

# КОМПАНИЯ «СОВЗОНД»

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И КОСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ



## Картирование количественных параметров леса и мониторинг вырубок леса по данным космических радарных съемок

Кантемиров Юрий Игоревич  
ведущий специалист  
по обработке радарных данных ДЗЗ

Москва, 2014

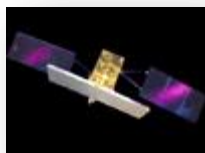
# ПЛАН ПРЕЗЕНТАЦИИ

- Средства наблюдений – космические радарные спутники дистанционного зондирования Земли;
- Результаты пилотного проекта по мониторингу сплошных и выборочных вырубок леса;
- Результаты пилотного проекта по картированию параметров леса;
- Программное обеспечение – ENVI/SARscape;
- Выводы и заключение.

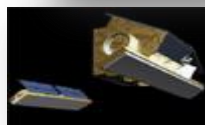
# ПЛАН ПРЕЗЕНТАЦИИ

- Средства наблюдений – космические радарные спутники дистанционного зондирования Земли;
- Результаты пилотного проекта по мониторингу сплошных и выборочных вырубок леса;
- Результаты пилотного проекта по картированию параметров леса;
- Программное обеспечение – ENVI/SARscape;
- Выводы и заключение.

# В настоящий момент на орбите находится 11 коммерческих радарных аппаратов ДЗЗ...



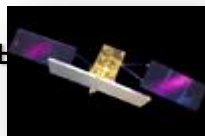
– COSMO-SKYMED 1/2/3/4 (2007,2008,2010 гг., разрешение до 60 см)



– TERRASAR-X и TanDEM-X (2007, 2010 гг., разрешение до 0,8 м)



– RADARSAT-2 (2007 год, разрешение до 1 м)



– RISAT (2012 год, разрешение до 1 м)



– KOMPSAT-5 (2013 год, разрешение до 1 м)



– Sentinel-1A (2014 год, разрешение до 5 м)



– ALOS PALSAR 2 (2014 год, разрешение от 1 до 100 м)

На орбите находятся  
11 коммерческих  
радарных спутников

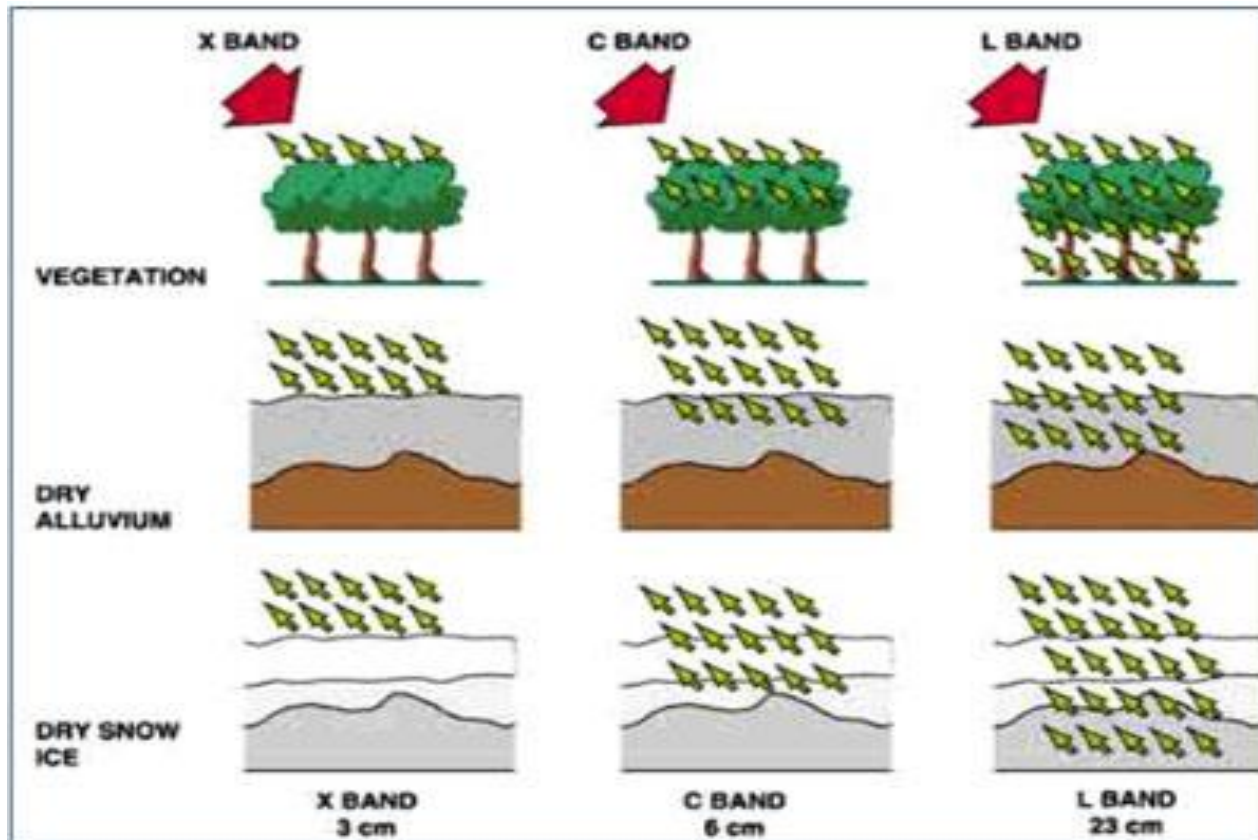
Разрешение получаемых  
данных от  
17 см до 100 м



# Некоторые из планируемых к запуску спутниковых радарных систем

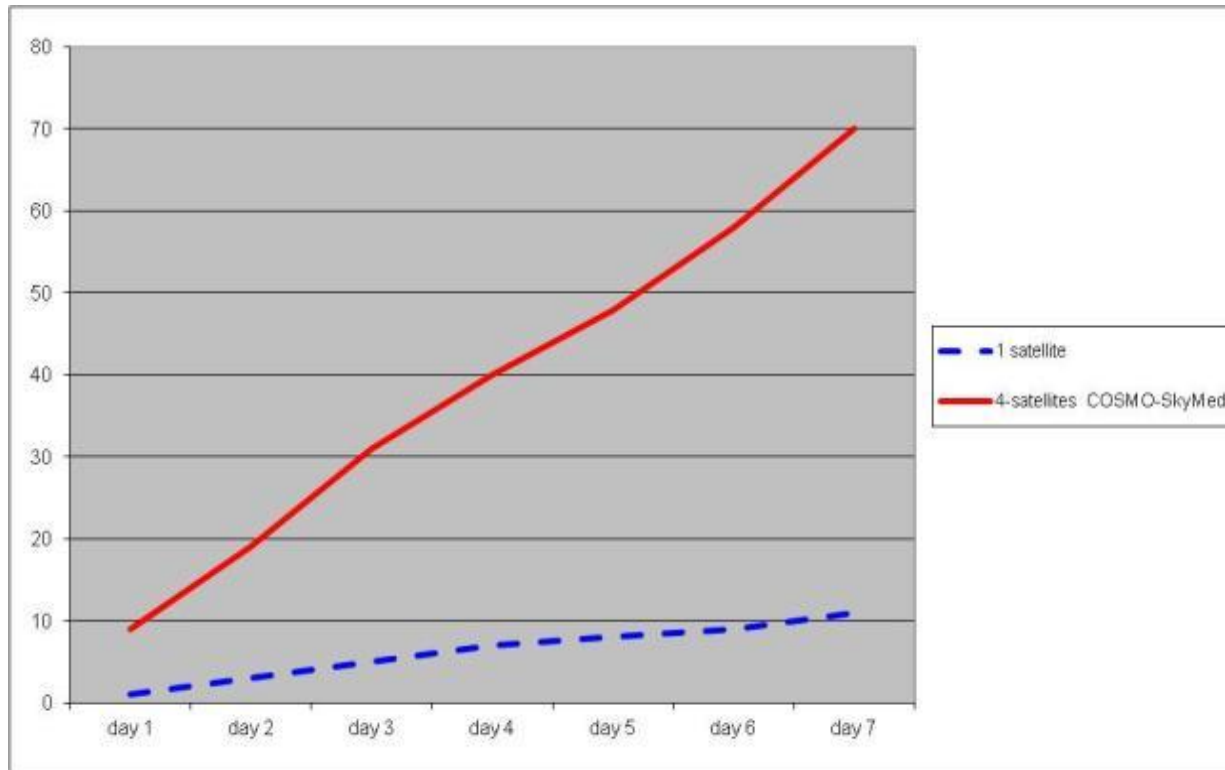
• Sentinel-1B	ESA	2015	5-20 м
• SAOCOM-1 A/B	CONAE	2015	5 м
• COSMO-SkyMed-5/6/7/8	ASI	2016-2018	0,5-30 м
• RCM	MDA	2016-2017	1 – 100 м
• Обзор-Р	Роскосмос	2018	1 – 500 м

# Выбор длины волны в зависимости от решаемых задач



- Для мониторинга вырубок леса наилучшим образом подходят данные X-диапазона длин волн (COSMO-SkyMed);
- Для картирования параметров леса, необходимо чтобы луч радара проникал в лес, поэтому необходимо использование данных L-диапазона длин волн (спутник ALOS PALSAR, для которого есть архив на всю территорию лесного фонда России за 2007-2010 гг и планируемые к запуску спутники ALOS-2 и SAOCOM).

