. Kuprienko, Head of the Department of Technosphere and Fire Safety, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor Voronezh State Technical University, st. 20th anniversary of October, 84, Voronezh, 394006, Russian Federation; ID RISC: 361280;
e-mail: pavelkup51@mail.ru

Elena A. Russkikh, Senior Lecturer, Department of Higher Mathematics, Ph.D., Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergencies of Russia, Russia st. Boris Galushkina, 4, Moscow, 129366, Russian Federation; ID RISC: 781857