

Научная статья

УДК 614.8

## СПОСОБЫ БОРЬБЫ С ЛЕСНЫМИ ПОЖАРАМИ

✉ Яценко Мария Евгеньевна.

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,

Санкт-Петербург, Россия

✉ [yatsenko.me@edu.spbstu.ru](mailto:yatsenko.me@edu.spbstu.ru)

*Аннотация.* Рассмотрены виды лесных пожаров, их основные причины, а также методы, которые используются для борьбы с ними в России и за рубежом. Существует несколько видов лесных пожаров: низовой, верховой и торфяной. Иногда в отдельную категорию выделяют горение валежников и пятнистый пожар. Наиболее частой причиной пожаров является человек и его деятельность (весенний пал травы, непотушенные костры, выброшенные окурки, разбитые бутылки и прочий мусор). Способы борьбы с лесными пожарами подразделяются на две категории: превентивные методы (недопущение лесных пожаров) и методы тушения лесных пожаров. Были сделаны выводы о наиболее часто используемых способах борьбы с различными видами лесных пожаров.

*Ключевые слова:* лесные пожары, тушение, профилактика, противопожарный разрыв, искусственные осадки

**Для цитирования:** Яценко М.Е. Способы борьбы с лесными пожарами // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2023. № 1 (45). С. 51–59.

Scientific article

## WAYS TO FIGHT FOREST FIRES

✉ Yatsenko Maria E.

Peter the Great Saint-Petersburg polytechnic university, Saint-Petersburg, Russia

✉ [yatsenko.me@edu.spbstu.ru](mailto:yatsenko.me@edu.spbstu.ru)

*Abstract.* In this paper, the types of forest fires, the main causes of forest fires, as well as methods used to combat forest fires in Russia and abroad were considered. There are several types of forest fires: grassroots, riding level and peat fire. Sometimes a separate category is distinguished by the ignition of dead wood and a spotted fire. The most common cause of fires is a person and his activities (spring grass fall, unkempt fires, discarded cigarette butts, broken bottles and other garbage). Methods of fighting forest fires are divided into two categories: preventive methods (prevention of forest fires) and methods of extinguishing forest fires. Conclusions were drawn about the most commonly used methods of fighting for various types of forest fires.

*Keywords:* forest fires, extinguishing, prevention, fire gap, artificial precipitation

**For citation:** Yatsenko M.E. Ways to fight forest fires // Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty) = Natural and man-made risks (physico-mathematical and applied aspects). 2023. № 1 (45). P. 51–59.

### Введение

Россия является мировым лидером по площади лесов, включая в себя 20 % всех лесов планеты, площадь которых достигает 1,19 млрд га. Лесистость, то есть доля покрытых лесом земель от площади страны, достигает 46,4 % [1].

Лесные пожары – опасные и динамичные процессы, возникающие, как правило, случайно во времени и пространстве, часто в труднодоступных местах. Они являются очень неудобным объектом для изучения и воздействия.

Чрезвычайные ситуации, связанные с лесными пожарами, происходят в России ежегодно. По данным Государственного доклада МЧС России [2] в 2021 г. на территории России было зарегистрировано 15 112 очагов природных пожаров, при этом в 2020 г. было зарегистрировано 14 812 очагов пожара, что на 2 % меньше по сравнению с 2021 г. Общая площадь природных пожаров в 2021 г. составила 10 059 359,88 га, а в 2020 г. – 9 267 731 га, что на 8,5 % меньше, чем в 2021 г.

Целью данной работы является выявление основных видов лесных пожаров, возможных причин их возникновения и изучение методов борьбы с лесными пожарами.

Лесные пожары чаще всего подразделяются на низовые, верховые и торфяные [3].

Низовой пожар распространяется по высоте, как правило, на 1,5–2 м от уровня почвы и захватывает кустарники, ветки, лиственный опад. Скорость распространения – до 3 м/мин. Большинство лесных пожаров относятся к данному виду.