# COSMO-SkyMed – частота повторных съемок



COSMO-SkyMed, будучи единственной мониторинговой группировкой из 4 радарных спутников-близнецов, обладает уникальными возможностями по частоте повторных съемок и оперативному реагированию на чрезвычайные ситуации – до 70 съемочных возможностей в неделю на географической широте Москвы.

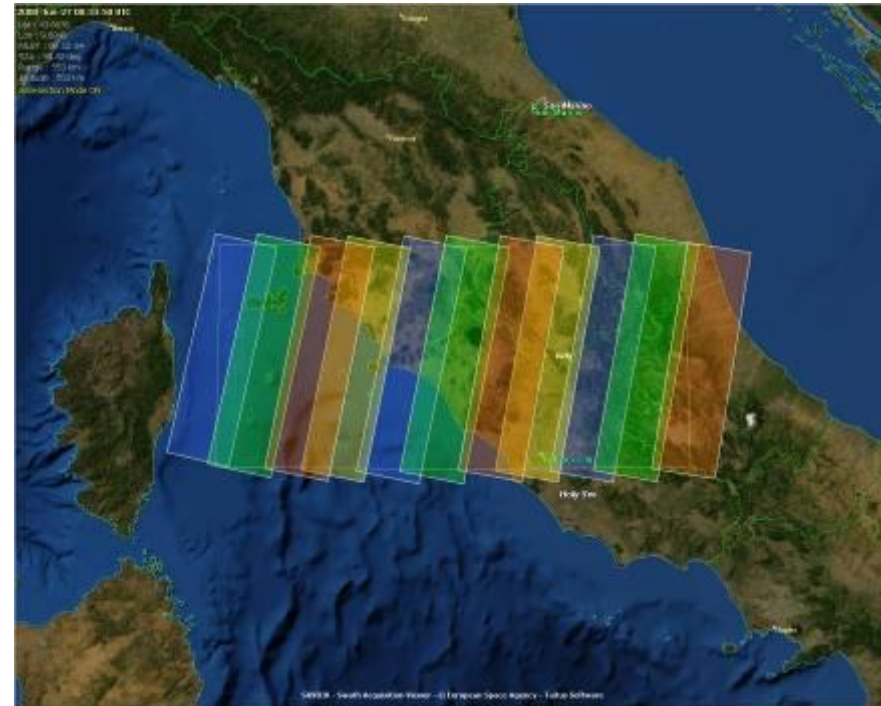
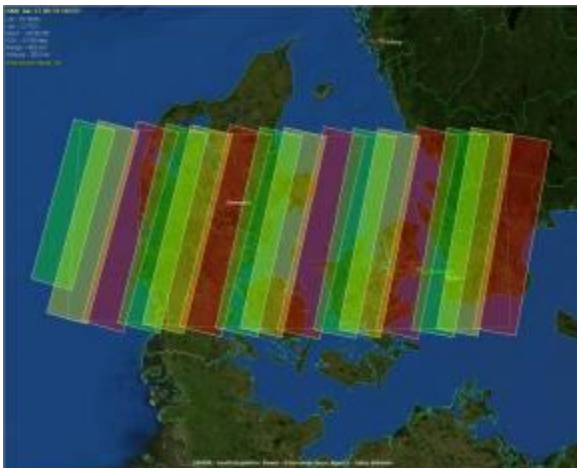
Сравнение времени, необходимого для съемки территории 300 000 кв.км для различных радарных спутниковых систем (для маршрутного режима съемки с разрешением 3 – 5 метров)

Спутниковая система	Высота орбиты	Орбитальный цикл	Ширина полосы съемки	Минимально возможное число лучей	Время, необходимое для съемки
Cosmo 1	620 км	16 дней	40 км	4	<b>64 дня</b>
Cosmo 1 + Cosmo 2	620 км	16 дней	40 км	4	<b>32 дня</b>
Cosmo 1,2,3,4	620 км	16 дней	40 км	4	<b>16 дней</b>
TerraSAR-X	500 км	11 дней	30 км	6	<b>66 дней</b>
Radarsat-2	783 км	24 дня	20 км	5	<b>120 дней</b>

# Принцип съемок больших территорий

съемка ведется непрерывными полосами съемки

- Комбинация из 4 съемочных лучей необходима для покрытия любой территории (5 лучей на экваторе)
- Соседние полосы съемок перекрываются между собой
- Из перекрывающихся полос возможно получать бесшовные мозаики



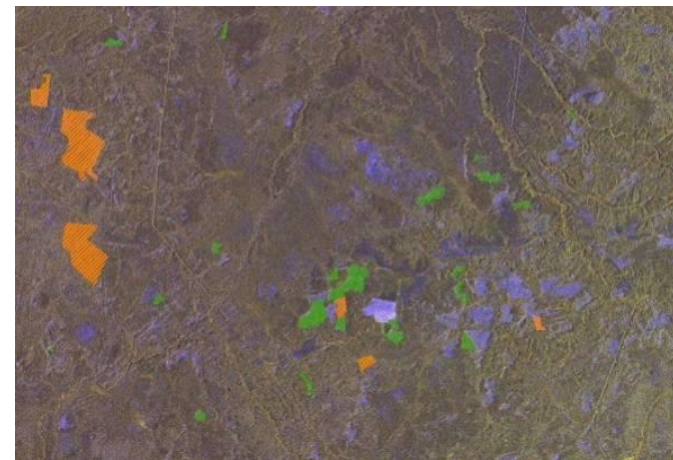
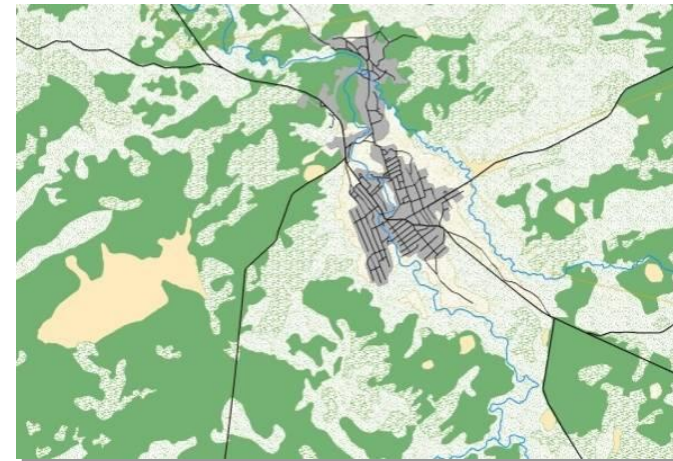
Для широт севернее  $50 \div 55^\circ$  достаточно комбинации из 3 лучей

# ПЛАН ПРЕЗЕНТАЦИИ

- Средства наблюдений – космические радарные спутники дистанционного зондирования Земли;
- **Результаты пилотного проекта по мониторингу сплошных и выборочных вырубок леса;**
- Результаты пилотного проекта по картированию параметров леса;
- Программное обеспечение – ENVI/SARscape;
- Выводы и заключение.

