

Крупные природные пожары как источники чрезвычайных ситуаций природного характера

ISSN 1996-8493

DOI:10.54234/CST.19968493.2022.19.2.72

© Технологии гражданской безопасности, 2022

В.А. Акимов, М.В. Бедило, Е.О. Иванова

В статье представлены вербальное и формализованное описания одной из наиболее катастрофичной для Российской Федерации природной чрезвычайной ситуации — природного пожара, то есть неконтролируемого процесса горения, стихийно возникающего и распространяющегося в природной среде. В Российской Федерации наибольший материальный ущерб, вред жизни и здоровью граждан, интересам общества и государства наносят лесные пожары.

Ключевые слова: крупные природные пожары; моделирование и прогнозирование; байесовские методы; основные исходные данные; площадь лесного пожара; длина кромки лесного пожара; доля территории с высоким уровнем угрозы возникновения и распространения лесного пожара.

Large Wildfires as Sources of Natural Emergencies

ISSN 1996-8493

DOI:10.54234/CST.19968493.2022.19.2.72

© Civil Security Technology, 2022

V. Akimov, M. Bedilo, E. Ivanova

Abstract

The article presents verbal and formalized descriptions of one of the most catastrophic natural emergency situation for the Russian Federation — natural fire, that is, an uncontrolled burning action that spontaneously arises and spreads in the natural environment. In the Russian Federation, forest fires cause the greatest material damage, harm to the life and health of citizens, the interests of society and the state.

Key words: large wildfires; modeling and forecasting; Bayesian methods; basic initial data; forest fire area; edge length of a forest fire; the proportion of the territory with the high level of occurrence and spread of the forest fire threat.

19.01.2022

Согласно [1] источниками природных чрезвычайных ситуаций (ЧС) являются опасные природные явления и процессы, к которым относятся и природные пожары. Среди них наиболее катастрофичными (по количеству погибших, пострадавших людей и материальному ущербу) являются лесные пожары [2, 3].

Математическому моделированию возникновения лесных пожаров посвящено большое число работ, в том числе работы [4–6]. Описанные в них модели строятся на основе использования физических параметров и экспериментальных данных о возникновении загорания в нижних ярусах леса и затем распространении лесных пожаров в верхние ярусы.

Известны многочисленные попытки рассматривать горение на кромке пожара как процесс тепло- и массообмена и выразить скорость распространения пожара на основе законов физики через параметры горючего материала и условия среды [7–9].

Математическая модель Г. А. Доррера [10] описывает процесс распространения лесного пожара как бегущую волну в неоднородной и анизотропной среде. Общая математическая модель лесных пожаров А. М. Гришина [11], учитывающая законы сохранения массы, импульса, энергии, а также физико-химические процессы, описывает возникновение и развитие горения во всех ярусах леса.

Кулешов А. А. [12] разделил существующие математические модели на следующие группы:

модели прогноза динамики распространения лесного пожара;

модели прогноза геометрических параметров лесного пожара;

модели прогноза характеристик течения, тепло — и массопереноса во фронте и зоне пожара;

общие математические модели, в рамках которых могут быть спрогнозированы различные характеристики во фронте и в зоне лесного пожара.

Краткий обзор научных публикаций показывает, что в мировой практике разработано около пятидесяти моделей распространения низовых лесных пожаров и около десяти моделей верховых лесных пожаров. Однако только несколько моделей доведено до уровня практического использования в программных комплексах [13, 14].

На современном этапе в нашей стране наиболее перспективной моделью для решения задач, связанных с оценкой целесообразности тушения лесных пожаров в зоне контроля, является модель, реализованная в ИСДМ-Рослесхоз [15]. Это объясняется ее комплексностью, многолетней верификацией и отладкой на реальных пожарах в лесном фонде Российской Федерации.

В рамках создания аппаратно-программного комплекса «Безопасный город» предложен подход к моделированию лесных пожаров, в основе которого лежат байесовские методы [16, 17], эффективность которых напрямую зависит от качества и достоверности входных данных.

Основными исходными данными в этом случае являются: исторические данные о метеорологической обстановке и пожарной опасности на

территории в течение пожароопасных сезонов; исторические данные о лесных пожарах; данные, характеризующие растительность и рельеф местности; данные, характеризующие антропогенную нагрузку, и ряд других.

На основе отдельных входных данных осуществляется подготовка расчетных параметров модели.

