



Опыт создания и перспективы развития информационных систем дистанционного мониторинга лесов России

Барталев С.А., Лупян Е.А., Лукина Н.В., Ершов Д.В.

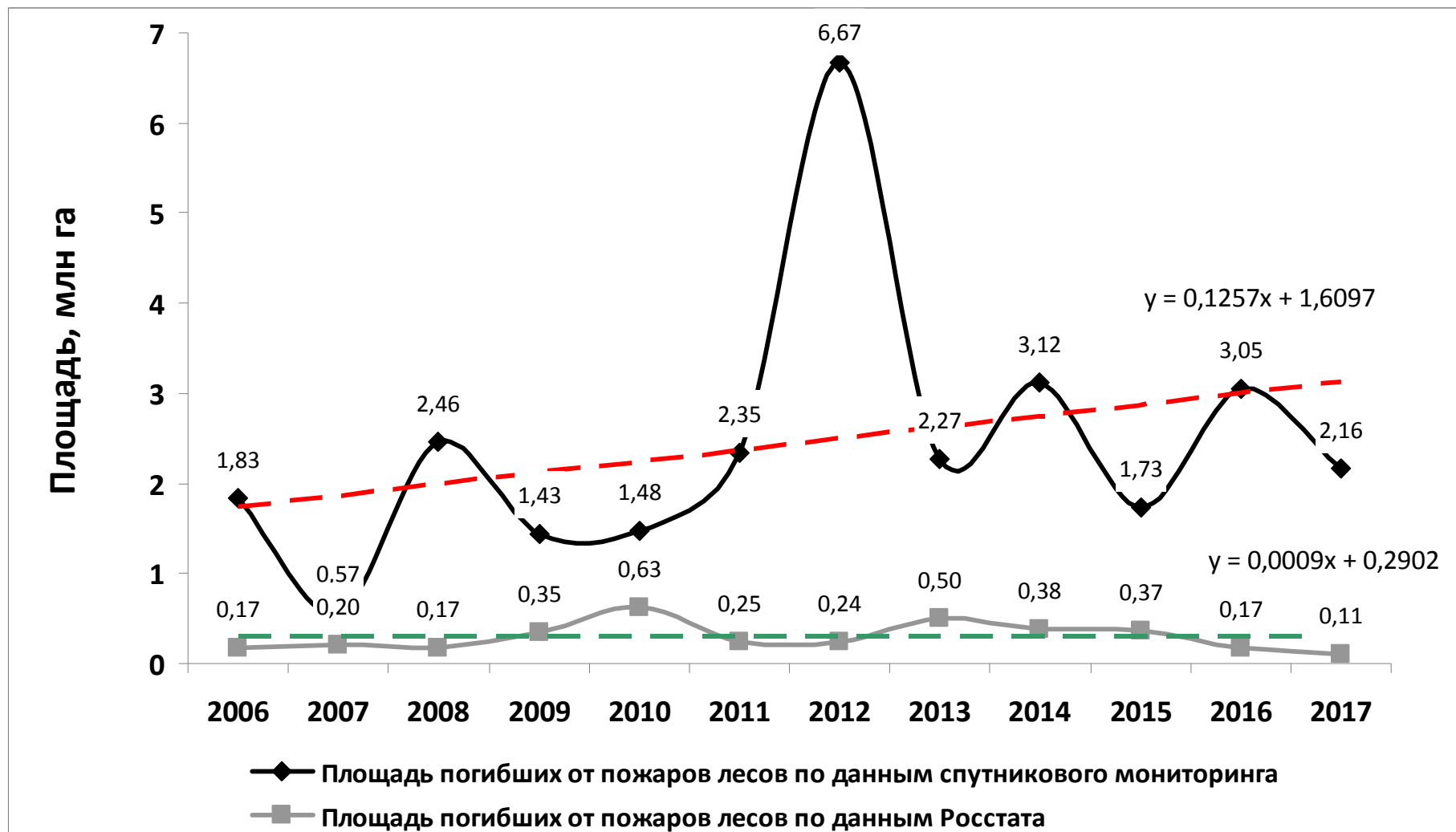
Институт космических исследований РАН

Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН

Леса, как объект мониторинга

- **Леса являются наиболее значимыми для биосферы экосистемами Планеты**, занимая около 1/3 поверхности суши и синтезируя почти 2/3 органической массы суши. Обладая максимальной растительной биомассой и продуктивностью, леса служат регулятором глобальных биосферных процессов.
- **Россия является мировым лидером по наличию лесных ресурсов**. Леса России охватывают 70% территории страны и занимают около 20% площади лесного покрова Земли.
- В настоящее время **наша страна обладает лишь приблизительными представлениями о лесах**, не имея достоверных данных для полного понимания и использования их экономического и экологического потенциала.
- При огромных территориях России объективную и оперативную **оценку лесных ресурсов страны способны дать только методы дистанционного зондирования Земли из космоса**.

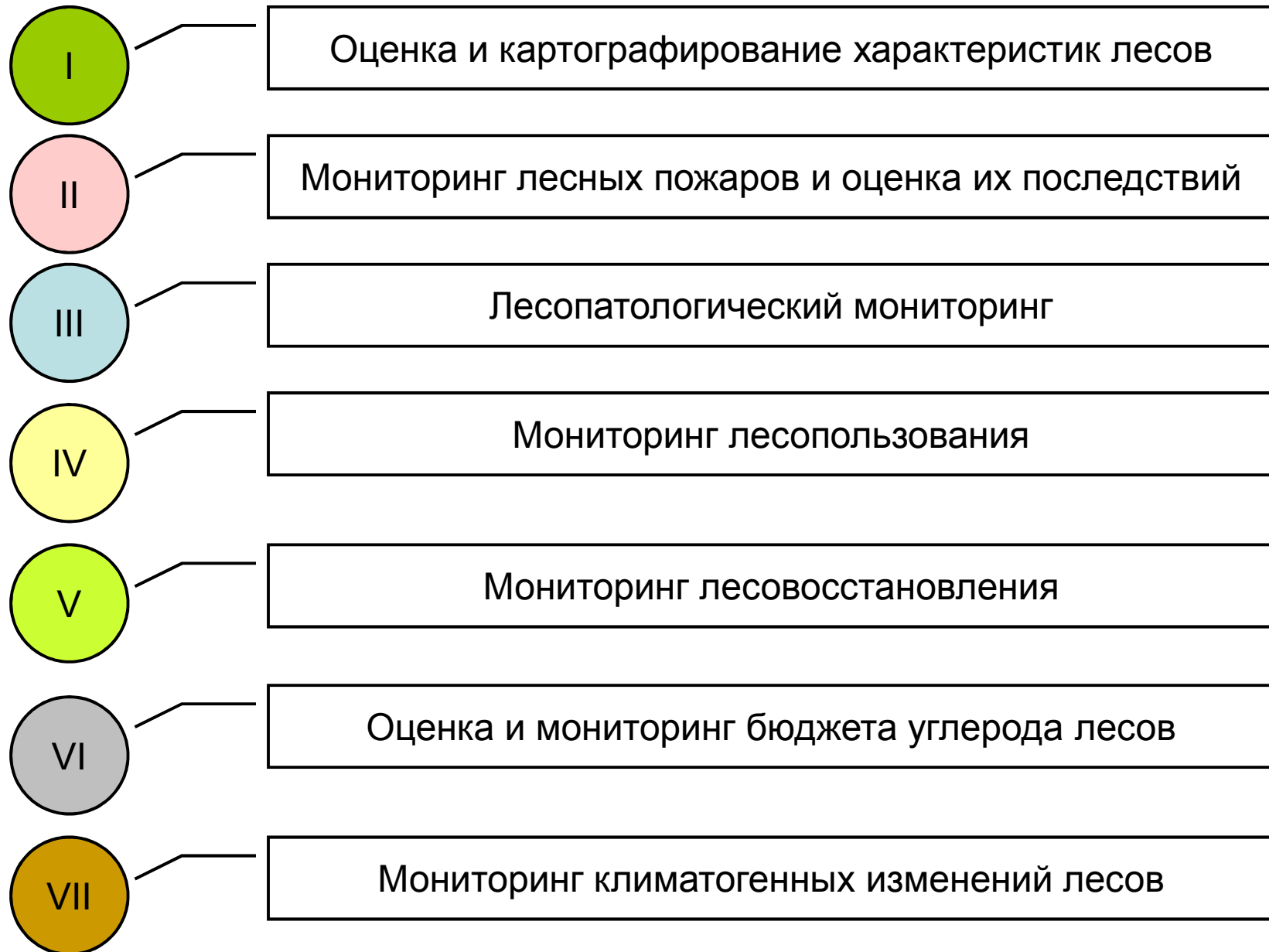
Площадь пирогенной гибели лесов по информации Росстата и по данным ДЗЗ



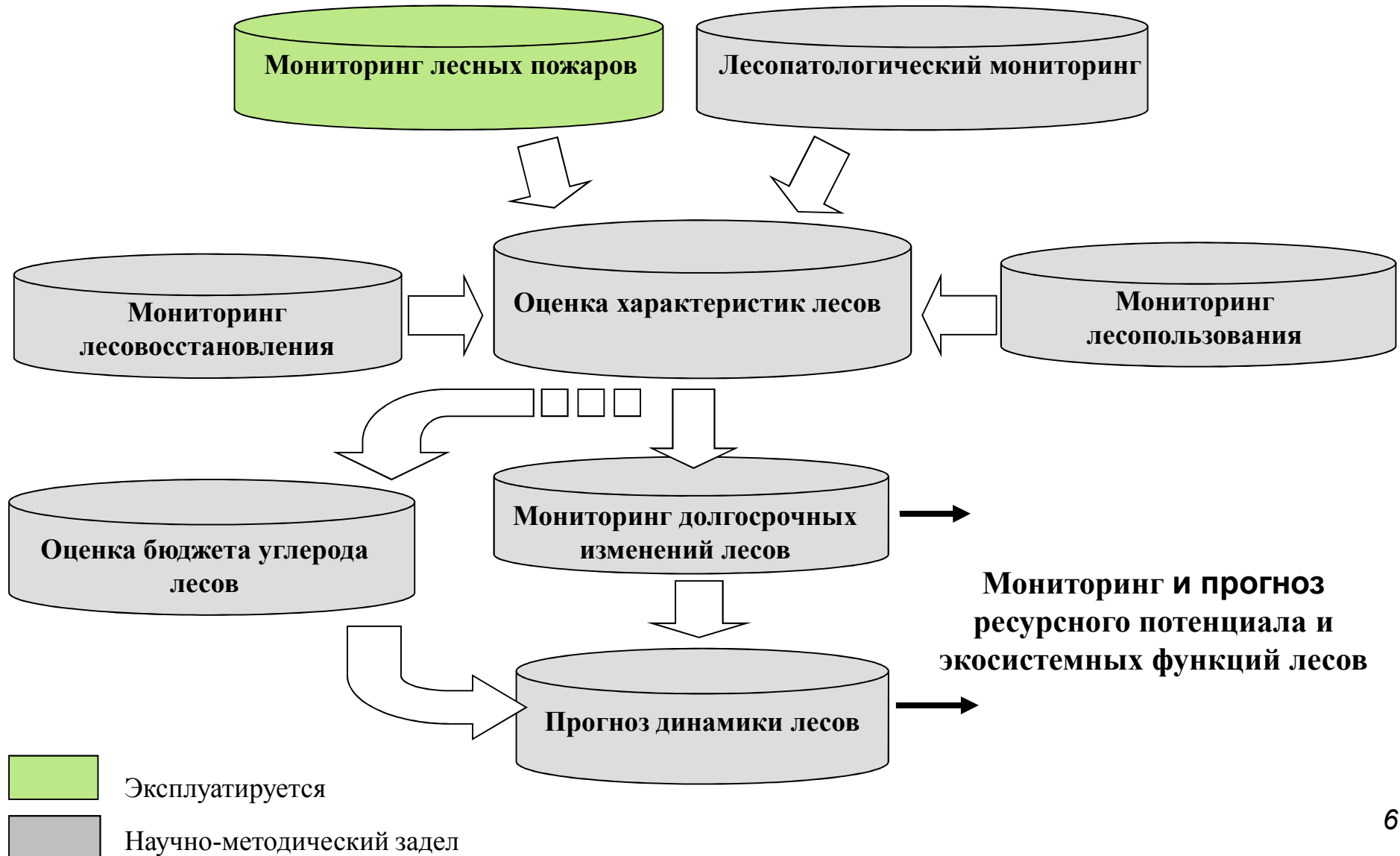
Проблема оценки бюджета углерода лесов России

- 1) Имеющиеся оценки углеродного бюджета лесов страны отличаются большой неопределенностью (Замолодчиков и др., 2011; Швиденко и Щепаченко, 2014). Источником неопределенности является, в том числе, отсутствие достоверной информации о лесах.
- 2) С принятием Парижского соглашения по климату острота проблемы повышения объективности, полноты и точности учета углеродного бюджета лесов существенно возрастет.
- 3) Для оценки углеродного бюджета лесов необходима информация о распределении земельного покрова по категориям покрытых и непокрытых лесом земель, в том числе, гарей и погибших насаждений, вырубок, заболоченных земель, породно-возрастной структуре и бонитете лесов (Исаев и др., 1995). Необходима информация о природных (пожары, болезни и вредители, ветровалы, засухи и др.) и антропогенных (рубка, техногенные загрязнения и др.) деструктивных факторах, процессах лесовосстановления.
- 4) Современные методы ДЗЗ способны восполнить имеющиеся пробелы в получении информации о лесах.