# Цель пилотного проекта на территории одного из лесничеств Вологодской области

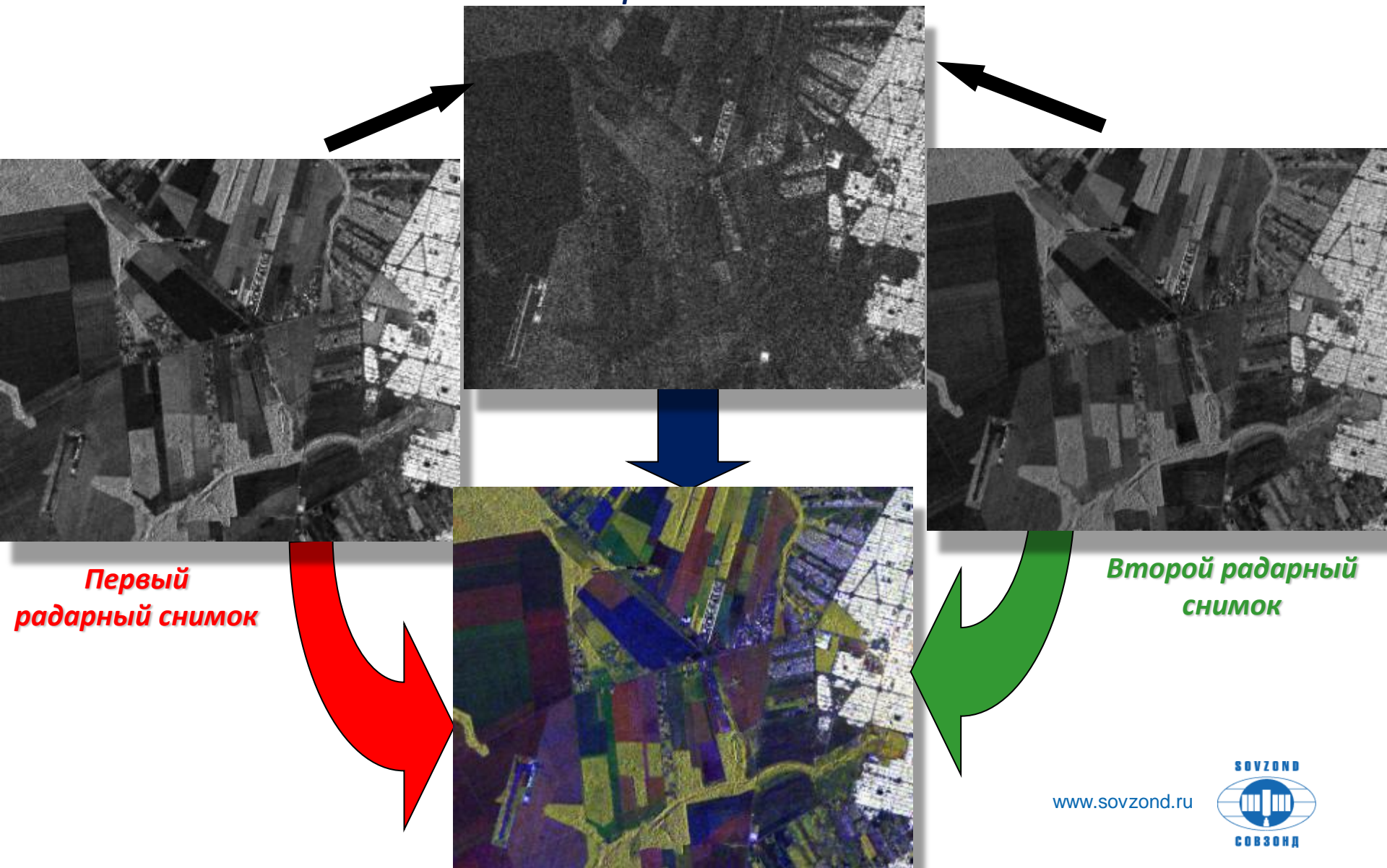
- Оценка возможностей применения радарных данных ДЗЗ для решения задач:
  - составления тематических карт территории по данным радарных съемок, сделанных в период наличия снежного покрова;
  - обнаружения сплошных и выборочных вырубок леса
  - всепогодного и не зависящего от освещенности мониторинга вырубок леса











# Основной тематический продукт – мультивременной композит МТС

*Когерентность*

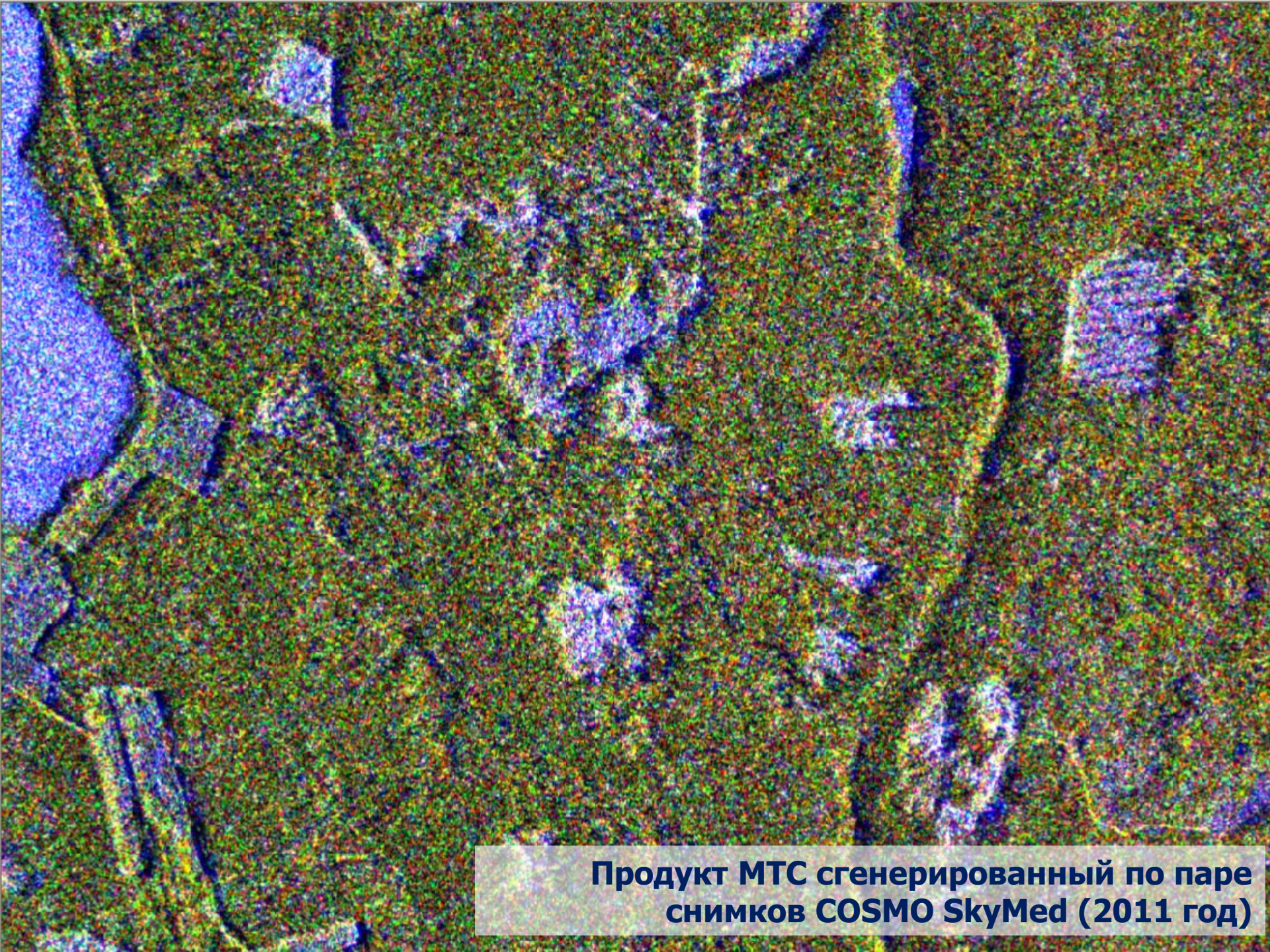




# Ключи к интерпретации мультिवременного когерентного композита МТС

Амплитуда первого снимка	Амплитуда второго снимка	Когерентность	Результирующий цвет на МТС	Пример отображения	Интерпретация
сильная	сильная	низкая	желтый		<ul style="list-style-type: none"> <li>природная луговая растительность (трава);</li> <li>лес (в случае присутствия текстуры);</li> <li>объекты присутствующие на обоих снимках на одном и том же месте, но передвигавшиеся в период между съемками;</li> </ul>
сильная	сильная	высокая	белый		<ul style="list-style-type: none"> <li>здания, сооружения (углы);</li> <li>железные дороги, опоры ЛЭП;</li> <li>объекты инфраструктуры;</li> <li>очень шероховатая голая земля;</li> <li>объекты присутствующие на обоих снимках на одном и том же месте и не двигавшиеся между съемками;</li> </ul>
средняя / слабая	средняя / слабая	высокая	темно-синий / светло-синий		<ul style="list-style-type: none"> <li>плоская/шероховатая голая земля;</li> <li>плоские поверхности с искусственным покрытием (асфальтированные дороги, взлетно-посадочные полосы, плоские крыши зданий и т.д.);</li> </ul>
слабая	сильная	низкая	зеленый		<ul style="list-style-type: none"> <li>быстро растущая растительность (сельхозкультуры);</li> <li>увеличение шероховатости поверхности за период между съемками (вспашивание голой земли);</li> <li>уменьшение влагосодержания почвы за период между съемками;</li> <li>замерзание водоема в период между съемками;</li> <li>новые объекты, появившиеся на втором снимке, но отсутствующие на первом;</li> </ul>
сильная / средняя	слабая	низкая	красный		<ul style="list-style-type: none"> <li>уменьшение шероховатости поверхности за период между съемками;</li> <li>увеличение влагосодержания за период между съемками;</li> <li>уборка урожая в период между съемками;</li> <li>оттаивание водоема в период между съемками;</li> <li>объекты, присутствовавшие на первом снимке и отсутствующие на втором;</li> </ul>
слабая	слабая	низкая	темно-серый, черный		<ul style="list-style-type: none"> <li>водные поверхности.</li> </ul>





