

Министерство образования и науки РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Институт медицины, экологии и физической культуры  
Экологический факультет  
Кафедра лесного хозяйства

## КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине

«Мониторинг лесных пожаров и лесозащитных работ»

на тему:

**«СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ МОНИТОРИНГА ЛЕСНЫХ  
ПОЖАРОВ»**

Студент,  
Комардин С.С.  
1 курс, направления подготовки  
35.04.01 Лесное дело  
(уровень магистратуры)

Комардин 30.05.16  
(подпись, дата)

хорошо  
(оценка)

Научный руководитель,  
к.б.н., доцент Митрофанова Н.А.

Митрофанова 3.06.16  
(подпись, дата)

Ульяновск, 2016

## Оглавление

Введение.....	3
1 Сравнительный анализ видов и методов мониторинга лесных пожаров на территории России .....	4
2 Нормативно законодательная база, являющаяся основой для проведения мониторинга лесных пожаров и пожарной опасности.....	14
3 Использование беспилотной авиации в обнаружения лесных пожаров .....	19
3.1 Информационная поддержка оперативных штабов по тушению крупных лесных пожаров, в том числе в сложных и чрезвычайных условиях.....	21
3.2 Информационная поддержка наземных сил с применением БПЛА микрокласса .....	21
3.3 Плановый лесопатологический мониторинг состояния контрольных участков лесного фонда.....	22
3.4 Противодействие незаконной хозяйственной деятельности в лесах .....	23
3.5 Патрулирование лесного фонда .....	24
4 Функционирование информационной системы дистанционного мониторинга (ИСДМ Рослесхоз).....	25
4.1 ИСДМ-Рослесхоз .....	25
4.2 Космический мониторинг лесных пожаров .....	26
4.3 Функционирование ИСДМ-Рослесхоз.....	27
Заключение .....	33
Список использованных источников .....	34

## ВВЕДЕНИЕ

Лесные пожары - одно из природных явлений, частота и разрушительность которого были усугублены природопреобразовательной деятельностью человека. Деятельность человека не только многократно увеличивает возможность возникновения и быстрого распространения огня, но и увеличивает негативные последствия уже локализованного пожара.

В современном мире вопрос прогнозирования и мониторинга пожароопасной обстановки широко изучается на территории каждой страны. Производится разработка наиболее функциональных и систематизированных средств мониторинга, с целью более раннего обнаружения точек возгорания и предупреждения чрезвычайных экологических ситуаций, связанных с лесными пожарами.

Виды мониторинга подобных явлений делятся на наземные, авиационные и космические, осуществляемые, например, благодаря использованию аэрофотосъемки, или, с развитием космических технологий - космической съемки. Каждый вид мониторинга предполагает использование различных методов обнаружения первичных и вторичных признаков возгорания.

Цель курсовой работы: провести анализ современных методов мониторинга лесных пожаров.

Задачи:

1. Провести сравнительный анализ видов и методов мониторинга лесных пожаров на территории России.
2. Изучить нормативную законодательную базу, являющуюся основой для проведения мониторинга лесных пожаров и пожарной опасности.
3. Изучить вопрос использования беспилотной авиации в деле обнаружения лесных пожаров.
4. Проанализировать функционирование информационной системы дистанционного мониторинга (ИСДМ Рослесхоз).

# 1 СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВИДОВ И МЕТОДОВ МОНИТОРИНГА ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

**Статистика.** Первые записи о лесных пожарах в летописях датированы 1724 годом. Уже тогда были призывы сохранить уголья от огня. Во времена царской России данные уже упорядочивали. Сегодня информация о лесных пожарах сводится в таблицы. Статистику ведут ведомства и службы .

По данным Росстата последние массовые пожары были зафиксированы в летний период 2010 года. Однако их количество не рекордное, экологический и экономический ущерб был причинен вследствие больших территорий, охваченных огнем, и задымлением. В 2010 году в общей сложности произошло более 39000 лесных пожаров. Тогда сгорело на корню около 150000000 м<sup>3</sup> лесов. Аналогичные масштабы лесных пожаров наблюдали в 1998 году. По количеству пожаров лидирует 2002 год – 434000 возгораний, но последствия не столь плачевны [16].

Ежегодно в России регистрируется от 10 до 30 тысяч лесных пожаров, охватывающих площадь от 0,5 до 2,0 млн. га. Учитывая, что пожароопасный период длится 150-180 дней в году (вторая половина весны – лето – начало осени), в среднем ежедневно на территории России приходится отслеживать более 1000 лесных пожаров [9].

Регулярные наблюдения за лесными пожарами ведутся только в зоне активной охраны лесов, охватывающей 2/3 общей площади лесного фонда. Пожары, обнаруженные в течение 5-15 часов после их возникновения, обычно могут быть локализованы и потушены. По истечению указанного срока чаще всего этого не удается сделать, что приводит к уничтожению значительных лесных массивов. Особую опасность лесные пожары представляют для населенных пунктов, расположенных вблизи лесов. Часто, в особенно засушливые годы, лесные пожары становились причиной частичного или полного выгорания деревень, поселков, объектов

инфраструктуры, воинских складов, в том числе складов боеприпасов, и сопровождались человеческими жертвами.

Пожары могут принести колоссальный ущерб природе и, чтобы избежать его последствий, производят мониторинг лесных пожаров. Способы различные: есть проверенные временем визуальные осмотры, также практикуют наблюдение с помощью спутников и современной техники. Эффективно использовать системы мониторинга лесных пожаров в комплексе. В Российской Федерации действуют профильные службы и учреждения для сбора, анализа и структурирования данных [16].

Виды мониторинга можно оценивать с точки зрения: стоимости, влияния погодных условий, площади исследуемой территории, скорости получения данных и необходимости их обработки. Это основные параметры, так как от них зависит скорость реагирования, и оперативность принятия мер по устранению очагов возгорания.

В таблице 1 представлена классификация видов и методов мониторинга лесных пожаров.

Таблица 1 - Виды и методы мониторинга лесных пожаров [6]

Наземный мониторинг				
Визуальный метод		Аппаратно-инструментальные методы		
- Наблюдательные пожарные вышки		- Видеонаблюдение (FFSS станции) - Тепловизионная съемка		
Авиационный мониторинг				
- Беспилотные летательные средства	- Визуальный метод	- Видеонаблюдение	- Тепловизионная съемка	- LIDAR-системы
Космический мониторинг				
- Дистанционное зондирование Земли				

**Визуальный осмотр.** В некоторых лесах можно встретить специальные вышки. Эти строения выступают в роли наблюдательных

пунктов. Их строительством обычно занимаются лесные хозяйства. Вышки оборудуют средствами связи, на наблюдательном пункте есть азимутальный круг. Он нужен для определения направления пожара. Лес делят на территории по радиусу обзора с такой башни – 5-7 км. Вышки строят из дерева, но в последнее время многие элементы их конструкции меняют на металлические. Срок жизни строений с наблюдательными пунктами из дерева менее 10 лет [10].

