

Научная статья
УДК 614.849, 004
doi:10.34987/vestnik.sibpsa.2025.48.16.006

Информационно-аналитическая поддержка принятия решения при возникновении и распространении пожара в лесопарковых зонах

Алексей Анатольевич Волошенко¹

Максим Викторович Шевцов²

Александр Михайлович Новиков²

¹Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва, Россия

²Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, Москва, Россия

Автор, ответственный за переписку: Максим Викторович Шевцов, shevtovmv@mail.ru

Аннотация. Авторами разработана информационно-аналитическая поддержка принятия решения при возникновении и распространении пожара в лесопарковых зонах с целью определения минимально необходимых расстояний от лесных массивов до различных объектов защиты.

В работе проведена оценка обеспечения пожарной безопасности в лесных и парковых территориях с описанием профилактических мер защиты и описана методика оценки возможного распространения лесного пожара и определения безопасного расположения различных пожароопасных объектов относительно лесного массива. На основании проведенной оценки сформулированы информационно-аналитическая модель поддержки принятия решения при возникновении и распространении пожара от границ лесопарковых территорий и алгоритм принятия управленческого решения при выборе мер пожарной безопасности от пожара в лесном массиве.

Также представлены основные приборы и устройства, необходимые лицу, принимающему решение, при осуществлении превентивных мер в процессе лесопожарного мониторинга.

Авторами указаны заинтересованные стороны, в работе которых целесообразно применение предложенных модели и алгоритма, а также основные преимущества результатов проведенного исследования в практической деятельности должностных лиц, задействованных в комплексном обеспечении пожаробезопасного состояния лесов, границ населенных пунктов и объектов гражданской и иной инфраструктуры.

Ключевые слова: информационно-аналитическая модель, алгоритм, лицо принимающее решение, пожар, лесопарковая зона, превентивные меры

Для цитирования: Волошенко А.А., Шевцов М.В., Новиков А.М. Информационно-аналитическая поддержка принятия решения при возникновении и распространении пожара в лесопарковых зонах // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2025. № 2 (37). С. 57-64. <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2025.48.16.006>.

Original article.

Information and analytical support for decision-making in the event of a fire breaking out and spreading in forest park areas

Alexey A. Voloshenko¹

Maxim V. Shevtsov²

Alexander M. Novikov²

¹National research Moscow state university of civil engineering, Moscow, Russia

²Academy of the State fire service of the Ministry of emergency situations of Russia, Moscow, Russia

Corresponding author: Maxim V. Shevtsov, shevtsovmv@mail.ru

Abstract. The authors have developed information and analytical support for decision-making in the event of a fire breaking out and spreading in forest park areas in order to determine the minimum required distances from forest areas to various protected objects.

The paper assesses fire safety in forest and park areas with a description of preventive protection measures and describes a methodology for assessing the possible spread of a forest fire and determining the safe location of various fire-hazardous objects relative to the forest area. Based on the assessment, an information and analytical model for supporting decision-making in the event of a fire breaking out and spreading from the boundaries of forest park areas and an algorithm for making a management decision when choosing fire safety measures against a fire in a forest area are formulated.

The main devices and equipment necessary for a decision-maker when implementing preventive measures in the process of forest fire monitoring are also presented.

The authors indicate the interested parties in whose work it is advisable to apply the proposed model and algorithm, as well as the main advantages of the results of the conducted research in the practical activities of officials involved in the comprehensive provision of fire safety in forests, boundaries of populated areas and civil and other infrastructure facilities.

Keywords: information-analytical model, algorithm, decision maker, fire, forest park zone, preventive measures

For citation: Voloshenko A.A., Shevtsov M.V., Novikov A.M. Information and analytical support for decision-making in the event of a fire breaking out and spreading in forest park areas // Siberian Fire and Rescue Bulletin. 2025. № 2 (37). С. 57-64. (In Russ.) <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2025.48.16.006>.

Введение

Одной из функций системы обеспечения пожарной безопасности является разработка и осуществление мер, направленных на предотвращение распространения огня между зданиями и сооружениями различного функционального назначения, а также минимизация угрозы возникновения пожаров в лесных массивах, примыкающих к городской или промышленной застройке [1]. Безопасное противопожарное состояние может быть достигнуто посредством исключения возможности распространения возгораний от лесопарковых зон с использованием прогнозных моделей развития низовых и (или) верховых пожаров, а также расчетной оценки воздействия излучающего теплового потока от ландшафтного пожара [2, 3, 4]. Дополнительным залогом успеха в борьбе с природными пожарами, по мнению авторов, может стать применение нормативных методик, определяющих класс природной пожарной опасности по наличию конкретных климатических параметров и типу растительности в лесном массиве.

