

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»


Работа выполнена в СКПБ «Оптико-электронные методы в землеустройстве и
кадастрах»

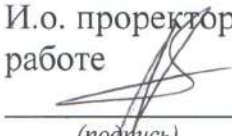
СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

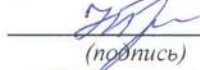
Начальник отдела ОНИПКРС

И.о. проректора по научной
работе


(подпись) Е.М. Димитриади
« 02 » 06 20 26 г.


(подпись) А.В. Космынин
« 03 » 06 20 26 г.

Декан ФКС


(подпись) Н.В. Гринкруг
« 01 » 06 20 26 г.

«Программное обеспечение для использования методов космического
зондирования при мониторинге лесных пожаров»
Комплект конструкторской / проектной документации

Руководитель СКПБ

В.И. Зайков

Руководитель проекта

В.И. Зайков

Карточка проекта

Название	<i>Программное обеспечение для использования методов космического зондирования при мониторинге лесных пожаров</i>
Тип проекта	<i>Техническое творчество (инициативный)</i>
Исполнители	Янкин Евгений Юрьевич гр. 4КЗм
Срок реализации	Начало выполнения – 16.05.2026 г. Окончание выполнения – 30.05.2026 г.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

ЗАДАНИЕ
на разработку

Название проекта: _«Программное обеспечение для использования методов космического зондирования при мониторинге лесных пожаров»_____

Назначение: Анализ программного обеспечения при мониторинге лесных пожаров_____

Область использования: _Организация, мониторинг и обработка результатов для предотвращения или локализации лесных пожаров_____

Функциональное описание проекта: _

Реализация проекта предполагает анализ существующего зарубежного и отечественного программного обеспечения, онлайн-сервисов для применения методов космического зондирования в целях предотвращения или локализации лесных пожаров _____

Требования: _ Анализ зарубежного и отечественного программного обеспечения, онлайн-сервисов при мониторинге лесных пожаров_____

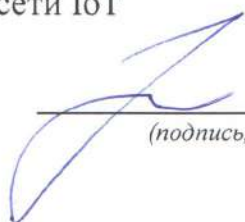
Таблица 1 – План работ:

Наименование работ	Срок
Изучение и теоретическое обоснование проекта	17.05.2026
Теоретические основы дистанционного зондирования	19.05.2026
Применение технологий методов космического зондирования	21.05.2026
Мировые сервисы мониторинга пожаров	24.05.2026
Анализ инновационных технологий при мониторинге лесных пожаров	26.05.2026
Оформление отчета по выполненному проекту	27.05.2026

Перечень графического материала:

1. Схема «Лесного дозора»
2. Система ИСДМ-Россельхоз
3. ИИ для прогнозирования лесных пожаров
4. Спутниковые снимки пожаров в Австралии
5. Поднаборы снимков Landsat 8
6. Интерфейс интерактивной карты лесных пожаров сайта ФБУ «Авиалесоохрана»
7. БПЛА при мониторинге пожаров
8. Наземные сенсоры в сети IoT

Руководитель проекта



(подпись, дата)

В.И. Зайков

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

ПАСПОРТ

(техническое описание) проекта

«Программное обеспечение для использования методов космического
зондирования при мониторинге лесных пожаров»

Руководитель проекта



(подпись, дата)

В.И. Зайков

Комсомольск-на-Амуре 2026

Содержание

Общие положения	7
1.1 Наименование изделия.....	7
1.2 Наименования документов, на основании которых ведется проектирование изделия.....	7
1.3 Перечень организаций, участвующих в разработке изделия.....	7
1.4 Сведения об использованных при проектировании нормативно-технических документах	8
2 Назначение и теоретическое обоснование проекта.....	9
2.1 Назначение проекта (изделия).....	9
2.2 Области использования проекта (изделия).....	9
2.3 Теоретическое обоснование проекта (изделия)	9
3 Основы дистанционного зондирования	11
3.1 Понятие и типы дистанционного зондирования	11
3.2 Методы дистанционного зондирования.....	12
4 Применение технологий методов космического зондирования	15
4.1 Отечественное программное обеспечение	15
4.2 Зарубежное программное обеспечение.....	19
4.3 Сервисы мониторинга пожаров в мире.....	24
5 Инновационные технологии	27
5.1 Беспилотные летательные аппараты	27
5.2 Интеллектуальные сенсорные сети	29
5.3 Искусственный интеллект и компьютерное зрение.....	31
6 Заключение.....	32

					СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.01000000	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		6

Общие положения

Настоящее техническое описание является документом, предназначенным для ознакомления с основными технологическими характеристиками, устройством, правилами установки и эксплуатации разработанного проекта.

1.1 Наименование изделия

Полное наименование изделия – «Программное обеспечение для использования методов космического зондирования при мониторинге лесных пожаров»).

1.2 Наименования документов, на основании которых ведется проектирование изделия

Проектирование «Программное обеспечение для использования методов космического зондирования при мониторинге лесных пожаров» осуществляется на основании требований и положений следующих документов:

- задание на разработку.

1.3 Перечень организаций, участвующих в разработке изделия

Заказчиком проекта «Программное обеспечение для использования методов космического зондирования при мониторинге лесных пожаров» является Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет» (далее заказчик), находящийся по адресу: 681013, Хабаровский край, г. Комсомольск-на-Амуре, Ленина пр-кт., д. 17.

Исполнителями проекта «Программное обеспечение для использования методов космического зондирования при мониторинге лесных пожаров» являются Конструкторы студенческого конструкторского/проектного бюро «Оптико-электронные методы в землеустройстве и кадастрах» (далее СКПБ), студент группы 4КЗм-1, Янкин Евгений Юрьевич.

					СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.01000000	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		7

1.4 Сведения об использованных при проектировании нормативно-технических документах

При проектировании использованы следующие нормативно-технические документы:

ГОСТ 2.001-2013. Единая система конструкторской документации. Общие положения.

ГОСТ 2.102-2013. Единая система конструкторской документации. Виды и комплектность конструкторских документов.

ГОСТ 2.105-95. Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам.

ГОСТ 2.610-2006. Единая система конструкторской документации. Правила выполнения эксплуатационных документов.