Осмотр лесных территорий осуществляет специальный человек. При обнаружении пожара он определяет его направление, возможную опасность и передает информацию на диспетчерский пункт через радио или телефонную связь. Проблема этого способа мониторинга в малочисленности наблюдательных вышек и работников. Раньше лесничих было на порядок больше, сейчас их количество сократилось в несколько раз.

На части наблюдательных вышек устанавливают видеокамеры. Это не решает основной проблемы, потому что за съемкой должен наблюдать человек в оборудованном пункте. Если система видеонаблюдения автоматизирована, то задача упрощается, но в большинстве камеры требуют ручного управления. Помимо этого, съемка ведется в одном направлении, поэтому необходимо установить несколько камер. Вышки сотовой связи тоже используют для мониторинга. На них устанавливают тепловизоры и видеокамеры.

Для выполнения мониторинговых работ впервые в мире используется авиационный сканирующий тепловизор (ИК-сканер), обеспечивающий плановую аэросъемку в сверхшироком поле зрения без потери разрешающей способности [1]. Данный тип тепловизоров, как правило, устанавливается на спутниках ДЗЗ (дистанционного зондирования Земли) или на самолетах-разведчиках (например Су-24МР). На рисунке 1 приведены геометрические характеристики формируемого сканирующим тепловизором теплового изображения при обследовании ВЛ.

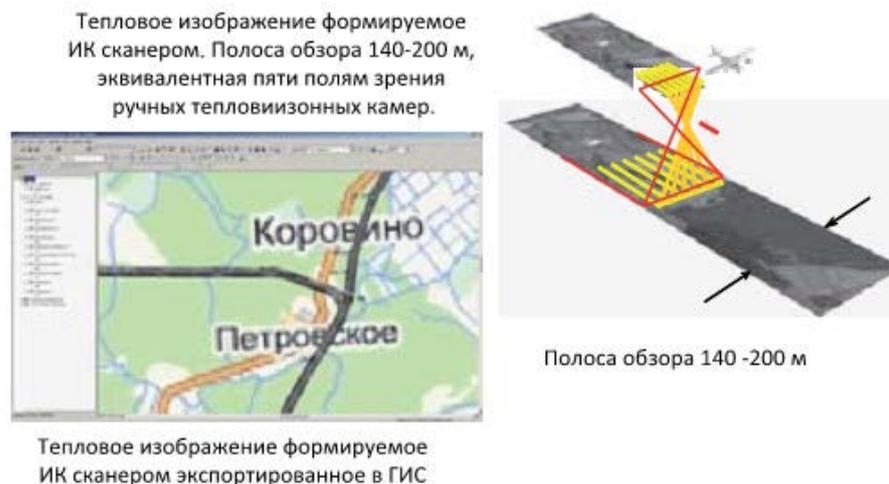


Рисунок 1 – Геометрические характеристики формируемого ИК-сканером теплового изображения [1]

В ИК-сканер встроена спутниково-инерциальная система, которая обеспечивает: устранение геометрических искажений теплового изображения, связанных с движением авианосителя; координатную привязку полученных тепловых изображений; формирование файлов, пригодных для экспорта в ГИС. Рядом с ИК-сканером устанавливается цифровая фотокамера, обеспечивающая фотосъемку ВЛ синхронно с тепловой. Технология плановой тепловизионной аэросъемки ИК-сканером в отличие от панорамной, используемой при съемке ручным тепловизором, повышает производительность обследования в 5—6 раз (до 500 км/сут). [1]

**Исследования с помощью спутников.** Один из самых недорогих способов – это спутниковый мониторинг. Спутники с помощью сканеров делают снимки в инфракрасном спектре. Это позволяет узнать разницу температур и определить, где идут лесные пожары. Данные и снимки обрабатываются на космическом аппарате, где исправляют искажения, делают привязку к географическим точкам. Последний этап обработки, который включает цифровой анализ, визуальное дешифрирование и интерпретацию снимков, производят в автоматическом или интерактивном режиме [12, с.34; 4, с.367-371].

Информацию о лесных пожарах можно увидеть на специальных сайтах [13]. Созданы федеральные системы мониторинга лесных пожаров. Они составляют общую картину, используя данные визуального осмотра, спутниковых снимков и других методов мониторинга.

Этот дистанционный метод входит в список функций экологического мониторинга. С помощью спутников также получают метеорологические характеристики, данные о техногенной обстановке, разливе рек, динамике снежных покровов, тепловых выбросах. Каждой области применения соответствует определенный канал, его обозначают цветом [2,9].

Карта пожаров в России доступна всем заинтересованным пользователям. Информация обновляется в среднем 4 раза в день. Это усложняет идентификацию возгораний и снижает оперативность помощи пожарной охраны. Периодичность обновления зависит от времени пролета спутников по орбите. Основные данные предоставляет серия американских спутников NOAA. Работают и частные спутники, их снимки отличаются точностью и детальностью, но стоят дороже общедоступных. Поэтому наряду с космоснимками используют данные визуального осмотра. На карте пожаров указывают точки пожаров и возможные причины их возникновения. Существует индийская система спутникового мониторинга.

С помощью тепловизионных снимков фиксируется активная зона лесного пожара даже в условиях сильного задымления. Активная зона в данном случае характеризуется высоким контрастом теплового изображения. Данный метод плохо применим в дневное время суток [6].

На точность космоснимков влияют многие факторы. Например, повышенная облачность мешает как обнаружению лесных пожаров, так и определению их размера. Очаги возгораний на картах могут не совпадать с реальными, но их примерные координаты очерчены границами. То есть на карте показана область, где есть очаг. Несколько пожаров на карте обычно объединяют в единый кластер. В этом случае точность также не достоверная. По этим данным определяют площадь пожара и скорость его

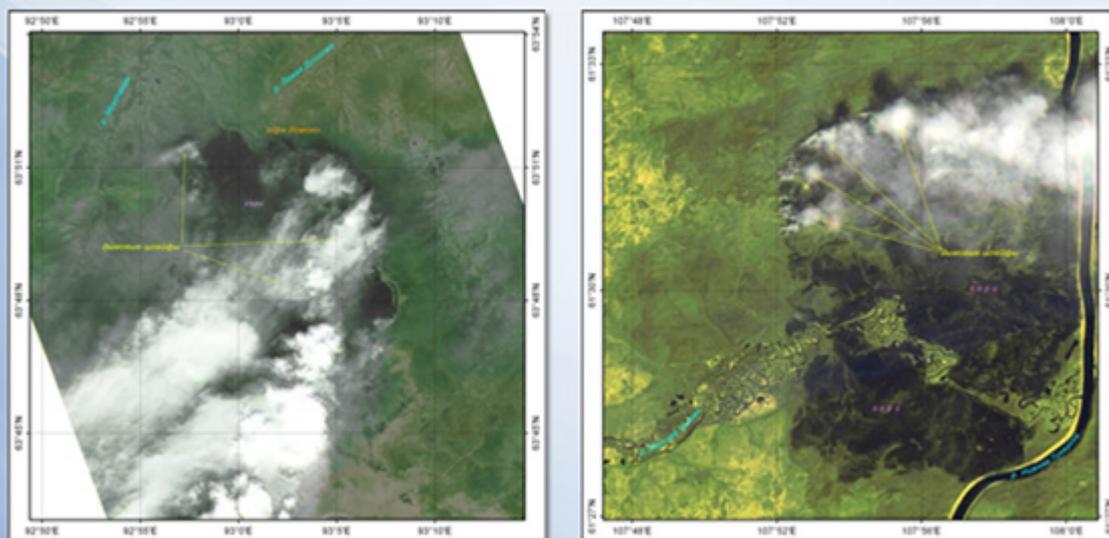
распространения в лесах. Есть возможность получать оповещения о выявлении лесных пожаров, если оформить подписку на соответствующем сервисе [12, с.25].