Основные задачи мониторинга лесов



Концепция информационной системы комплексного мониторинга лесов



Пройденная пожарами площадь по данным Росстата и ИСДМ-Рослесхоз



История создания ИСДМ-Рослесхоз

2005-2018

Промышленная эксплуатация
ИСДМ-Рослесхоз

Оператор системы

2004

Опытная эксплуатация
ИСДМ-Рослесхоз

ФБУ
Авиалесоохрана

2003

Разработка
ИСДМ-Рослесхоз

Разработчики

2000

Международный проект TACIS

1995

Проекты при поддержке
Рослесхоза

1993

Разработка концепции ГИС
мониторинга лесных пожаров

ИКИ РАН
ЦЭПЛ РАН
ИСЗФ СО РАН
ИЛ СО РАН
СПбНИИЛХ
ООО «ИНКОМ»
и др.



Информационная система дистанционного мониторинга Федерального агентства лесного хозяйства

Блок мониторинга пожарной опасности

Мониторинг лесных пожаров

- Детектирование очагов лесных пожаров
- Мониторинг и контроль динамики их распространения
- Прогнозирование распространения отдельных очагов

Мониторинг пожарной опасности

- Оценка и прогноз пожарной опасности по условиям погоды
- Оценка и прогнозирование вероятности возникновения и распространения лесных пожаров
- Районирование пожарных режимов, оценка риска и ущерба от пожаров и др.

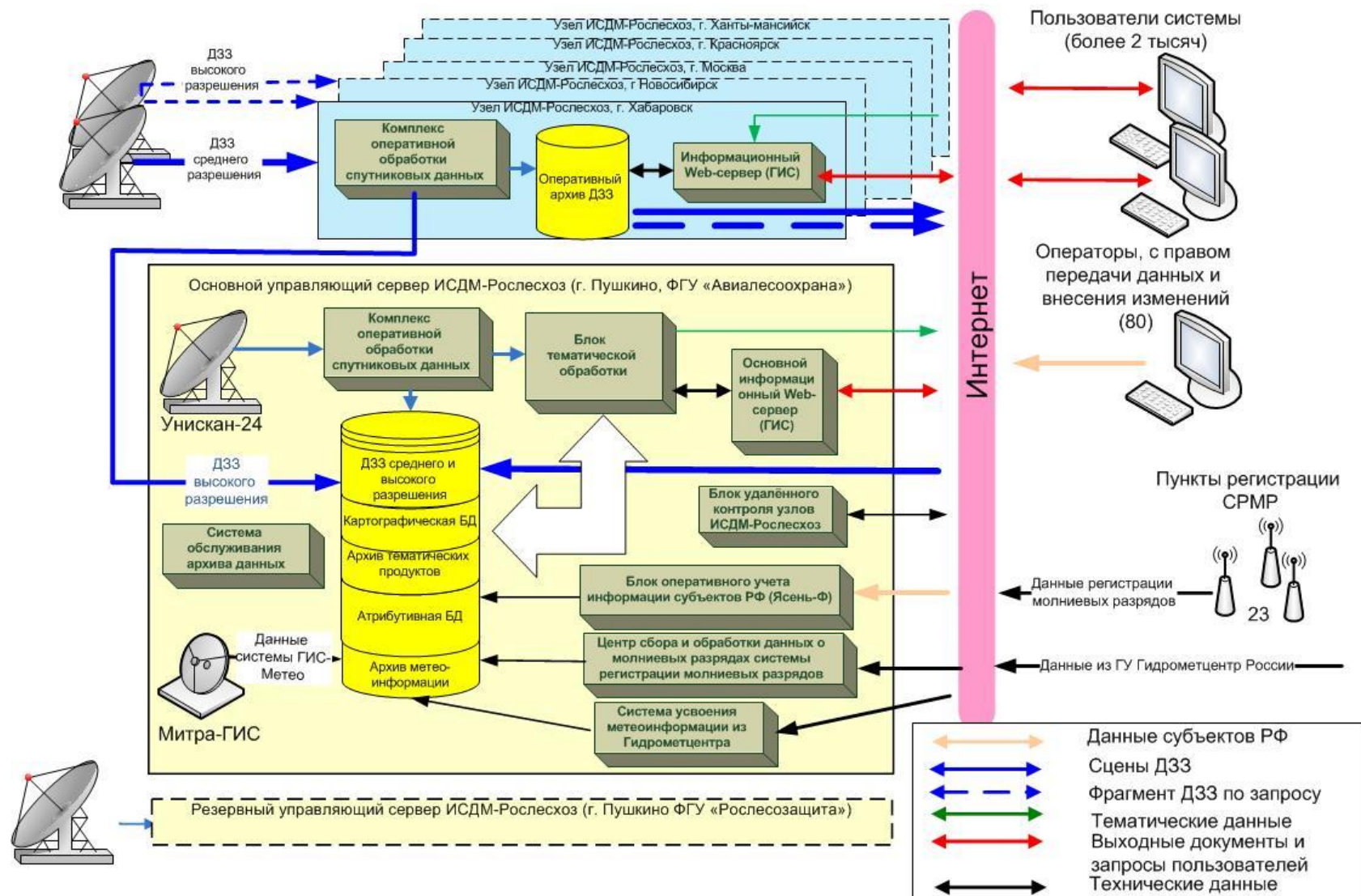
Оценка и учет пройденной пожаром площади

- Оперативная оценка площади пожаров по тепловым аномалиям
- Определение площади по изменению состояния растительности
- Оценка степени повреждения огнем лесов
- Уточнение площадей по данным высокого разрешения

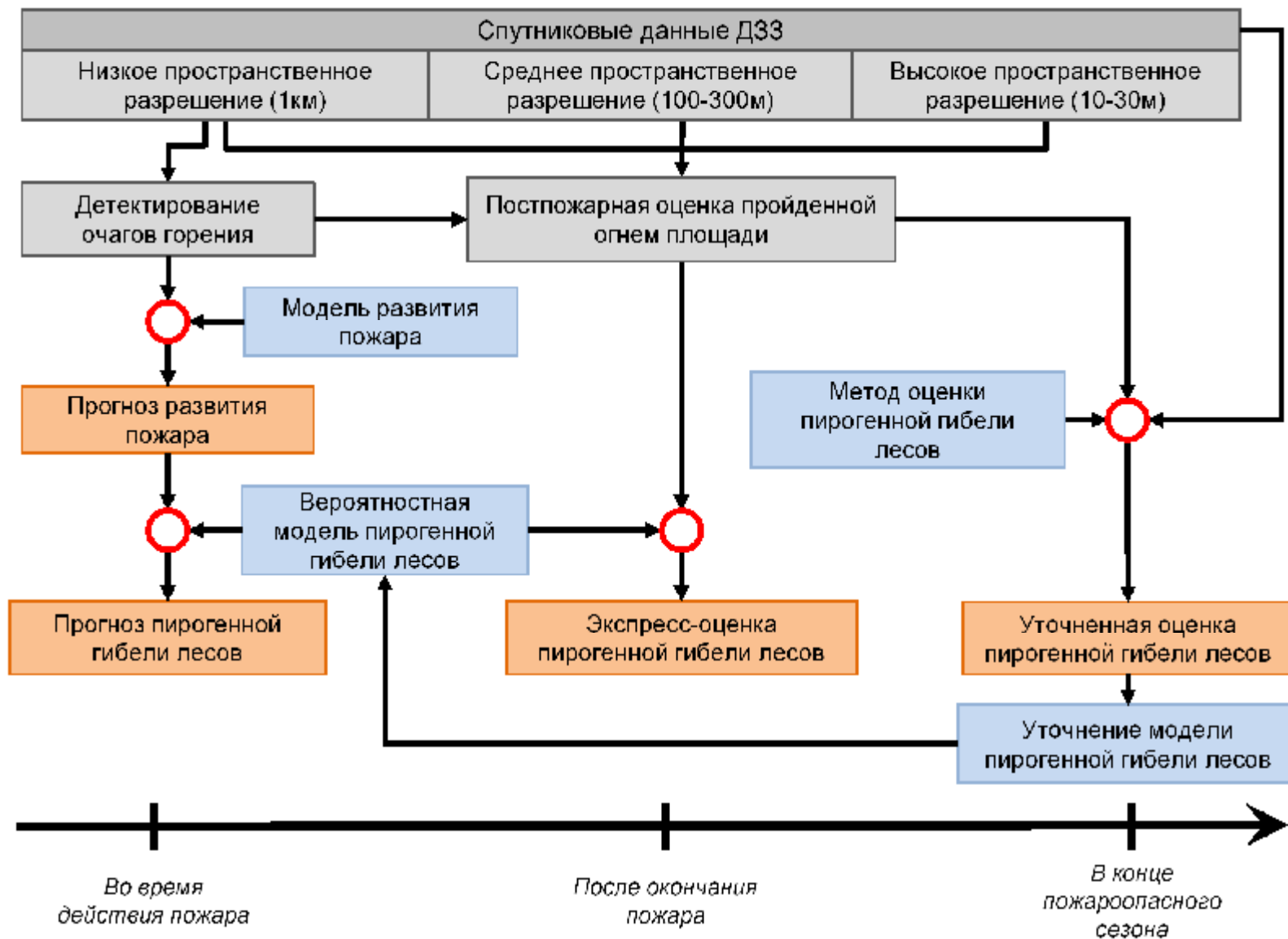
Информационная поддержка тушения лесных пожаров