Верховой пожар считается самым опасным из-за его непредсказуемости и скорости распространения. Пламя довольно быстро распространяется по всему стволу и кронам деревьев. Скорость распространения пламени сильно зависит от метеорологических условий, в особенности от скорости ветра. Так, в безветренную погоду скорость составляет около 5–10 км/ч. В ветреную же погоду скорость может возрасти до 30–70 км/ч. Верховые пожары неразрывно связаны с низовыми и зачастую соединяются.

Торфяной пожар (иногда его также называют подземным), по сравнению с двумя описанными выше видами, обладает небольшой скоростью распространения, которая не превышает 1 м/час. Главная сложность данного вида пожара – это его обнаружение и тушение. Также данные пожары могут тлеть даже зимой под слоем снега.

Для возникновения лесного пожара необходимо, чтобы присутствовали все три элемента «треугольника огня», который изображен на рис. 1.



Рис. 1. Треугольник огня

Горючими материалами в лесной зоне являются сухая трава и листья, ветки, деревья, кустарники. Кислород содержится в воздухе. А источником огня могут быть как окружающая среда (например, самовозгорание или молния), так и непосредственно человек (непотушенный костер, брошенный окурок).

Рассмотрим подробнее причины возникновения очагов пожара.

Если рассматривать естественные причины, то наиболее частая – молния [4]. Также существует вероятность возникновения пожара из-за самовоспламенения растительности и торфа.

Пожары, вызванные естественными причинами, происходят довольно редко, но, как правило, они располагаются в глубине лесного массива, что затрудняет их обнаружение и тушение.

Наиболее часто лесные пожары возникают из-за человека [5]: оставленные без контроля костры, разведение костров в неположенных для этого местах, брошенные окурки, несоблюдение правил пожарной безопасности и неосторожное обращение с огнем, пал травы.

Пожары, возникшие по вине человека, как правило, находятся на небольшом удалении от населенных пунктов, поэтому их обнаружение и тушение не настолько затруднено, как в случае с пожарами, возникшими по причине самовозгорания или удара молнии.

### **Аналитическая часть**

Способы борьбы с лесными пожарами разветвляются на два направления:

1. Профилактические мероприятия, которые направлены на то, чтобы снизить вероятность появления пожара.

2. Непосредственное тушение пожара, где немаловажную роль играет своевременное обнаружение источника пожара.

Нужно отметить, что существуют три составляющие, о которых упоминалось выше, без которых возникновение и распространение пожара не представляется возможным: горючее вещество, кислород и источник возгорания.

При рассмотрении направления недопущения возгорания можно воздействовать только на две составляющие этого «треугольника»: горючий материал и источник огня, так как источником кислорода является воздух, который ограничить в лесах невозможно.

Одним из превентивных мероприятий является составление карты лесных территорий [6, 7]. Такие карты создаются в процессе обследования лесных массивов. На них обозначаются зоны риска, а также места расположения противопожарных барьеров.

Авторы сразу нескольких статей считают, что создание противопожарных разрывов и барьеров является наиболее простым и эффективным способом как профилактики, так и тушения пожаров.

Противопожарные барьеры – естественная или искусственная преграда, которая не дает распространяться пожару [8].

Естественные барьеры – различные водоемы на территории леса, такие как озера, реки и болота, а также участки и полосы земли, на которых отсутствует растительность.

Искусственные барьеры – различные сооружения, которые создают разрыв в сплошном лесном массиве. К ним можно отнести различные канавы, автомобильные и железные дороги, также сюда относятся проходящие по территории леса линии электропередач. Сюда будут относиться и специально созданные противопожарные барьеры [9].

Такие барьеры представляют собой полосы земли, на которых полностью отсутствует какая-либо растительность либо высаживается слой коротких многолетних вечнозеленых растений и трав, например, клевера. Ширина таких полос обычно составляет 10–20 м [10].

Противопожарный барьер выполняет несколько функций. Во-первых, это огнеупорный барьер, через который лесной пожар не сможет распространиться дальше. Во-вторых, такие полосы позволяют легко добраться до участка леса не только пешком, но и на пожарной машине [11].