Система спутникового мониторинга основана на использовании спутниковой информации с зарубежных космических аппаратов серий NOAA, TERRA и AQUA. С октября 2009 года для мониторинга лесных пожаров используются данные российского гидрометеорологического спутника нового поколения «Метеор-М» № 1, разработанного и введенного в эксплуатацию ОАО «Корпорация «ВНИИЭМ».

С принятием в эксплуатацию в 2012 году нового поколения малого космического аппарата нового поколения «Канопус-В» № 1, существенно расширились возможности отечественной орбитальной группировки, по оперативному получению космической информации высокого пространственного разрешения предназначенной для оперативного мониторинга лесных пожаров на территории Российской Федерации. С 2012 года от КА «Канопус-В» № 1 оперативная информация по мониторингу лесных пожаров на территории Российской Федерации используется в территориально-распределенной информационной системе оперативного спутникового мониторинга лесных пожаров территории России [9].

На рисунке 2 приведен пример спутникового мониторинга выгоревших площадей по цветосинтезированному изображению с КА «Канопус-В» №1.

## Спутниковый мониторинг выгоревших площадей (по данным ИСЗ «Канопус-В»)



Цветосинтезированные изображения с ИСЗ «Канопус-В»

Ершов Д.В. [7] с соавторами в 2004г провел подробный анализ Российской системы спутникового мониторинга лесных пожаров

Прошин А.А. [17] с соавторами в 2005 году опубликовал работу по организации оперативной поставки данных спутниковых наблюдений пожаров в систему мониторинга критически важных объектов и ресурсов.

**Альтернативные методы.** В качестве вспомогательных методов мониторинга лесных пожаров называют также осмотр территорий с воздуха. Наблюдение осуществляют с вертолетов, самолетов. В последние годы применение в этом направлении нашли беспилотные летательные аппараты, которые делают видеозаписи [20].

Максимально практичным методом наземного мониторинга для обнаружения возгораний является видеонаблюдение, как автоматизированное (FFSS станции), так и производимое оператором, что связано с низкой стоимостью и высокой скоростью получения информации. Данные оптические системы работают в видимом и инфракрасном диапазоне. Информация с таких устройств передается посредством связи Интернет, GSM или радиосвязи [19].

Для улучшения эффективности охраны лесов от пожаров для непрерывного мониторинга лесных пожаров и улучшения лесопожарной профилактики используется система видеонаблюдения «Лесной дозор», которая:

- обеспечивает раннее обнаружение пожара,
- это информационная система, в которую легко могут быть интегрированы данные, поступающие из различных источников;
- позволяет осуществлять мониторинг в реальном времени 24 часа в сутки 7 дней в неделю.
- её эксплуатация существенно дешевле использования авиации и оперативнее спутникового мониторинга [19].

В России для тушения и мониторинга лесных пожаров с помощью вертолетов и пожарных самолетов создано федеральное учреждение «Авиалесоохрана». В состав экипажа воздушного судна входит летчик, парашютист-пожарный и десантник-пожарный, которые прошли специальную подготовку.

Космический мониторинг пожароопасной обстановки методом дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) позволяет значительно увеличить площадь исследуемой территории, контролировать процессы в режиме реального времени (каждый спутник имеет свой период обращения, что позволяет планировать съемку необходимого участка в соответствии с местоположением спутника), игнорировать метеорологические и атмосферные условия в местах наблюдений (радиолокационная съемка возможна в ночное время, во время облачности и непогоды) [11].

Преимущества дистанционного космического мониторинга по сравнению с другими методами заключаются в:

- возможности мониторинга больших территорий, подверженных экологическому бедствию;
- оперативности получения информации (обработка данных, полученных со спутников, и их выдача заказчику осуществляется на протяжении часа);

- доступности данных (космические снимки находятся в свободном доступе);
- метод дистанционного зондирования, тем не менее, имеет свои недостатки:
- во-первых, площадь возгорания для обнаружения должна быть значительной;
- во-вторых, несмотря на наличие радиолокационных систем, позволяющих производить мониторинг в ночное время суток и при неблагоприятных метеорологических условиях, их использование чрезвычайно редко. чаще всего для мониторинга лесных пожаров используется комплексная многоспектральная спутниковая съемка, для которой большую роль играет прозрачность атмосферы;
- в-третьих, во избежание возможных ошибок, существует необходимость согласования данных полученных методом ДЗЗ с наземными источниками информации [2].

Сравнение эффективности применения различных видов мониторинга для контроля лесных пожаров (таблица 2):

Таблица 2 - Сравнительная таблица видов пожароопасных ситуаций

Вид мониторинга	Стоимость	Влияние погодных условий	Необходимость обработки данных	Влияние человеческого фактора при проведении мониторинга	Оперативность	Площадь мониторируемой территории
Наземный	Средняя стоимость	Среднее влияние погодных условий	Минимальная	Максимально	Средняя (в зависимости от погодных условий)	Минимальная (до 30 км с вышки)
Авиационный	Требует больших финансовых вложений при использовании	Невозможность использования при плохих погодных условиях	Минимальная	Максимально	Средняя (в зависимости от погодных условий)	Средняя
Космический	Финансозатратен, но единожды (дальнейшая эксплуатация спутников после запуска не требует затрат)	Слабая зависимость от погодных условий	Высокая	Минимально	Средняя (в зависимости от скорости обработки данных)	Большая (более 2 – 3 тыс. км)

Таким образом, каждый метод дистанционного мониторинга лесных пожаров имеет свои преимущества и недостатки и может быть использован лишь комплексно с иными способами контроля пожароопасной обстановки для получения максимально точной информации об объекте исследования и подробного изучения динамики возможных изменений территории.

Стоимость всех перечисленных способов высокая. Из-за этого невозможно организовать непрерывный мониторинг в лесной зоне. Однако при возможности и достаточном финансировании летательные аппараты позволяют получать точную информацию в режиме реального времени. Кроме того, авиация способна тушить пожары при их обнаружении.

Для Российской Федерации мониторинг ЧС неконтактными методами является максимально выгодным способом получения оперативной информации о состоянии природных и антропогенных систем, учитывая площади страны и в особенности — лесных экосистем.