**Продукт МТС сгенерированный по паре снимков COSMO SkyMed (2011 год)**

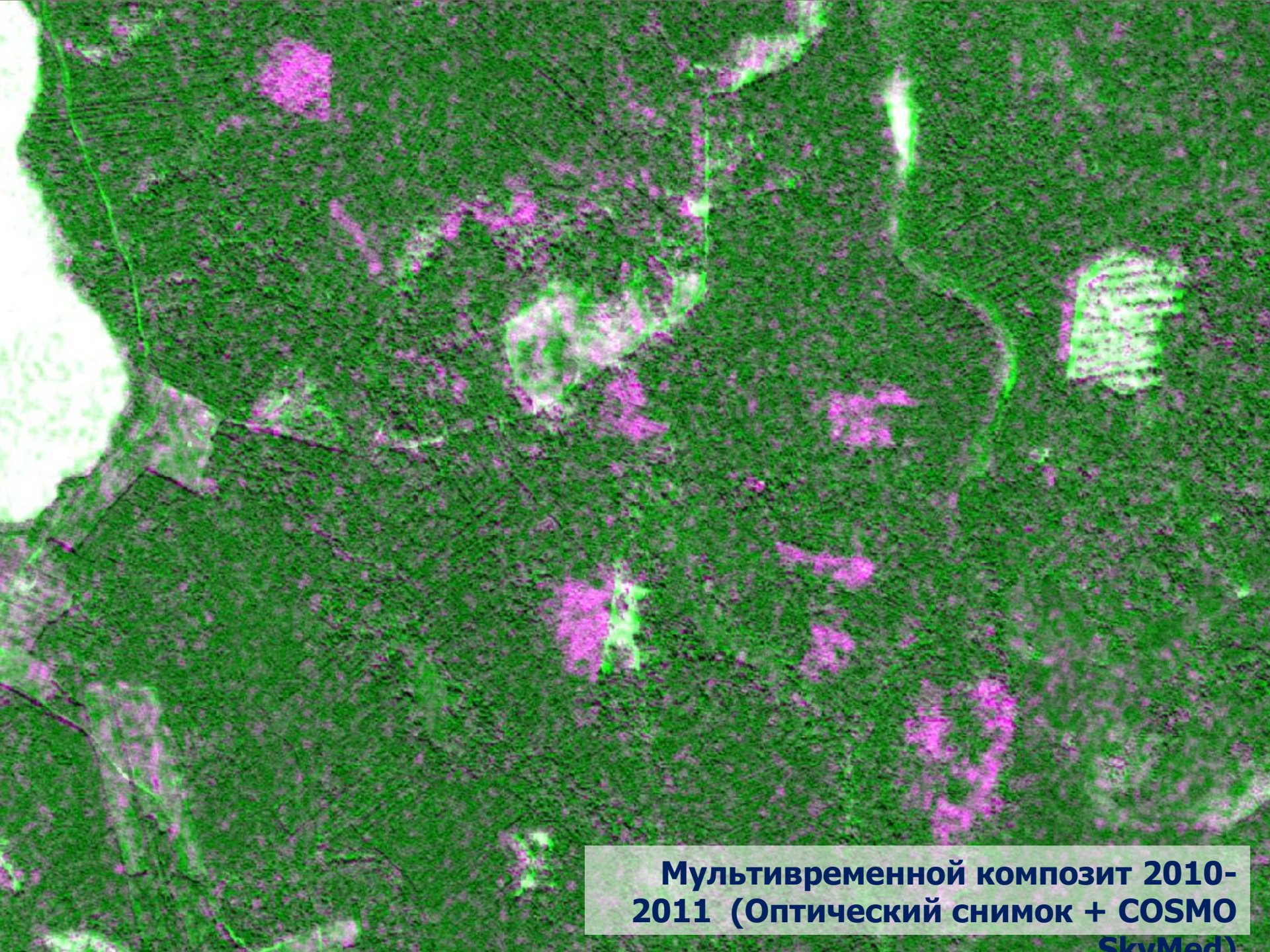




Оптический снимок (2010

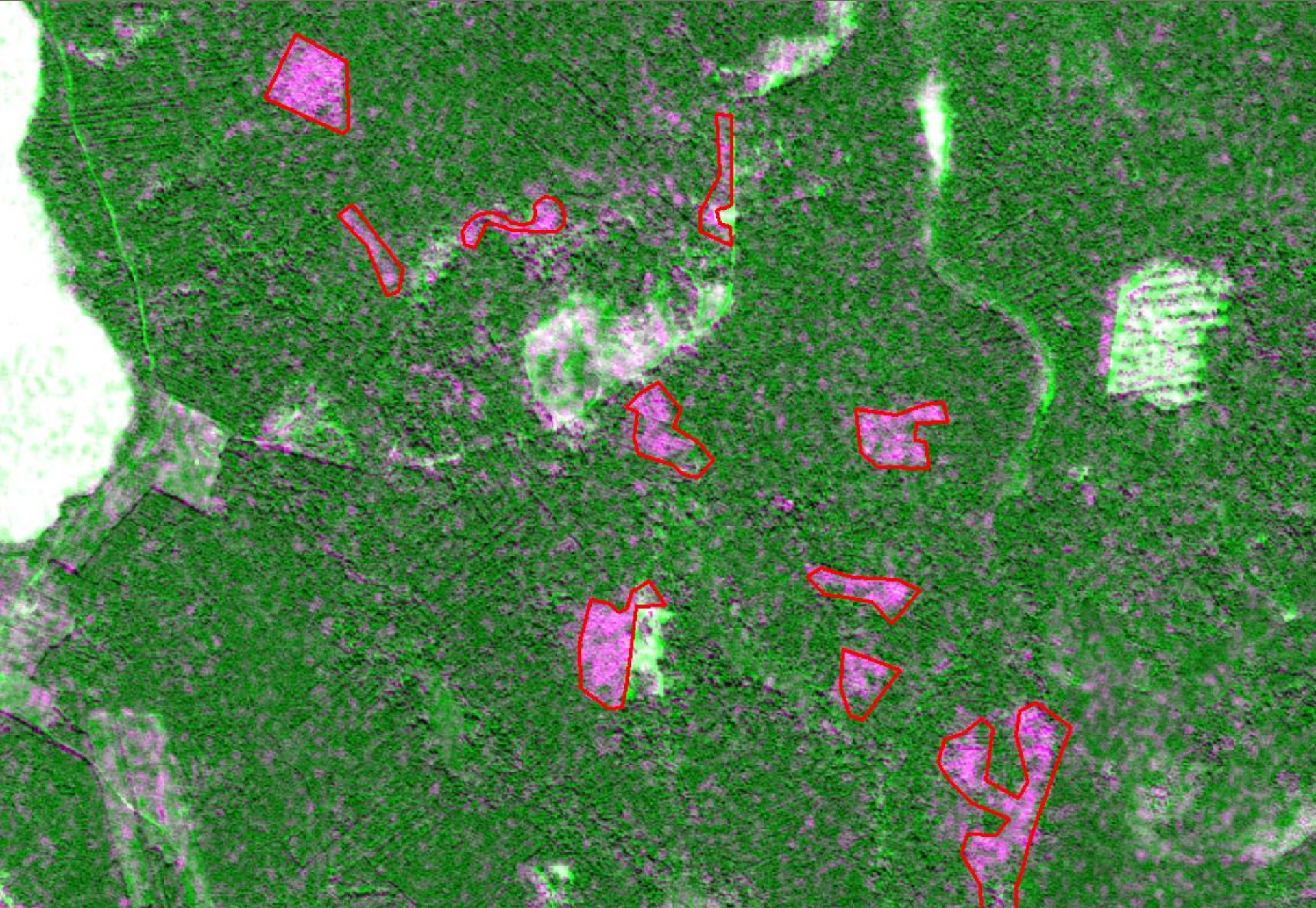
г.г.)





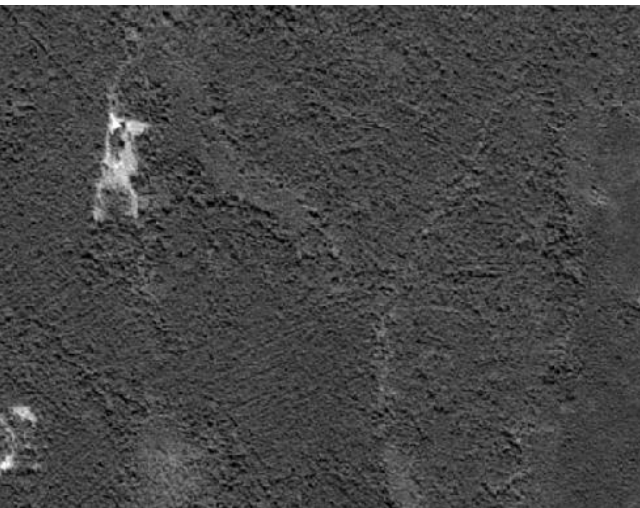
Мультивременной композит 2010-2011 (Оптический снимок + COSMO SkyMed)