В работе [12] автор говорит о том, что вероятность возникновения пожара снижется при более низком классе пожарной опасности. В свою очередь класс пожарной опасности напрямую зависит от метеорологической обстановки, в особенности от осадков. В связи с этим автор приходит к выводу, что наиболее перспективными способами предупреждения и ликвидации лесных пожаров являются средства и технологии, которые основаны на методах искусственного осадкообразования над очагами лесных пожаров.

Автор статьи [13] считает, что не нужно забывать о том, что причиной большинства лесных пожаров является человек, и в своей работе уделяет внимание ответственности, в том числе и уголовной, которая предусматривает определенные санкции за нарушение правил пожарной безопасности, особенно если это привело к возникновению лесного пожара.

Теперь обратимся ко второму направлению борьбы с пожарами – непосредственно тушению возникших лесных пожаров. Первым шагом в тушении пожаров является его обнаружение [14, 15]. Существует много способов, позволяющих обнаружить пожар в лесу. К ним относятся:

- наблюдение со специальных наблюдательных вышек и других сооружений;
- наземное наблюдение путем регулярного обхода и обследования территории леса;
- авиационный мониторинг с использованием беспилотных летательных аппаратов и видеонаблюдения [16];
- использование систем космического мониторинга [17, 18];
- приём сообщений от населения.

Следующий шаг – тушение. Тушение каждого лесного пожара представляет собой последовательное выполнение операций на соответствующих стадиях развития пожара, которые представлены на рис. 2 [19, 20].



Рис. 2. Стадии развития пожара и операции по тушению пожара

При борьбе с природными пожарами существует несколько методов тушения лесных пожаров [21, 22], которые представлены на рис. 3.