## **2 Нормативно законодательная база, являющаяся основой для проведения мониторинга лесных пожаров и пожарной опасности**

Основные нормативные документы, необходимые для проведения мониторинга и ликвидации лесных пожаров:

- статья 92 Лесного кодекса Российской Федерации, согласно которой леса подлежат охране от пожаров.
- ГОСТ Р 22.1.09-99 Мониторинг и прогнозирование лесных пожаров - устанавливает общие требования по мониторингу и прогнозированию лесных пожаров и чрезвычайных лесопожарных ситуаций [5].
- Приказ Рослесхоза «О космическом мониторинге лесных пожаров» от 25.05.2005 г. № 112 [15]

Обнаружение лесных пожаров предусматривает строительство, размещение и организацию деятельности пожарных наблюдательных пунктов, наземное и авиационное патрулирование лесов, космический мониторинг лесов, грозопеленгацию, организацию связи и взаимодействия наземных и авиационных служб, оповещение о лесных пожарах. Своевременное обнаружение лесных пожаров позволяет предотвращать их развитие в чрезвычайные лесопожарные ситуации (ЧЛС) и, что также важно, не позволяет достигать таким ЧС масштабов территориальных, федеральных и трансграничных. [11]

Для оперативного подавления очагов обнаруживаемых пожаров целесообразно около наблюдательного пункта обеспечить дежурство пожарной команды с транспортом повышенной проходимости и средствами пожаротушения. В условиях недостатка средств на авиатрулирование воздушными судами возрастает роль новых экономичных летательных аппаратов и космических средств. Для мониторинга лесных пожаров возможно применение пилотируемых мотопланеров и мотодельтапланов, использующих в режиме планирования энергию воздушных потоков, автожиров, паропланов и привязных аэростатов с гиросtabilизированной

платформой. Особо следует отметить дистанционно пилотируемые летательные аппараты (ДПЛА), оснащённые телекамерой, ИК-аппаратурой и системой спутниковой навигации (GPS). В последние годы появились беспилотные аппараты классов менее 200 кг со стартом с транспортно-пусковой установки (мини), и менее 5 кг со стартом с руки (микро). Однако современные ДПЛА имеют ряд существенных недостатков: сравнительно небольшой угол захвата регистрирующей аппаратуры ДПЛА и радиус полёта не превышающий 100 км (класса «мини»), что не позволяет осматривать большую площадь; нет технологии автоматического (без участия человека) обнаружения лесных пожаров; для ДПЛА микрокласса слишком велика зависимость его полёта от ветра и турбулентных конвекционных потоков лесного пожара; сравнительно высокая аварийность и низкий ресурс ДПЛА: необходимо согласовывать полёты с органами управления воздушным движением.

Практически отсутствует нормативно-правовая база для применения беспилотной техники. Оперативный мониторинг сразу большой территории лесов стал возможен только с помощью искусственных спутников Земли (ИСЗ) или космовизуального наблюдения. Региональные управления лесного хозяйства и территориальные базы авиационной охраны лесов впервые начали применять спутниковую информацию в своей практической деятельности с середины 70-х годов, когда ЛенНИИЛХ (ныне СПбНИИЛХ) разработал практические рекомендации по её использованию для решения целого ряда задач производственного характера. По чернобелым мелкомасштабным изображениям, ежедневно получаемым с метеорологического спутника земли «Метеор», можно было следить за сходом снежного покрова и более обоснованно устанавливать сроки начала авиалесоохран-ных работ, определять скопления грозовой облачности, являющейся основной причиной массовых загораний в лесу, выявлять поля ресурсной облачности, перспективной для тушения крупных лесных пожаров искусственно вызываемыми осадками из облаков, отслеживать

передвижение теплых и холодных фронтов, следить за динамикой развития и распространения крупных лесных пожаров (100 га и более) и т.д. Однако оперативной эту систему мониторинга назвать было нельзя из-за сравнительно большого временного интервала между проходами спутника над точкой приёма (один раз в сутки), длительной (4-5 ч.) многоступенчатой обработки получаемых изображений через «негатив-позитив» и, наконец, низкой разрешающей способности самих снимков. Поэтому лесной пожар можно было обнаружить на космическом снимке только по его дымовому шлейфу в видимом или ближнем ИК-диапазоне спектра.

В последние годы оперативность использования спутниковой информации и разрешающая способность аппаратуры дистанционного зондирования Земли резко возросли. Для информационной поддержки принятия управленческих решений широкое распространение получили геоинформационные системы (ГИС), в которых спутниковая информация привязана к географическим координатам и является регулярно обновляемым источником данных [14].

Приказом Рослесхоза «О космическом мониторинге лесных пожаров» от 25.05.2005 г. № 112 в России начато внедрение системы мониторинга лесных пожаров на территории лесного фонда Российской Федерации. Новая система не является альтернативой авиапатрулированию, а предполагает сочетание этих методов. Данные космического мониторинга лесных пожаров делятся на оперативные, получаемые со спутника TERRA с прибором MODIS, и уточнённые данные более высокого пространственного разрешения, получаемые со спутников системы SPOT с широкоугольной камерой Vegetation (VGT), предназначенной для наблюдения растительного покрова. Погрешность оперативных данных сильно зависит от характера горения, состояния атмосферы и других факторов. Уточнённые спутниковые данные поступают и обрабатываются с задержкой до 10 дней. В зоне авиационной охраны лесов оперативные данные уточняются при

авиапатрулировании [11]. При проведении космического мониторинга лесных пожаров необходимо оформлять следующие документы:

- 1) ведомость лесных пожаров в зоне космического мониторинга второго уровня (1-ИСДМ);
- 2) оперативный отчет о лесных пожарах в зоне космического мониторинга второго уровня (2-ИСДМ);
- 3) сообщение о лесном пожаре (3-ИСДМ);
- 4) сводный отчет о лесных пожарах в зоне авиационного мониторинга и космического мониторинга первого уровня (4-ИСДМ);
- 5) сравнительную ведомость крупных лесных пожаров в зоне авиационного мониторинга и космического мониторинга первого уровня (5-ИСДМ).

Ведомость лесных пожаров в зоне космического мониторинга второго уровня (форма 1-ИСДМ) автоматически формируется в ФГУ «Авиалесоохрана» ежедневно в 7 ч 30 мин московского времени по каждому территориальному органу Рослесхоза на основании детектирования информации, полученной со спутников NOAA и TERRA (прибор M0015). Данные по форме группируются по субъектам Российской Федерации с отображением итогов по федеральным округам и по всей территории лесного фонда, по количеству и площади (общей и, в том числе, покрытой лесом) только действующих лесных пожаров [3,8,18].

Оперативный отчет о лесных пожарах в зоне космического мониторинга второго уровня (форма 2-ИСДМ) автоматически формируется в ФГУ «Авиалесоохрана» ежедневно в 7:30 московского времени по всей неохраняемой территории лесного фонда по каждому субъекту Российской Федерации. Данные по форме группируются по федеральным округам с отображением итогов по округам и, в целом, по всей территории лесного фонда.