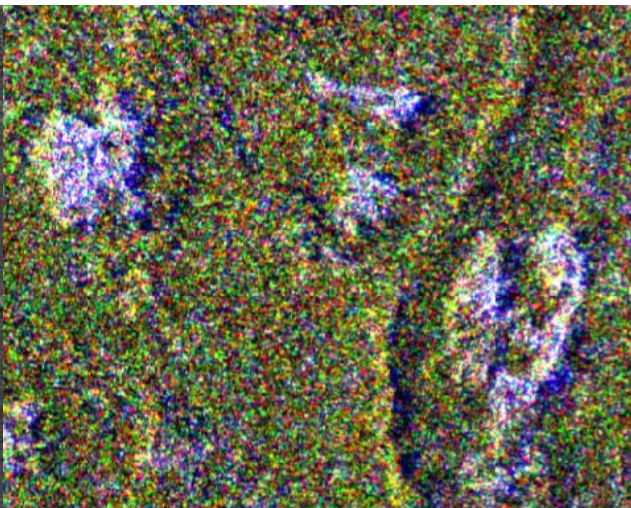


**Контуры вырубок за период 2010-2011**

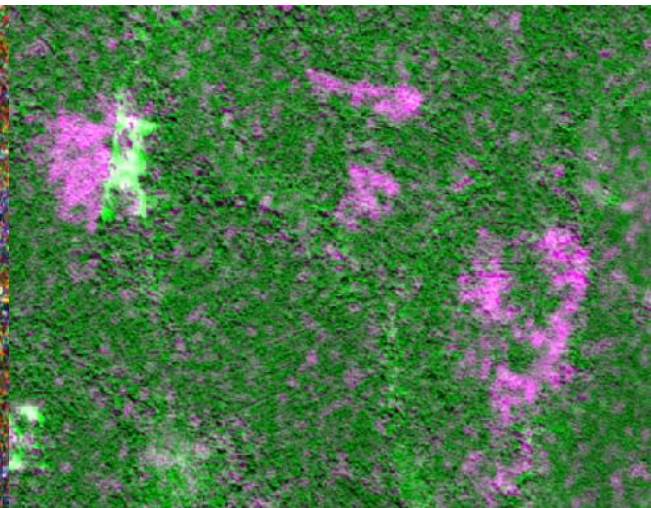




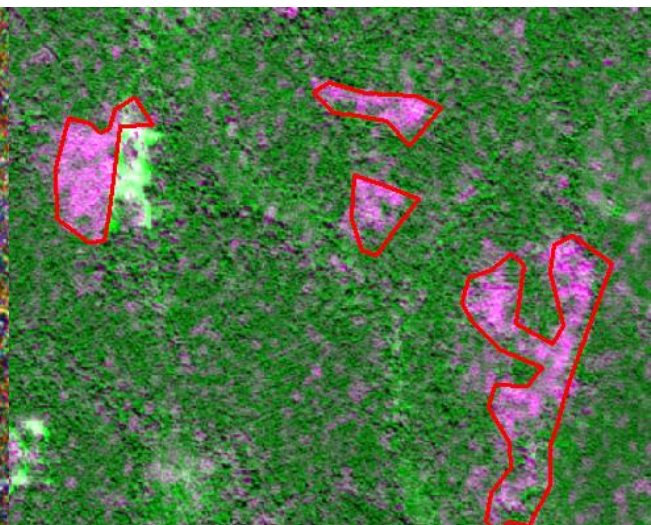
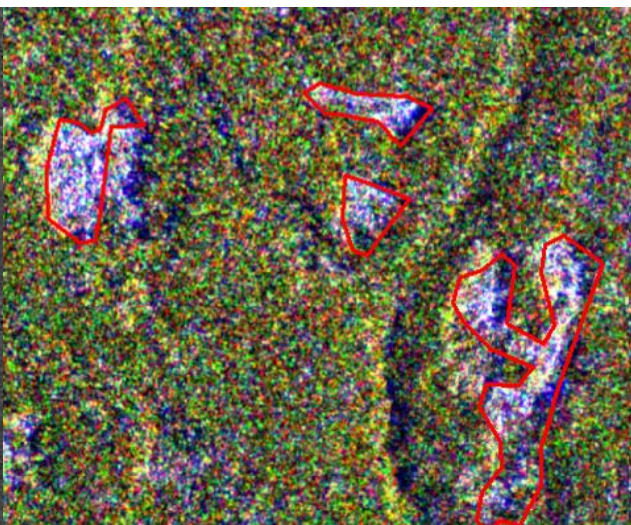
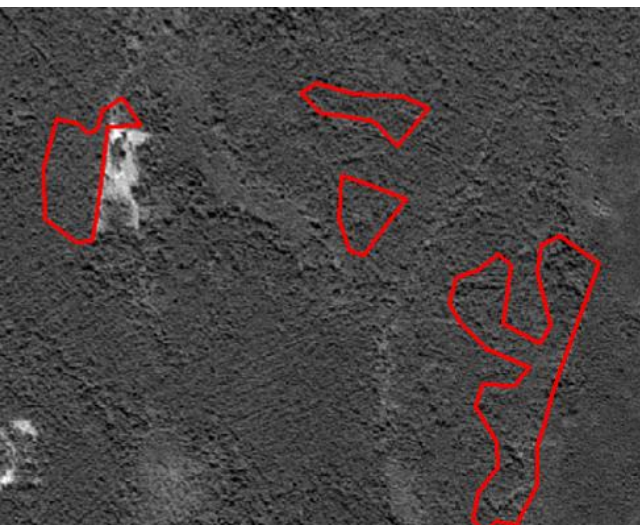
**Оптический снимок (2,5 м)**



**COSMO SkyMed (3 м)**



**Мультивременной  
КОМПОЗИТ**





# Выбор характеристик съемки

**Угол радарной съемки бокового обзора:**

желаемый диапазон углов:  $25-40^\circ$

в случае горного рельефа – углы съемки могут быть увеличены до  $50 - 60^\circ$

**Поляризация радарного сигнала: HH**

**Геометрия повторных съемок:** Мультивременные интерферометрические съемки в идентичной геометрии (съемка направо по направлению движения спутника)