Процесс принятия управленческого решения для эффективного реагирования на низовые и верховые пожары, создающие опасность для населенных пунктов и объектов инфраструктуры, является достаточно сложным с точки зрения выполнения расчетных манипуляций с большим набором исходных данных.

В связи с этим авторами предложен новый подход по разработке информационно-аналитической поддержки принятия решений руководителю тушения пожара и иным задействованным специалистам при ведении боевых действий по ликвидации очагов возгорания в лесопарковых зонах вблизи населенных пунктов или важных объектов капитального строительства, значительно упрощающий расчетные процедуры оценки динамики возникновения и развития вышеуказанных возгораний.

Оценка обеспечения пожарной безопасности в лесопарковых зонах

Опишем некоторые меры обеспечения пожарной безопасности в лесных и парковых массивах, соответствующие современным требованиям нормативных и правовых документов.

Одна из превентивных мер заключается реализации следующих противопожарных мероприятий:

1. Применение технических средств по предотвращению природного очага возгорания.
2. Осуществление противопожарного режима при содержании лесного фонда.

Для предотвращения развития верхового и (или) низового лесного пожара до различных объектов защиты существуют различные меры, а именно:

1. Нормативное противопожарное расстояние [5].
2. Использование барьера противопожарного [6].

Не менее важной профилактической мерой является мониторинг пожарной опасности, представляющий собой индивидуальное и (или) комплексное слежение с наблюдательных пожарных пунктов, а также наземное, авиационное и космическое патрулирование.

Для проведения оценки о возникновении и распространении пожара в лесопарковой зоне на основе существующих методик ответственное должностное лицо принимает решение по определению класса природной пожарной опасности, исходя из климатических условий.

Указанному лицу на начальном этапе целесообразно выявить следующие исходные данные:

1. При установлении класса природной пожарной опасности лесов необходима информация о наличии следующих видов пожаров:

- низового;
- верхового.

2. При установлении класса пожарной опасности в лесах в зависимости от условий погоды (I-V) необходима следующая информация:

- температура окружающей атмосферы и точки росы;
- безосадочный период (в днях);
- дождевой период (в днях) с подтверждением наличия осадков более 3 мм.

Данная исходная информация позволит установить комплексный показатель степени пожарной опасности в лесном массиве.

При проведении мониторинга возможного возникновения очага возгорания в лесопарковой зоне должностные лица должны иметь следующее оборудование:

- анализаторы влажности и температуры воздуха;
- различные измерители атмосферных осадков;
- беспилотное авиационное средство с установленными приборными платформами и программными продуктами [7, 8, 9, 10].

Следующей мерой по обеспечению пожарной безопасности лесопарковых территорий является тушение лесных насаждений, включающее в себя:

1. Наземное, авиационное или космическое обследование для установления вида и движения лесного возгорания, что позволит сформировать решающее направление и тактику тушения пожара.
2. Доставка сил и средств для тушения пожара в лесном массиве.

3. Качественная организация процесса пожаротушения, исключая повторное возникновение природного (лесного) пожара.

Вместе с тем вышеперечисленными мерами не определяется способность теплового потока ландшафтного очага возгорания воздействовать на облучаемые поверхности. Методика оценки возможного распространения лесного пожара и определения безопасного расположения различных пожароопасных объектов относительно лесного массива представлена в [11, 12, 13, 14]:

$$q_{\text{расч}} = \varepsilon_{\text{пр}} C_0 \left[\left(\frac{T_{\text{и}}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{\text{доп}}}{100} \right)^4 \right] \varphi_{1-2}, \quad (1)$$

где, $T_{\text{и}}$ – температура излучающей поверхности, К;

$T_{\text{доп}}$ – допустимая температура на облучаемой поверхности, К;

$q_{\text{расч}}$ – расчетное значение поверхностной плотности теплового потока, кВт/м²;

$\varepsilon_{\text{пр}}$ – приведённая степень черноты системы;

C_0 – коэффициент излучения абсолютно чёрного тела, Вт/(м² К⁴);

φ_{1-2} – коэффициент облучённости, в который в неявной форме входит искомое безопасное расстояние r .

