

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОХРАНЫ И ЗАЩИТЫ ЛЕСОВ ОТ ПОЖАРОВ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНОЙ АВИАЦИИ

М. А. Копейкин^{1,3}, А. П. Богданов^{1,2}, С. В. Коптев^{1,2}, С. В. Третьяков^{1,2}

¹ Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства, Архангельск, Россия

² Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, Архангельск, Россия

³ Группа компаний «ТИТАН», Архангельск, Россия

Охрана лесов от пожаров является острой проблемой для лесного хозяйства. Оперативное решение задач по охране и тушению лесных пожаров может существенно снизить размер причиняемого ущерба за счет комплексного применения сил и средств для эффективного использования имеющихся материальных ресурсов. В статье освещен вопрос использования беспилотных воздушных судов (БВС) для охраны и защиты лесов от пожаров. Для анализа эффективности применения БВС как источника получения съемки выбраны стоимостные показатели. При этом становится актуальной правильная постановка задачи и управления процессами в подборе необходимого аппарата с целью достаточности мер и затрат. Такой подход позволит (или должен позволить) снизить бюджет мероприятия за счет подбора оптимального беспилотного воздушного судна с необходимыми техническими характеристиками (полезная нагрузка, скорость, устойчивость, возможность установки оборудования и энерговооруженность). В нашем случае это может быть просто профилактическое обследование площадей лесного фонда, входящих в зону авиационного контроля, но, как показывает практика, в отдельных случаях использование беспилотников на площадях наземного мониторинга экономический оправдано, а применение их в комплексе с системами видеофиксации имеет определенное оперативное преимущество, позволяющее организовывать эффективную систему противодействия пожарам. Анализ литературных источников показал, что использование БВС с электрической тягой для получения данных ДЗЗ экономически оправдано при съемке лесных массивов площадью от 100 до 100 000 га и на удалении от 0 до 50 км от автомобильных дорог или населенных пунктов, именно в тех местах, где происходит наибольшее число пожаров.

Ключевые слова: Архангельская область, беспилотная авиация, мониторинг, эффективность, охрана от пожаров, лесное хозяйство.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF CONSERVATION AND PROTECTION OF FORESTS FROM FIRE BY APPLYING UNMANNED AVIATION

M.A. Kopeikin^{1,3}, A.P. Bogdanov^{1,2}, S.V. Koptev^{1,2}, S.V. Tretiakov^{1,2}

¹ Northern Research Institute of Forestry, Arkhangelsk, Russia

² Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

³ Group of Companies "TITAN", Arkhangelsk, Russia

Protection of forests from fire is a key problem for forestry. Due to the integrated use of forces and tools for the efficient use of the material resources available, the amount of damage caused can be greatly reduced by the quick completion of tasks for the protection and extinguishment of forest fires. The article highlights the subject of using unmanned aircraft to conserve and protect forests from fires. Cost indicators were chosen to examine the effectiveness of using unmanned aircraft as a source of survey acquisition. In this situation, it is important to formulate the task and process management correctly when choosing the necessary equipment to ensure that the expenses and measures taken are enough. This strategy will (or should) allow to lower event expenses by choosing the most appropriate unmanned aircraft with the required technical parameters (payload, speed, stability, the possibility of installing equipment, and power-to-weight ratio). In our case, it

may just be a preventive survey of the forest fund areas covered by the aviation control zone, but as experience has shown, there are some situations in which the use of pilotless aircrafts in ground monitoring areas is economically justified, and they have a functional area advantage when used in conjunction with video recording systems, which enables organizing an efficient firefighting system. An analysis of literary sources has shown that when surveying forested areas between 100 and 100,000 hectares at a distance of 0 to 50 km from roads or settlements, specifically in those areas where the greatest number of fires occur, the use of unmanned aircraft with electric traction to obtain remote sensing data is economically justified.

Keywords: Arkhangelsk region, unmanned aviation, monitoring, efficiency, fire protection, forestry.