ГОСТ 2.004-88. Единая система конструкторской документации. Общие требования к выполнению конструкторских технологических документов на печатающих и графических устройствах вывода ЭВМ.

ГОСТ 2.051-2006. Единая система конструкторской документации. Электронные документы. Общие положения.

ГОСТ 2.052-2006. Единая система конструкторской документации. Электронная модель изделия. Общие положения.

ГОСТ 2.601-2013. Единая система конструкторской документации. Эксплуатационные документы.

					СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.01000000	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		8

2 Назначение и теоретическое обоснование проекта

2.1 Назначение проекта (изделия)

Программное обеспечение для использования методов космического зондирования при мониторинге лесных пожаров

2.2 Области использования проекта (изделия)

Организация, мониторинг и обработка результатов для предотвращения или локализации лесных пожаров

2.3 Теоретическое обоснование проекта (изделия)

Лесные пожары являются значительной угрозой для лесов Российской Федерации и негативно сказываются на экологической обстановке в ряде регионов страны. Анализ причин возникновения пожаров показывает, что подавляющее большинство из них (около 85%) вызваны хозяйственной деятельностью человека. Наибольшее количество возгораний зафиксировано в районах с повышенной плотностью населения, развитой инфраструктурой и транспортной сетью.

Пожары чаще всего происходят в сухую половину года, преимущественно на территориях с распространением сухой травы, кустарников и сосновых лесов, которые обладают повышенной пожароопасностью.

Мониторинг состояния окружающей среды и обеспечение ее защиты в России осуществляется Единой государственной системой экологического мониторинга (ЕГСЭМ). В задачи данной системы входит проведение регулярных наблюдений за состоянием природной среды, включая ее компоненты, естественные экосистемы, процессы, явления и изменения, происходящие в них [1].

Лесные пожары представляют собой серьезную угрозу для экологической системы, экономического благополучия и безопасности населения Российской Федерации.

В 2023 году огнём было охвачено 4,3 миллиона гектаров территории, что на 1,3 миллиона гектаров меньше установленного правительством допустимого предела в 5,5 миллионов гектаров. Несмотря на это, по

					СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.01000000	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		9

сравнению с 2022 годом (3,5 миллиона гектаров), наблюдается увеличение площади пострадавших от пожаров территорий.

Особую сложность ситуация приобрела в 17 регионах страны, среди которых Свердловская, Омская и Челябинская области, Амурская область, Забайкальский и Хабаровский края, а также Еврейская автономная область.

В 2022 году убытки лесному хозяйству превысили 7 млрд рублей. А, по предварительным данным, в 2023 году ущерб в отдельных регионах, таких как Якутия, составил свыше 347 млн рублей.

В условиях роста частоты и масштабов лесных пожаров эффективное мониторинговое и оперативное обнаружение очагов возгорания приобретают первостепенное значение. Традиционные методы наблюдения зачастую не позволяют своевременно выявлять очаги пожаров, особенно в труднодоступных районах. В этой связи технологии дистанционного зондирования Земли приобретают особую актуальность.

Использование спутниковых данных, беспилотных летательных аппаратов и систем ГЛОНАСС/GPS позволяет оперативно обнаруживать возгорания, отслеживать их динамику и оценивать последствия.

Современные методы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) позволяют контролировать только объекты, которые отличаются друг от друга по спектральной отражательной способности хотя бы в одном диапазоне длин волн и имеют размеры, сопоставимые с пространственным разрешением съемочной аппаратуры [2].

					СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.01000000	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		10

3 Основы дистанционного зондирования

3.1 Понятие и типы дистанционного зондирования

Дистанционное зондирование Земли – это метод получения данных о поверхности нашей планеты и расположенных на ней объектах без прямого физического контакта. Данный метод основан на анализе электромагнитного излучения, отраженного или испускаемого исследуемыми объектами.

Его фундаментальными принципами являются законы взаимодействия электромагнитного излучения с различными поверхностями и объектами. Благодаря этому можно идентифицировать и классифицировать объекты по их спектральным характеристикам.

Существуют два основных типа методов дистанционного зондирования: пассивные и активные. Пассивные сенсоры регистрируют естественное электромагнитное излучение объектов, например, солнечный свет, отраженный от поверхности Земли. Такие системы широко используются в мультиспектральной и гиперспектральной съемке. Активные сенсоры, к которым относятся радиолокационные системы и лидары, излучают собственный сигнал и измеряют его отражение от объектов.

В целях сбора информации о состоянии Земли используются различные платформы: космические спутники для глобального охвата и регулярного обновления данных; воздушные платформы (самолёты и беспилотные летательные аппараты) для получения высокоразрешительных снимков локальных территорий; наземные установки для детального исследования ограниченных участков.

Обработка данных дистанционного зондирования земли (ДЗЗ) осуществляется в несколько этапов:

1. Предварительная обработка: корректировка геометрических и радиометрических искажений, вызванных атмосферными факторами и характеристиками сенсоров.

					СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.01000000	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		11

2. Извлечение информации: анализ спектральных характеристик объектов для их идентификации и классификации.

3. Интеграция данных: объединение полученной информации с геоинформационными системами для пространственного анализа и визуализации результатов.

Данные ДЗЗ широко применяются в решении разнообразных задач:

- Мониторинг природных ресурсов;
- Картографирование земель;
- Оценка последствий стихийных бедствий;
- Гидрологические наблюдения;
- Городское планирование;
- Сельскохозяйственный мониторинг;
- Экологический контроль.

Благодаря своей универсальности, ДЗЗ стало незаменимым инструментом для изучения и управления природными и антропогенными процессами. В частности, дистанционное зондирование играет ключевую роль в оперативном обнаружении и контроле лесных пожаров, особенно в труднодоступных регионах. Для мониторинга лесных пожаров используются спутниковые системы, аэрофотосъемка, беспилотные летательные аппараты, географические информационные системы и системы видеонаблюдения. Комбинированное применение этих методов обеспечивает высокую точность и оперативность работы [3].

3.2 Методы дистанционного зондирования

Методы ДЗЗ обладают значительным потенциалом для проведения оперативного анализа динамики объектов в пространстве и времени, а также для выявления катастрофических событий, таких как аварии, катастрофы и

					СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.01000000	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		12

природные явления. Такая информация может быть использована для решения задач в различных сферах народного хозяйства.