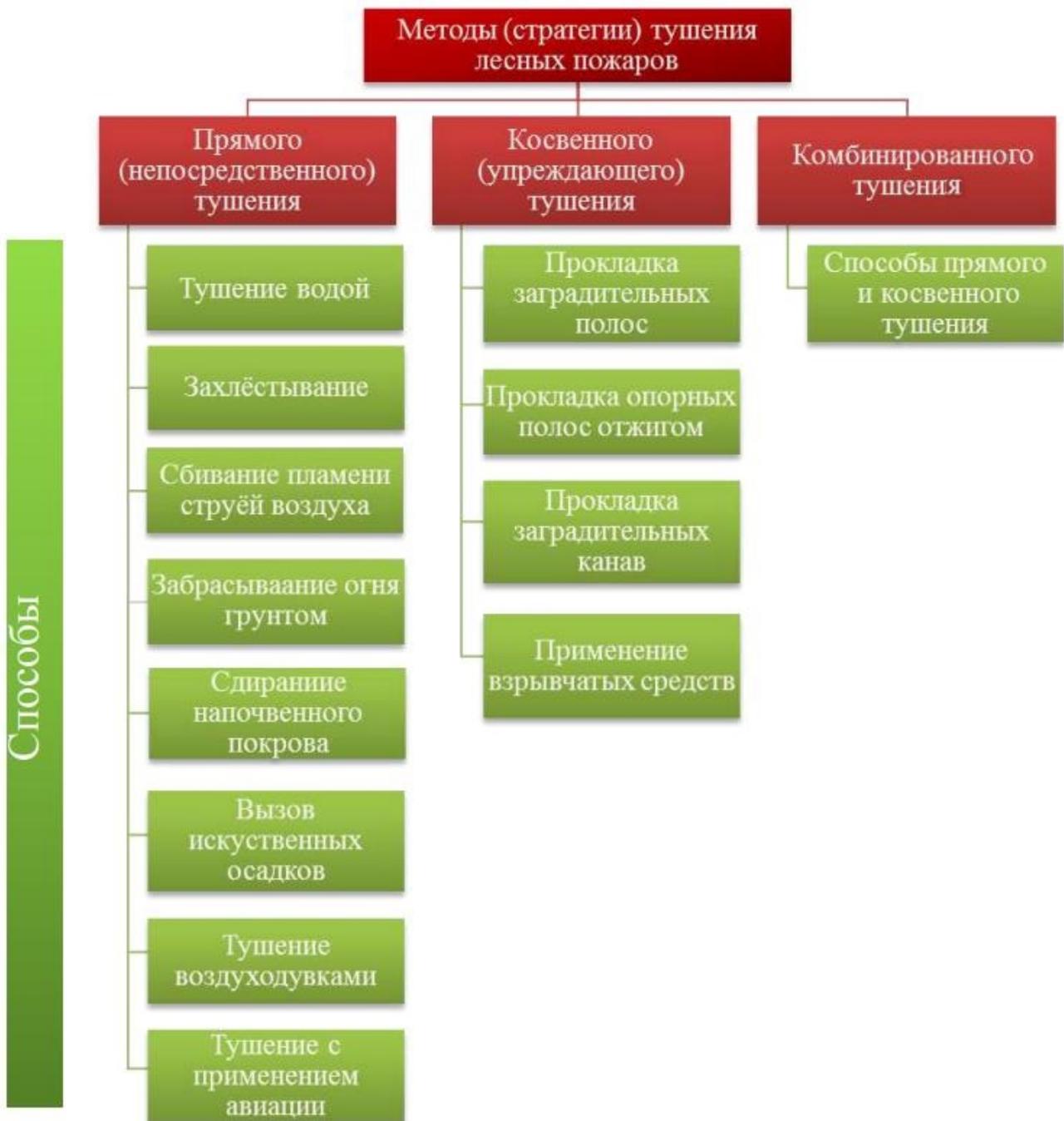


Рис. 3. Методы тушения лесных пожаров

В статье [23] авторами особое внимание уделено использованию грунта для непосредственной борьбы с лесными пожарами путем его метания специальными устройствами (пожарными грунтометами), что является перспективным, особенно при тушении малых лесных пожаров. Предложена конструкция пожарной грунтометной машины для тушения лесных пожаров путем создания (закладки) минерализованных полос и заполнения грунтом края движущегося пожара (низовые пожары).

Автором статьи [24] предлагается способ локализации верховых пожаров с помощью разбрызгивания над очагами пожара негорючих материалов.

## Заключение

На сегодняшний день существует множество способов борьбы с лесными пожарами. В этом направлении ведется комплексная работа.

В области профилактических мероприятий разрабатываются различные приспособления, которые снижают вероятность возгорания. С другой стороны, ведется работа с населением: напоминания о том, как нужно вести себя в лесу, как правильно разводить костер и как правильно его затушить. Также применяется нормативный подход для привлечения к ответственности лиц, которые нарушают правила пожарной безопасности.

В области тушения пожаров постоянно совершенствуется система обнаружения очагов пожаров, появляются новые способы тушения пожаров и приспособления для улучшения уже существующих методов

