

ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОНИТОРИНГА ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

ENSURING FOREST FIRES MONITORING

Рыжков В.В., кандидат технических наук, доцент, доцент, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Россия

Ryzhkov V.V., PhD in Technical Sciences, Docent, Associate Professor, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

Кожевников А.Е., студент, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Россия

Kozhevnikov A.E., Student, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

Кольцова А.В., студент, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Россия

Koltsova A.V., Student, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

Аннотация. Рассматривается проблема мониторинга природных пожаров. Обсуждается использование возможностей дистанционного зондирования земли, аэросъемки и беспилотных летательных аппаратов. Дается оценка целесообразности привлечения беспилотных аппаратов разного класса для решения стратегических и тактических задач. Рекомендуются к применению серийные беспилотные средства, прошедшие проверку в подразделениях Министерства обороны РФ. Представлены примеры успешного использования тяжелых беспилотников вертолетного типа для тушения очагов возгорания.

Ключевые слова: дистанционное зондирование земли, аэросъемка, беспилотные летательные аппараты, тепловизионная съемка, тушение пожаров.

Annotation. The problem of monitoring natural fires is considered. The use of the possibilities of remote sensing of the earth, aerial photography and unmanned aerial vehicles is discussed. An assessment is made of the feasibility of using unmanned vehicles of various classes to solve strategic and tactical problems. Serial unmanned aerial vehicles that have been tested by units of the Russian Ministry of Defense are recommended for use. Examples of the successful use of heavy helicopter-type drones to extinguish fires are presented.

Keywords: remote sensing of the earth, aerial photography, unmanned aerial vehicles, thermal imaging, fire fighting.

Борьба с лесными и ландшафтными пожарами на сегодняшний день – одна из главных проблем в лесном хозяйстве Российской Федерации. Анализ данных последнего десятилетия указывает на необходимость модернизации методов контроля и предотвращения лесных возгораний в стране, а также увеличения ресурсов. Число возгораний продолжает расти. Одной из ключевых причин этого является глобальное потепление, которое охватывает всю Землю. В экваториальных зонах повышение температуры идет постепенно, тогда как в областях умеренного климата оно ускоряется вдвое, а в полярных районах – втрое. Российский

регион относится к последним [1]. Это подтверждается данными о суммарных площадях пожаров (Табл. 1) [2]. За пять последних лет выгорело более 2 % российской территории.

Таблица 1 – Суммарные площади лесных пожаров в России [2]

Год	2010	2020	2021	2022	2023	2024
Площадь (млн. га.)	3,0	9,1	10,0	3,4	4,6	13,7

В настоящее время для контроля лесных пожаров активно привлекается спутниковая система дистанционного зондирования земли (ДЗЗ). Использование мультиспектрального радиометра среднего класса (MODIS) на космических аппаратах НАСА Terra и Aqua обеспечивает получение изображений с детализацией от 250 до 500 метров на пиксель, охватывающих диапазон волн от 3,660 до 14,385 мкм, а ширина полосы захвата составляет 2300 км. При этом повторяемость съемки одной территории 4 раза в сутки, а производительность съемочной аппаратуры достигает до 700 тыс. км² в сутки [3].

Мировое сообщество информируется о результатах мониторинга через пять платформ: НАСА, ЕКА, Global Forest Watch, Global Wildfire Information System (GWIS) и Global Fire Monitoring Center (GFMC), которые предоставляют данные о пожарах по всему миру. Информация становится доступной в течение 2-10 дней. Каждый месяц НАСА публикует карты, на которых отображены зоны активных пожаров.

В России функционирует информационная система дистанционного мониторинга (ИСДМ) лесных пожаров, разработанная Рослесхозом. Она получает данные от систем ДЗЗ с пространственным разрешением от 250 до 1000 м в тепловом инфракрасном диапазоне со спутников Terra, Aqua, Noaa, Suomi NPP и Метеор М [4]. При облачности не более 15 % в зоне пожара спутниковый мониторинг позволяет надежно выявлять природные пожары на площади не менее 10 га.