Следует иметь в виду, что эффективность ДЗЗ для регистрации техногенных аварий и катастроф может быть ограничена, если они не сопровождаются площадными загрязнениями или интенсивными пожарами. К числу задач, решаемых с помощью космического мониторинга относятся:

- * Выявление аварий на промышленных объектах и нефтяных вышках, которые сопровождаются пожарами, а также лесные, торфяные и степные пожары.

- * Определение площади лесных гарей и ущерба от огня.

- * Мониторинг состояния сельскохозяйственных земель, в частности, выявление зон, подверженных засухе.

- * Контроль использования лесных ресурсов, а том числе отслеживание незаконной вырубке лесных массивов.

- * Оценка экологического состояния – распространение загрязняющих веществ вблизи нефтепромыслов и промышленных зон.

ДЗЗ является значительным инструментом для оперативного выявления очагов возгорания и мониторинга их динамики.

Своевременное получение данных о пожарной опасности позволяет заранее принять меры по эвакуации населения и техники, а также предпринять необходимые шаги для локализации и ликвидации пожара [4].

Применение космического мониторинга в области борьбы с лесными пожарами:

- Детектирование и мониторинг лесных пожаров из космоса в динамике;

- Оптимизация затрат на мероприятия по охране лесов (в том числе маршрутов авиапатрулирования);

- Оценка площади, пройденной огнем;

- Предварительная оценка повреждений насаждений от пожаров;

- Проведение комплексного анализа данных, полученных с помощью наземных, авиационных и космических методов наблюдения, с последующей

					СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.01000000	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		13

передачей результатов обратно заинтересованным структурам (наземным и авиационным пожарным службам) в региональном масштабе.

Использование данных дистанционного зондирования земли (ДЗЗ) для решения задач осуществляется с помощью разнообразной съемочной аппаратуры, работающей в различных спектральных диапазонах.

Определенные задачи требуют довольно оперативной информации, поступающей с регулярностью 1-3 часа и обладающей пространственным разрешением не менее 1000 метров. Другие же задачи, хотя и менее оперативные, нуждаются в более высоком пространственном разрешении изображений.

Для эффективного решения поставленных задач необходимы изображения с высоким пространственным и временным разрешением. Достижение таких условий возможно посредством реализации программы увеличения группировки «малых спутников» или организации воздушного мониторинга с использованием пилотируемых или беспилотных летательных аппаратов, способных выполнять длительные патрулирования.

Задачи космического мониторинга условно можно разделить на две категории: задачи оперативного обнаружения явлений и задачи исследования или анализа явлений и их последствий. Для решения оперативных задач используются данные с приборов AVHRR (на спутниках серии NOAA) и MODIS (на спутниках серии TERRA), поступающие на Землю с периодичностью от 3 до 12 часов. Остальные же задачи относятся ко второй категории, требующей детального описания и анализа наблюдаемых явлений и их последствий.

Для выявления различных признаков, связанных с растительным покровом (состояние лесов и сельскохозяйственных культур, засуха, горимость леса и т.д.), используется следующий набор спектральных диапазонов: 0,6-0,7 мкм, 0,8-0,9 мкм, 1,5-1,7 мкм.

Для верификации данных, полученных посредством космического наблюдения, привлекаются авиационные средства (самолёты, вертолёты, беспилотные летательные аппараты) [5].

					СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.01000000	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		14

4 Применение технологий методов космического зондирования

4.1 Отечественное программное обеспечение

В Республике Башкортостан спутниковые технологии активно внедряются для обнаружения очагов возгораний и контроля за их распространением.

Для обследования пострадавших территорий используются беспилотные летательные аппараты, что способствует более эффективному планированию мероприятий по тушению пожаров и восстановлению лесных массивов.

В России разработана система «Лесной Дозор», обеспечивающая круглосуточный мониторинг лесных угодий с помощью видеокамер и инфракрасных сенсоров, установленных на вышках. Данная система позволяет оперативно обнаруживать возгорания, управлять множеством сенсоров одновременно и передавать данные в центры управления для своевременного реагирования (рисунок 1).

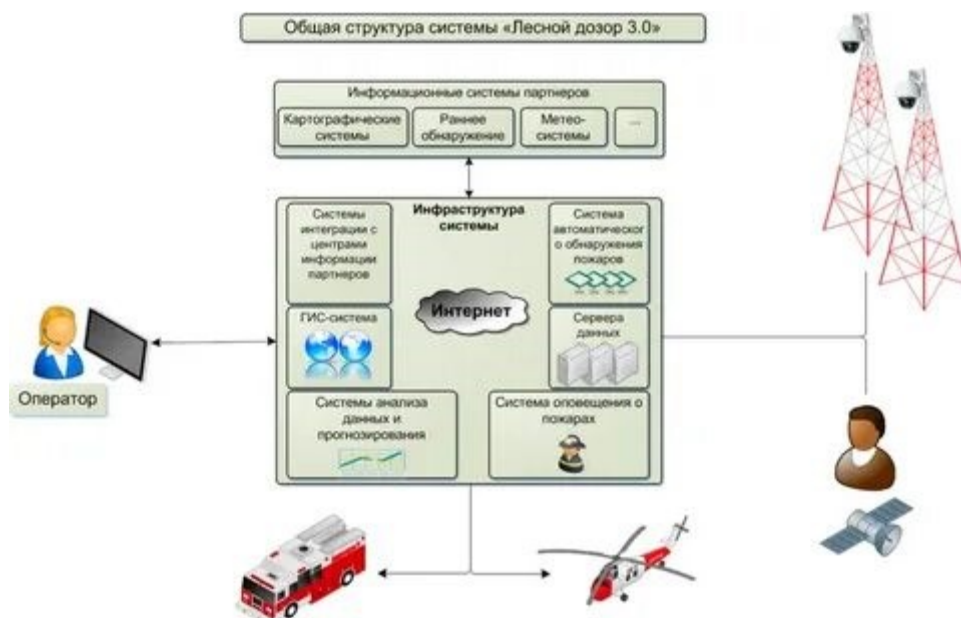


Рисунок 1 - Схема «Лесного дозора»

Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.