Введение

Наряду со средствами дистанционного зондирования поверхности Земли (ДЗЗ) на современном этапе развития прикладных методов мониторинга появился перспективный инструмент – беспилотное воздушное судно с использованием навесного оборудования, позволяющего считывать элементы поверхности Земли с заданной точностью и в необходимом спектре, выполнять работы оперативно и на заданном уровне. Традиционно основными методами мониторинга служат наземный контроль, авиамониторинг и космическая съемка, использование беспилотного воздушного судна (БВС) пока является дополнительным фактором, позволяющим увеличить скорость получения информации, объективность, а в некоторых случаях снизить затраты на проведение работ.

В настоящей статье мы затронем перспективную сферу применения БВС – охрану и защиту лесов от пожаров, возможные методы и алгоритмы применения беспилотных летательных аппаратов при ведении патрулирования отдельной территории лесного фонда и использование в качестве «ока в небе» для руководителя тушения пожара и снижение затрат на авиатрулирование на расстояниях до 100 км.

Цель работы – анализ применения БВС для охраны и защиты лесов от пожаров на примере Архангельской области с целью повышения эффективности проводимых работ.

Задачи:

- анализ системы мониторинга лесопожарной обстановки в Архангельской области;
- анализ пожароопасных сезонов в Архангельской области за период 2011-2020 гг.;
- анализ существующих мер по охране и защите лесов от пожаров;
- эффективность применения БВС относительно пилотируемой авиации;
- целевое использование БВС при мониторинге и тушении лесных пожаров.

Охрана лесов региона от пожаров

Охрана лесов от пожаров является сложной системой мероприятий, включающей три основных блока: предупреждение лесных пожаров, ликвидация лесных пожаров, послепожарная реабилитация лесов (Лесной кодекс РФ, 2006). Охрану лесов от пожаров на территории области осуществляет государственное автономное учреждение Архангельской области «Единый лесопожарный центр» (далее – ГАУ АО «ЕЛЦ»). ГАУ АО «ЕЛЦ» включает в себя наземные силы тушения, представленные 10 пожарно-химическими станциями III типа, 2 пунктами сосредоточения противопожарного инвентаря, и авиационные силы, состоящие из 5 авиагрупп и 4 авиаотделений. В состав ГАУ Архангельской области «ЕЛЦ» входит Региональная диспетчерская служба лесного хозяйства, в которой концентрируется вся информация о состоянии лесопожарной обстановки в лесах области.

Мероприятия по охране лесов осуществляются наземным и авиационным способами. Общая площадь лесов региона составляет 28,4 млн га. По зонам мониторинга и тушения

территория лесного фонда в соответствии со сводным планом тушения пожаров распределяется следующим образом (Мураев и др., 2021; Сводный план ..., 2022):

- зона наземного обнаружения и тушения – 1,5 млн га;
- зона авиационного обнаружения и наземного тушения – 4,7 млн га;
- зона авиационного обнаружения и тушения – 16,5 млн га;
- зона космического обнаружения и авиационного тушения – 5,7 млн га;

Оперативность реагирования на возникающие лесные пожары зависит и от наличия техники, противопожарного инвентаря и рассредоточения сил и средств пожаротушения. В постоянном доступе для специалистов и населения находится сайт «ИАС Леной диспетчер». В 2022 году воздушном пространстве области авиационное патрулирование осуществляют 12 воздушных судов различного типа (10 самолетов, 2 вертолета), в оперативном режиме задачи решаются при использовании беспилотных летательных аппаратов (4 аппарата). Для постоянного контроля наиболее горимых участков, используется система видеонаблюдения (20 камер).

Обнаружение лесного пожара осуществляется с применением авиации, наземного патрулирования, систем дистанционного мониторинга, а также с использованием беспилотных летательных аппаратов. Учитывая значительную площадь региона, а также большую долю площади, покрытой лесной растительностью (более 28 млн га), относительно неразвитую сеть дорог, труднодоступность части лесных массивов, преобладающая часть земель лесного фонда области патрулируется с применением авиации и космического мониторинга, большая часть территории лесов относится к авиационному району применения сил и средств пожаротушения.

Итоги анализа пожароопасных сезонов в Архангельской области за период 2011-2020 годов приведены на рисунке 1, на котором видно, что самыми горимыми за приведенный период являлись 2011 и 2013 годы (Мураев и др., 2021). Прослеживается тенденция снижения общей площади, пройденной пожаром, однако количество возгораний остается более стабильным, что говорит об эффективной системе, которая позволяет снизить площади, пройденные огнем, за счет оперативной локализации и тушения пожара.