### Список источников

1. Рослесхоз: каждое третье дерево в российском лесу – лиственница // Министерство природных ресурсов. URL: [https://www.mnr.gov.ru/press/news/rosleskhoz\\_kazhdoe\\_trete\\_derevo\\_v\\_rossiyskom\\_lesu\\_listvennitsa/?special\\_version=Y](https://www.mnr.gov.ru/press/news/rosleskhoz_kazhdoe_trete_derevo_v_rossiyskom_lesu_listvennitsa/?special_version=Y) (дата обращения: 16.12.2022).
2. О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2021 году: гос. доклад. URL: <https://mchs.gov.ru/dokumenty/5946> (дата обращения: 16.12.2022).
3. Гнусов М.А., Малюков С.В., Петков А.Ф. Виды и характеристики лесных пожаров // Воронежский научно-технический вестник. 2020. № 1 (31). С. 140–146.
4. Jin R., Lee K. Investigation of forest fire characteristics in North Korea using remote sensing data and GIS // Remote Sensing. 2022. № 14 (22). DOI: 10.3390/rs14225836.
5. The effects of large-scale forest disturbances on hydrology – an overview with special emphasis on karst aquifer systems / U. Vilhar [et al.] // Earth-Science Reviews. 2022. № 235. DOI: 10.1016/j.earscirev.2022.104243.
6. Zhou Q., Zhang H., Wu Z. Effects of forest fire prevention policies on probability and drivers of forest fires in the boreal forests of china during different periods // Remote Sensing. 2022. № 14 (22). DOI: 10.3390/rs14225724.
7. Chicas S.D., Østergaard Nielsen J. Who are the actors and what are the factors that are used in models to map forest fire susceptibility? A systematic review // Natural Hazards. 2022. № 114 (3). P. 2417–2434. DOI: 10.1007/s11069-022-05495-5.
8. Халдина Е.А. Математическое моделирование распространения верховых лесных пожаров с учетом противопожарных преград // Векторы благополучия: экономика и социум. 2013. № 4 (10). С. 98–103.
9. Analysis of the efficiency of combined barrier strips for localizing the burning of needles and leafage / A.O. Zhdanova [et al.] // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. 2022. № 95 (4). P. 939–944. DOI: 10.1007/s10891-022-02550-7.
10. Ковтун К.А., Потапова С.О. Проблемные вопросы оптимизации средств и способов тушения лесных пожаров // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2018. № 9. С. 391–394.
11. Оськина Т.В. Профилактика лесных пожаров // Студенческие научные исследования: сб. статей IX Междунар. науч.-практ. конф.: в 2-х ч. Пенза: Наука и Просвещение, 2021. С. 122–125.
12. Подрезов Ю.В. Особенности, перспективные способы, средства и технологии борьбы с лесными пожарами – источниками чрезвычайных лесопожарных ситуаций // Технологии гражданской безопасности. 2021. № 1 (67). С. 36–39.
13. Рамазанова К.С., Вестов Ф.А. Особенности профилактики лесных пожаров и уголовная ответственность за их возникновение в Российской Федерации // Правовые институты и методы обеспечения экологической и природоресурсной безопасности в России,

странах СНГ и Европейского союза: законодательство, социальная и экологическая эффективность: сб. науч. статей по материалам VI Междунар. науч.-практ. конф. преподавателей, практических сотрудников, студентов, магистрантов, аспирантов. Саратов: Изд-во «Саратовский источник», 2019. С. 125–127.

14. Mahdi A.S., Mahmood S.A. Analysis of deep learning methods for early wildfire detection systems: review // Paper presented at the ICETA 2022: 5th International Conference on Engineering Technology and its Applications. 2022. P. 271–276. DOI: 10.1109/ICETA54559.2022.9888515.

15. Gazizov A.M., Popova E.V., Yangirova R.R. Analysis of innovative ways to eliminate forest fires in order to minimize environmental damage // Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. № 981 (3). DOI: 10.1088/1755-1315/981/3/032027.

16. Drones and blockchain integration to manage forest fires in remote regions / D. Mahmudnia [et al.] // Drones. 2022. № 6 (11). DOI: 10.3390/drones6110331.

17. Grari M. Using IOT and ML for forest fire detection, monitoring, and prediction: a literature review // Journal of Theoretical and Applied Information Technology. 2022. № 100 (19). P. 5445–5461.

18. Khachumov M., Khachumov V. Optimization models of UAV route planning for forest fire monitoring // Paper presented at the Proceedings – 2022: International Russian Automation Conference, RusAutoCon. 2022. P. 272–277. DOI: 10.1109/RusAutoCon54946.2022.9896260.

19. Данилова С.С., Николаева В.М. Обнаружение лесных пожаров. Методы тушения лесных пожаров // Научно-практический электронный журнал Аллея Науки. 2018. № 10 (26).

20. Никищенко Н.Г. Особенности организации тушения лесных пожаров // Мировая наука. 2019. № 12 (33). С. 291–293.

21. Гоман П.Н., Баев Н.Н. Анализ современных методов и способов тушения лесных пожаров // Проблемы обеспечения безопасности людей при пожаре и взрыве: сб. материалов VII Междунар. заочной науч.-практ. конф. Минск: УГЗ, 2021. С. 6–15.