В настоящее время интеграция географических информационных систем (ГИС) и данных дистанционного зондирования Земли играет важную роль в эффективном управлении лесными пожарами, как показано на примере Минусинского лесничества Красноярского края.

Применение этих технологий позволяет отслеживать динамику распространения пожаров, планировать меры по их предупреждению и оценивать последствия.

В Беларуси ведется активный анализ дистанционных методов мониторинга и предупреждения лесных пожаров с использованием спутниковых и авиационных технологий. Особое внимание уделяется разработке методов идентификации очагов возгорания в видимом и инфракрасном диапазонах, что существенно повышает точность и оперативность их обнаружения.

Беспилотные летательные аппараты самолетного типа активно используются для мониторинга обширных территорий. Оснащенные тепловизорами и камерами высокого разрешения, они предоставляют данные в режиме реального времени, что способствует планированию эффективных мер по тушению пожаров.

Система дистанционного мониторинга лесных пожаров (ИСДМ), разработанная Рослесхозом, эффективно использует данные дистанционного зондирования земли (ДЗЗ) с пространственным разрешением от 250 до 1000 метров в тепловом инфракрасном диапазоне. Источниками данных служат спутники «Terra», «Aqua», «Noaa», «Suomi NPP», «Метеор М».

Несмотря на возможность масштабного мониторинга пожаров с использованием спутниковых ДЗЗ, реакция на очаги возгорания может занимать от 2 до 10 дней. В качестве примера можно привести карты пожаров НАСА, обновляемые ежемесячно и демонстрирующие локации активных пожаров по всему миру. Данные для карт формируются на основе наблюдений спектрорадиометра среднего разрешения (MODIS) на спутнике НАСА «Terra».

					СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.01000000	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		16

Аппаратура MODIS, установленная на спутниках «Terra» и «Aqua», позволяет получать снимки с пространственным разрешением 250–500 метров на пиксель в спектральном диапазоне 3,660–14,385 мкм (16 каналов). Ширина полосы обзора составляет 2300 км. Повторяемость съёмки одной территории достигает 4 раз в сутки, а производительность съёмочной аппаратуры – до 700 тысяч квадратных километров в сутки.



Рисунок 2 - Система ИСДМ-Россельхоз

В настоящее время разрабатываются алгоритмы, позволяющие аппроксимировать результаты путем выборки заданной области. Точность полученных данных возрастает при более близких уровнях масштабирования. Данные дополняются актуальной информацией, получаемой с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в мультиспектральном, гиперспектральном и лидарном диапазонах.

Совместные проекты **Роскосмоса и Российской академии наук (РАН)** направлены на мониторинг лесных пожаров с использованием отечественных спутников. К функциям этих проектов относятся:

- Сбор данных с российских спутников «Канопус-В» и «Ресурс-П».
- Предоставление собранных данных для научных исследований и практического применения.

Основное внимание уделяется повышению точности и оперативности обнаружения лесных пожаров.

Некоторые российские компании и университеты также ведут разработку в области использования искусственного интеллекта (ИИ) для мониторинга природных явлений. Функции этих проектов включают:

- Разработку алгоритмов для анализа спутниковых снимков.
- Создание моделей прогнозирования рисков возникновения лесных пожаров.

Специалисты Сколковского института науки и технологий разработали инновационную систему прогнозирования лесных пожаров на территории Российской Федерации, основанную на принципах искусственного интеллекта.

В отличие от существующих аналогов, данная система характеризуется комплексным подходом к анализу данных. Она учитывает не только метеорологические условия, но и уровень активности населения в регионе, что существенно повышает точность прогнозирования.

Учитывая уникальные особенности каждого региона России, система искусственного интеллекта требует индивидуальной настройки для эффективной работы в различных районах страны. В настоящее время система проходит испытания на Сахалине. Представители Федерального агентства лесного хозяйства (Рослесхоз) ознакомились с разработкой и высказали пожелания по ее доработке. Эксперты отмечают, что использование нейронных сетей способно повысить точность прогнозирования природных

					СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.01000000	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		18

пожаров. Однако для достижения качественных улучшений необходимы дальнейшие масштабные исследования и доработки.

Отличительной особенностью новой программы является использование разнородной информации для построения прогноза, в то время как большинство аналогичных разработок опираются на однотипные данные. (рисунок 3).