Помимо ИСДМ-Рослесхоз в России также применяются глобальные системы дистанционного мониторинга пожаров FIRMS и EFFIS. Полученные ежедневно данные регулярно передаются в российские пожарные службы. ИСДМ располагает авиационными средствами (подразделениями «Авиалесоохраны») для уточнения информации, полученной от ДЗЗ, а также для наблюдения и ликвидации пожаров [5].

В авиационном патрулировании лесов России ежегодно участвует более 300 воздушных судов, что приводит к значительным затратам из-за высокой стоимости летного часа. Например, стоимость часа полета самолета Ан-2 составляет от 40 тысяч рублей. Однако этот тип летательного аппарата давно не производится, и ежегодно десятки таких самолетов выводятся из эксплуатации. В связи с этим лесоохранные организации часто заменяют Ан-2 модификациями вертолета Ми-8, стоимость полета которого превышает 130 тысяч рублей за час. В будущем планируется использование легкого многоцелевого самолета «Байкал» (ЛМС-901). В 2022 году были проведены первые испытательные полеты и к 2030 году планируется ввести в эксплуатацию 154 единицы. Их технические характеристики значительно

превосходят характеристики Ан-2, а стоимость летного часа составит около 60 тысяч рублей [1].

Для мониторинга возникновения и распространения пожаров применяются различные методы. Обнаружение пожаров основано на выявлении повышения локальной температуры и яркости на местности. Пожары можно обнаружить на спутниковых снимках благодаря градиенту температур между земной поверхностью и очагом пожара, что приводит к увеличению теплового излучения. Визуальное выявление пожара осуществляется по наличию дымового шлейфа от очага горения.

Авиационные съемки с борта самолета или вертолета обладают явными преимуществами по сравнению с космическими, так как пользователь может самостоятельно выбирать время полетов, направление маршрутов и оценивать погодные условия. Такие съемки характеризуются более высоким пространственным разрешением, оперативностью, высокой мобильностью в выборе объекта и параметров съемки, а также отсутствием влияния облаков при съемке в условиях облачности. Однако возможности классической авиации имеют свои ограничения: в зонах сильной задымленности ее применение становится неэффективным. Одним из решений этой проблемы является использование беспилотных авиационных систем (БПАС) [6].

Применение беспилотников для мониторинга природных пожаров представляет собой альтернативу авиационной разведке. Кроме того, совокупность технических характеристик БПАС позволяет использовать их в чрезвычайных ситуациях, когда полеты пилотируемых летательных аппаратов неэффективны или невозможны, при этом эксплуатация беспилотных воздушных судов оказывается более экономичной.

Применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) оправдано при выявлении очагов возгорания, контроле за распространением огня, координации действий при тушении пожаров и в процессе оперативного тушения. Использование БПЛА позволяет минимизировать риски для здоровья и жизни членов экипажей самолетов и вертолетов, задействованных в мониторинге и локализации пожаров.

Можно выделить несколько задач, которые успешно решаются с помощью БПАС:

Стратегические задачи: Выявление очагов возгорания на труднодоступных и малонаселенных территориях, оперативная оценка масштабов бедствия и своевременное оповещение соответствующих служб. Оперативное тушение небольших очагов помогает предотвратить значительные экономические потери, так как потушить верховой лесной пожар современными средствами практически невозможно. При этом мониторинг с использованием беспилотных средств, обладающих длительным временем полета, оказывается значительно дешевле космического мониторинга.

Тактические задачи: Информационная поддержка оперативных штабов по тушению крупных лесных пожаров, включая работу в сложных и чрезвычайных условиях. Это включает обеспечение высокого уровня мониторинга распространения лесных пожаров даже в неблагоприятных погодных условиях (например, при сильном задымлении); передачу видеоинформации непосредственно в оперативный штаб на расстояние до 50 км; ретрансляцию сигналов УКВ-связи и передачу цифровых пакетов информации между командами тушения и оперативным штабом для повышения качества управления силами

тушения. БПЛА могут использоваться для наведения наземных команд на малые площади пожара или проблемные участки кромки пожара в условиях пересеченного рельефа, а также для мониторинга изменения обстановки на пожаре и поддержки наземного патрулирования.

В настоящее время беспилотные летательные аппараты (БПЛА) активно развиваются и на рынок поступает широкий ассортимент таких устройств [7].