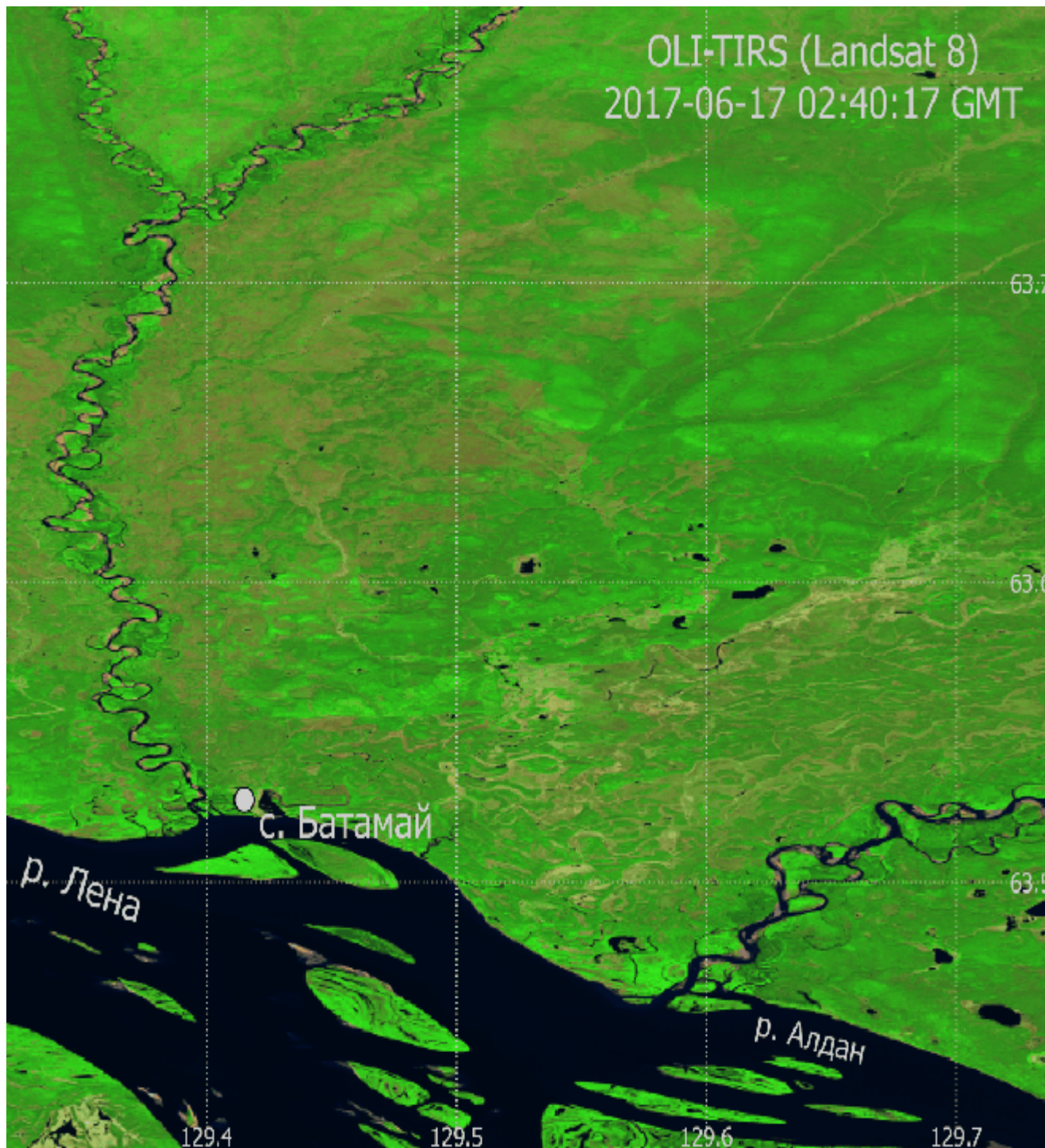
- Оценка сил и средств для тушения пожаров
- Оптимизация маневрирования силами и средствами с учетом текущей пожарной опасности по условиям погоды
- Определение причин возникновения крупных лесных пожаров

Архитектура ИСДМ-Рослесхоз




Методология оценки и прогноза пирогенной гибели лесов на основе данных ДЗЗ и моделей






Модель развития пожара:

 Прогноз фронта пожара

Данные ДЗЗ

 Пройденная огнем область

 Зоны активного горения

Пожар: к-272

Дальневосточный ФО

Республика Саха

Кобяйский район

Обнаружен:

25.06.2017 02:55 GMT

Наблюдался до:

15.08.2017 19:03 GMT

Пройдено огнем: 230776 га

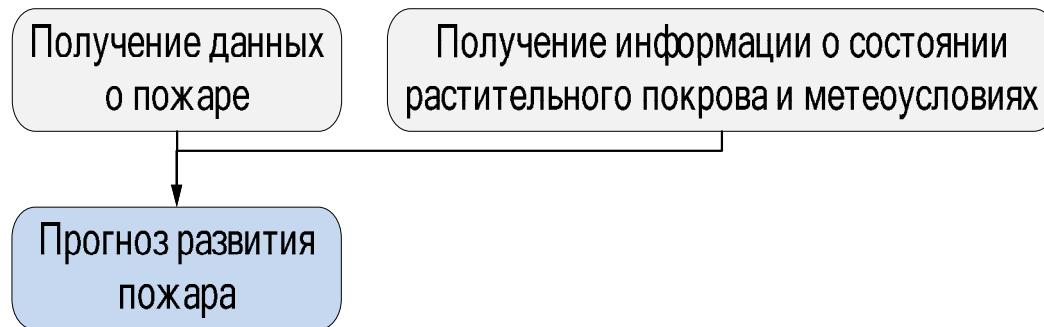
Поддержка принятия решений по организации тушения лесных пожаров

Получение данных о пожаре

Получение информации о состоянии растительного покрова и метеоусловиях

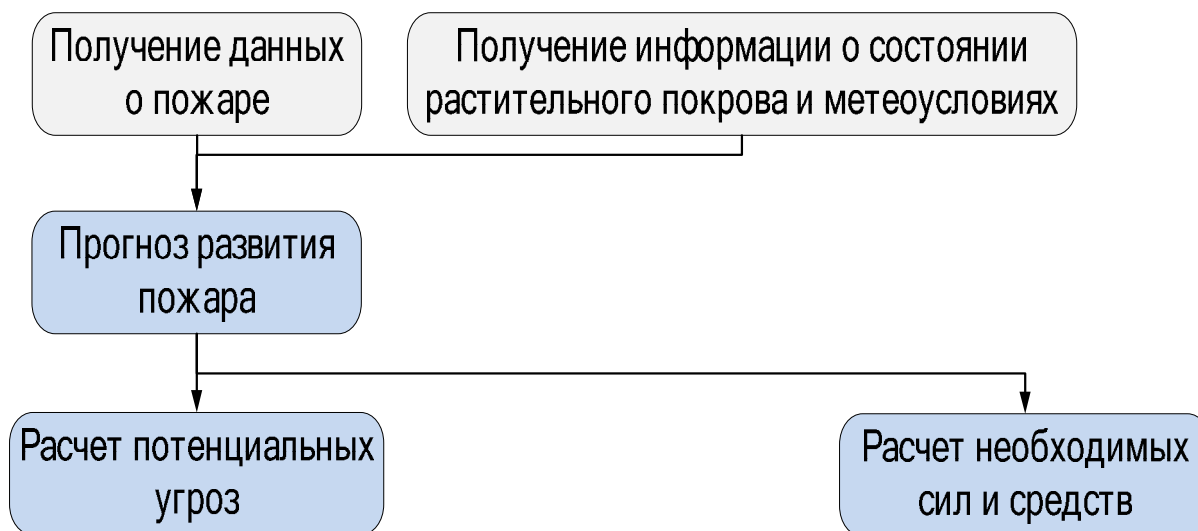
Получение данных о пожаре, информации о состоянии растительного покрова и метеоусловий