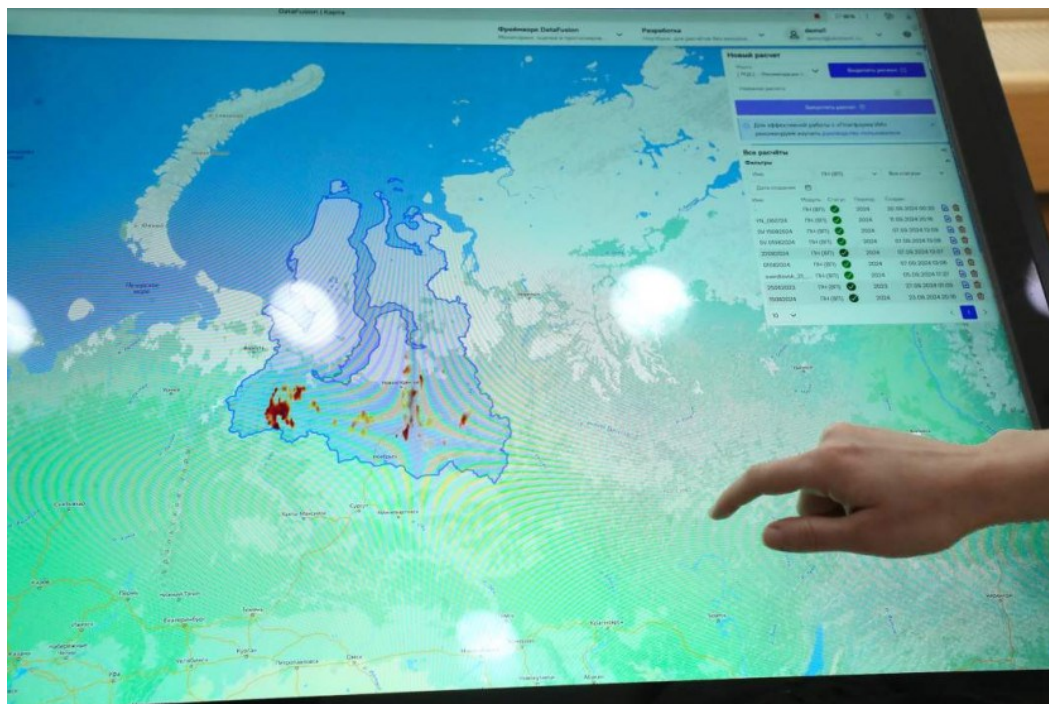


Рисунок 3 – ИИ для прогнозирования лесных пожаров

4.2 Зарубежное программное обеспечение

В настоящее время мировое сообщество располагает относительно налаженными системами регистрации лесных пожаров посредством спутниковых наблюдений. Существует пять доступных онлайн-порталов (НАСА, ЕКА, Global Forest Watch, Global Wildfire Information System (GWIS), CTIF - The International Association of Fire & Rescue Services) и Global Fire Monitoring Center (GFMC), предоставляющих данные о пожарах по всему миру.

					СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.01000000	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		19

Основным способом представления данных является картографирование. Как правило, картографирование лесных пожаров основано на данных спутников KATERRA (MODIS), LANDSAT, SENTINEL и PLANET. После сбора данных проводится статистический и феноменологический анализ. Результаты анализа представляются в виде интерактивных диаграмм и карт, обобщающих основные статистические данные о лесах, включая информацию о лесах в России. Эти данные охватывают широкий спектр показателей:

- Темпы изменения лесных массивов.
- Площадь лесов.
- Факторы обезлесения.
- Предупреждения об обезлесении и пожарах.

Кроме того, статистический анализ позволяет определить регионы с наибольшим количеством пожарных тревог и провести сравнение текущей ситуации с историческими тенденциями.

В настоящее время спутниковое дистанционное зондирование обладает значительным потенциалом в области мониторинга лесных пожаров и моделирования климатических процессов.

До возникновения пожара:

- Создание моделей: на основе снимков спускаемых аппаратов возможно формирование моделей для гидрологических и климатических приложений.
- Обнаружение потенциальных очагов возгорания: анализ растительного покрова с помощью спутниковых данных позволяет выявлять участки, подверженные высокому риску возникновения пожаров.

Во время пожара:

- Активный мониторинг: спутники отслеживают развитие и распространение лесных пожаров в режиме реального времени.

					СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.01000000	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		20

- Моделирование дымовых завес: данные о пожаре используются для создания моделей распространения дыма и прогнозирования его воздействия на окружающую среду.

После пожара:

- Моделирование системы "Земля": спутниковые данные служат основой для построения моделей, анализирующих влияние лесных пожаров на климат и гидрологический режим.

- Обнаружение последствий пожара: анализ растительности позволяет оценить масштаб ущерба, нанесенного пожаром лесному покрову.

Эффективность спутникового дистанционного зондирования в области мониторинга лесных пожаров была подтверждена результатами прошлых миссий.

Прошлые спутниковые эксперименты - миссия FireBIRD (Fire Bispectral InfraRed Detector), проводимые Немецким аэрокосмическим центром (DLR), пара спутников — TET-1 (носитель технологических экспериментов) и BIROS (биспектральная инфракрасная оптическая система) подтвердили упомянутые возможности.

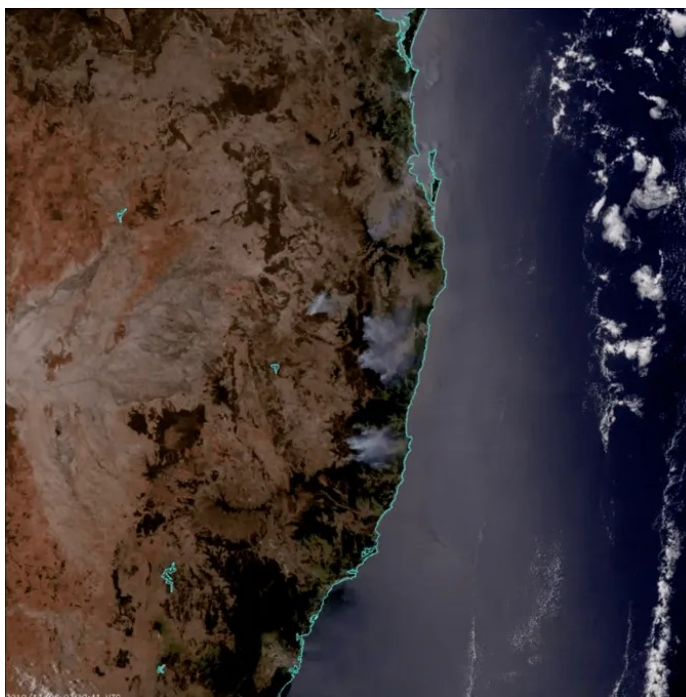


Рисунок 4 – Спутниковые снимки пожаров в Австралии

Зарубежное программное обеспечение, используемое для космического зондирования и мониторинга лесных пожаров:

ARC/INFO 7.2: Полностью функциональный программный комплекс для обработки пространственной информации (географических данных). ARC/INFO является пионером в области географических информационных систем (ГИС), основанных на базе данных. Эта система произвела революцию в цифровой картографии и методах работы с пространственными данными. Её используют десятки тысяч организаций в более чем 80 странах.

ArcView 3.0a (ESRI Inc.) с авторскими модулями расширения Fire Wall. Эта система, разработанная компанией ESRI Inc., также используется для обработки пространственной информации и дополнена модулями "Fire Wall", специально предназначенными для анализа данных о лесных пожарах.

NOAA Forest Fires Detect 2.0 (НРЦГИТ СО РАН): Эта программа, разработанная Научным Research Centre for Geography and Ecology RAS, представляет собой компонент для обработки данных дистанционного зондирования (ДДЗ) и предназначена для обнаружения лесных пожаров.

Forest Fire Finder: Эта сложная система базируется не на визуальном обнаружении огня, а на анализе изменений в поглощении солнечного света атмосферой. Различные типы дыма обладают уникальными характеристиками поглощения, что позволяет системе различать источники дыма, например, органический дым от сгорания растительности и промышленный дым, в радиусе 15 километров.