Степень черноты системы можно представить формулой:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_{\text{и}}} + \frac{1}{\varepsilon_{\text{обл}}} - 1} \quad (2)$$

где, $\varepsilon_{\text{и}}$ – степень черноты излучающей поверхности;

$\varepsilon_{\text{обл}}$ – степень черноты облучаемого материала.

Величину коэффициент облучённости для одной четвертой части площади поверхности представим далее:

$$\varphi_{21} = \frac{1}{2\pi} \cdot \left(\frac{a}{\sqrt{a^2+r^2}} \cdot \arctg \frac{b}{\sqrt{a^2+r^2}} + \frac{b}{\sqrt{b^2+r^2}} \cdot \arctg \frac{a}{\sqrt{b^2+r^2}} \right) \quad (3)$$

где, a – высота излучающей поверхности, м;

b – ширина излучающей поверхности, м;

r – безопасное расстояние, м.

Коэффициент облучённости определяется следующим выражением:

$$\varphi_{1-2} = 4 \cdot \varphi_{21} \quad (4)$$

К дополнительным мерам по обеспечению пожарной безопасности в лесных массивах относятся:

- снижение возможного нахождения граждан в лесных массивах;
- санитарная безопасность в лесу.

Таким образом для проведения оценки по установлению возникновения и распространения лесного пожара необходимо учитывать такие меры, как:

- предупреждение пожара в лесном массиве;
- соблюдение противопожарных разрывов (расстояний);
- противопожарные барьеры;
- своевременная локализация и последующая ликвидация возгорания в лесном массиве, предупреждающая возможную динамику его дальнейшего развития;
- реализация мероприятий по качественному противопожарному мониторингу.

Результаты и их обсуждение

Проведенная оценка показала необходимость разработки информационно-аналитической интеллектуальной поддержки принятия решений должностными лицами государственных структур, задействованных в комплексном обеспечении пожаробезопасного состояния лесов, границ населенных пунктов и объектов гражданской и иной инфраструктуры.

Процесс формирования модели информационно-аналитической поддержки предполагает следующую последовательность действий:

1. Установление класса природной пожарной опасности леса.
2. Установление класса природной пожарной опасности в лесном массиве в зависимости от климатических условий.
3. Оценку вероятности распространения пожара от лесных насаждений на расположенные в непосредственной близости различные облучаемые поверхности.

На Рис.1 представлена информационно-аналитическая модель поддержки принятия решения при возникновении и распространении пожара от границ лесопарковых территорий, а на Рис.2 представлен алгоритм принятия управленческого решения при выборе мер пожарной безопасности от пожара в лесном массиве.