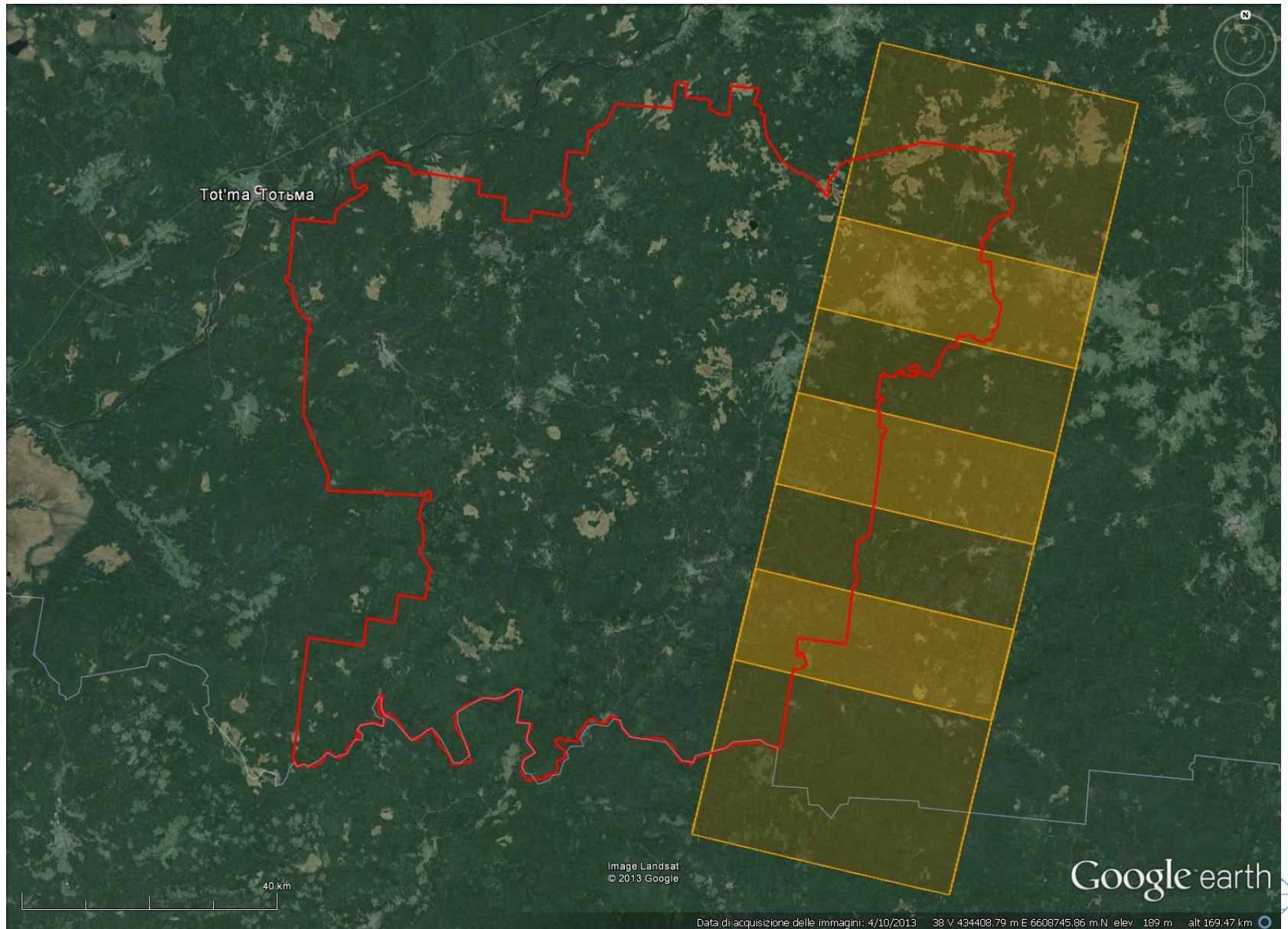


# Территория лесничества (8 000 кв.км)



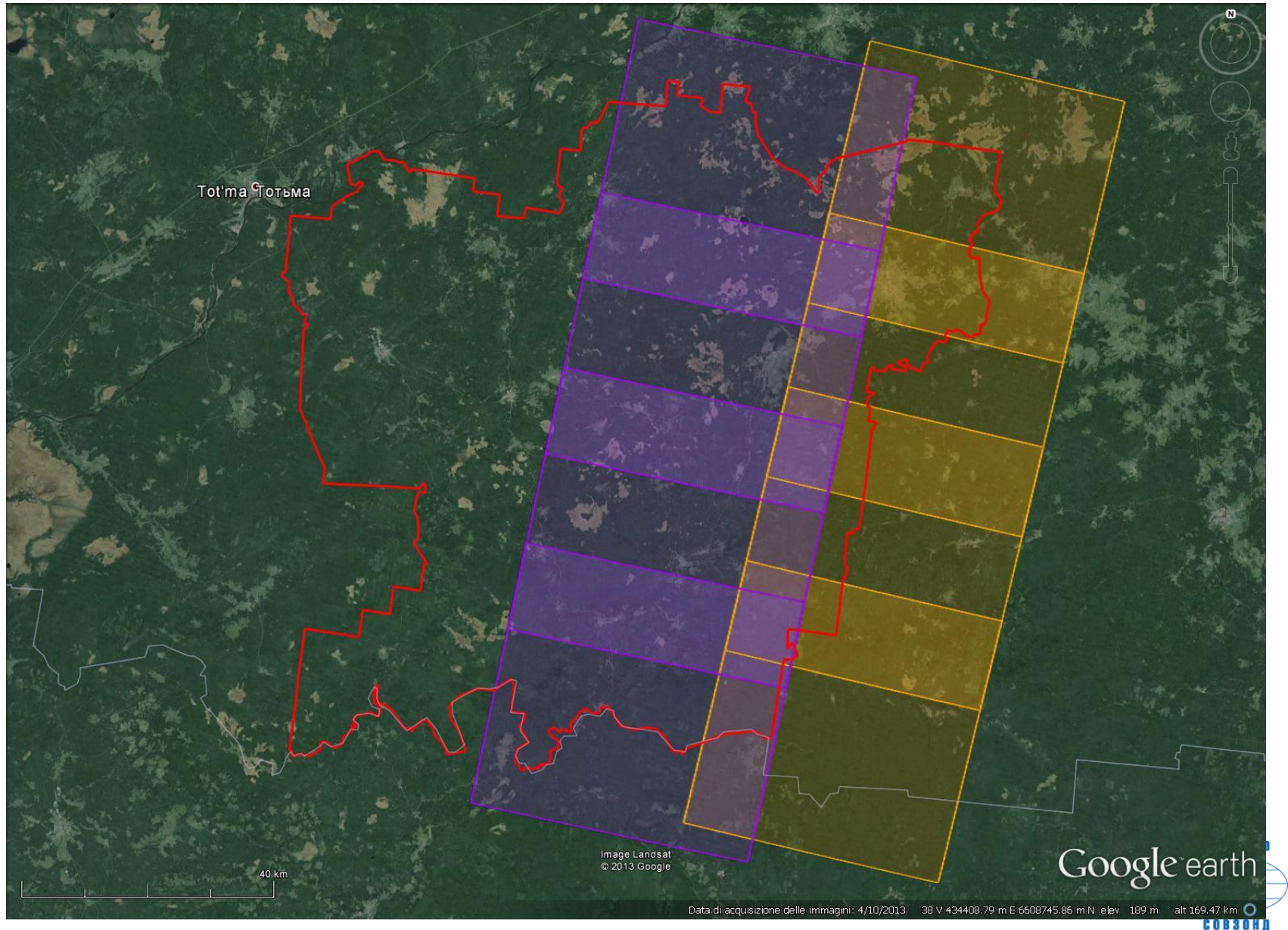


# Планирование съёмки: луч HI\_01



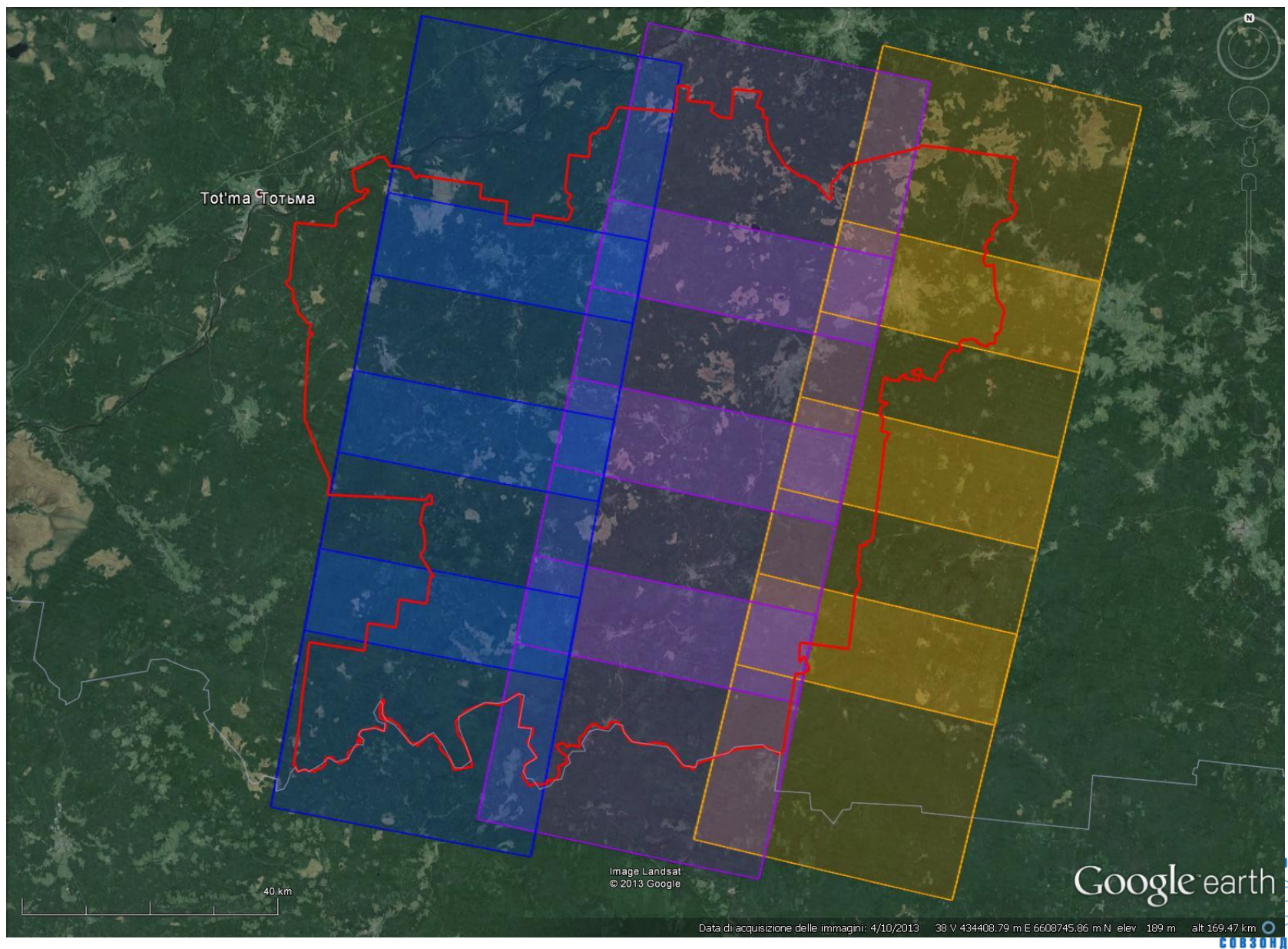


# Планирование съёмки: луч HI\_06





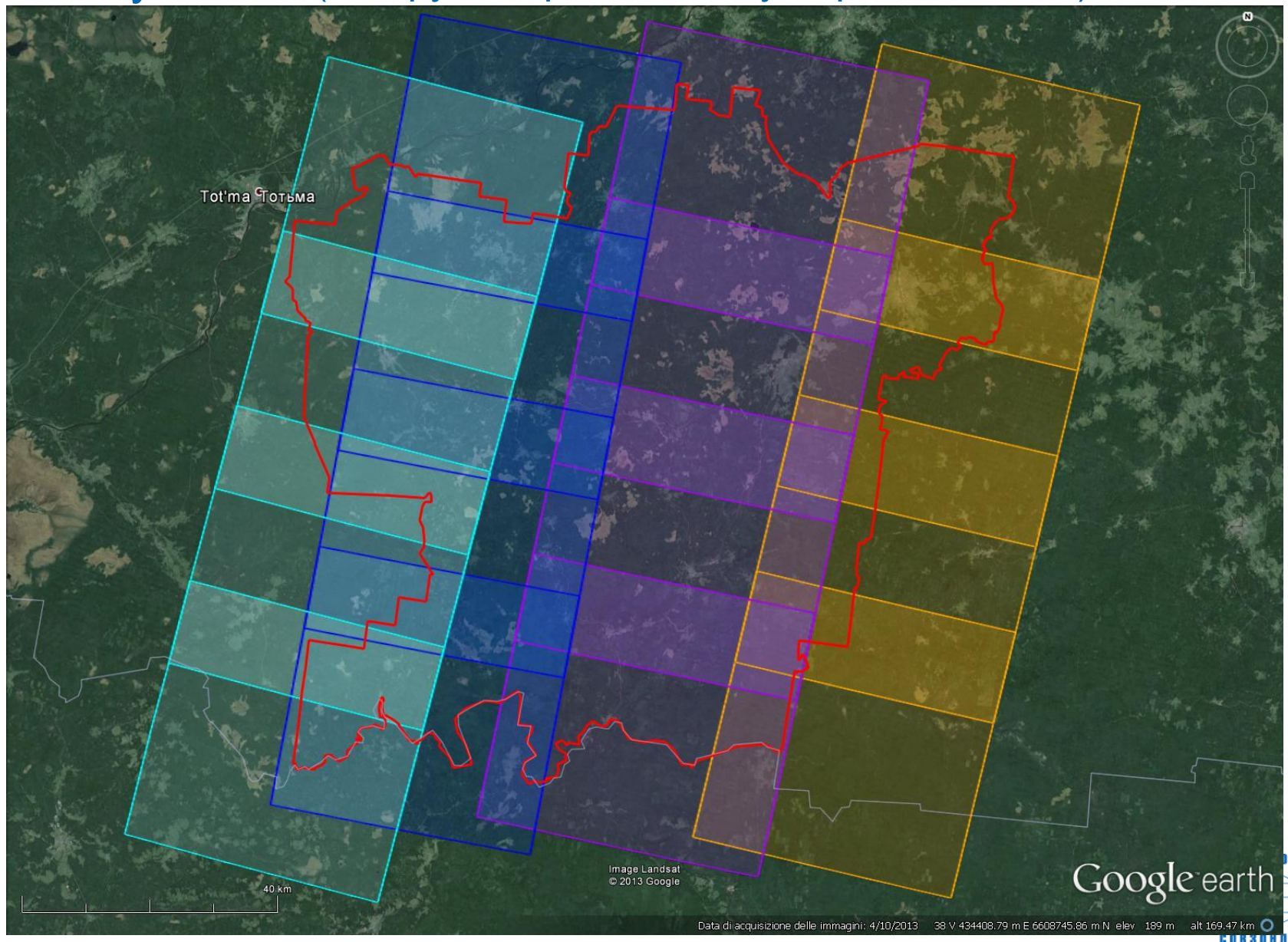