Для обеспечения быстрого обнаружения система монтируется на вершинах деревьев и успешно применяется в лесах Португалии.

ForestWatch: Более распространенная система обнаружения лесных пожаров. Канада, единственная страна, официально документировавшая свой опыт использования ForestWatch, отметила достоверное обнаружение пожаров на расстоянии 20 километров, однако также была зафиксирована высокая частота ложных срабатываний.

					СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.01000000	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		22

Системы ForestWatch функционируют в США (22 башни), Канаде (4 башни), Южной Африке (83 башни), Чили (20 башен), Свазиленде (5 башни) и Словакии (4 башни). Две пилотные установки установлены в Греции. Телевизионные вышки сканируют лес на наличие столбов дыма днем и зарева огня ночью в радиусе 16-20 километров.

ERDAS Imagine 8.3 (ERDAS Inc.) и **ENVI** – это пакеты программного обеспечения, предназначенные для работы с данными дистанционного зондирования (ДДЗ). Scanviewer (Scanex) используется для обработки данных NOAA, а WinTrack (ИРЦГИТ СО РАН) – это векторизатор.

В контексте решения проблемы прямой видимости оптических камер в лесу предлагается использовать датчики второго типа. Новая технология, называемая сетью беспроводных датчиков (WSN), может быть развернута в различных системах, включая системы обнаружения лесных пожаров.

WSN основана на беспроводной сенсорной сети, узлы которой осуществляют мониторинг окружающей среды для раннего обнаружения и предотвращения лесных пожаров. Технология WSN использует открытые стандарты и протокол Zigbee для радиочастотной связи между узлами. Сбор данных WSN осуществляется посредством общей службы пакетной радиосвязи (GPRS) по протоколу TCP/IP на веб-сервер.

Эффективность WSN оценивается по двум параметрам: скорости передачи данных и временной задержки, измеряемых от момента сбора данных до их получения на веб-сервере. Исследования показали средний процент успешной передачи данных более 86% и среднюю временную задержку менее 500 миллисекунд во всех проведенных тестах.

Помимо WSN, для обработки спутниковых данных и обнаружения пожаров используются алгоритмы глубокого обучения. Например, для обнаружения природных пожаров на основе данных Landsat-8 [7].

					СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.01000000	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		23

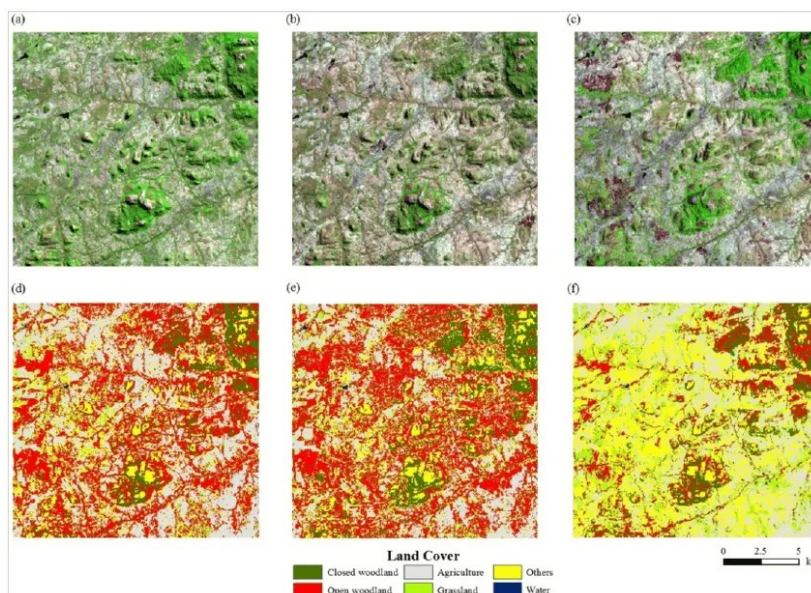


Рисунок 5 – Поднаборы снимков Landsat 8

4.3 Сервисы мониторинга пожаров в мире

1. Global Forest Watch – это онлайн-платформа, созданная Всемирным институтом ресурсов (World Resources Institute) в сотрудничестве с другими организациями. Платформа предоставляет интерактивные карты, визуализирующие состояние лесов по всему миру, в том числе данные о лесных пожарах. Пользователи могут отслеживать текущие пожары, анализировать исторические данные, получать уведомления и использовать инструменты для оценки состояния лесов в режиме реального времени. Global Forest Watch также предоставляет обширную информацию о ресурсах лесов, проектах и исследованиях [8].

2. European Forest Fire Information System (EFFIS) – это система, разработанная Центром совместных исследований Европейской комиссии. EFFIS собирает и предоставляет данные о лесных пожарах и пожарной опасности в странах Европейского Союза и соседних регионах. На сайте EFFIS доступны интерактивные карты, показывающие текущие пожары, расположение пожарных станций, доступные ресурсы и данные о пожарном

риске. Система также предлагает отчеты и аналитические инструменты для оценки риска лесных пожаров и планирования лесного хозяйства [9].

3. Национальный межведомственный центр по борьбе с лесными пожарами (NIFC) - это американская организация, координирующая усилия всех государственных и федеральных структур, участвующих в предотвращении и ликвидации лесных пожаров. На официальном сайте NIFC можно получить информацию о текущей обстановке с лесными пожарами, а также о ресурсах и оперативной деятельности центра, включающей логистическую поддержку и координацию пожарных бригад. Кроме того, NIFC предоставляет доступ к дополнительным ресурсам, таким как полезные ссылки, обучающие материалы и статистика по лесным пожарам в США [10].

4. Система NASA по предоставлению информации о пожарах (NASA Fire Information System) - это система, разработанная Национальным управлением по аэронавтике и исследованию космического пространства (NASA). Она использует данные, полученные с помощью различных спутников и сенсоров, для обнаружения и отслеживания лесных пожаров по всему миру. На сайте системы доступны карты и инструменты анализа, позволяющие изучать характеристики пожаров и анализировать данные, такие как площадь, интенсивность и распределение очагов возгорания. NASA Fire Information System также предоставляет информацию о пожарной активности и статистику за разные периоды времени [11].