Поддержка принятия решений по организации тушения лесных пожаров



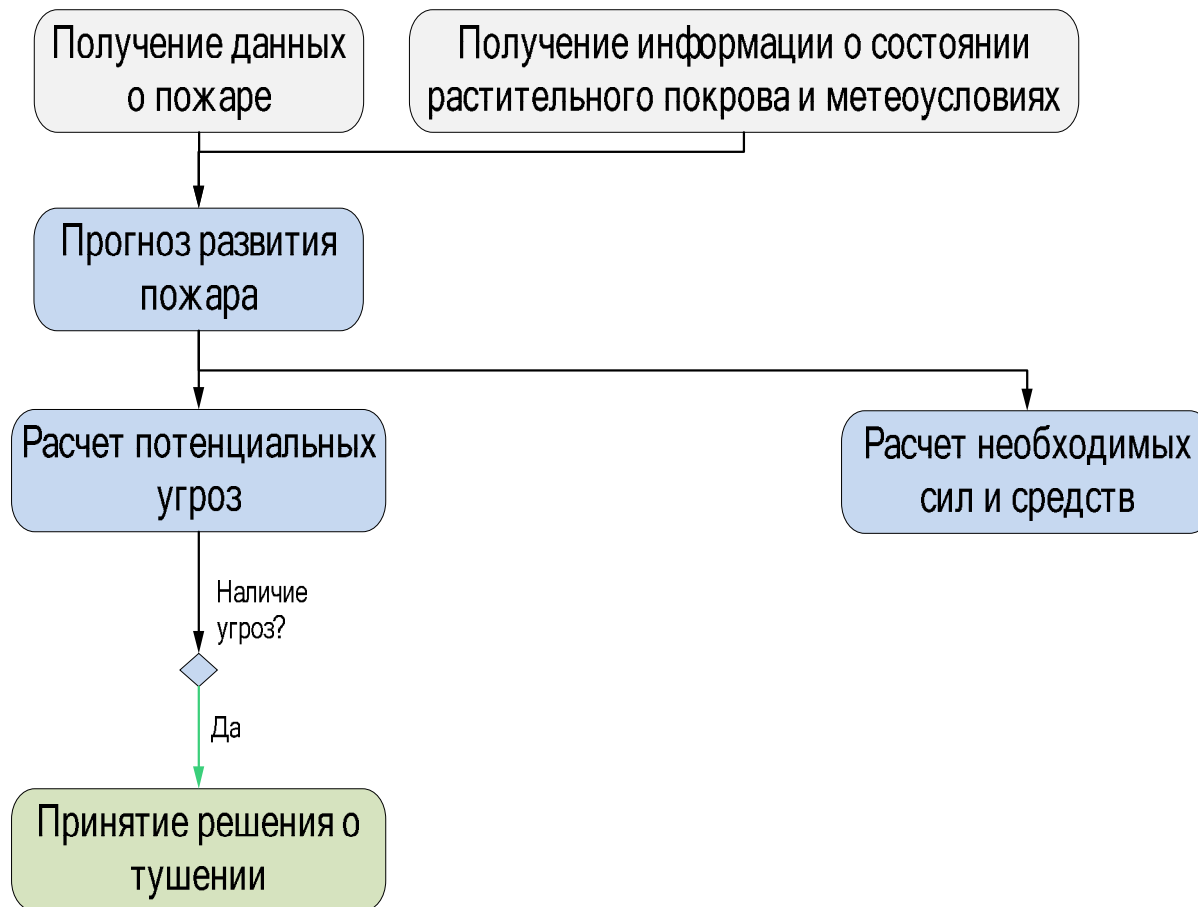
Прогноз
развития
пожара

Поддержка принятия решений по организации тушения лесных пожаров



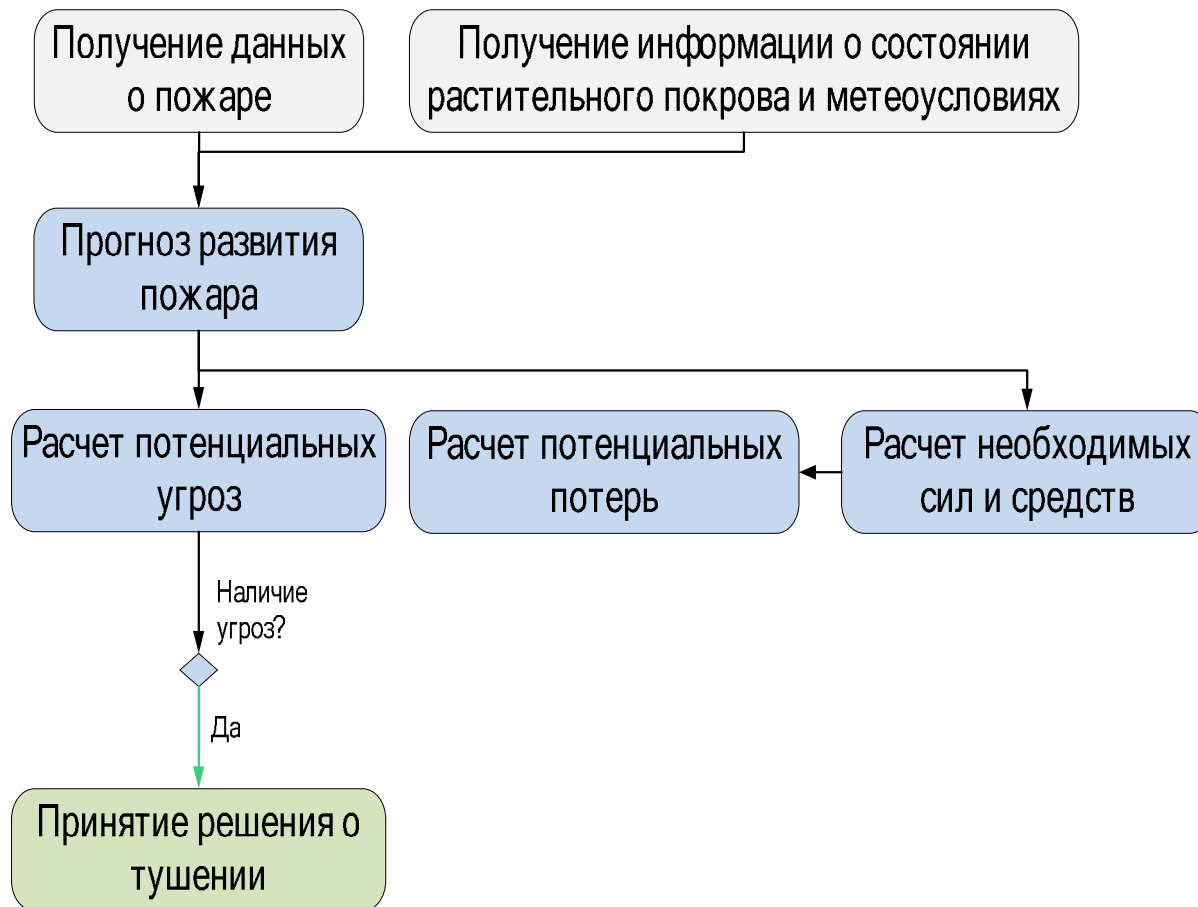
Расчет
потенциальных
угроз и
необходимых
для ликвидации
сил и средств

Поддержка принятия решений по организации тушения лесных пожаров



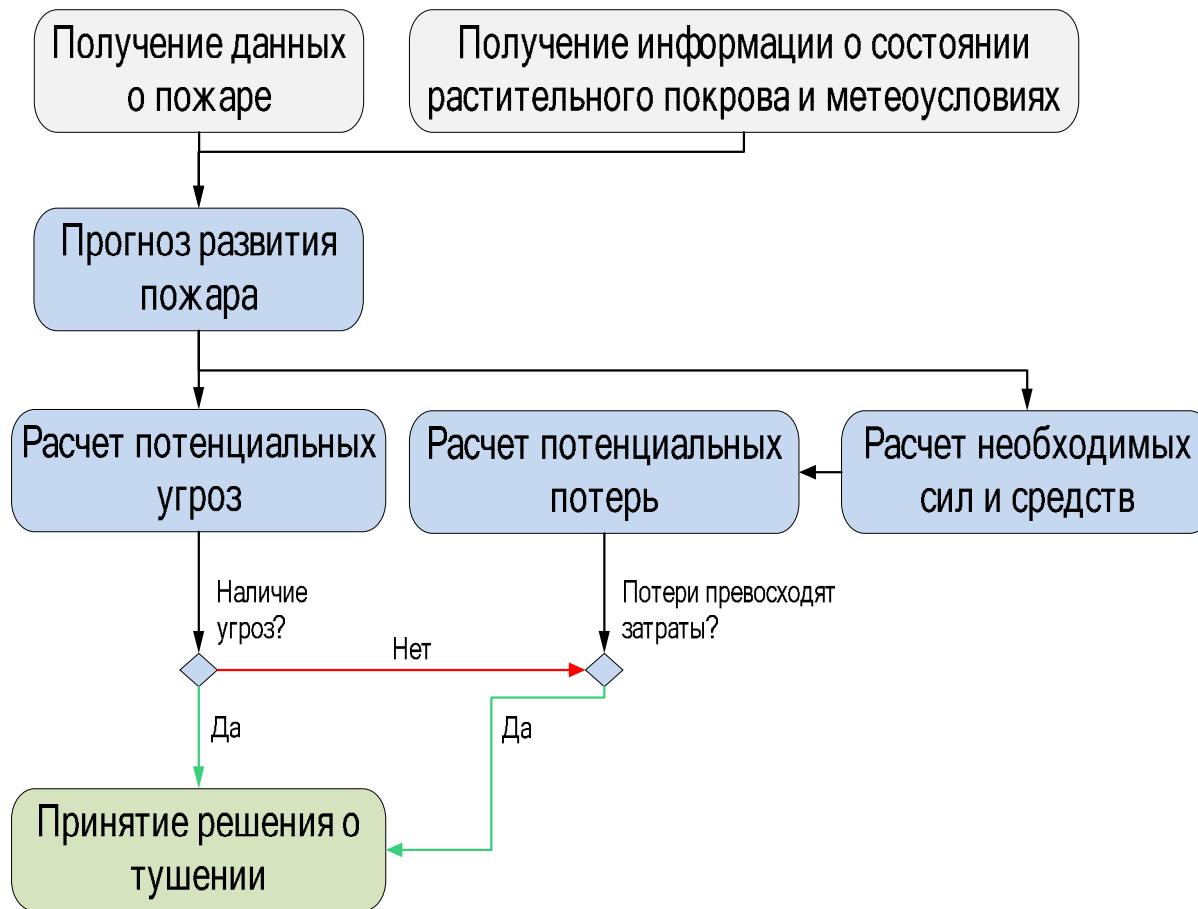
Если угроз нет – принимается решение о тушении

Поддержка принятия решений по организации тушения лесных пожаров



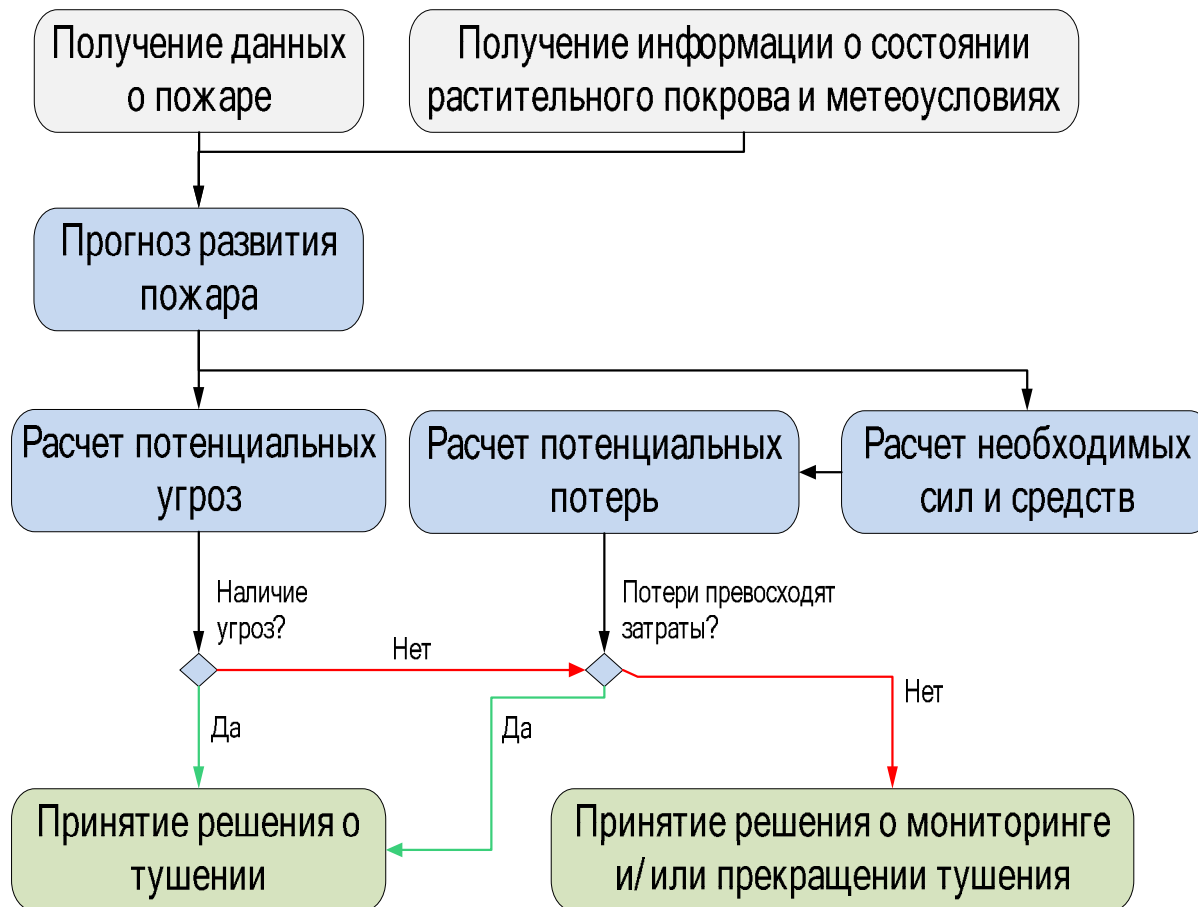
Если угроз нет -
рассчитываются
потенциальные
потери

Поддержка принятия решений по организации тушения лесных пожаров



Если потери превосходят расходы - принимается решение о тушении

Поддержка принятия решений по организации тушения лесных пожаров



Если расходы превосходят потери - принимается решение о мониторинге и/или прекращения тушения



Карта растительного покрова России TerraNorte RLC
(пространственное разрешение 250 м)

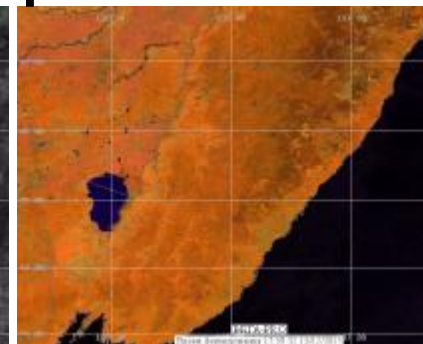
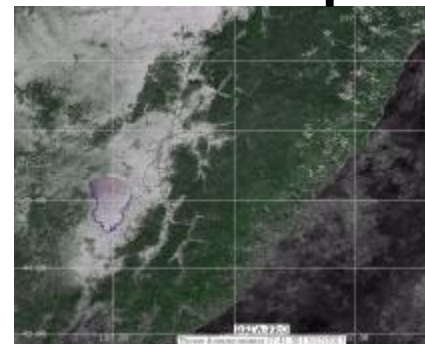
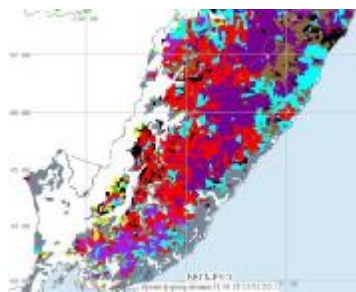


Карта лесов России создана на основе данных MODIS (250 м) и отражает пространственное распределение преобладающих древесных пород