Рис. 1. Итоги анализа пожароопасных сезонов в Архангельской области за период 2011-2020 гг.

На приведенных ниже схемах (рис. 2 и 3) указаны меры оперативного оповещения о возгорании, привлечения сил и средств тушения лесного пожара и межмуниципального взаимодействия в соответствии со сводным планом тушения лесных пожаров на территории Архангельской области. Схема оперативного обмена информацией о пожарной опасности и лесных пожарах на территории Архангельской области и схема привлечения сил и средств пожаротушения пожарной охраны и аварийно-спасательных формирований и иных организаций, которые могут быть привлечены в установленном порядке к тушению лесных пожаров, также приведены на рисунках 2 и 3 (Сводный план ...2022).

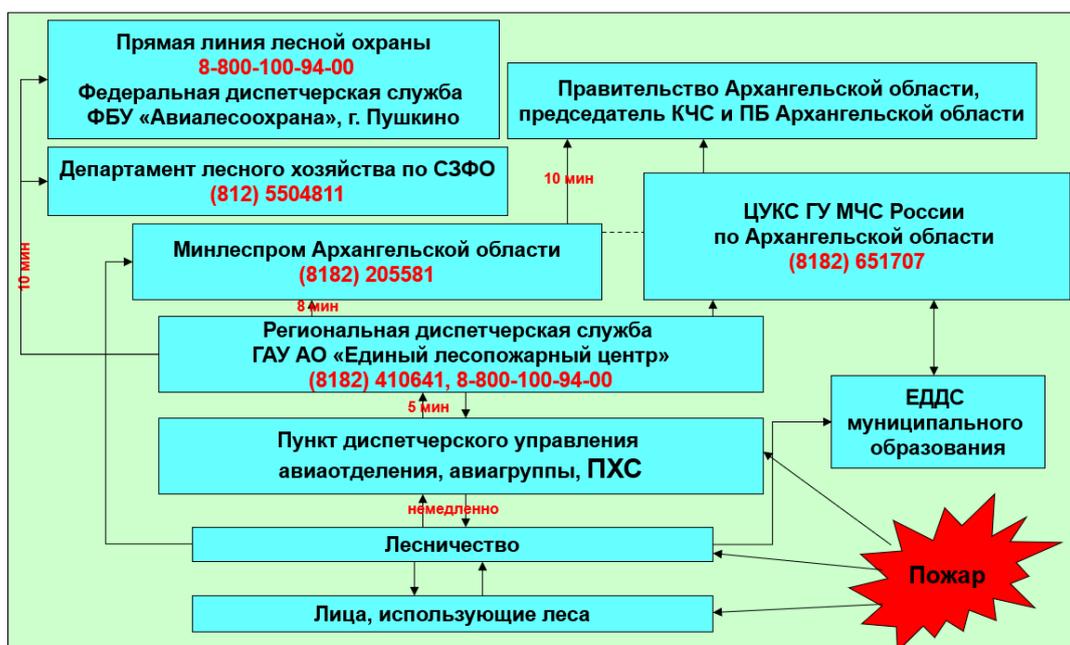


Рис. 2. Схема оперативного обмена информацией о пожарной опасности и лесных пожарах на территории Архангельской области



Рис. 3. Схема оперативного реагирования на возгорания в лесном фонде Архангельской области

Применение беспилотных воздушных судов

Несомненным и большим плюсом является помощь БВС в принятии оперативных решений в соответствии с полученной информацией. Разработка научно-методических рекомендаций по использованию БВС не нова. Интересные выводы сделаны коллективом авторов по схожей тематике исследования: «многолетняя практика авиалесоохранных работ показывает, что только в 65-70 % случаев полеты сочетаются с транспортной задачей. Третья часть полетов проводится с одной целью – «око в небе». Это потенциальная ниша для БВС, которая всегда будет лишь дополнительным (вспомогательным) инструментом при авиационных работах по охране лесов. Именно адресный характер применения БВС обеспечивает положительный эффект, а часть классических задач решается на качественно ином, более высоком уровне. Для решения лесохозяйственных задач целесообразно применение БВС малых классов (менее 20 кг). Более крупные и дорогие системы не могут конкурировать с классической авиацией при обслуживании значительных площадей из-за низкой производительности и высокой стоимости содержания (Разработка научно-методических..., 2010).