Например, площадь лесного пожара ($S_{\text{ЛП}}$, га) через время, соответствующее шагу прогноза, рекомендуется определять по формуле:

$$S_{\text{ЛП}} = n_1 \cdot S_{\text{ЛП}}^{\text{IB}} + m_1 \cdot S_{\text{ЛП}}^{\text{ICP}}, \quad (1)$$

где:

$S_{\text{ЛП}}^{\text{IB}}$ — площадь ячейки матрицы регулярной сетки с высоким уровнем угрозы по гипотезе № 1, га;

$S_{\text{ЛП}}^{\text{ICP}}$ — площадь ячейки матрицы регулярной сетки со средним уровнем угрозы по гипотезе № 1, га;

n_1 — количество ячеек матрицы регулярной сетки с высоким уровнем угрозы по гипотезе № 1, ед.;

m_1 — количество ячеек матрицы регулярной сетки со средним уровнем угрозы по гипотезе № 1, ед.

Под «гипотезой № 1» понимается вероятность распространения лесного пожара на контролируемой территории в течение суток, через каждые 3 часа.

Длину кромки лесного пожара ($D_{\text{кромки}}$, м), через время, соответствующее шагу прогноза, следует определять по формуле:

$$D_{\text{кромки}} = 0,5 \cdot \sqrt{S \cdot 10000}, \quad (2)$$

где: S — площадь лесного пожара, га.

Доля контролируемой территории с высоким уровнем угрозы возможности возникновения и распространения лесного пожара ($P_{\text{В}}$) определяется по формуле:

$$P_{\text{В}} = n_3 \frac{S_{\text{ЛП}}^{\text{ЗВ}}}{S_{\text{КТ}}}, \quad (3)$$

где:

$S_{\text{ЛП}}^{\text{ЗВ}}$ — площадь ячейки матрицы регулярной сетки с высоким уровнем угрозы по гипотезе № 3, га;

$S_{\text{КТ}}$ — общая площадь регулярной сетки для контролируемой территории, га;

n_3 — количество ячеек матрицы регулярной сетки с высоким уровнем угрозы по гипотезе № 3, ед.

Под «гипотезой № 3» понимается возможность возникновения и распространения лесного пожара на контролируемой территории в течение ближайших 10 суток.

Перспективы дальнейших исследований связаны с разработкой базовых моделей среднесрочного и долгосрочного прогнозирования лесных пожаров и их внедрением в муниципальных образованиях Российской Федерации в рамках аппаратно-программного комплекса «Безопасный город» [18].

Таким образом, в данной статье кратко рассмотрены вербальное и формализованное описания одной из

наиболее катастрофичной для Российской Федерации природной чрезвычайной ситуации — лесного пожара. Другие, наиболее катастрофичные для Российской

Федерации, природные чрезвычайные ситуации гидрологического, метеорологического и геофизического характера описаны в [19–21].

Литература

1. ГОСТ Р 22.03.03-2020. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Природные чрезвычайные ситуации. Термины и определения.
2. Акимов В. А., Олтян И. Ю., Иванова Е. О. Методика ранжирования чрезвычайных ситуаций природного, техногенного и биолого-социального характера по степени их катастрофичности // Технологии гражданской безопасности. 2021. № 1 (67). С. 4–7.
3. Акимов В. А., Олтян И. Ю., Иванова Е. О. Ранжирование чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера по социально-экономическим показателям их катастрофичности // Материалы V МНПК по ГО. Ч. IV. М.: Академия ГПС МЧС России, 2021. С. 199–204.
4. Alexander M. E. Models for predicting crown fire behavior // V Short Course on Fire Behaviour, Figueira da Foz, Portugal. Association for the Development of Industrial Aerodynamics, Forest Fire Research Centre, 2006. P. 173–225.
5. Van Wagner C. E. Conditions for the start and spread of crown fire // Canadian Journal of Forest Research, 1977. Vol. 7. No. 1. С. 23–34.
6. Weber R. O. Modeling fire spread through fuel beds // Prog. Everg. Combust. Sci., 1990. Vol. 17. P. 65–82.
7. Гришин А. М. Математические модели лесных пожаров. Томск: Изд-во ТГУ, 1981. 278 с.
8. Конев Э. В. Физические основы горения растительных материалов. Новосибирск: Наука, 1977. 239 с.
9. Курбатский И. П., Телицын Г. П. Современная теория распространения лесных низовых пожаров // Современные исследования типологии и пирологии леса. Архангельск, 1976. С. 90–96.
10. Доррер Г. А. Математические модели динамики лесных пожаров. М.: Лесная промышленность, 1979. 161 с.
11. Гришин А. М. Общая математическая модель лесных пожаров и ее приложения для охраны и защиты лесов // Сопряженные задачи механики и экологии: Избранные доклады международной конференции. Томск: ТГУ, 2000. С. 88–137.