Выделяют следующие классы беспилотных летательных аппаратов, соответствующие категориям А, В и С [8]:

- малый класс: аппараты с массой до 50 кг, время их пребывания в воздухе достигает 5 часов (Рис. 1);

- средний класс: беспилотные летательные аппараты весом до 1 тонны, рассчитанные на полет до 15 часов;

- тяжелые беспилотные аппараты: устройства с большой продолжительностью полета.

Конструктивно БПЛА можно разделить на три типа: самолеты, вертолеты и мультикоптеры (с количеством винтов 3 и более).

Для мониторинга и контроля удаленных и труднодоступных местностей целесообразно использовать беспилотные аппараты самолетного типа, которые соответствуют требованиям по дальности, простоте в изготовлении и удобству в эксплуатации.



Рисунок 1 – Беспилотный летательный аппарат для мониторинга лесного хозяйства

Беспилотные аппараты вертолетного типа и мультикоптеры обладают рядом преимуществ по сравнению с самолетами: они могут зависать на одном месте и проводить детальный осмотр выбранного объекта с близкого расстояния. Однако их использование ограничено мониторингом и контролем зон на небольшом и среднем расстоянии (до 15 км).

Мониторинг с помощью БПЛА представляет собой процесс периодического или непрерывного сбора информации о характеристиках и параметрах объекта разведки для определения тенденций изменения его состояния. В зависимости от поставленных задач на беспилотный летательный аппарат может устанавливаться различное оборудование: навигационные системы, приборы радиационной или химической разведки, видеокамеры, газоанализаторы, радиолокационные станции и радиоаппаратура для использования в качестве ретранслятора связи при тушении пожаров.

Для мониторинга зон с высоким уровнем задымления, работы в условиях плохой видимости и в темное время суток БПЛА оснащаются инфракрасными камерами. Для надежного определения очагов горения на фото и видеоизображениях, получаемых с борта БПЛА, разработаны специальные методики распознавания, которые используют, в том числе, методы искусственного интеллекта [9].

Высокая автономность и длительность полета беспилотных летательных аппаратов достигаются только при высокой экономичности полета, что предъявляет повышенные требования к эффективности двигателей. В последние годы научные разработки сосредоточены на поиске более экономичных видов топлива. Интерес представляет использование солнечных батарей в высотных БПЛА в качестве дополнительного источника электрической энергии. Учитывая тенденцию к уменьшению удельного веса аккумуляторов для питания в ночное время, можно ожидать дальнейшего развития возобновляемой энергетики в беспилотных системах [10].

Надежность и хорошие эксплуатационные характеристики БПЛА являются необходимыми условиями для эффективного использования БПАС. Эти качества, как правило, присутствуют только у серийно выпускаемых аппаратов. Поэтому для мониторинга целесообразно использовать машины, которые зарекомендовали себя в структурах Министерства обороны, обладающего большим опытом эксплуатации БПЛА. Для решения тактических задач подойдут аппараты «Орлан-10», «Элерон-3» и «Застава». Для стратегических задач рекомендуется использовать аппарат большой продолжительности полета «Орион-Э» (Рис. 2) [7].



Рисунок 2 – БПЛА большой продолжительности полета

Опытная эксплуатация показала, что тяжелые БПЛА могут быть эффективно использованы для тушения пожаров в качестве альтернативы пилотируемой авиации. Наибольших успехов в этой области достигли вертолетные БПАС. Например, китайский беспилотник вертолетного типа JC260, оснащенный двумя «пожарными бомбами», способен сбрасывать их поочередно или одновременно. Каждая «бомба» охватывает участок горящего леса объемом до 50 м³. Технические характеристики аппарата включают крейсерскую скорость 100 км/ч, а одной заправки хватает на 3-4 часа полета при массе аппарата 260 кг.

Другим примером является беспилотный вертолет K-MAX, разработанный в сотрудничестве компаний Lockheed Martin и Kaman. В ходе испытаний он сбросил более 24 тысяч фунтов воды на очаг возгорания (Рис. 3) [11]. Для выявления очагов возгорания использовался квадрокоптер Indago, данные с которого позволили оператору беспилотного вертолета K-MAX точно определить точку сброса. По оценкам американских экспертов интеграция технологий и взаимодействие аппаратов различных классов вдвое сокращает время подавления пожара, что позволяет оперативно реагировать на ситуацию [12]. В России аналогичные испытания успешно прошел БПЛА вертолетного типа «Ворон-700» [13].