По утверждению заместителя начальника Департамента лесного комплекса Вологодской области, практика применения квадрокоптеров при тушении лесных пожаров показала положительные результаты. При использовании БВС руководитель тушения пожара может видеть развитие ситуации, движение фронта пожара, решение будет приниматься мгновенно для охраны здоровья пожарных и сокращения площади, пройденной огнем (Назаров, 2022).

Использование БВС обеспечивает информацией два предлагаемых сценария в практике лесного хозяйства: аэрофотосъемку лесов с высокой степенью детализации и оперативный мониторинг лесов. В частности, мы можем решить довольно большой круг задач, например:

- облет участков для определения пожарной обстановки;
- облет участка для получения оперативного состояния пожарной обстановки;
- дешифрирование контуров и площадей лесных участков до и после пожара.

По мнению авторов, в настоящее время можно признать тенденцию перехода от универсальности выполняемых БВС задач на узконаправленные (Коптев, Скуднева, 2018; Скуднева и др., 2020). Считаем, что это правильное наблюдение, связанное с возрастающими требованиями к результатам, т.е. переход от простого наблюдения за объектом или явлением к его оценке в принятых (стандартизованных) единицах с заданной точностью без потери оперативности принятия решения и оценке риска развития ситуации. В таком случае становится актуальной правильная постановка задачи и управления процессами и подбор необходимого аппарата с целью достаточности мер и затрат на исследования. Такой подход позволит (или должен позволить) снизить бюджет мероприятия за счет стоимости комплекса с набором БВС (характеристики аппарата: полезная нагрузка, скорость, устойчивость, возможность установки оборудования и энерговооруженность).

В настоящее время применяются летательные аппараты самолетного и вертолетного типа, имеющие один или несколько двигателей и движительных элементов, это является одним из классифицирующих элементов БВС. В любом случае есть ощутимые плюсы и недостатки и соответственно приоритеты в выполнении разных видов лесохозяйственных работ.

Сам по себе БВС без дополнительного специализированного оборудования не может являться средством или инструментом мониторинга или выполнения каких-либо операций. Мы рассматриваем операции, которые могут выполняться БВС в лесном хозяйстве.

Как выше было сказано, одна из классификаций разделяет наши БВС на два лагеря: самолетного и вертолетного типа. У аппаратов самолетного типа имеется довольно весомый

недостаток – необходимость посадочной площадки; если для разгона аппарата самолетного типа могут быть применены стартовые комплексы, то для приземления нужна более-менее ровная площадка.

Также необходимо разделить все БВС по массе и дальности полета. Зачастую эти два параметра имеют прямую или обратную зависимость, но этот вопрос относится уже больше к эксплуатанту аппарата и задаче, которую он решает в определенный момент, т.е. соотнести полезную нагрузку, дальность и продолжительность полета.

Учитывая опыт проведения исследований, мнения исследователей, а также данные из источников информации, имеет смысл классифицировать БВС по набору характеристик и возможностей. Все это можно свести в единую таблицу 1.

Таблица 1

Классификация БВС

Класс	Вид		
	Самолет/Вертолет		
	Расстояние полета	Взлетная масса	Комментарии
Микро	5-25 км	до 5 кг	Полезная нагрузка определяется навесным оборудованием, энергетической установкой и запасом полетного времени
Малый	до 50 км	50 кг	
Средний	100 и более	100 – 300 кг	
Большой	свыше 100	500 кг и более	

Применение беспилотного воздушного судна для мониторинга пожарной обстановки на территории лесного фонда

Первым моментом, на который необходимо обратить внимание, является правовая база использования беспилотников. Полеты БВС необходимо проводить в соответствии с нормативно-правовыми актами Российской Федерации. Следует обратить внимание на технику безопасности при выполнении полетов БВС. За нарушение правил использования воздушного пространства Российской Федерации Кодексом Российской Федерации об административных правонарушениях установлена соответствующая ответственность физических (юридических) лиц (Богданов и др. 2021).