Сообщение о лесном пожаре (форма 3-ИСДМ) формируется в ФГУ «Авиалесоохрана» автоматически для каждого лесного пожара в зоне

авиационного и космического мониторинга ежедневно в 1 ч 00 мин по местному времени следующего дня по результатам комплексной обработки спутниковых снимков за прошедшие сутки.

Сводный отчет о лесных пожарах в зоне авиационного мониторинга и космического мониторинга первого уровня (форма 4-ИСДМ) формируется в ФГУ «Авиалесоохрана» автоматически нарастающим итогом для каждого субъекта в разрезе авиабаз и представляется в Рослесхоз по запросу. Данные по форме группируются по федеральным округам с отображением итогов по округам и в целом по всей территории лесного фонда.

Сравнительная ведомость крупных лесных пожаров в зоне авиационного мониторинга и космического мониторинга первого уровня (форма 5-ИСДМ) формируется в ФГУ «Авиалесоохрана» ежедневно для всех действующих и ликвидированных крупных лесных пожаров по комплексным данным космического мониторинга, а по оперативным данным ФГУ «Авиалесоохрана» - с задержкой на 3 дня после отчетной даты. Форма заполняется для крупных пожаров, при которых, горящие площади леса превышают в зоне авиационной охраны 200 га. Необходимо отметить, что информация о лесных пожарах, формируемая федеральной системой космического мониторинга, не является достаточно оперативной, так как выдаётся один раз в сутки. Поэтому весьма важно взаимодействие различных ведомств, обладающих своими мониторинговыми сетями. Прежде всего, это касается сети космического мониторинга МЧС России. Такое взаимодействие тем более важно, так как к борьбе с поражающими факторами источников ЧЛС - лесными пожарами - привлекаются силы и средства МЧС России [3,8,18].

### 3 Использование беспилотной авиации в обнаружения лесных пожаров

Россия обладает самыми обширными лесными богатствами, требующими постоянных мероприятий по охране и защите, проведение которых невозможно без авиации. Еще 20 лет назад федеральный орган управления лесным хозяйством ежегодно привлекал до 700 воздушных судов (налет составлял более 150 тыс. ч). Можно констатировать, что лесное хозяйство являлось крупнейшим в стране государственным потребителем авиауслуг [14].

В современных условиях уровень развития беспилотных авиационных технологий в России позволяет четко оценить возможности беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) разных классов. Направление развития БПЛА идет от «универсальности» в сторону «специализации» беспилотных аппаратов и самих комплексов на «унифицированных» платформах управления, т.е. комплексы, в перспективе, будут создаваться исключительно под целевые требования заказчика. При этом «унификация» платформы управления позволят формировать один комплекс с набором аппаратов разного класса и типа. Данный подход позволяет снизить стоимость как самого комплекса, так и удельные затраты в период его эксплуатации за счет оптимизации выполнения полетов путем выбора типа аппаратов и полезной нагрузки под конкретные задачи [20].

Учитывая широкий спектр БПЛА, целесообразно их классифицировать по набору ключевых характеристик. В настоящее время в России пока не сформирована классификация БПЛА, поэтому можно условно классифицировать их как:

1. Микро класс - для работы в ближней зоне;
2. Малый класс - для работы на среднем удалении;
3. Средний класс - для работы на удалении до 100 км;
4. Большой класс - для работы на удалении свыше 100 км

Условно для предложенных классов можно выделить три типа летательных аппаратов: самолет, вертолет, многоосный вертолет - «мультикоптер».

В представленных классах доминирует самолетный тип БПЛА, как наиболее простой в изготовлении и эксплуатации. В микро и малом классе российским производителем предлагается значительный выбор комплексов. В среднем классе имеются перспективные отечественные разработки, находящиеся на финальной стадии доводки. В большом классе готовых комплексов почти нет, ожидается появление в ближайшие 2-3 года. Для проведения оценки перспектив может быть использован опыт применения БПЛА разных классов иностранного производства.

Беспилотные вертолетные типы представлены во всех классах. Как правило, стоимость вертолетного БПЛА превышает самолет аналогичного класса в 2-4 раза и имеет большую сложность эксплуатации. При этом самолет значительно превосходит вертолет по основным рабочим характеристикам. Преимущество вертолета может быть реализовано в двух направлениях: возможность зависания на одном месте и детального осмотра выбранного объекта с близкого расстояния; использование сложной специализированной целевой нагрузки в условиях длительной эксплуатации с ограниченных площадок (например, палуба корабля).

В лесном хозяйстве, где часто доминирует сочетание требований дальности, обеспечения заданной производительности при работе с площадными объектами, непрерывности наблюдения, приемлемой себестоимости работ вопрос эффективности вертолетных БПЛА представляется неоднозначным. Поэтому эксплуатация беспилотных вертолетов в современных условиях представляется целесообразным, прежде всего, в областях ГО и ЧС, военном применении, обеспечении морской деятельности и т.п.

### **3.1 Информационная поддержка оперативных штабов по тушению крупных лесных пожаров, в том числе в сложных и чрезвычайных условиях**

Технологические задачи: обеспечение высокого (непрерывного) уровня мониторинга за распространением лесных пожаров, в том числе крупных, в неблагоприятных погодных условиях (сильное задымление); передача видеоинформации непосредственно в оперативный штаб на удалении до 50 км; ретрансляция сигналов УКВ-связи, передача цифровых пакетов информации между командами тушения и оперативным штабом с целью повышения качества управления силами тушения.

Данные задачи могут быть решены БПЛА малого и среднего класса. При повышении требования по дальности передачи информации до 100-150 км и выше, обеспечения устойчивой работы в условиях сложного рельефа данные задачи могут решаться БПЛА среднего и большого классов.

Ожидаемый результат: обеспечение непрерывного уровня мониторинга лесопожарной ситуации в кризисной оперативной зоне, повышение качества связи на пожарах в труднодоступных районах; снижение уровня угроз населенным пунктам и объектам экономики за счет своевременности принятия штабами организационных решений [9,20].

### **3.2 Информационная поддержка наземных сил с применением БПЛА микрокласса**

Технологические задачи: проведение полетов на малых высотах до 100 метров в ближней зоне на удалении до 5 км, возможность проведения старта и посадки с любой площадки ограниченных размеров.

Ожидаемый результат: наведение наземных команд при движении на пожар малой площади или проблемный участок кромки пожара в условиях пересеченного рельефа, информационная поддержка работ по тушению пожара средних размеров, поддержка работ по окарауливанию при дефиците

персонала, мониторинг изменения опасных ситуаций на пожаре, повышение эффективности наземного патрулирования.