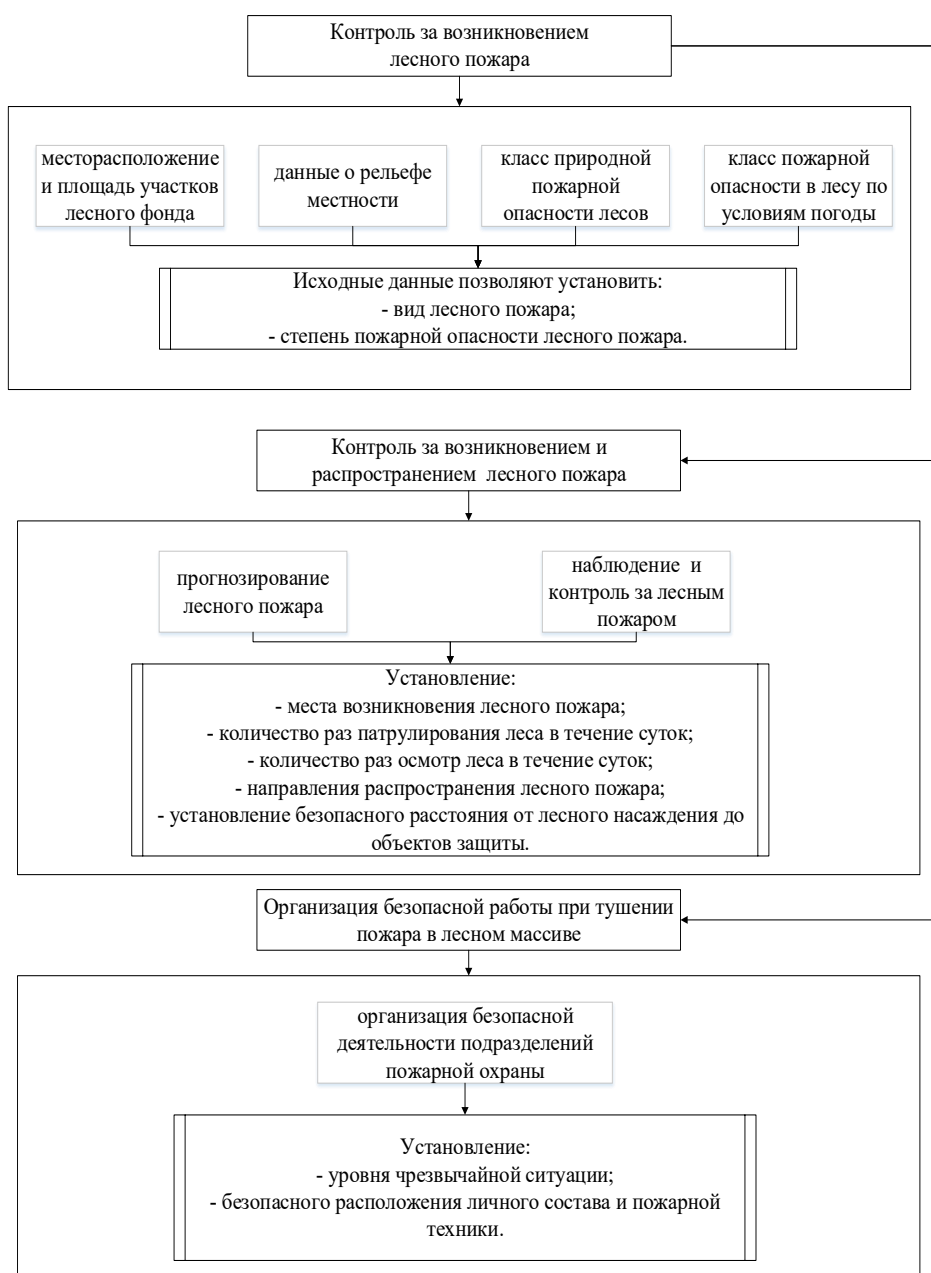


Рис.1. Информационно-аналитическая модель поддержки принятия решения при возникновении и распространении пожара от лесных насаждений

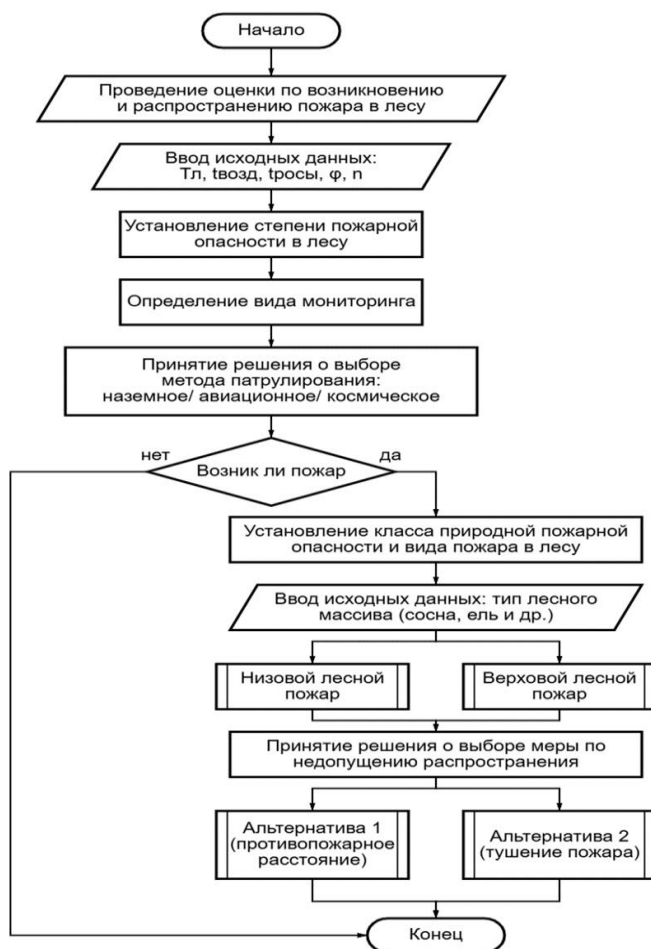


Рис.2. Алгоритм принятия управленческого решения при выборе мер пожарной безопасности от пожара в лесном массиве