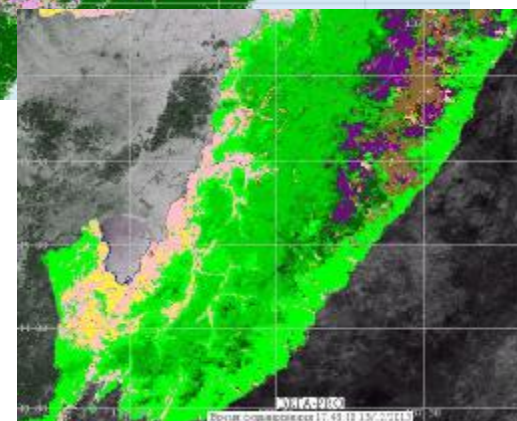
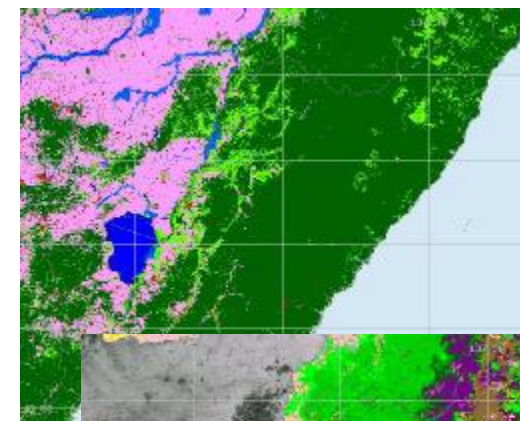
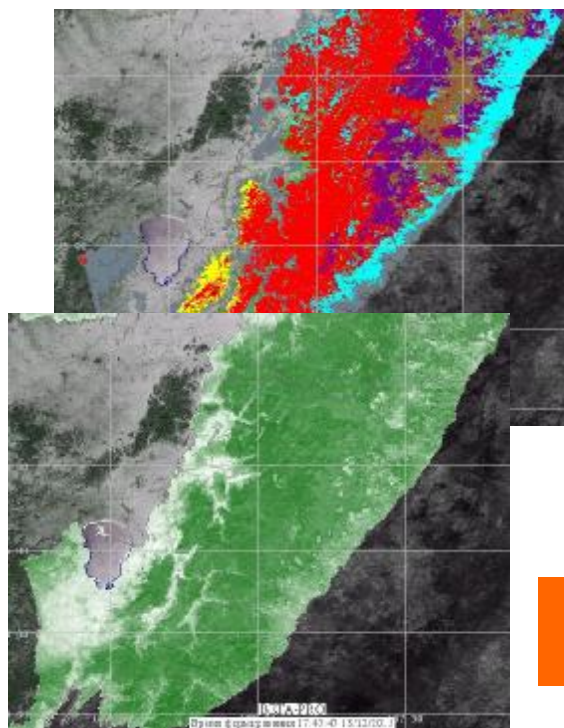
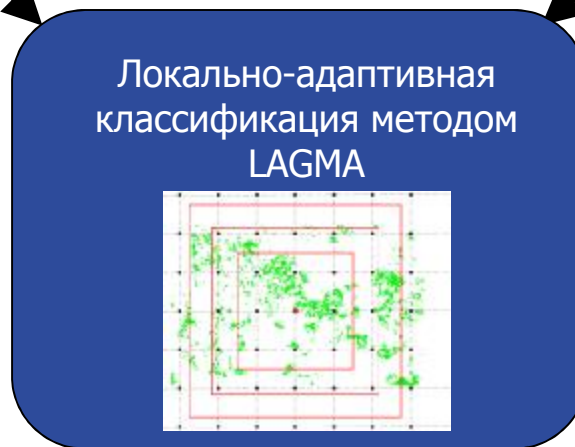
Карта запасов стволовой древесины создана на основе совместного использования радарных (ASAR-Envisat) и оптических (MODIS) спутниковых данных с пространственным разрешением 250 м

Картографирование лесов по данным ДЗЗ различного пространственного разрешения



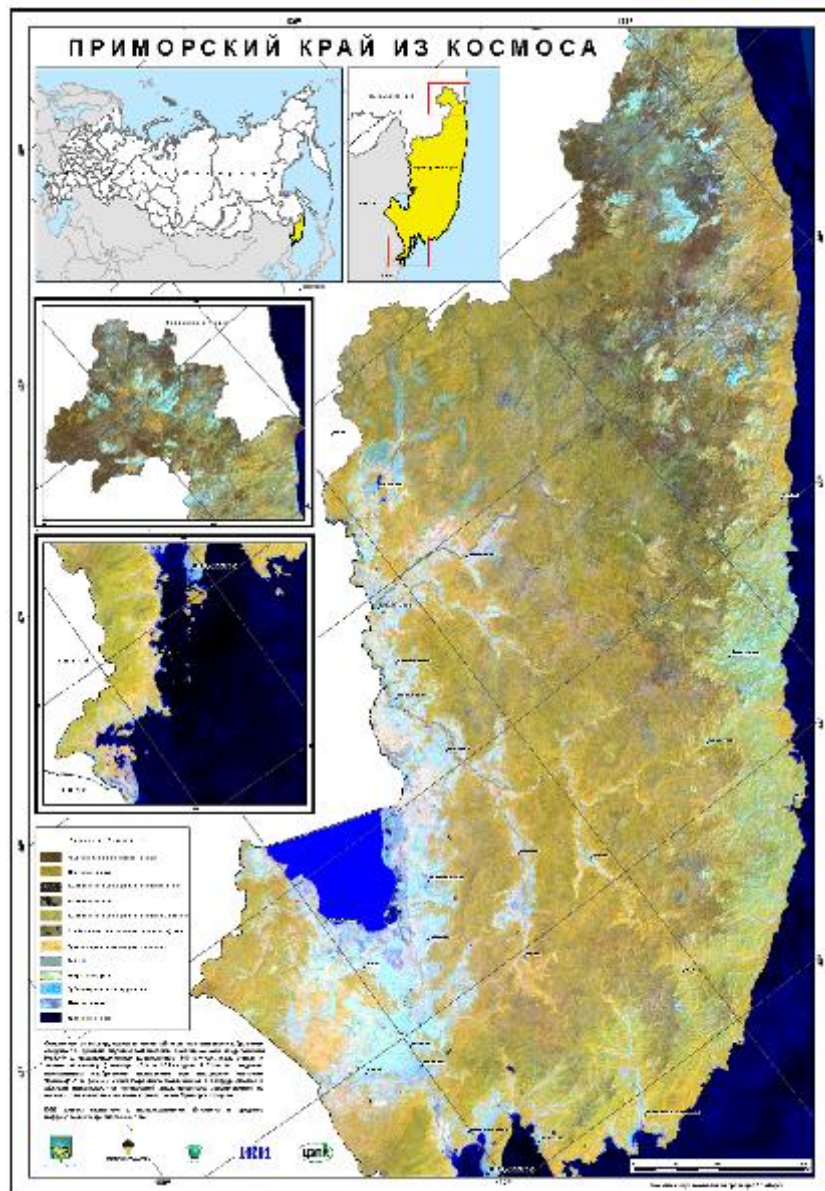
Опорные данные для обучения классификатора













Спутниковые данные ДЗЗ пространственного разрешения 30-100 м



Детальные карты лесов Приморского края (пространственное разрешение 30-100 м)

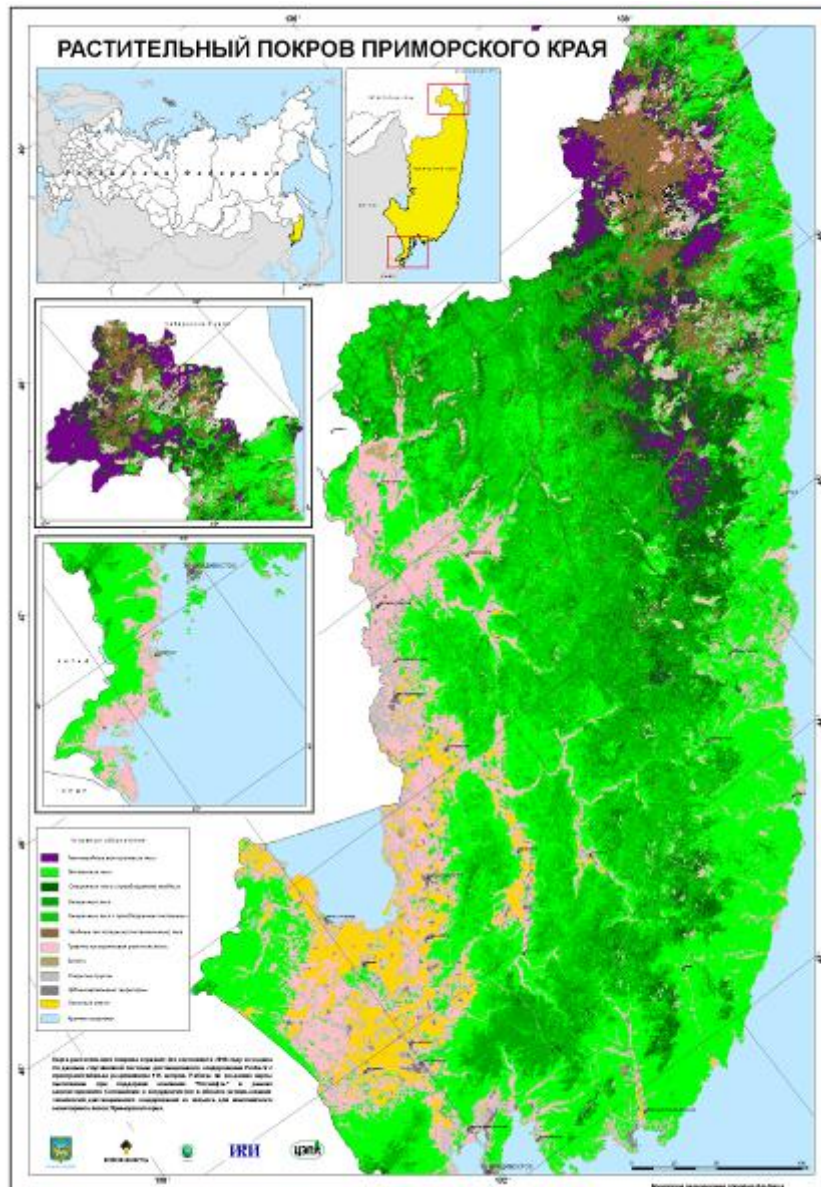
Получение продуктов данных ДЗЗ для ежегодного картографирования лесов



-  Темнохвойные вечнозеленые леса
-  Лиственные леса
-  Смешанные леса с преобладанием хвойных
-  Смешанные леса
-  Смешанные леса с преобладанием лиственных
-  Хвойные листопадные (лиственничные) леса
-  Травяно-кустарниковая растительность
-  Болота
-  Открытые грунты
-  Урбанизированные территории
-  Пахотные земли
-  Крупные водоемы

*Очищенное от влияния облаков изображение
создано по данным спутниковой системы
Proba-V (115 м, июнь-август 2016)*