### **3.3 Плановый лесопатологический мониторинг состояния контрольных участков лесного фонда**

В условиях Сибири и Дальнего Востока имеется проблема оперативного мониторинга состояния лесного фонда на контрольных участках, требуется обеспечить периодичность осмотра нескольких десятков участков, расположенных в удаленных труднодоступных районах по территории региона (субъекта) с целью своевременного выявления отрицательных лесопатологических тенденций. Организация работы наземных команд для осмотра контрольных участков - затратное мероприятие, обладающие низкой производительностью, требующее отвлечения людских ресурсов, иногда привлечение дорогостоящей авиации для доставки команд. Применение пилотируемой авиации не обеспечивает постоянства и своевременности по техническим и организационным причинам, при этом имеется очень высокая стоимость данных работ. Использование для данных целей средств космического мониторинга позволяет частично снять остроту проблемы, но в силу технических особенностей не обеспечивает достоверности результатов в оперативные сроки.

Потребное решение технологических задач: необходимо проведение автоматического полета по заданному маршрута с удалением свыше 100 км от точки старта; выполнение полетов по маршруту в воздушном пространстве; проведение аэрофотосъемки в контрольных точках с требуемыми характеристиками.

Данные задачи могут быть решены БПЛА среднего и большого класса.

Ожидаемый результат: заблаговременное выявление районов с негативными лесопатологическими тенденциями, снижение затрат на

проведение планового мониторинга состояния лесов, адресное использование ресурсов служб по защите леса, предотвращение возможного ущерба за счет своевременности реализации лесозащитных мероприятий.

### **3.4 Противодействие незаконной хозяйственной деятельности в лесах**

Накопленный опыт показал эффективность БПЛА малого класса при противодействии незаконным рубкам. Недостатками такого подхода является недостаточная разрешающая способность оптического канала получения видеоинформации, контроль за незначительной зоной лесного фонда, необходимость получения предварительной информации о фактах и координатах мест незаконной деятельности. Все это снижает оперативность мероприятий по противодействию и недостаточно реализует потенциал воздушного наблюдения с помощью БПЛА. Поэтому требуется применение БПЛА, способного не только фиксировать факт незаконной рубки и наводить оперативные группы.

Требуется реализовать возможность поиска участков лесного фонда с незаконной деятельностью, выявления фактов нахождения производственных сил (тракторов, команд нелегальных лесорубов и т.п.) и их активности. Подобные задачи могут быть реализованы в рамках системного технического решения, использующего возможности наземных автономных датчиков получения информации об активности (сейсмической активности лесовозной техники, изменений магнитного поля при передвижении автотранспорта или оборудования, акустической и т.п.), технологии регистрации мест работы приборов связи (радиостанций, мобильных телефонов и т.п.), сбора информационных данных с помощью БПЛА и передачи их оперативной группе. Такой подход позволит существенно расширить контролируемый район, выявлять маршруты движения техники и объемы транспортировки древесины, точки сбора противоправных лиц,

хранения оборудования, выявления технологической цепочки транспортировки и реализации незаконной древесины.

Указанные задачи могут быть решены БПЛА малого и среднего класса.

Ожидаемый результат: повышение раскрываемости преступлений в области незаконной хозяйственной деятельности, организация эффективной системы охраны ценных участков лесного фонда от незаконных рубок [20].

### **3.5 Патрулирование лесного фонда**

Имеющийся опыт показал, что применение БПЛА для патрулирования лесного фонда является одной из самых сложных задач с технической точки зрения. Ограничение радиуса эффективных действий БПЛА по дальности прямого радиоканала не позволяет использовать БПЛА малых классов для патрулирования территорий лесного более 200 тысяч га, среднее качество оптических каналов БПЛА малых классов снижает радиус обзора камер до 10 км. Решением этой задачи может являться БПЛА с радиусом действия от 50 км до 150 км и специализированной целевой нагрузкой, обладающей следующими характеристиками:

- оптические системы высокого разрешения с дальностью обнаружения дымовой колонки пожара размерами 0,1 га;
- наличие инфракрасного канала обнаружения;
- наличие системы передачи цифровых данных с высокой пропускной способностью;
- ретрансляция сигналов УКВ-связи по направлению пожар-пожар, пожар-авиаотделение, пожар-лесничество; системы автоматического обнаружения (без участия оператора) и идентификации загораний;
- наличие систем предотвращения столкновения в воздушном пространстве.

Комплекс с подобными характеристиками мог бы обеспечить проведение авиапатрулирование участков лесного фонда размерами 1-1,5 млн. га, что соответствует типовой нагрузке для самолета типа Ан-2 или

вертолета Ми-2. Он может быть реализован на БПЛА среднего и большого класса. При реализации данного направления развития БПЛА, следует учитывать, что появления российских БПЛА большого класса ожидается в ближайшие 2-3 года. До этого момента целесообразно провести отработку отдельных технологий перспективной специализированной целевой нагрузки на БПЛА среднего класса.

Ожидаемый результат: снижение себестоимости проведения авиапатрулирования в 5-6 раз, снижается зависимость от авиакомпаний, обеспечивается нормативная кратность патрулирования, повышается гибкость применения авиации для задач лесного хозяйства.

#### **4 Функционирование информационной системы дистанционного мониторинга (ИСДМ Рослесхоз)**

##### **4.1 ИСДМ-Рослесхоз**

Информационная система мониторинга лесных пожаров Федерального агентства лесного хозяйства (ИСДМ-Рослесхоз) создавалась, начиная с 1995 года, в рамках различных проектов [8]. Создание ее элементов в различные годы финансировалось Рослесхозом, МПР России, РАН, фондами РФФИ и TESIS. По заказу Рослесхоза в 2003 году были проведены работы по унификации элементов ИСДМ-Рослесхоз, и в конце пожароопасного сезона она была введена в опытную эксплуатацию. В 2004 году проводилась опытная эксплуатации и доработка элементов системы. В 2005 году был разработан и утвержден первый регламент работы системы, и она была введена в промышленную эксплуатацию. Следует отметить, что система, даже находясь в промышленной эксплуатации, продолжает постоянно развиваться, у нее появляются новые возможности и задачи, связанные, в том числе, с совершенствованием системы управления лесами в Российской Федерации [18].

## 4.2 Космический мониторинг лесных пожаров

Космический мониторинг лесных пожаров, проведение которого обеспечивает ИСДМ - Рослесхоз, является в настоящее время составной частью государственной программы инвентаризации лесов и, в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 26 июня 2007 Г. N 407 “О проведении государственной инвентаризации лесов”, выполняется с целью выявления и учёта изменений состояния лесов, происходящих в результате негативных воздействий лесных пожаров, причин их возникновения. Космический мониторинг выполняется также в целях проведения оценки эффективности мероприятий по охране лесов от пожаров, их тушению и соответствия этих мероприятий плану субъекта Российской Федерации, лесохозяйственному регламенту и проекту освоения лесов. При этом одной из важных задач космического мониторинга является оценка последствий действия лесных пожаров. Эти задачи являются сегодня основными для ИСДМ-Рослесхоз. В то же время, ИСДМ-Рослесхоз продолжает также решать задачи по оперативному обеспечению информацией работ по организации мониторинга и тушения пожаров. Следует отметить, что создание ИСДМ-Рослесхоз еще в 2005 году, позволило фактически определить новые уровни мониторинга и охраны лесов. В зависимости от уровня интенсивности соответствующих мероприятий вся территория лесного фонда делится в настоящее время на следующие зоны мониторинга:

- наземного и авиационного мониторинга;
- космического мониторинга первого уровня;
- космического мониторинга второго уровня.