12. Кулешов А. А. Математические модели лесных пожаров // Математическое моделирование. 2002. Т. 14. № 11. С. 33–42.
13. Акимов В. А., Бедило М. В., Суцев С. П. Исследование чрезвычайных ситуаций природного, техногенного и биолого-социального характера современными научными методами: Монография. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2021. 180 с.
14. Акимов В. А. Приложения общей теории безопасности к исследованию чрезвычайных ситуаций природного, техногенного и биолого-социального характера // Технологии гражданской безопасности. 2021. Т. 18 (Спецвыпуск). С. 12–27.
15. Котельников Р. В., Семенов В. Л., Щетинский В. Е. Информационная система дистанционного мониторинга Федерального агентства лесного хозяйства (ИСДМ-Рослесхоз): Учеб. пособ. М.: ФБУ «Авиалесоохрана», 2015. 386 с.
16. Методика прогнозной и аналитической модели «Лесной пожар». М.: ООО НЦИ, 2022. 107 с.
17. ГОСТ Р 22.1.XX-202X. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Безопасный город. Прогнозирование лесных пожаров. Общие требования.
18. Акимов В. А., Колеганов С. В., Мишурный А. В. АПК «Безопасный город»: оценка вероятности ЧС // Гражданская защита. 2022. № 5. С. 36–38.
19. Акимов В. А., Бедило М. В., Суцев С. П. Опасные гидрологические явления и процессы как источники чрезвычайных ситуаций природного характера: вербальная модель // Технологии гражданской безопасности. 2021. № 4 (70). С. 4–8.
20. Акимов В. А., Бедило М. В., Суцев С. П. Опасные метеорологические явления и процессы как источники чрезвычайных ситуаций природного характера: вербальная модель // Технологии гражданской безопасности. № 4 (70). 2021. С. 14–18.
21. Акимов В. А., Бедило М. В., Иванова Е. О. Опасные геофизические явления и процессы как источники чрезвычайных ситуаций природного характера: модель среднесрочного прогнозирования землетрясений // Технологии гражданской безопасности», 2022. № 1 (71). С. 20–23.

Сведения об авторах

Акимов Валерий Александрович: д. т. н., проф., засл. деятель науки РФ, ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), г. н. с. института. Москва, Россия. SPIN-код: 8120-3446.

Бедило Максим Владимирович: к. в. н., доц., ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), начальник института. Москва, Россия. SPIN-код: 5524-2038.

Иванова Екатерина Олеговна: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), с. н. с. науч.-исслед. центра. Москва, Россия. SPIN-код: 5483-4886.

Information about authors

Akimov Valery A.: ScD (Technical Sc.), Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, All-Russian Research Institute for Civil Defense and Emergencies, Chief Researcher of the Institute. Moscow, Russia. SPIN-scientific: 8120-3446.

Bedilo Maxim V.: PhD (Military Sc.), Assistant Professor, All-Russian Research Institute for Civil Defense and Emergencies, Head of the Institute. Moscow, Russia. SPIN-scientific: 5524-2038.

Ivanova Ekaterina O.: All-Russian Research Institute for Civil Defense and Emergencies, Senior Researcher, Research Center. Moscow, Russia. SPIN-scientific: 5483-4886.

Издания ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ)

Авторы, название	URL
Мошков В. Б. и др. Добровольная сертификация как инструмент повышения качества аварийно-спасательных средств	https://elibrary.ru/item.asp?id=47276629
Козлов И. А. и др. Индикация в различных природных средах агрессивных и радиоактивных химических веществ и методы их утилизации и конверсии	https://elibrary.ru/item.asp?id=48176202
Шапошников С. В. и др. История войсковой части 54277	http://elibrary.ru/item.asp?id=22689166
Степанов В. Я. Чернобыль. Память 24/7. Историко-художественный литературный сборник	http://elibrary.ru/item.asp?id=22689230