Непосредственная реализация мониторинга за лесопожарной обстановкой на конкретной территории происходит по утвержденной инструкции и в соответствии с регламентом работ плану с обозначением графика и трассы движения воздушного судна, с указанием точек разворота и маршрута полета.

В нашем случае это может быть:

- профилактическое обследование площадей лесного фонда, входящих в зону авиационного контроля, но, как показывает практика, в отдельных случаях применение беспилотников на площадях наземного мониторинга экономически оправдано, а при применении в комплексе с системами видеофиксации имеют определенное оперативное преимущество, позволяющее организовывать эффективную систему противодействия пожарам. Информация о состоянии лесного фонда может быть передана непосредственно с борта или получена по приземлении летательного аппарата.

С целью решения оперативных задач по определению места возгорания при поступлении соответствующей информации из иных источников БВС может быть направлен непосредственно в точку возгорания для оценки текущей информации и принятия оперативного решения о направлении наземных сил и средств или использования сил авиалесоохраны.

Характеристика информации, полученной с применением БВС

Несмотря на относительно молодой возраст применения БВС в разных отраслях (производственных, проектных, контрольных), в разных источниках появляется информации о характеристиках информации, полученной с применением БВС. В основном это утверждение о возросшем уровне точности и достоверности измерений, а также об отсутствии влияния субъективной оценки человеком состояния объекта (субъективная (личная) погрешность измерения), на момент его изучения.

Анализировать точность проводимых мероприятий с применением БВС в Архангельской области преждевременно: слишком мал объем полученной информации, позволяющий точнее проводить расчеты, в том числе методами статистики. В настоящий момент можно рассуждать о оперативности и достоверности информации, которая действительно находится на высоком уровне, позволяющем уже без предварительной обработки принимать решения в условиях чрезвычайных ситуаций, вырабатывать управленческие решения в производственном цикле при решении задач, не требующих специальных вычислений.

Эффективность применения БВС относительно пилотируемой авиации

Для оценки эффективности применения БВС относительно пилотируемой авиации сравним цены летного часа при использовании вертолетов и БВС. Рыночную стоимость услуг по авиамониторингу можно найти для необходимого региона на сайте Госзакупки.ру (Официальный сайт ..., 2022). В таблице 2 приведены цены при использовании разных видов вертолетов по результатам завершенной закупки. Как видно из данных таблицы стоимость летного часа сильно варьируется и зависит от типа воздушного судна, общей протяженности маршрута, количества летных часов, грузоподъемности и др.

Таблица 2

Цены при использовании разных типов вертолетов на примере завершенной закупки и расчёта стоимости услуг

Тип ВС	Расстояние, км	Скорость, км/ч	Кол-во летных часов	Цена летного часа, руб.
Ми-8	11025	230	47,9	200 000,00
Ми-2	11025	170	64,9	87 500,00
AS 350	11025	245	45,0	110 000,00
Среднее				98 750, 00

Как уже отмечено выше, основные критерии выбора БВС строятся исходя из вида работ. Анализ литературы показывает, что себестоимость 1 км² ортофотоплана съемки для сравнительно малых площадей объекта съемки (от 5 до 75 км²) существенно ниже, чем при использовании пилотируемого воздушного судна. В первую очередь это можно объяснить тем, что для аэрофотосъемки (АФС) с помощью соответствующих комплексов и площадей объекта в данном интервале требуется один съемочный день. Амортизация оборудования, затраты на перелет к месту временного базирования, от места временного базирования до объекта съемки и обратно для любого из пилотируемых самолетов слишком велики по сравнению с затратами на саму аэрофотосъемку таких небольших по площади объектов (Бабашкин и др., 2017). Лимит экономической эффективности использования БВС при аэрофотосъемке лежит вблизи значения 5 км². Следует также учесть большую гибкость использования БВС и меньшую совокупную стоимость оборудования, что несколько расширяет этот предел (Никикнин, Раков, 2013). Для обследования линейных площадных

объектов с беспилотником возможно обследование до 200 км в день (Сферы применения..., 2022), что позволяет эффективно выполнять поставленные задачи на заявленной площади.