### 4.3 Функционирование ИСДМ-Рослесхоз

ИСДМ-Рослесхоз должна обеспечивать информацией следующих основных пользователей [14]:

- Федеральное агентство лесного хозяйства Российской Федерации (Рослесхоз);
- Заинтересованные федеральные министерства, агентства и службы, ответственные за мониторинг и охрану окружающей среды;
- Агентства, службы, министерства и организации, обеспечивающие работы по мониторингу и тушению лесных пожаров в субъектах РФ и федеральных округах;
- Отраслевые институты и научные организации Рослесхоза;
- Аппарат, службы и региональные представительства Министерства по ГО и чрезвычайным ситуациям РФ.

Для решения поставленных перед нею задач ИСДМ-Рослесхоз должна оперативно обеспечивать предоставление пользователям системы объективной, однородной (сопоставимой по всей территории России) информации. Для этого она обеспечивает:

- Сбор данных о регистрации пожаров на охраняемой и неохраняемой территориях;
- Сбор данных о состоянии окружающей среды, необходимых для организации работ по обнаружению и тушению лесных пожаров;
- Сбор информации, необходимой для проведения оценок последствий действия лесных пожаров;
- Оперативную обработку данных с целью построения информационных продуктов, необходимых для принятия управленческих решений при организации и проведении работ по обнаружению и тушению лесных пожаров;
- Оперативное предоставление информации, необходимой для принятия управленческих решений, в том числе оценке эффективности

принимаемых мер и использования средств для организации мониторинга и тушения лесных пожаров.

- Оценку последствий действия лесных пожаров по данным дистанционных наблюдений;
- Формирования различных отчетных форм на основе информации наземного, авиационного и спутникового мониторинга;
- Организацию оперативного и долговременного хранения данных, собранных и обработанных системой, и информационных продуктов.
- Проведение комплексных проверок и детального анализа информации по отдельным действующим пожарам, с целью оценки качества и объективности информации, полученной на основе данных наземного, авиационного и спутникового мониторинга.
- Информационную поддержку и обучение пользователей по вопросам использования данных ИСДМ-Рослесхоз.
- Постоянное совершенствование и развитие элементов ИСДМ-Рослесхоз для устранения выявленных в процессе эксплуатации недостатков и расширения ее функциональности.

Основными источниками информации для ИСДМ-Рослесхоз в настоящее время являются:

- данные о лесных пожарах, полученные от организаций и служб, обеспечивающих мониторинг и тушение лесных пожаров;
- информация, полученная на основе данных, поступающих со спутниковых систем дистанционного зондирования Земли (далее спутниковые данных);
- метеоинформация, поступающая из организаций Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и других открытых источников;
- данные регистрации молниевых разрядов;
- данные наземных и авиационных обследований отдельных пожаров, выполненных специалистами АЛО;

- различная картографическая информация. Безусловно, ключевыми в системе являются спутниковые данные, поскольку именно они позволяют оперативно получать информацию по всей территории лесного фонда Российской Федерации (1100 млн. га). Поэтому в работе мы в основном остановимся на вопросах работы ИСДМ- Рослесхоз именно со спутниковыми данными.

Основными задачами, для решения которых в ИСДМ-Рослесхоз используются в настоящее время спутниковые данные, являются [3,4]:

- получение оперативной информации для оценки метеообстановки (в первую очередь о состоянии облачности);

- оперативная регистрация зон с подозрениями на лесные пожары на охраняемых территориях;

- оперативная оценка характеристик действующих пожаров (площадь, направление развития, задымленность и т.д.): по данным о зонах активного горения; оценка площадей, пройденных огнем, на основе анализа данных об изменении состояния растительности до и после пожара; оценка степени повреждений лесов на площадях, пройденных огнем; определение типов территории, на которой действуют пожары (покрытая лесом, не покрытая лесом); уточнение площадей пройденных огнем, на основе анализа данных высокого пространственного разрешения; комплексный анализ данных об отдельных пожарах, в том числе для проверки информации, предоставляемой региональными службами; получение отчетных форм и статистической информации о пожарах и их последствиях; уточнение картографической информации; выявление «устойчивых огней» (постоянно действующих тепловых источников). Для решения данных задач в ИСДМ-Рослесхоз используются в основном следующие спутниковые данные:

- данные, получаемые приборами AVHRR, установленными на спутниках серии NOAA. Эти данные используются в системе для детектирования подозрений на действующие пожары и построения различных изображений облачности;

- данные, получаемые приборами MODIS, установленными на спутниках TERRA и AQUA. Эти данные также используются в системе для детектирования подозрений на действующие пожары и построения различных изображений облачности. Они также используются при оперативной оценке площадей, пройденных огнем на основе информации об активном горении. Данные MODIS также используются для оценки площадей, пройденных огнем, и повреждений лесов на этих площадях на основе анализа состояния растительности до и после действия пожаров;

- данные, получаемые прибором SPOT-VGT, который установлен на спутнике SPOT. Эти данные используются для оценки площадей, пройденных огнем, и повреждений лесов на этих площадях на основе анализа состояния растительности до и после действия пожаров;

- результаты обработки данных приборов HRV и HRVIR, установленных на спутниках SPOT2 и SPOT 4. Эти данные используются для уточнения оценок площадей, пройденных огнем, а также верификации автоматических алгоритмов выявления площадей, пройденных огнем, и оценки степени повреждений лесов. В ряде случаев они также используются для уточнения картографических основ.

- данные прибора Ресурс ДК и LANSAT ETM+, установленных соответственно на спутниках РЕСУРС ДК и LANDSAT. Эти данные в основном используются для выборочного контроля площадей, пройденных огнем, и верификации автоматических алгоритмов выявления площадей, пройденных огнем, и оценки степени повреждений лесов. В ряде случаев они также используются для уточнения картографических основ. Данные прибора LANSAT ETM+ используются также в системе для обеспечения автоматического уточнения географической привязки данных приборов HRV и HRVIR.

- при необходимости в систему также поступают данные других спутников. Для работы с этой информацией в ИСДМ-Рослесхоз создана распределенная автоматизированная система сбора и обработки спутниковых

данных, которая позволяет в настоящее время оперативно получать информацию практически по всей территории России. Система позволяет в настоящее время получать данные перечисленных выше приборов в следующем режиме:

- данные AVHRR получают ежедневно, частота их получения для отдельных регионов может превышать 12 раз в сутки;
- данные MODIS, получают ежедневно, частота их получения для отдельных регионов может превышать 6 раз в сутки;
- данные SPOT-VGT, поступают в систему 1 раз в 10 дней (безоблачный композит);
- результаты обработки данных HRV и HRVIR получают ежедневно, однако поскольку эти приборы имеют достаточно узкую полосу наблюдения, по отдельным регионам в среднем имеется 2-3 безоблачных наблюдения за сезон. При этом по некоторым регионам могут быть получены более частые серии данных, и в то же время могут встретиться регионы, по которым данные за сезон отсутствуют.
- данные Ресурс ДК, LANSAT ETM+ и других спутниковых систем получают эпизодически, обычно по районам, по которым требуется провести дополнительный анализ и проверку информации. Эта система сбора, обработки, архивации и представления результатов обработки спутниковых данных, созданная в ИСДМ-Рослесхоз. В настоящее время в систему автоматически поступают данные из многих городов России.