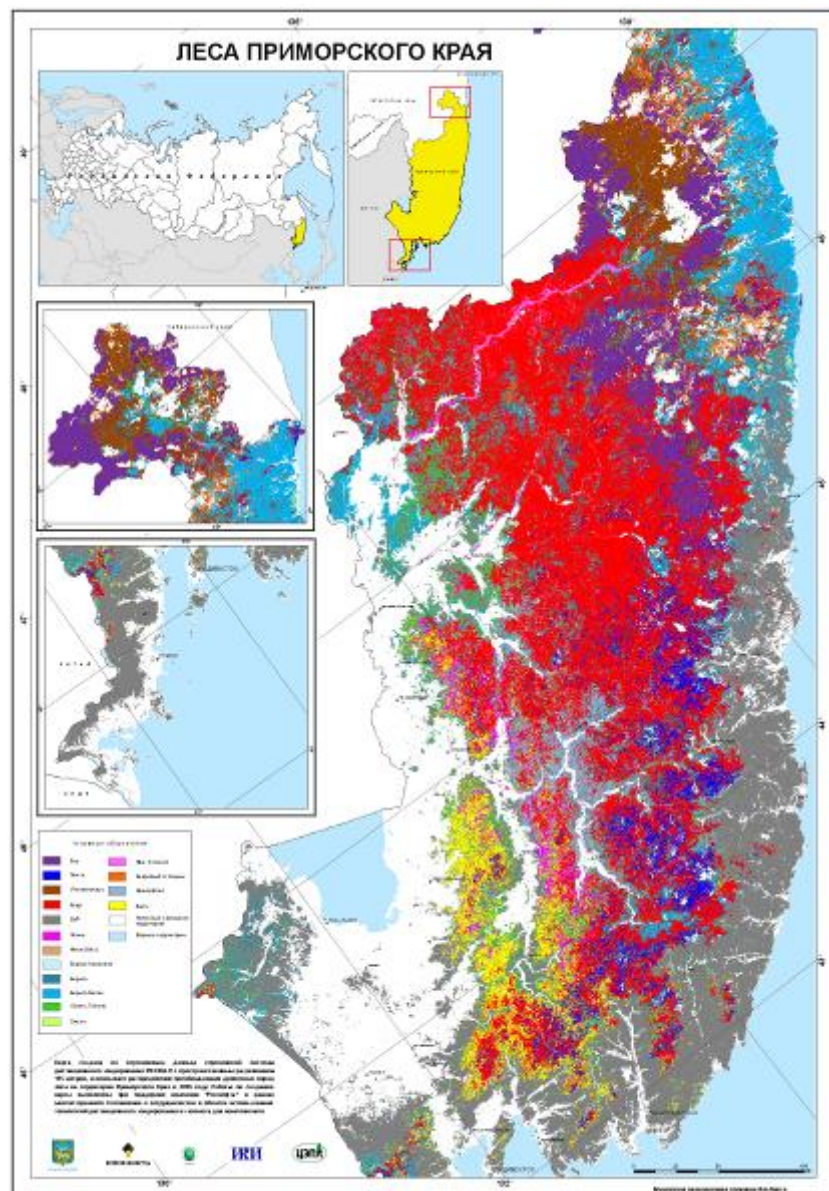
Возможность ежегодного обновления карт растительного покрова



- Темнохвойные вечнозеленые леса
- Лиственные леса
- Смешанные леса с преобладанием хвойных
- Смешанные леса
- Смешанные леса с преобладанием лиственных
- Хвойные листопадные (лиственничные) леса
- Травяно-кустарниковая растительность
- Болота
- Открытые грунты
- Урбанизированные территории
- Пахотные земли
- Крупные водоемы

Карта отражает состояние растительного покрова в 2016 году и создана по данным спутниковой системы Proba-V (115 м)

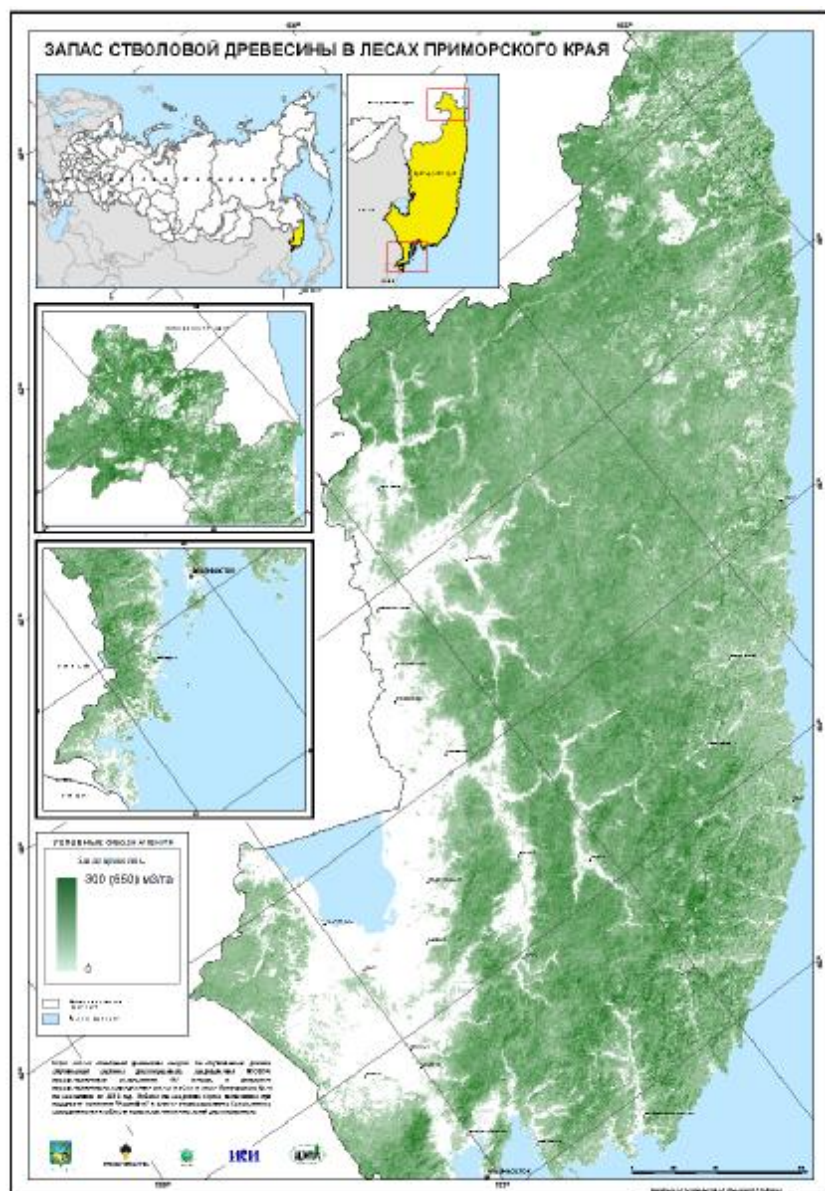
Возможность ежегодного обновления данных о преобладающих породах лесов



- | | | | |
|--|-----------------|--|-------------------------------|
| | Ель | | Ива, Чозения |
| | Пихта | | Кедровый стланник |
| | Лиственница | | Диморфант |
| | Кедр | | Липа |
| | Дуб | | Нелесные и внешние территории |
| | Ясень | | Водные территории |
| | Ильм (Вяз) | | |
| | Береза Каменная | | |
| | Береза | | |
| | Береза белая | | |
| | Осина, Тополь | | |
| | Ольха | | |

Карта отражает преобладающие древесные породы в лесах Приморского края по состоянию на 2016 год и создана по данным спутниковой системы Proba-V (115 м)

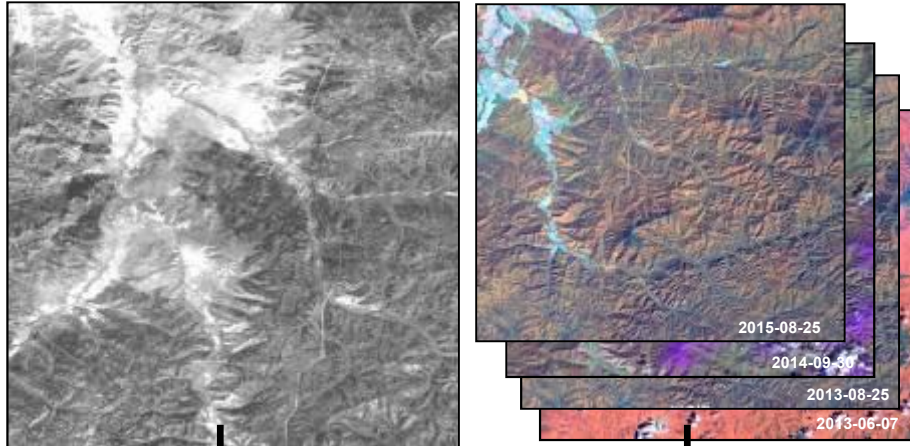
Возможность ежегодного обновления данных об объемах стволовой древесины в лесах



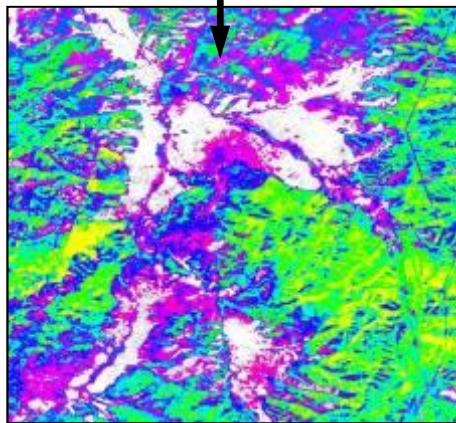
Карта отражает объемы стволовой древесины в лесах Приморского края по состоянию на 2016 год и создана по данным спутниковой системы Proba-V (115 м)

Оценка лесных ресурсов арендных участков

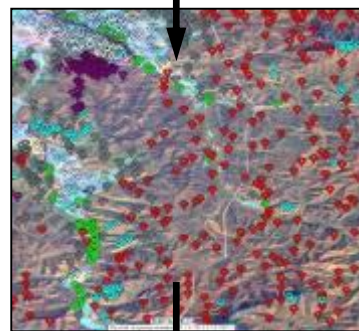
Разносезонные изображения



Неконтролируемая классификация покрытых лесом земель

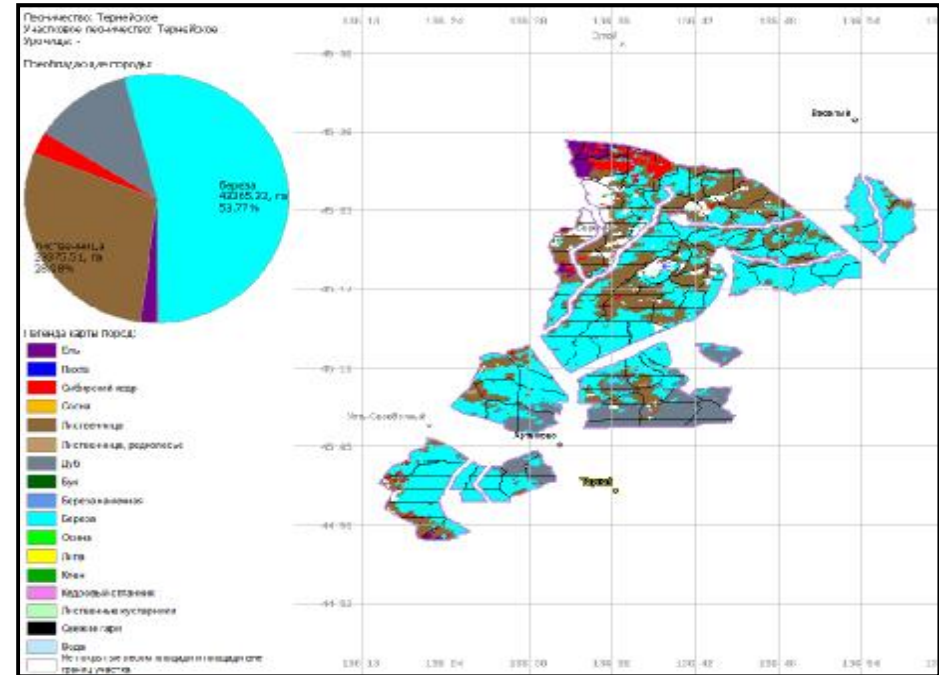


Создание обучающей выборки по породам

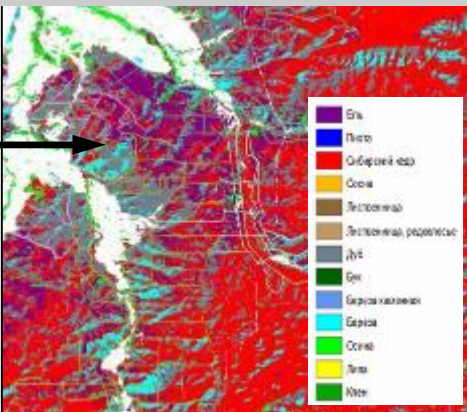


Контролируемая классификация

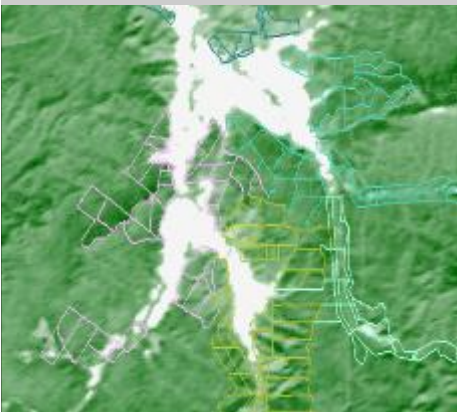
| Номера кварталов лесного участка | Преобладающая порода | Площадь (га) | Запас (м3) | Удельный запас (м3/га) | Сомкнутость верхнего полога % |
|---|----------------------|--------------|------------|------------------------|-------------------------------|
| 1-57, 65, 72, 73, 75, 76, 81, 88-91, 100, 101, 103, 106, 107, 113 | Кедр | 28565,2 | 5960706,9 | 208,7 | 82,6 |
| | Дуб | 9664,6 | 1460321,6 | 151,1 | 86,1 |
| | Береза | 570,1 | 75560,2 | 132,5 | 86,4 |
| | Осина | 172,2 | 21786,1 | 126,5 | 68,7 |