При выборе БВС необходимо исходить из целей и задач съемки или визуального мониторинга. Существует публикации, в которых приведен ряд характеристик по продолжительности и дальности полетов БВС самолетного типа отечественного производства. Время полета достигает 10 ч на высоте до 6000 м. Комплекс Орлан 10 позволяет поддерживать двухстороннюю связь с БВС и обеспечивать передачу картинки с камеры (Бабашкин и др., 2017; Курков и др., 2019).

Для оценки рыночной стоимости аэрофотосъемки, в том числе с применением малых беспилотных летательных аппаратов, были проанализированы стоимостные оценки работ по проведению аэрофотосъемки на сайте Госзакупки. Как и предполагалось, стоимость съемки одного гектара поверхности Земли в первую очередь зависит общей площади съемки. Например, съемка с БВС 1 га составляет 198 руб. с общей площадью съемки 1334 га (Бабашкин и др., 2017), что сопоставимо с данными ранее проведенных исследований – 100 руб./га (Алексеев, Никифоров, 2013).

Экспертное значение себестоимости обследования участка с использованием квадрокоптера составит 22,5 руб./га. Себестоимость обследования участка с использованием БВС типа «Крыло» из-за малого опыта работы представляется в пределах 150 руб./га. Следует также учесть транспортные расходы до места съемки и оплату труда.

Оценка перспектив применения БВС в лесном хозяйстве

Оценки перспектив применения БВС в отраслях экономики, в настоящее время появляющиеся в различных изданиях, обычно носят общий характер и имеют сравнительный характер по отношению к воздушным судам с экипажем или к работам с применением традиционных технологий. Сделаем попытку интерпретировать данный подход к условиям лесной отрасли на примере эффективности применения БВС и с учетом принятого в лесной отрасли России принципа устойчивого управления.

При подготовке технического задания для проведения комплекса авиационных работ, формализуется ряд показателей по трем направлениям: производственное, социальное, экологическое, причем ко всем направлениям можно сделать дополнение – экономическое, таким образом, показатели составят связанную систему.

Попробуем выделить критерии оценки эффективности применения БВС:

- снижение финансовых затрат и времени на выполнение объема работ в соответствии с заданием;

- повышение оперативности и вероятности обнаружения заданного объекта или явления.

Таким образом, применение БВС оправдано при наличии следующих составляющих: снижение материальных и временных затрат, повышение оперативности и вероятности обнаружения пожаров. Дополнительным фактором, влияющим на эффективность БВС, является снижение рисков по сравнению с использованием пилотируемого воздушного судна. Главным критерием внедрения БВС в лесном хозяйстве является экономическая целесообразность. Таким образом, для решения лесохозяйственных задач применение БВС можно рекомендовать с учетом класса и вида беспилотного летательного аппарата с учетом его экономических показателей.

Публикация подготовлена с учетом НИР, выполненных в рамках государственного задания ФБУ «СевНИИЛХ» на проведение прикладных научных исследований. Регистрационный номер темы: 121020500255-7.