5. Федеральное бюджетное учреждение «Авиалесоохрана» (ФБУ «Авиалесоохрана») является российским государственным органом, ответственным за защиту лесных массивов от пожаров.

Для эффективного мониторинга и предотвращения распространения лесных пожаров ФБУ «Авиалесоохрана» разработало специализированный сайт [12]. Данный ресурс предоставляет пользователям доступ к актуальной информации о пожарной обстановке в различных регионах Российской Федерации.

					СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.01000000	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		25

Включая интерактивную карту с отображением локализации и статуса тушения пожаров, а также сводные отчеты о ситуации в разных регионах, сайт позволяет осуществлять оперативный контроль за развитием событий.

Кроме того, на сайте размещена статистическая информация о количестве зарегистрированных лесных пожаров, площади поражения огнем и других ключевых параметрах. Данные позволяют оценить масштаб проблемы и эффективность реализуемых мер по предотвращению лесных пожаров.

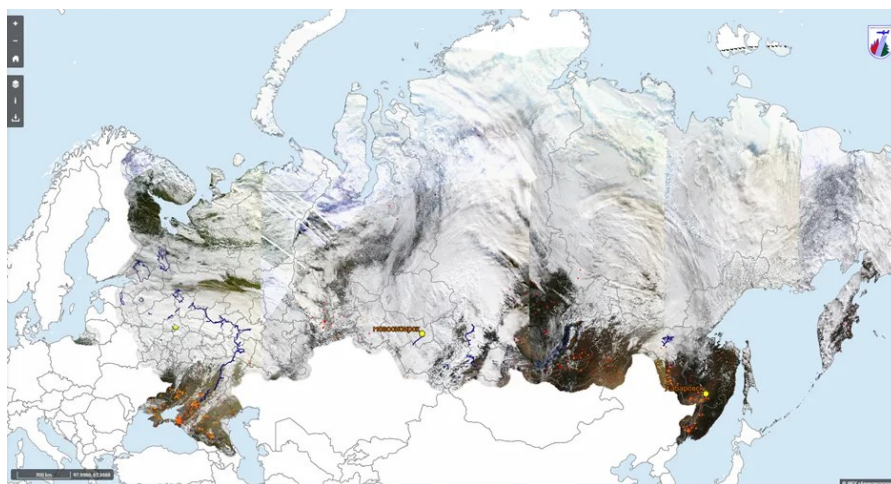


Рисунок 6 – Интерфейс интерактивной карты лесных пожаров сайта ФБУ «Авиалесоохрана»

5 Инновационные технологии

5.1 Беспилотные летательные аппараты

Ежегодно Министерством чрезвычайных ситуаций привлекается более 300 самолётов для мониторинга распространения огня. Однако возможности классической авиации ограничены, особенно в зонах с сильным задымлением.

Внедрение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в работу МЧС существенно повышает эффективность борьбы с пожарами. К преимуществам использования БПЛА относятся:

- Обеспечение непрерывного патрулирования – БПЛА могут выполнять длительные полеты и осуществлять постоянный мониторинг территории.
- Мониторинг зон с высоким уровнем задымления – оснащение дронов инфракрасными камерами позволяет эффективно выявлять очаги возгорания даже в условиях плохой видимости.
- Функция ретранслятора связи – БПЛА могут использоваться для обеспечения связи между пожарными подразделениями, что особенно важно в труднодоступных районах.
- Непосредственное тушение пожаров – применение крупных беспилотников с системами доставки огнетушителей позволяет локализовать и ликвидировать очаги возгорания.

Применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) является целесообразным на всех стадиях мониторинга состояния лесных массивов.

Функции БПЛА в лесном контроле:

- Раннее обнаружение пожаров: поиск и локализация очагов возгорания.
- Мониторинг распространения огня: контроль за динамикой лесного пожара.
- Оперативное тушение: применение БПЛА с системами доставки огнетушителей.

					СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.01000000	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		27

Выбор типа БПЛА зависит от конкретных задач и локализации пожара:

- Вертолетного типа: для разведки в зоне ограниченного радиуса (до 15 км).
- Самолетного типа: для контроля удаленных и труднодоступных районов.

При подборе БПЛА учитываются задачи, стоящие перед службами мониторинга:

- Простая детекция пожара.
- Обнаружение и последующий мониторинг очага возгорания.
- Контроль в труднодоступных зонах (ограниченная видимость, специфические климатические условия).
- Прямое тушение пожара с использованием специальных систем.



Рисунок 7 – БПЛА при мониторинге пожаров

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) эффективно выполняют две ключевые функции:

- Патрулирование лесных территорий: БПЛА осуществляют систематический облет заданных участков, обеспечивая непрерывный мониторинг состояния леса.

- Предоставление данных наземным службам пожаротушения: Информация, полученная с помощью БПЛА, передается в режиме реального времени операторам, координирующим действия по борьбе с лесными пожарами.

БПЛА, оснащенный камерами, передает оператору визуальную информацию (фото и видео) о состоянии лесных территорий. Диспетчер несет ответственность за оперативный анализ поступающих данных, а также за контроль параметров полета БПЛА (скорость, направление ветра, расстояние от точки старта, уровень заряда батареи и др.).

При обнаружении очага возгорания диспетчер переводит управление БПЛА в ручной режим, корректируя маршрут полета для обеспечения точного позиционирования дрона над зоной пожара.

На основании данных, полученных с помощью беспилотных летательных аппаратов, оператором составляется аналитический отчет. Использование дронов позволяет получить следующую информацию:

- Вектор распространения огня.
- Потенциальную угрозу пожара для населенных пунктов и промышленных объектов.
- Точное местоположение очагов возгорания.
- Расположение сил и средств тушения пожара в зоне возгорания.

Анализ полученных данных используется для принятия решений по тактике тушения пожара, включая распределение ресурсов, выбор оптимальных подъездных путей и другие необходимые меры [13, 15].

5.2 Интеллектуальные сенсорные сети

Цифровые технологии активно внедряются в лесном хозяйстве, в том числе Интернет вещей (IoT). Применение IoT и беспроводных систем открывает широкие возможности для эффективного управления лесными ресурсами. Взаимосвязанные сети наземных датчиков представляют собой

					СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.01000000	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		29

эффективный инструмент мониторинга лесных пожаров на обширных территориях. Эти сети, отслеживая параметры окружающей среды, такие как температура, влажность, состав воздуха и газов, способны обнаруживать возгорания на ранних стадиях. Обнаружение открытого огня или видимого дыма автоматически передаётся в централизованные системы управления по беспроводной связи.