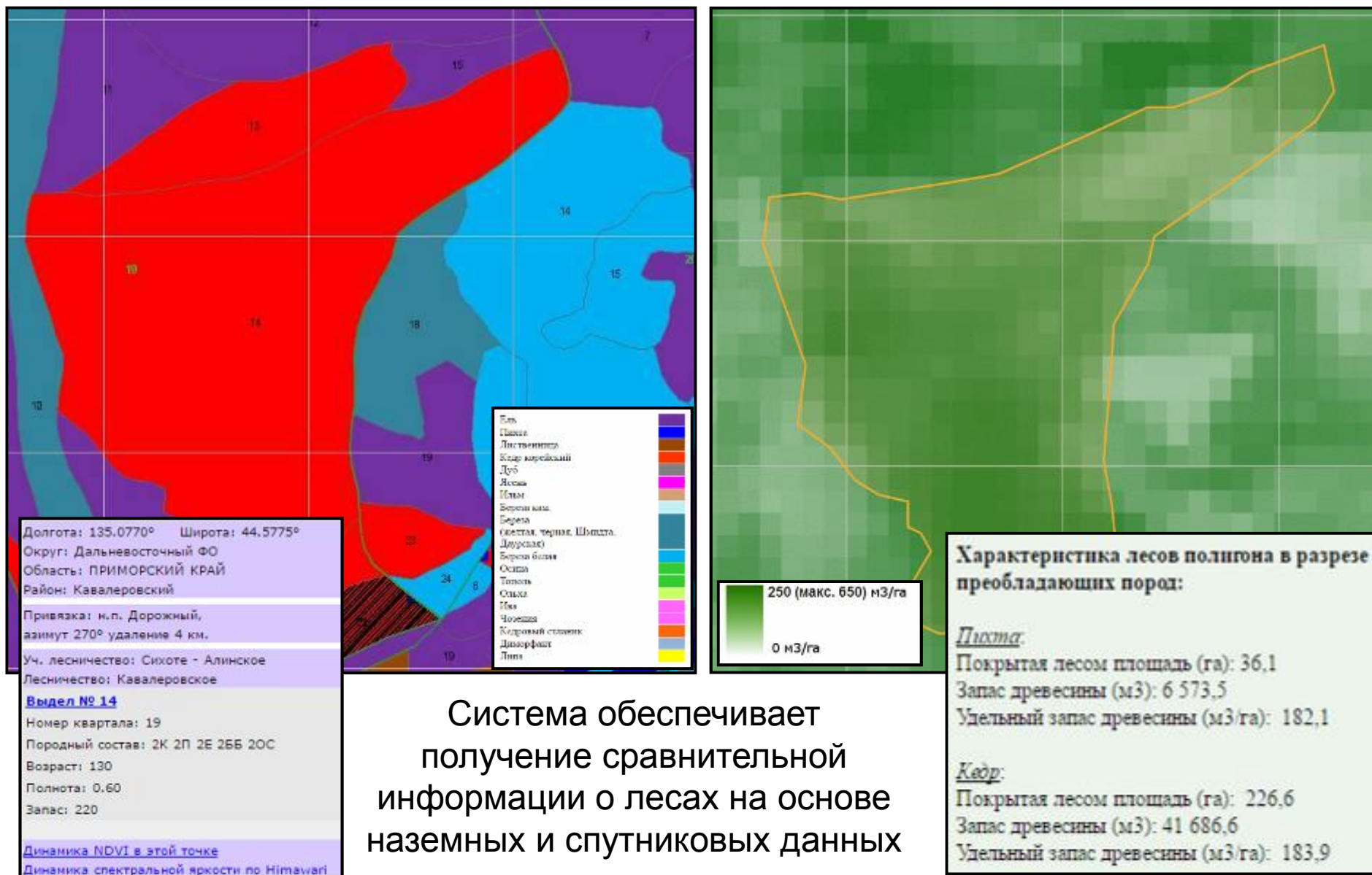
Карта преобладающих пород по данным ДЗЗ 10-30 м



Карта запасов стволовой древесины в лесах



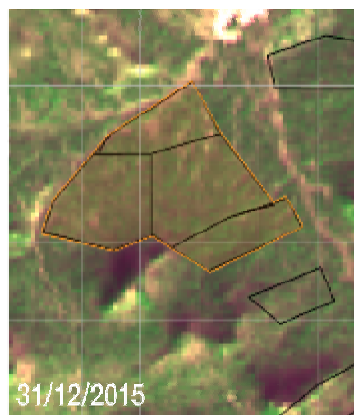
Возможности сравнения характеристик лесов по наземным и спутниковым данным



Система обеспечивает
получение сравнительной
информации о лесах на основе
наземных и спутниковых данных

Контроль лесопользования по данным ДЗЗ

ПЛАНИРОВАНИЕ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ И КОНТРОЛЬ ДЕКЛАРАЦИЙ



Изображение до рубки



Карта типов земного покрова

ПАРАМЕТРЫ ФАКТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ВЫРУБКИ ПО ДИСТАНЦИОННЫМ ДАННЫМ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЛИГОНА

120,7 га ПЛОЩАДЬ ПОЛИГОНА
21221,4 м³ ОБЩИЙ ЗАПАС ДРЕВЕСИНЫ

ХАРАКТЕРИСТИКА ЛЕСОВ ПОЛИГОНА В РАЗРЕЗЕ ПРЕОБЛАДАЮЩИХ ПОРОД

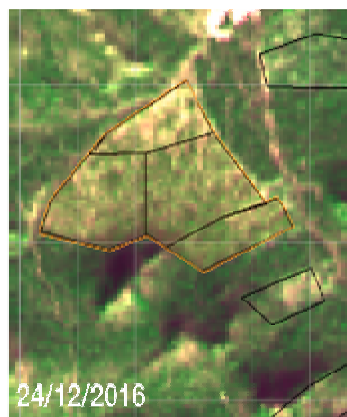
● КЕДР

113,7 га ПОКРЫТАЯ ЛЕСОМ ПЛОЩАДЬ
19828,9 м³ ЗАПАС ДРЕВЕСИНЫ
174,4 м³/га УДЕЛЬНЫЙ ЗАПАС ДРЕВЕСИНЫ

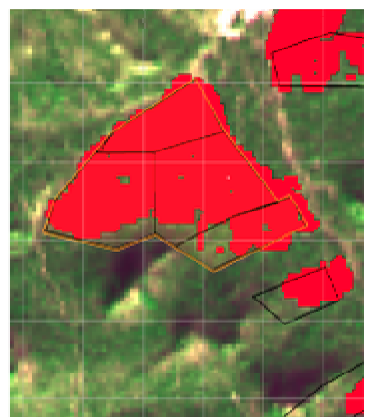
● ДУБ

1,3 га ПОКРЫТАЯ ЛЕСОМ ПЛОЩАДЬ
230,6 м³ ЗАПАС ДРЕВЕСИНЫ
183,0 м³/га УДЕЛЬНЫЙ ЗАПАС ДРЕВЕСИНЫ

ОЦЕНКА ФАКТИЧЕСКИ ВЫРУБЛЕННОГО ЛЕСА



Изображение после рубки



Выявленные вырубки

● БЕЛАЯ БЕРЕЗА

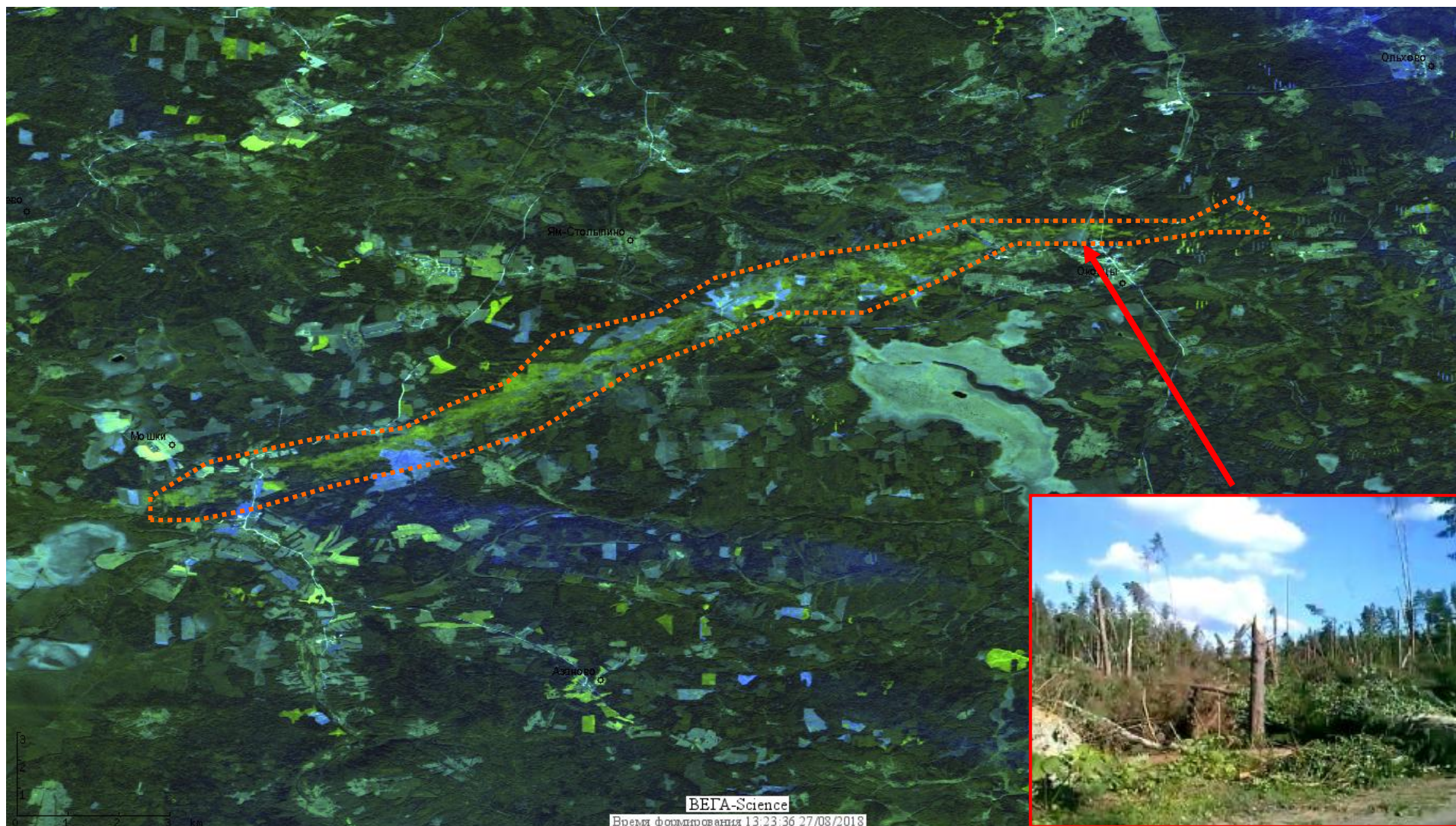
2,9 га ПОКРЫТАЯ ЛЕСОМ ПЛОЩАДЬ
494,2 м³ ЗАПАС ДРЕВЕСИНЫ
174,4 м³/га УДЕЛЬНЫЙ ЗАПАС ДРЕВЕСИНЫ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВЫРУБКИ

17/12/2016 ПЕРВОЕ НАБЛЮДЕНИЕ
19/02/2017 ПОСЛЕДНЕЕ НАБЛЮДЕНИЕ
127,683 га ПЛОЩАДЬ
22280,68 м³ ОБЩИЙ ВЫРУБЛЕННЫЙ ЗАПАС

Оценка последствий ветровала 2.08 2017 г.