Библиографический список

1. Алексеев А.С., Никифоров А.А. Анализ производительности съемки участков лесного фонда с помощью беспилотного летательного аппарата CROPCAM (на примере учебно-опытного лесничества Ленинградской области // Известия лесотехнической академии. 2013. № 205. С. 6-15.
2. Бабашкин Н.М., Кадничанский С.А., Нехин С.С. Сравнение эффективности аэрофототопографической съемки с использованием беспилотных и пилотируемых авиационных систем // Геопрофи. 2017. №1. С. 14-19.
3. Богданов А.П., Волков А.Г., Шошина К.В., Алешко Р.А. Аналитический обзор нормативно-правовых актов, регулирующих использование беспилотных летательных аппаратов в области лесного хозяйства // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В.Р. Филиппова. 2021. № 4(65). С. 172-179. <https://doi.org/10.34655/bgsha.2021.65.4.023>.
4. Коптев С.В., Скуднева О.В. О возможностях применения беспилотных летательных аппаратов в лесохозяйственной практике // Известия ВУЗов. Лесной журнал. 2018. №1. С. 130-138. <https://doi.org/10.17238/issn0536-1036.2018.1.130>
5. Курков В. М., Смирнов А.В., Кузнецов В.А. Обзор факторов и условий, влияющих на применение беспилотных воздушных судов, предназначенных для решения задач картографирования // Геоинформатика. 2019. № 3. С. 19-26.
6. Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 № 200-ФЗ (ред. от 30.12.2021) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2022).
7. Мураев И.Г., Горних А.Ф., Бузинов Р.В., Нагибин С.О., Ершов Р.В., Артемова Л.В., Сахнов И.С., Филин В.И., Шашин Э.В., Перхурова О.В. Состояние и охрана окружающей среды Архангельской области за 2020 год / отв. ред. О.В. Перхурова; ГБУ Архангельской области «Центр природопользования и охраны окружающей среды». Архангельск: САФУ, 2021. 478 с.
8. Назаров С. В. Потребности Вологодской области в технических средствах пожаротушения природных (ландшафтных) пожаров: пленарный доклад на второй научно-практической конференции «Новые технологии оборонно-промышленного комплекса в тушении лесных пожаров». 23-24 марта 2022 года. Россия, Москва, ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) МЧС России. URL: <https://youtu.be/gvMtMNMlgSk?t=2211>.
9. Никитин В. Н., Раков Д.Н. Оценка экономической эффективности использования беспилотных аэрофотосъемочных комплексов // Вестник Сибирской государственной геодезической академии. 2013. № 4(24). С. 48-56.
10. Официальный сайт Госзакупки - zakupki.gov.ru (дата обращения 01.07.2022).
11. Разработка научно-методических подходов и технологии использования беспилотных летательных аппаратов в лесном хозяйстве: отчет о НИР (итоговый) / ФГУ «Авиалесоохрана»; рук. В.В. Коносевиц. Пушкино, 2010. 105 с.
12. Сводный план тушения лесных пожаров на территории Архангельской области на 2022 год / Утв. Губернатором Архангельской области 15 марта 2022 года, согласован в Рослесхозе 3 марта 2022 года.
13. Скуднева О.В., Коптев С.В., Иванцов С.В. Навигационно-пилотная система беспилотного летательного аппарата для мониторинга лесных пожаров // Известия ВУЗов. Лесной журнал. 2020. №6 (378). С. 194-203. URL: <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2022-3-203-212>.
14. Сферы применения беспилотных летательных аппаратов. URL: <https://docs.geoscan.aero/ru/master/database/base-module/sphere/sphere.html> (дата обращения 04.04.2022).

References

1. Alekseev A.S., Nikiforov A.A. Analiz proizvoditel'nosti s"emki uchastkov lesnogo fonda s pomoshch'yu bespilotnogo letatel'nogo apparata CROPCAM (na primere uchebno-opytnogo lesnichestva Leningradskoi oblasti (Remote sensing of forest cover by unmanned aerial vehicle (UAV) efficiency analysis (case study for Lisino training and experimental forest). *Izvestiya lesotekhnicheskoi akademii*, 2013. No. 205. P. 6-15.
2. Babashkin N.M., Kadnichanskii S.A., Nekhin S.S. Sravnenie effektivnosti aerofototopograficheskoi s"emki s ispol'zovaniem bespilotnykh i pilotiruemykh aviatsionnykh sistem (Comparison of the effectiveness of aerial surveying using unmanned and manned aircraft systems). *Geoprofi*, 2017. No. 1. P. 14-19.
3. Bogdanov A.P., Volkov A.G., Shoshina K.V., Aleshko R.A. Analiticheskii obzor normativno-pravovykh aktov, reguliruyushchikh ispol'zovanie bespilotnykh letatel'nykh apparatov v oblasti lesnogo khozyaistva (Analytical review of legal acts regulating the use of unmanned aerial vehicle in the forestry). *Vestnik Buryatskoi gosudarstvennoi*