22. Monitoring of forest fires and their consequences / S.E. Anisimov [et al.] // Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. № 1010 (1). DOI: 10.1088/1755-1315/1010/1/012070.

23. The firefighting soil-thruster for laying mineralized strips and extinguishing wildfires / E.M. Tsarev [et al.] // Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. № 1010 (1). DOI: 10.1088/1755-1315/1010/1/012099.

24. Laboratory studies of extinguishing a forest ground fire with soil / M. Gnusov [et. al] // Paper presented at the AIP Conference Proceedings. 2022. № 2467. DOI: 10.1063/5.0094294.

## References

1. Rosleskhoz: kazhdoe tret'e derevo v rossijskom lesu – listvennica // Ministerstvo prirodnyh resursov. URL: [https://www.mnr.gov.ru/press/news/rosleskhoz\\_kazhdoe\\_trete\\_derevo\\_v\\_rossiyskom\\_lesu\\_listvennitsa/?special\\_version=Y](https://www.mnr.gov.ru/press/news/rosleskhoz_kazhdoe_trete_derevo_v_rossiyskom_lesu_listvennitsa/?special_version=Y) (data obrashcheniya: 16.12.2022).
2. O sostoyanii zashchity naseleniya i territorij Rossijskoj Federacii ot chrezvychajnyh situacij prirodnogo i tekhnogennogo haraktera v 2021 godu: gos. doklad. URL: <https://mchs.gov.ru/dokumenty/5946> (data obrashcheniya: 16.12.2022).
3. Gnusov M.A., Malyukov S.V., Petkov A.F. Vidy i harakteristiki lesnyh pozharov // Voronezhskij nauchno-tekhnicheskij vestnik. 2020. № 1 (31). S. 140–146.
4. Jin R., Lee K. Investigation of forest fire characteristics in North Korea using remote sensing data and GIS // Remote Sensing. 2022. № 14 (22). DOI: 10.3390/rs14225836.
5. The effects of large-scale forest disturbances on hydrology – an overview with special emphasis on karst aquifer systems / U. Vilhar [et al.] // Earth-Science Reviews. 2022. № 235. DOI: 10.1016/j.earscirev.2022.104243.