Рисунок 3 – Примеры беспилотных летательных аппаратов вертолетного типа предназначенных для тушения пожаров

Таким образом, благодаря развитию технических средств оснащения, БПЛА позволяют облегчить решение многих задач мониторинга и оперативной поддержки тушения лесных пожаров. При этом использование беспилотных летательных аппаратов более дешево, оперативно и безопасно по сравнению с привлечением средств пилотируемой авиации и с системами ДЗЗ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. FORESTCOMPLEX.RU. – URL: <https://forestcomplex.ru/rf-protection/krupnye-lesnye-pozhary-v-rossii-za-pyat-let/> (дата обращения 25.03.2025).
2. Федеральное агентство лесного хозяйства. – URL: <http://rosleshoz.gov.ru/> (дата обращения 25.03.2025).
3. Шинкаренко, С.С. Перспективы спутникового мониторинга состояния степных и пустынных ландшафтов / С.С. Шинкаренко, С.А. Барталев // Степи Северной Евразии: материалы X международного симпозиума (Международного степного форума), Оренбург, 27 мая-02 июня 2024 года. – Оренбург: Институт степи УрО РАН Оренбургского федерального исследовательского центра УрО РАН, 2024. – С. 1513-1517. – DOI 10.24412/cl-37200-2024-1513-1517.

4. Космический мониторинг лесных пожаров: история создания и развития ИСДМ-Рослесхоз / Р.В. Котельников, Е.А. Лупян, С.А. Барталев, Д.В. Ершов // Лесоведение. – 2019. – № 5. – С. 399-409. – DOI 10.1134/S0024114819050048.
5. Оценка пространственной точности картографирования гарей и динамика пройденной огнём площади на территории России по данным глобальных продуктов ДЗЗ / А.М. Матвеев, С.А. Барталев, В.А. Егоров [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: материалы 22-й Международной конференции, Москва, 11-15 ноября 2024 года. – Москва: Институт космических исследований Российской академии наук, 2024. – С. 193. – DOI 10.21046/22DZZconf-2024a.
6. Поляхова, Н.М. Мониторинг природных пожаров с использованием беспилотных авиационных систем / Н.М. Поляхова, В.В. Рыжков, И.С. Попов // Комплексные проблемы техносферной безопасности: материалы VI Международной научно-практической конференции. В 3-х частях, Воронеж, 21-22 декабря 2020 года / Отв. редактор И.Г. Дроздов. Том Часть III. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2021. – С. 138-145.
7. Просвирина, Н.В. Анализ и перспективы развития беспилотных летательных аппаратов / Н.В. Просвирина // Московский экономический журнал. – 2021. – № 10. – С. 560-575. – DOI 10.24411/2413-046X-2021-10619.
8. ГОСТ Р 59517-2021 Беспилотные авиационные системы. Классификация и категоризация: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 мая 2021 г. № 472-ст: дата введения 2021-07-01. – Москва: Стандартинформ, 2021. – 10 с.
9. Матюха, С.В. Искусственный интеллект в беспилотных авиационных системах / С.В. Матюха // Транспортное дело России. – 2022. – № 1. – С. 8-11. – DOI: 10.52375/20728689_2022_1_8.
10. Воронин, А.П. Солнечная энергия в авиации / А.П. Воронин, В.В. Рыжков, В.В. Самохвалов // Альтернативная и интеллектуальная энергетика: материалы II Международной научно-практической конференции, Воронеж, 16-18 сентября 2020 года. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2020. – С. 231-232.
11. Воронин, А.П. Проблемы эксплуатации беспилотного вертолета / А.П. Воронин, В.В. Рыжков // Аэрокосмическая техника, высокие технологии и инновации. – 2021. – Т. 1. – С. 41-44.
12. Беспилотный вертолет-пожарный: уникальная разработка K-MAX Kaman. – URL: <https://texnomaniya.ru/bespilotniiy-vertolet-pozharniiy-unikalnaya-razrabotka-k-mah-Kaman> (дата обращения 25.03.2025).
13. Ворон 700. Технические характеристики. Фото. – URL: <https://avia.pro/blog/voron-700-tehnicheskie-harakteristiki-foto> (дата обращения 25.03.2025).