Немецкая компания Dryad Networks разработала инновационные сенсоры, работающие на солнечной энергии, которые способны обнаруживать химические вещества в дыму на ранних стадиях пожара. Эти сенсоры, функционирующие подобно "электронным носам", обучены с помощью искусственного интеллекта различать дым от других источников, таких как транспортные средства.

В настоящее время около 400 сенсоров установлены в Бранденбургском лесу в Германии. При обнаружении дыма они направляют оповещения властям в течение 10-15 минут, что значительно быстрее реакции человека. Раннее оповещение позволяет своевременно реагировать на пожары, пока они еще малы и контролируемы.

Важно отметить, что эффективность сенсоров зависит от прямой видимости. Поэтому для полного мониторинга необходима установка нескольких распределенных сетей сенсоров. [14, 16].



Рисунок 8 – Наземные сенсоры в сети IoT

5.3 Искусственный интеллект и компьютерное зрение

Для раннего выявления лесных пожаров все шире используются сложные алгоритмы искусственного интеллекта (ИИ) и компьютерного зрения. Модели глубокого обучения, обученные на тысячах изображений огня и дыма, способны распознавать высокоточные визуальные индикаторы возгорания. Данные модели непрерывно совершенствуются за счет переобучения на основе новых данных.

Например, пожарное ведомство Калифорнии (Cal Fire) применяет программное обеспечение с ИИ для анализа изображений с более чем 1000 камер, установленных на вершинах гор по всему штату. Модели глубокого обучения выявляют визуальные сигнатуры дыма и в режиме реального времени уведомляют пожарных о возникающих пожарах. Во время испытаний система ИИ обнаружила 77 пожаров до поступления звонков в службу спасения 911, что позволило обеспечить более быструю реакцию на инциденты, пока они еще были незначительными.

Несмотря на эффективность технологии, она имеет определенные ограничения. Во-первых, ее возможности ограничены областями, которые охватывают камеры. Во-вторых, для минимизации ложных срабатываний необходима проверка результатов анализа человеком. [17].

6 Заключение

В настоящее время в Российской Федерации ведется значительный объем работ по созданию источников информации о лесопожарной обстановке. Однако, единый масштабный источник статистики, отражающий воздействие и ущерб от пожаров, подобный общенациональной инфраструктуре пространственной информации, пока не сформирован.

Предприятия сельского хозяйства в степной зоне России не ведут учет сельскохозяйственных очагов возгорания и других пожаров растительности, хотя эти пожары представляют непосредственную потенциальную угрозу для населенных пунктов и технических объектов. Отчетность о проведении сельских палов ведется не во всех районах, и, по результатам проверок, оказывается искаженной, так как значительная часть проведенных палов остается незарегистрированной.

Использование методов обработки и анализа изображений позволит решать задачи моделирования возможного развития пожаров и выбора оптимальных способов их ликвидации.

Очевидно, что для эффективного реагирования на лесные пожары необходимо внедрение современных геоинформационных технологий и алгоритмов мониторинга, что позволит оперативно принимать решения по борьбе с огнем.

Считается целесообразным включить структуры пожарной безопасности в систему управления окружающей средой. В систему мониторинга, охватывающую как пожарную, так и экологическую безопасность, должны быть интегрированы следующие подразделения:

- Управление обработкой и хранением информации.
- Анализ информации.
- Прогнозирование и оценка рисков.

					СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.01000000	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		32

Мониторинг пожаров исключительно с использованием космических технологий недостаточен для решения задач, стоящих перед системой управления.

Необходима разработка глобальной системы мониторинга и прогнозирования пожаров, которая будет использовать наземные данные, геоинформационные технологии и соответствующие методологии.

Космический мониторинг представляет собой эффективный инструмент для оперативной оценки масштабов лесных пожаров и выработки стратегий восстановления растительности.

Технологические прорывы, такие как наноспутники, алгоритмы искусственного интеллекта и новые сенсоры, значительно расширили возможности мониторинга. Например, инфракрасные сенсоры наноспутников позволяют обнаруживать возгорания на обширных территориях в режиме реального времени. Беспилотные летательные аппараты с тепловизорами обеспечивают высокоточную информацию о пожарах.

Эффективность этих инноваций подтверждается успешными примерами, включая систему "Лесной Дозор" в России, интеграцию данных в ИСДМ-Рослесхоз и применение беспилотных летательных аппаратов в различных регионах.

Дистанционное зондирование не только минимизирует ущерб экосистемам и экономике, но также играет важную роль в борьбе с изменением климата за счет предотвращения крупных пожаров и снижения выбросов углерода. Таким образом, дальнейшее развитие и внедрение технологий дистанционного зондирования станет ключевым шагом в обеспечении экологической и экономической безопасности.

					СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.01000000	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		33

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

Начальник отдела ОНиПКРС

И.о. проректора по научной
работе


(подпись) Е.М. Димитриади


(подпись) А.В. Космынин

« 02 » 06 20 26 г.

« 03 » 06 20 26 г.

Декан ФКС


(подпись) Н.В. Гринкруг

АКТ

о приемке в эксплуатацию проекта
«Программное обеспечение для использования методов космического
зондирования при мониторинге лесных пожаров»

г. Комсомольск-на-Амуре

« » июня 2026 г.

Комиссия в составе представителей:

со стороны заказчика

- В.И. Зайков – руководитель СКПБ,
- Н.В. Гринкруг – декана ФКС

со стороны исполнителя

- В.И. Зайков – руководителя проекта,
- Е.Ю. Янкин, гр. 4КЗм

Ответственный исполнитель проекта

Составила акт о нижеследующем:

«Исполнитель» передает проект «Программное обеспечение для использования методов космического зондирования при мониторинге лесных пожаров», в составе:

- Паспорт (техническое описание) проекта

Руководитель проекта



(подпись, дата)

В.И. Зайков

Исполнитель проекта



(подпись, дата)

Е.Ю. Янкин