# Планирование съемки: луч HI\_11





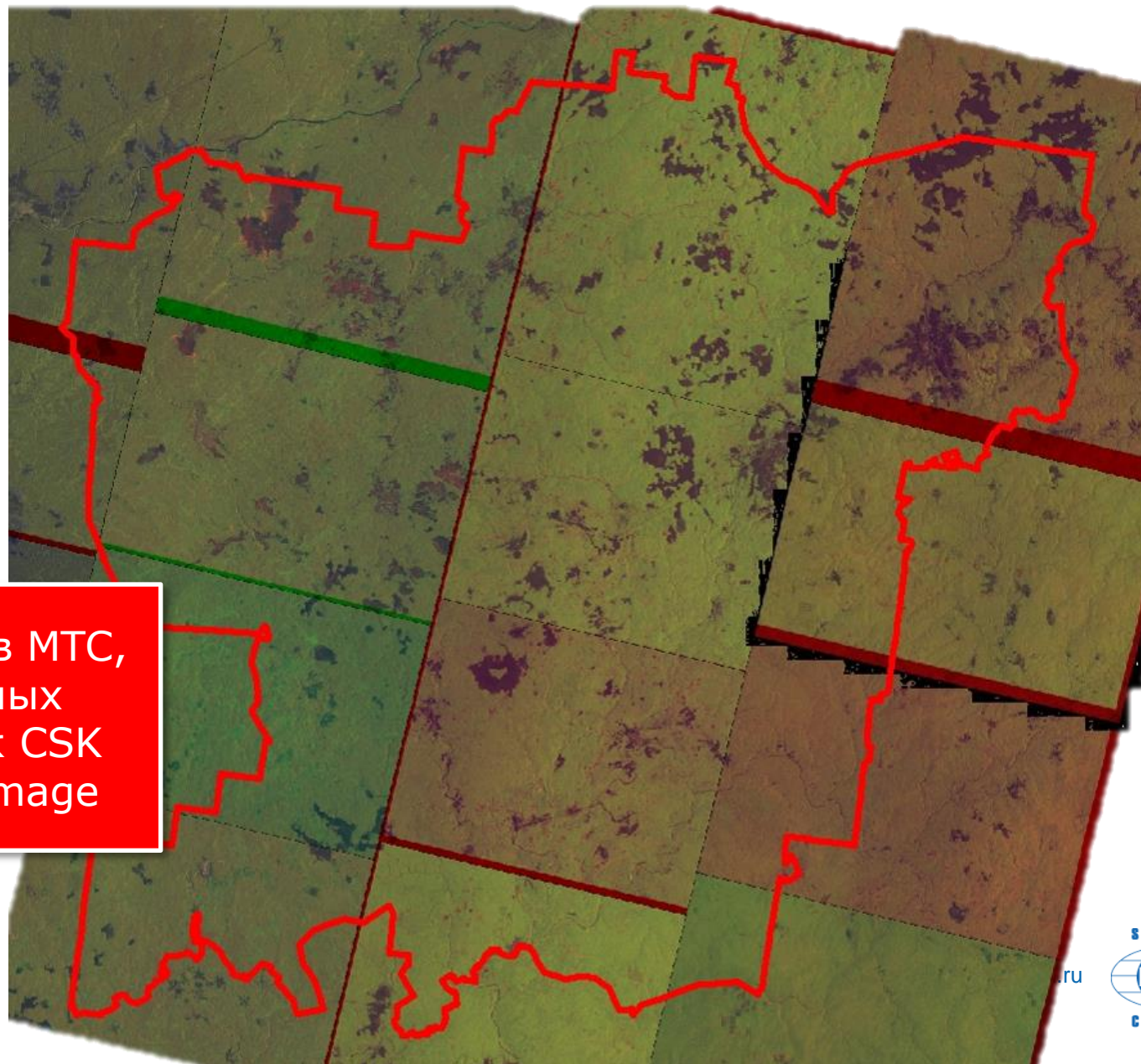
# Планирование съемки:

луч NI\_01 (но другая орбита, чем у первой полосы)





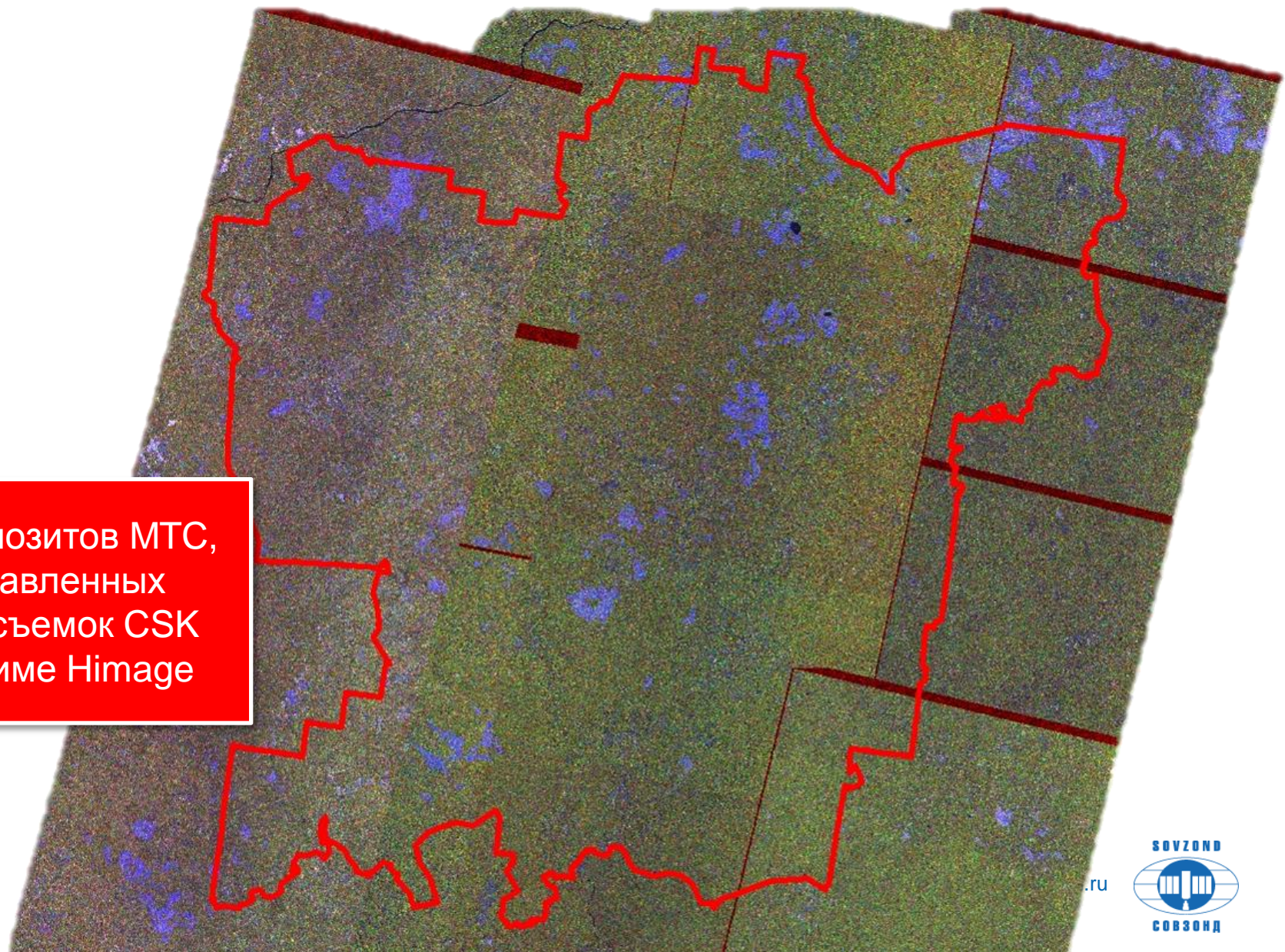
# Покрытие территории лесничества данными COSMO-SkyMed в марте-апреле 2013 года