REFERENCES

1. FORESTCOMPLEX.RU. – URL: <https://forestcomplex.ru/rf-protection/krupnye-lesnye-pozhary-v-rossii-za-pyat-let/> (accessed 25.03.2025).

2. Federal Forestry Agency. – URL: <http://rosleshoz.gov.ru/> (accessed 25.03.2025).
3. Shinkarenko, S.S. Prospects for satellite monitoring of steppe and desert landscapes / S.S. Shinkarenko, S.A. Bartalev // Steppes of Northern Eurasia: materials of the X International Symposium (International Steppe Forum), Orenburg, May 27-June 02, 2024. – Orenburg: Institute of Steppe, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Orenburg Federal Research Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2024. – P. 1513-1517. – DOI 10.24412/cl-37200-2024-1513-1517.
4. Space monitoring of forest fires: history of the creation and development of ISDM-Rosleskhoz / R.V. Kotelnikov, E.A. Lupyan, S.A. Bartalev, D.V. Ershov // Forestry. – 2019. – No. 5. – P. 399-409. – DOI 10.1134/S0024114819050048.
5. Assessment of the spatial accuracy of mapping burnt areas and the dynamics of the area traversed by fire on the territory of Russia according to global remote sensing products / A.M. Matveev, S.A. Bartalev, V.A. Egorov [et al.] // Modern problems of remote sensing of the Earth from space: materials of the 22nd International Conference, Moscow, November 11-15, 2024. – Moscow: Space Research Institute of the Russian Academy of Sciences, 2024. – P. 193. – DOI: 10.21046/22DZZconf-2024a.
6. Polyakhova, N.M. Monitoring of wildfires using unmanned aircraft systems / N.M. Polyakhova, V.V. Ryzhkov, I.S. Popov // Complex problems of technosphere safety: materials of the VI International Scientific and Practical Conference. In 3 parts, Voronezh, December 21-22, 2020 / Editor-in-chief I.G. Drozdov. Volume Part III. – Voronezh: Voronezh State Technical University, 2021. – P. 138-145.
7. Prosvirina, N.V. Analysis and prospects of development of unmanned aerial vehicles / N.V. Prosvirina // Moscow Economic Journal. – 2021. – No. 10. – P. 560-575. – DOI 10.24411/2413-046X-2021-10619.
8. GOST R 59517-2021 Unmanned aircraft systems. Classification and categorization: national standard of the Russian Federation: official publication: approved and put into effect by Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated May 27, 2021 No. 472-st: date of introduction 2021-07-01. – Moscow: Standartinform, 2021. – 10 p.
9. Matyukha, S.V. Artificial intelligence in unmanned aircraft systems / S.V. Matyukha // Transport business of Russia. – 2022. – No. 1. – P. 8-11. – DOI 10.52375/20728689_2022_1_8.
10. Voronin, A.P. Solar energy in aviation / A.P. Voronin, V.V. Ryzhkov, V.V. Samokhvalov // Alternative and intelligent energy: materials of the II International Scientific and Practical Conference, Voronezh, September 16-18, 2020. – Voronezh: Voronezh State Technical University, 2020. – P. 231-232.
11. Voronin, A.P. Problems of operation of an unmanned helicopter / A.P. Voronin, V.V. Ryzhkov // Aerospace engineering, high technologies and innovations. – 2021. – Vol. 1. – P. 41-44.
12. Unmanned firefighting helicopter: a unique development of K-MAX Kaman. – URL: <https://texnomaniya.ru/bespilotniy-vertolet-pozharniy-unikalnaya-razrabotka-k-mah-Kaman> (accessed 25.03.2025).
13. Raven 700. Technical characteristics. Photo. – URL: <https://avia.pro/blog/voron-700-tehnicheskie-harakteristiki-foto> (accessed 25.03.2025).