В рамках реализации своих полномочий в сфере защиты лесов, населенных пунктов, а также объектов различного назначения предложенные модель и алгоритм могут использоваться как специалистами МЧС России, Минприроды России, так и других заинтересованных сторон, участвующих в научных и образовательных процессах представленной области жизнедеятельности.

Заключение

Преимущество представленной в данной работе информационно-аналитической поддержки принятия решения заключается в следующем:

1. Простая форма установления расчетных показателей и исходных данных.
2. Возможность определения:
 - степени вероятности возникновения и вида пожара в лесопарковой зоне;
 - минимально безопасного расстояния от лесного массива до различных объектов защиты с учетом применения методики воздействия излучающего пламени при лесном пожаре [16].

Список источников

1. Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ «О пожарной безопасности» (ред. от 19.10.2023) // КонсультантПлюс: официальная база данных. – URL: <https://base.garant.ru/12165/>.
2. Cohen J. D. Canadian Journal of Forest Research. — 2004. — Vol. 34, № 8. — P. 1616–1626.
3. Drysdale D. An Introduction to Fire Dynamics / D. Drysdale. — London: John Wiley & Sons, 1998.

4. Залесов С.В., Залесова Е.С., Оплетаев А.С. Охрана лесов от пожаров: пособие для лесного пожарного. – Екатеринбург: Уральский государственный лесотехнический университет, 2013. – 63 с. ISBN 978-5-94984-381-9.
5. СП 4.13130.2013 «Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям» (с Изменениями №1) // База нормативных документов РФ. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200101593>.
6. ГОСТ Р 57972-2017 «Объекты противопожарного обустройства лесов» // База нормативных документов РФ. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/9051953>.
7. Шевцов М.В., Аксёнов В.В., Сафронов Р.И., Шульга Л.В., Дегтярев С.В. Мобильная система мониторинга, раннего обнаружения и оценки пожарной опасности // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2021. – Т.11, № 3. – С. 8-25.
8. Данилов М.М., Денисов А.Н., Гундар С.В., Захаревский В.Б., Данилова М.А. Модель опорного действия в практике применения программного обеспечения руководителем тушения пожара // Технологии техносферной безопасности. – 2018. – № 2 (19). – С. 76-86.
9. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022681951 Российская Федерация. Расчетная оценка лесной пожарной опасности: № 2022680877 / Волошенко А.А., Шевцов М.В.: заявл. 03.11.2022; опубл. 17.11.2022.
10. Шевцов М.В., Аксёнов В.В., Сафронов Р.И., Шульга Л.В., Дегтярев С.В. Мобильная система мониторинга, раннего обнаружения и оценки пожарной опасности // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2021. – Т.11, № 3. – С. 8-25.
11. Кошмаров Ю.А., Башкирцев М.П. Термодинамика и теплопередача в пожарном деле. – М.: ВИПТШ МВД СССР, 1987. – 444 с.
12. Ройтман М.Я. Противопожарное нормирование в строительстве – Москва: Стройиздат, 1985. – 590 с.
13. Козлачков В.И., Ягодка Е.А., Волошенко А.А. Оценка пожарных разрывов с учетом воздействия теплового потока на имущество // Технологии техносферной безопасности. – 2016. № 3 (67). – С. 40-44.
14. Волошенко А.А., Лобаев И.А., Казиев М.М., Безбородов В.И. Натурный огневой эксперимент по оценке воспламеняемости материалов при воздействии теплового потока // Технологии техносферной безопасности. – 2019. – № 4 (86). – Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2019-4/09-04-19.ttb.pdf>.
15. Нестеренко А.Г., Шепелюк С.И., Зокоев В.А., Бабич Б. Совершенствование мероприятий по обеспечению безопасности при угрозе возникновения лесных пожаров // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. – 2018. – Т. 27, №10. – С. 56-65. DOI: 10.18322/PVB.2018.27.10.56-65.
16. Назаров С.А., Волошенко А.А., Шипицын С.А., Шевцов М.В. Концепция создания и разработки комплексного метода оценки опасности лесных пожаров на населенные пункты // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2022. – Т. 12, № 4. – С. 102-121. – DOI 10.21869/2223-1536-2022-12-4-102-121.