Центры, через которые в систему поступают оперативные данные, фактически обеспечивают покрытие практически всей территории России.

При этом для некоторых территорий достигается 5-кратное потенциальное дублирование приема. В основном же по территории обеспечивается 3-х кратное дублирование. Это обеспечивает достаточно устойчивое поступление в систему оперативных данных.

Следует также отметить, что сегодня ИСДМ-Рослесхоз начинает обеспечивать работы не только по решению задач мониторинга лесных

пожаров, но и по мониторингу различных процессов, происходящих в лесах (например, процессов гибели лесов от различных воздействий). Как показал опыт эксплуатации системы, реализованные в ней технологии и созданная для обеспечения ее работы инфраструктура могут стать основой для организации дистанционного мониторинга практически всех происходящих в лесах процессов.

## Заключение

Курсовая работа посвящена оценке современных методов мониторинга лесных пожаров.

В ходе проведенной работы были выполнены поставленные задачи:

- проведен анализ видов и методов мониторинга лесных пожаров на территории России, для которой мониторинг лесных пожаров неконтактными методами является эффективным способом получения оперативной информации о состоянии природных и антропогенных систем, учитывая площади страны и в особенности— лесных экосистем.

- изучена нормативно- законодательная база, являющаяся основой для проведения мониторинга лесных пожаров и пожарной опасности.

- вопрос использования беспилотной авиации в деле обнаружения лесных пожаров, оценена реальная возможность эффективного мониторинга лесных массивов с применением беспилотных летательных аппаратов.

- Информационная система дистанционного мониторинга (ИСДМ Рослесхоз) является достаточно сложным распределенным комплексом, применяемым для выполнения основных задач спутникового мониторинга лесов.

## Список использованных источников

1. Авиационный мониторинг ВЛ 35—110 КВ [Электронный ресурс]. URL: [http://www.ruscable.ru/print.html?p=/article/Aviacionnyj\\_monitoring\\_VL\\_35110\\_KV/](http://www.ruscable.ru/print.html?p=/article/Aviacionnyj_monitoring_VL_35110_KV/)
2. Беляев А.И. , Коровин Г.Н. , Лупян Е.А. Использование спутниковых данных в системе дистанционного мониторинга лесных пожаров МПР РФ // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных объектов и явлений. Сборник научных статей. М.: GRANP polygraph, 2005. Т. 1. С. 20-29.
3. Галеев А.А, Котельников Р.В., Крашенинникова Ю.С., Лупян Е.А., Сементин В.Л., Флитман Е.В. Щербенко Е.В. Сопоставление информации о лесных пожарах по данным спутниковых, наземных и авиационных наблюдений ИСДМ-Рослесхоз [Электронный ресурс]. URL: <http://www.aviales.ru/files/documents/2009/08/sopostav.pdf>
4. Галеев А.А., Прошин А.А., Ершов Д.В, Тащилин С.А., Мазуров А.А., Лупян Е.А. Организация хранения данных спутникового мониторинга лесных пожаров мониторинга // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных объектов и явлений. Сборник научных статей. М.: GRANP polygraph, 2005. Т. 1. С.367-371.
5. ГОСТ Р 22.1.09-99 Мониторинг и прогнозирование лесных пожаров
6. Григорец Е. А. Сравнительный анализ видов и методов мониторинга лесных пожаров на территории России // Молодой ученый. — 2015. — №8. — С. 379-381.
7. Ершов Д.В., Коровин Г.Н., Лупян Е.А., Мазуров А.А., Тащилин С.А. Российская система спутникового мониторинга лесных пожаров //

Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2004. Выпуск 1. Т.1. С.47-57.

8. Ефремов В.Ю., Балашов И.В., Котельников Р.В., Лупян Е.А., Мазуров А.А., Прошин А.А., Толпин В.А., Уваров И.А., Флитман Е.В. Объединенный картографический интерфейс для работы с данными ИСДМ-Рослесхоз // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2011. Т.8. № 3. С.129-139.

9. ЗАО «Международные космические технологии» [Электронный ресурс]. URL:<http://www.zaomkt.ru/monitoring-lesnyh-pozharov>

10. Иванов А.В. Лесная пирология [Электронный ресурс]: конспект лекций.— Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2014.— 279 с. <http://www.iprbookshop.ru>

11. Кудрин А. Ю., Запорожец А. И., Подрезов Ю. В. Современные методы обнаружения и мониторинга лесных пожаров // Технологии гражданской безопасности . Выпуск № 4 / том 3 / 2006/ [Электронный ресурс]. URL : <http://cyberleninka.ru/article/n/sovremennyye-metody-obnaruzheniya-i-monitoringa-lesnyh-pozharov>

12. Лабутина И.А. Использование данных дистанционного зондирования для мониторинга экосистем ООПТ [Электронный ресурс]: методическое пособие/ Лабутина И.А., Балдина Е.А.— Электрон. текстовые данные.— М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2011.— 90 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13470>.

13. Мозайки спутниковых снимков, карта Россия и карты городов и регионов [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kosmosnimki.ru/>

14. Официальный сайт ФБУ "Авиалесоохрана" [Электронный ресурс]. URL: <http://www.aviales.ru/>

15. Приказ Рослесхоза от 25.05.2005 N 112 (ред. от 28.12.2005) "О космическом мониторинге лесных пожаров"(вместе с "Методическими рекомендациями по проведению космического мониторинга лесных пожаров на территории лесного фонда Российской Федерации")

16. Против пожара. Энциклопедия безопасности. [Электронный ресурс]. URL: <http://protivpozhara.ru/tipologija/prirodnye/monitoring-lesnyx-pozharov>

17. Прошин А.А., Романов-ст. А.А., Романов-мл. А.А., Толпин В.А. Организация оперативной поставки данных спутниковых наблюдений пожаров в систему мониторинга критически важных объектов и ресурсов // Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса, 2005. Выпуск 2. Т. I. С.176-181.

18. Радченко М.В., Балашов И.В., Ефремов В.Ю., Котельников Р.В., Мазуров А.А., Миклашевич С.Э., Прошин А.А., Флитман Е.В. Аппаратные комплексы для обработки, хранения и представления данных центральных узлов ИСДМ-Рослесхоз // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2011. Т.8. № 3. С.167-174.

19. Сайт компании – производителя программно-аппаратного комплекса «Лесной дозор». [Электронный ресурс]. URL : <http://www.lesdozor.ru/ru/>

20. Сайт компании UNMANNED. Беспилотные системы. Беспилотный мониторинг лесных пожаров. [Электронный ресурс]. URL : <http://unmanned.ru/service/forest.htm>