6. Zhou Q., Zhang H., Wu Z. Effects of forest fire prevention policies on probability and drivers of forest fires in the boreal forests of china during different periods // *Remote Sensing*. 2022. № 14 (22). DOI: 10.3390/rs14225724.
7. Chicas S.D., Østergaard Nielsen J. Who are the actors and what are the factors that are used in models to map forest fire susceptibility? A systematic review // *Natural Hazards*. 2022. № 114 (3). P. 2417–2434. DOI: 10.1007/s11069-022-05495-5.
8. Haldina E.A. Matematicheskoe modelirovanie rasprostraneniya verhovyh lesnyh pozharov s uchetom protivopozharnyh pregrad // *Vektory blagopoluchiya: ekonomika i socium*. 2013. № 4 (10). S. 98–103.
9. Analysis of the efficiency of combined barrier strips for localizing the burning of needles and leafage / A.O. Zhdanova [et al.] // *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*. 2022. № 95 (4). P. 939–944. DOI: 10.1007/s10891-022-02550-7.
10. Kovtun K.A., Potapova S.O. Problemnye voprosy optimizacii sredstv i sposobov tusheniya lesnyh pozharov // *Pozharnaya bezopasnost': problemy i perspektivy*. 2018. № 9. S. 391–394.
11. Os'kina T.V. Profilaktika lesnyh pozharov // *Studencheskie nauchnye issledovaniya: sb. statej IX Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.: v 2-h ch. Penza: Nauka i Prosveshchenie*, 2021. S. 122–125.
12. Podrezov Yu.V. Osobennosti, perspektivnye sposoby, sredstva i tekhnologii bor'by s lesnymi pozharimi – istochnikami chrezvychajnyh lesopozharnyh situacij // *Tekhnologii grazhdanskoj bezopasnosti*. 2021. № 1 (67). S. 36–39.
13. Ramazanova K.S., Vestov F.A. Osobennosti profilaktiki lesnyh pozharov i ugolovnaya otvetstvennost' za ih vzniknovenie v Rossijskoj Federacii // *Pravovye instituty i metody obespecheniya ekologicheskoy i prirodoresursnoj bezopasnosti v Rossii, stranah SNG i Evropejskogo soyuza: zakonodatel'stvo, social'naya i ekologicheskaya effektivnost': sb. nauch. statej po materialam VI Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. prepodavatelej, prakticheskikh sotrudnikov, studentov, magistrantov, aspirantov. Saratov: Izd-vo «Saratovskij istochnik», 2019. S. 125–127.*
14. Mahdi A.S., Mahmood S.A. Analysis of deep learning methods for early wildfire detection systems: review // *Paper presented at the IICETA 2022: 5th International Conference on Engineering Technology and its Applications*. 2022. P. 271–276. DOI: 10.1109/IICETA54559.2022.9888515.
15. Gazizov A.M., Popova E.V., Yangirova R.R. Analysis of innovative ways to eliminate forest fires in order to minimize environmental damage // *Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022. № 981 (3). DOI: 10.1088/1755-1315/981/3/032027.
16. Drones and blockchain integration to manage forest fires in remote regions / D. Mahmudnia [et al.] // *Drones*. 2022. № 6 (11). DOI: 10.3390/drones6110331.
17. Grari M. Using IOT and ML for forest fire detection, monitoring, and prediction: a literature review // *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*. 2022. № 100 (19). P. 5445–5461.
18. Khachumov M., Khachumov V. Optimization models of UAV route planning for forest fire monitoring // *Paper presented at the Proceedings – 2022: International Russian Automation Conference, RusAutoCon*. 2022. P. 272–277. DOI: 10.1109/RusAutoCon54946.2022.9896260.
19. Danilova S.S., Nikolaeva V.M. Obnaruzhenie lesnyh pozharov. Metody tusheniya lesnyh pozharov // *Nauchno-prakticheskij elektronnyj zhurnal Alleya Nauki*. 2018. № 10 (26).
20. Nikishchenko N.G. Osobennosti organizacii tusheniya lesnyh pozharov // *Mirovaya nauka*. 2019. № 12 (33). S. 291–293.
21. Goman P.N., Baev N.N. Analiz sovremennyh metodov i sposobov tusheniya lesnyh pozharov // *Problemy obespecheniya bezopasnosti lyudej pri pozhare i vzryve: sb. materialov VII Mezhdunar. zaочноj nauch.-prakt. konf. Minsk: UGZ, 2021. S. 6–15.*
22. Monitoring of forest fires and their consequences / S.E. Anisimov [et al.] // *Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022. № 1010 (1). DOI: 10.1088/1755-1315/1010/1/012070.

23. The firefighting soil-thrower for laying mineralized strips and extinguishing wildfires / E.M. Tsarev [et al.] // Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. № 1010 (1). DOI: 10.1088/1755-1315/1010/1/012099.

24. Laboratory studies of extinguishing a forest ground fire with soil / M. Gnusov [et al.] // Paper presented at the AIP Conference Proceedings. 2022. № 2467. DOI: 10.1063/5.0094294.

**Информация о статье:**

Поступила в редакцию: 20.12.2022

Принята к публикации: 10.01.2023

**The information about article:**

Article was received by the editorial office: 20.12.2022

Accepted for publication: 10.01.2023

*Информация об авторах:*

**Яценко Мария Евгеньевна**, студент Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., д. 29), e-mail: yatsenko.me@edu.spbstu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2228-4134>

*Information about the authors:*

**Yatsenko Maria E.**, student of Peter the Great Saint-Petersburg polytechnic university (195251, Saint-Petersburg, Polytechnic str., 29), e-mail: yatsenko.me@edu.spbstu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2228-4134>