References

1. Federal Law of 21.12.1994 No. 69-FZ (as amended on 19.10.2023) "On Fire Safety". M (as amended on October 19, 2023) // ConsultantPlus: official database. – URL: <https://base.garant.ru/12165/>.
2. Cohen J. D. Canadian Journal of Forest Research. – 2004. – pp 1616-1626.
3. Sokh G. Combustion Fundamentals of Fire. - London: Academic Press, 1995.
4. Zalesov S.V., Zalesova E.S., Opletaev A.S. Forest Fire Protection: A Manual for Forest Firefighters. - Ekaterinburg: Ural. state forestry university, 2013. – 63 p. ISBN 978-5-94984-381-9.
5. SP 4.13130.2013 "Fire protection systems. Limiting the spread of fire at protected facilities. Requirements for space-planning and design solutions" (with amendment No. 1). Database

of regulatory documents of the Russian Federation. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200101593>.

6. GOST R 57972-2017 "Fire protection facilities for forests". <https://docs.cntd.ru/document/9051953>.

7. Shevtsov M.V., Aksyonov V.V., Safronov R.I., Shulga L.V., Degtyarev S.V. Mobile system for monitoring, early detection and assessment of fire hazard // Bulletin of the South-West State University. Series: Management, computing, informatics. Medical instrument making. – 2021. – Vol. 11, No. 3. – P. 8-25.

8. Danilov M.M., Denisov A.N., Gundar S.V., Zakharevsky V.B., Danilova M.A. Model of support action in the practice of applying software by a fire extinguishing manager // Technologies of technosphere safety. – 2018. – No. 2 (19). – P. 76-86.

9. Certificate of state registration of computer program No. 2022681951 Russian Federation. Estimated assessment of forest fire hazard: No. 2022680877 / Voloshchenko A.A., Shevtsov M.V.: filed. 03.11.2022; published 17.11.2022.

10. Shevtsov M.V., Aksenov V.V., Safronov R.I., Shulga L.V., Degtyarev S.V. Mobile system for monitoring, early detection, and assessment of fire hazard // News of Southwestern State University. Series: Management, computing, informatics. Medical instrument engineering. – 2021. – Vol. 11, No. 3. – Pp. 8–25.

11. Koshmarov Yu.A., Bashkirtsev M.P. Thermodynamics and heat transfer in fire fighting. - M.: VIPTSh MVD USSR, 1987. – 444 p.

12. Fire safety regulations in construction / M. Ya. Roytman. - M.: Stroyizdat, 1985. – 590 p.

13. Kozlachkov V.I., Yagodka E.A., Voloshchenko A.A. Assessment of fire gaps taking into account the impact of heat flow on property // Technologies of technosphere safety. – 2016. No. 3 (67). – P. 40-44.

14. Voloshenko A.A., Lobaev I.A., Kaziev M.M., Bezborodov V.I. Field fire experiment to assess the flammability of materials under the influence of heat flow // Technologies of technosphere safety. – 2019. – No. 4 (86). – Access mode: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2019-4/09-04-19.ttb.pdf> (accessed on: 29.09.2023).

15. Nesterenko A.G., Shepelyuk S.I., Zokoev V.A., Babich B. Improving safety measures during forest fire threats // Fire and Explosion Safety. – 2018. – Vol. 27, No. 10. – P. 56-65. DOI: 10.18322/PVB.2018.27.10.56-65).

16. Nazarov S.A., Voloshenko A.A., Shipitsyn S.A., Shevtsov M.V. Concept for the creation and development of a comprehensive method for assessing the danger of forest fires to populated areas // News of Southwestern State University. Series: Management, Computer Science, Informatics. Medical Instrument Engineering. – 2022. – Vol. 12, No. 4. – P. 102-121. – DOI 10.21869/2223-1536-2022-12-4-102-121.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 30.04.2025, одобрена после рецензирования 30.05.2025, принята к публикации 06.06.2025.

The article was submitted 30.04.2025, approved after reviewing 30.05.2025, accepted for publication 06.06.2025.