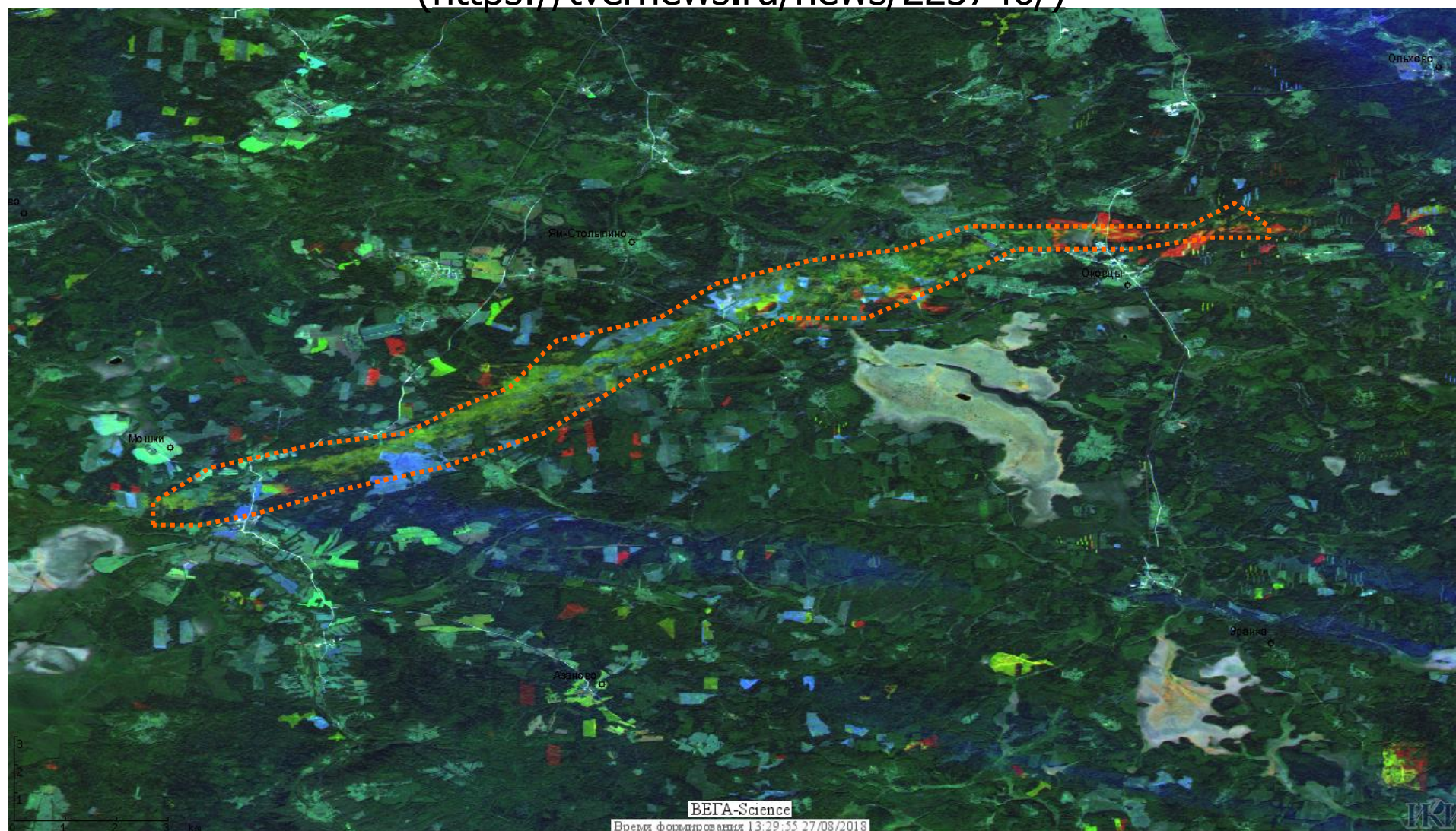
(<https://tvernews.ru/news/223746/>)



Цветосинтез изображений 2016 и 2017 годов, полученных прибором MSI со спутников Sentinel 2. Район ветровала, протяженность которого составила более 35 км, выделен оранжевым контуром.

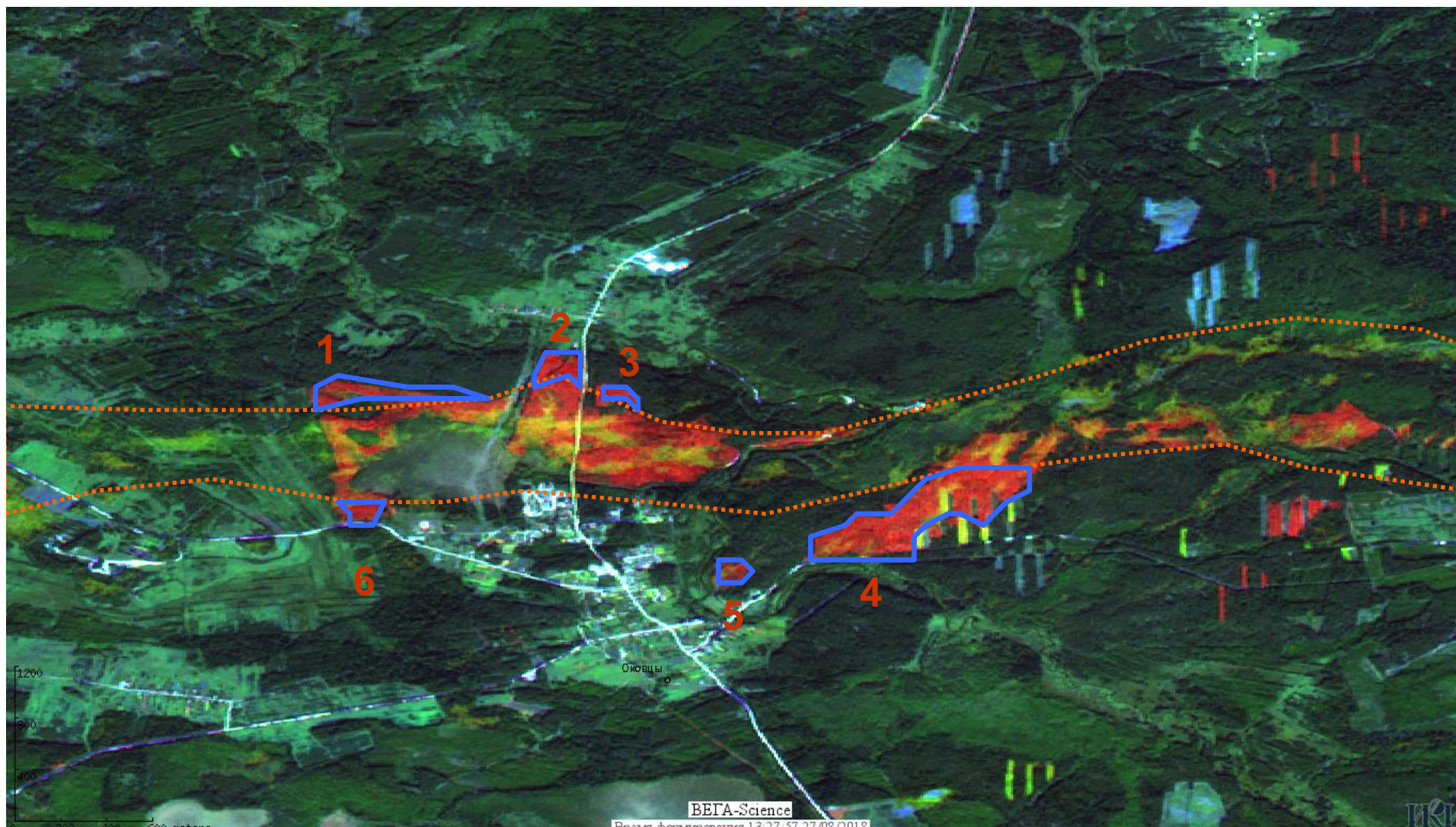
Последствия ветровала

(<https://tvernews.ru/news/223746/>)



Места рубок (выделены красным), в том числе санитарных. Цветосинтез данных 2018(R), 2017(G), 2017(B) годов полученные прибором MSI спутники Sentinel 2. Район ветровала выделен оранжевым контуром

Последствия ветровала



Места рубок (выделены красным), в том числе санитарных (район поселка Оковы). Цветосинтез данных 2018(R), 2017(G), 2017(B) годов, полученных прибором MSI со спутников Sentinel 2. Район ветровала выделен оранжевым контуром, подозрения на нарушения – синие контуры.

Оценка запасов древесины на участках возможных нарушений

**Участок 1 – Сосна (площадь: 6,1 га, запас: 840 м³)
Ель (площадь: 1,5 га, запас: 170 м³)
Береза (площадь: 0,2 га, запас: 30 м³)**

**Участок 2 – Сосна (площадь: 3,1 га, запас: 470 м³)
Ель (площадь: 5,8 га, запас: 780 м³)**

**Участок 3 – Сосна (площадь: 1,4 га, запас: 220 м³)
Ель (площадь: 0,8 га, запас: 200 м³)**

**Участок 4 – Сосна (площадь: 2 га, запас: 290 м³)
Ель (площадь: 25,6 га, запас: 4 560 м³)
Береза (площадь: 0,5 га, запас: 80 м³)**

**Участок 5 – Сосна (площадь: 2,6 га, запас: 180 м³)
Береза (площадь: 0,5 га, запас: 43 м³)**

**Участок 6 – Сосна (площадь: 1,2 га, запас: 130 м³)
Береза (площадь: 1,4 га, запас: 140 м³)**

Особенности разработки системы комплексного мониторинга лесов

- **Оперативное** получение данных от **большого числа различных спутниковых систем**
- Наличие **сверхбольших долгосрочных архивов данных** на всю территорию России
- **Высокий уровень автоматизации** обработки данных
- Наличие **инструментов распределенного анализа данных**
- **Комплексный мониторинг лесов** (контроль лесных ресурсов, пожаров, лесопользования, **гибели** и воспроизводства лесов)
- Возможность **предоставления данных большому числу распределенных пользователей**
- **Реализация на основе отечественных ИТ-решений**
- **Высокая мировая конкурентоспособность**

**Работа выполнена в рамках государственного
контракта Министерства науки и высшего
образования Российской Федерации №05.577.21.0294
на тему: «Разработка технологий
автоматизированной обработки спутниковых данных
дистанционного зондирования Земли для создания и
поддержки информационных сервисов мониторинга
лесных ресурсов и охотничьих угодий России»
Уникальный идентификатор проекта
RFMEFI57718X0294**



ИНСТИТУТ
КОСМИЧЕСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
РАН

Спасибо за внимание !