- sel'skokhozyaistvennoi akademii imeni V.R. Filippova*, 2021. No. 4(65). P. 172-179, <https://doi.org/10.34655/bgsha.2021.65.4.023>.
4. Koptev S.V., Skudneva O.V. O vozmozhnostyakh primeneniya bespilotnykh letatel'nykh apparatov v lesokhozyaistvennoi praktike (On the applicability of UAV in forestry practice). *Izvestiya VUZov. Lesnoi zhurnal*, 2018. No. 1. P. 130-138, <https://doi.org/10.17238/issn0536-1036.2018.1.130>
 5. Kurkov V. M., Smirnov A.V., Kuznetsov V.A. Obzor faktorov i uslovii, vliyayushchikh na primenenie bespilotnykh vozdushnykh sudov, prednaznachennykh dlya resheniya zadach kartografirovaniya (UAS review for mapping). *Geoinformatika*, 2019. No. 3. P. 19-26.
 6. Lesnoj kodeks Rossijskoj Federacii: federal'nyj zakon №200-FZ ot 04.12.2006 (red. ot 30.12.2021) (The Forest Code of the Russian Federation: Federal Law No. 200-FZ of December 4, 2006 (as amended on December 30, 2021)).
 7. Muraev I.G., Gornikh A.F., Buzinov R.V., Nagibin S.O., Ershov R.V., Artemova L.V., Sakhnov I.S., Filin V.I., Shashin E.V., Perkhurova O.V. Sostoyanie i okhrana okruzhayushchei sredey Arkhangel'skoi oblasti za 2020 god (State and environmental protection of the Arkhangelsk region for 2020). GBU Arkhangel'skoi oblasti «Tsentr prirodopol'zovaniya i okhrany okruzhayushchei sredey». Arkhangel'sk: SAFU, 2021. 478 p.
 8. Nazarov S. V. Potrebnosti Vologodskoi oblasti v tekhnicheskikh sredstvakh pozharotusheniya prirodnykh (landshaftnykh) pozharov: plenarnyi doklad na vtoroi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Novye tekhnologii oboronno-promyshlennogo kompleksa v tushenii lesnykh pozharov". 23-24 marta 2022 goda. Russia, Moscow, FGBU VNII GOChS (FTs) MChS Rossii, available at: <https://youtu.be/gvMtMHMIgSk?t=2211>.
 9. Nikitin V. N., Rakov D.N. Otsenka ekonomicheskoi effektivnosti ispol'zovaniya bespilotnykh aerofotos"emochnykh kompleksov (Unmanned aerial photography complexes application: cost-effectiveness assessment). *Vestnik Sibirskoi gosudarstvennoi geodezicheskoi akademii*, 2013. No. 4(24). P. 48-56.
 10. Ofitsial'nyi sait Goszakupki (Official website of the State Procurement), available at: zakupki.gov.ru, 01.07.2022.
 11. Razrabotka nauchno-metodicheskikh podkhodov i tekhnologii ispol'zovaniya bespilotnykh letatel'nykh apparatov v lesnom khozyaistve: otchet o NIR (itogovyi) (Development of scientific and methodological approaches and technology for the use of unmanned aerial vehicles in forestry: research report (final)). FGU «Avialesookhrana»; ruk. V.V. Konosevich. Pushkino, 2010. 105 p.
 12. Svodnyi plan tusheniya lesnykh pozharov na territorii Arkhangel'skoi oblasti na 2022 god. Utv. Gubernatorom Arkhangel'skoi oblasti 15 marta 2022 goda, soglasovan v Rosleskhoze 3 marta 2022 goda. (Consolidated plan for extinguishing forest fires in the Arkhangelsk region for 2022: approved by the Governor of the Arkhangelsk Region of March 15, 2022 and by the Rosleskhoz of March 3, 2022), 2022.
 13. Skudneva O.V., Koptev S.V., Ivantsov S.V. Navigatsionno-pilotnaya sistema bespilotnogo letatel'nogo apparata dlya monitoringa lesnykh pozharov (Navigation and piloting system of unmanned aerial vehicle for forest fire monitoring). *Izvestiya VUZov. Lesnoi zhurnal*, 2020. No. 6 (378). P. 194-203, <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2022-3-203-212>.
 14. Sfery primeneniya bespilotnykh letatel'nykh apparatov (Fields of application of unmanned aerial vehicles), available at: <https://docs.geoscan.aero/ru/master/database/base-module/sphere/sphere.html>, 04.04.2022.