16 композитов МТС,  
составленных  
из 32 съемок CSK  
в режиме Hiimage



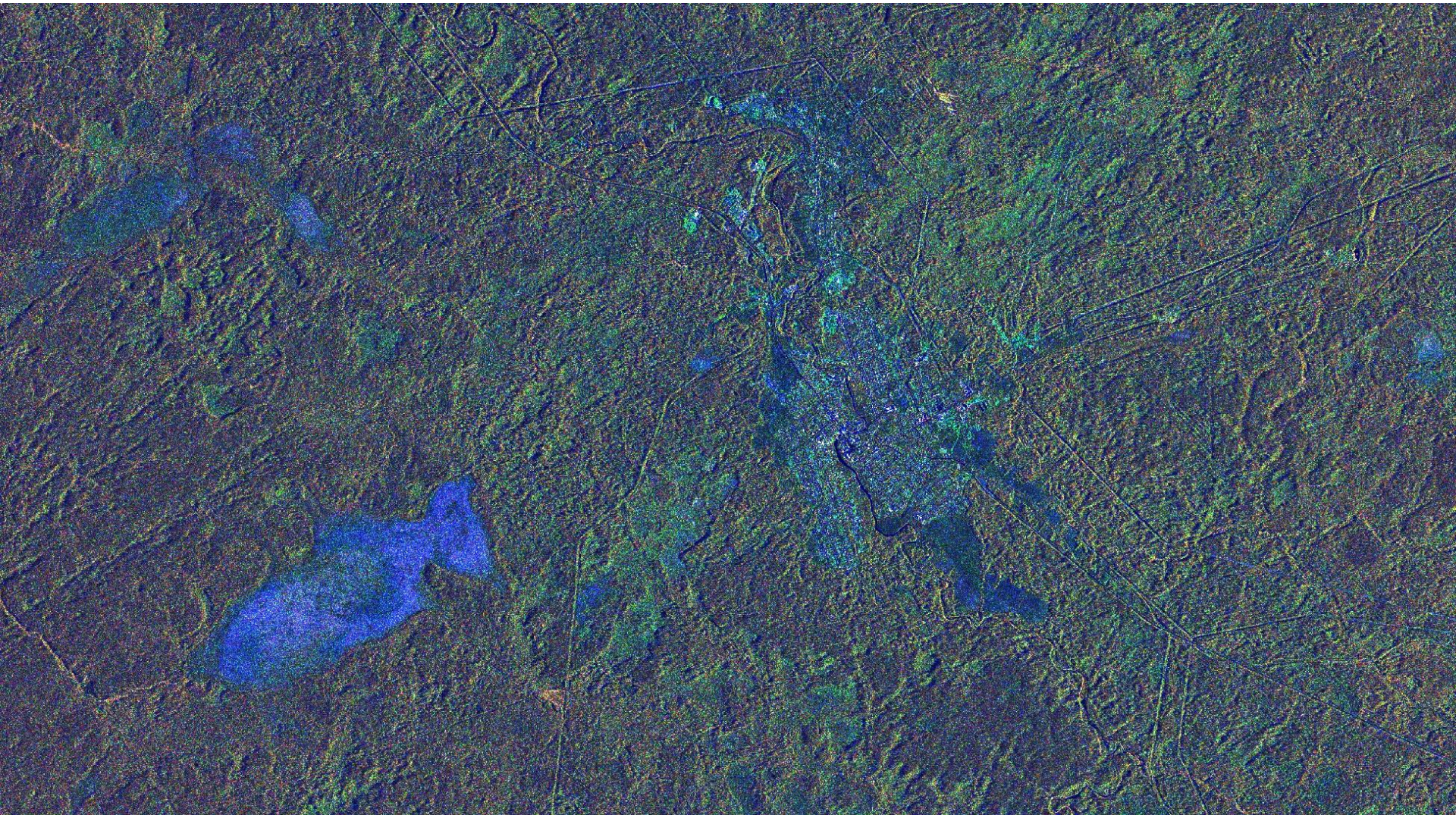
Покрытие территории лесничества  
данными COSMO-SkyMed в октябре-ноябре 2013 года



16 композитов МТС,  
составленных  
из 32 съемок CSK  
в режиме Hiimage

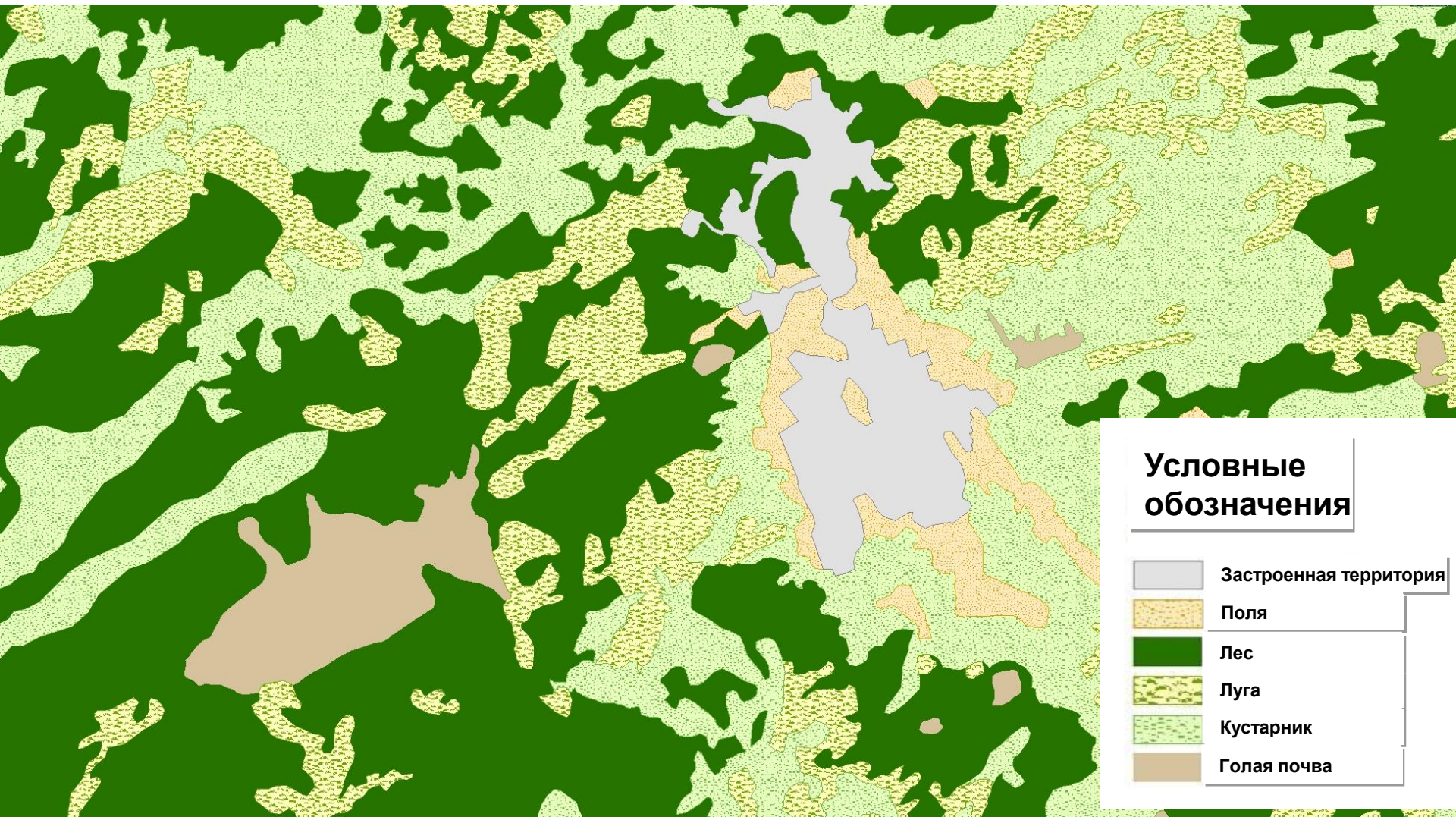


# Отображение участка территории лесничества на радарном композите МТС



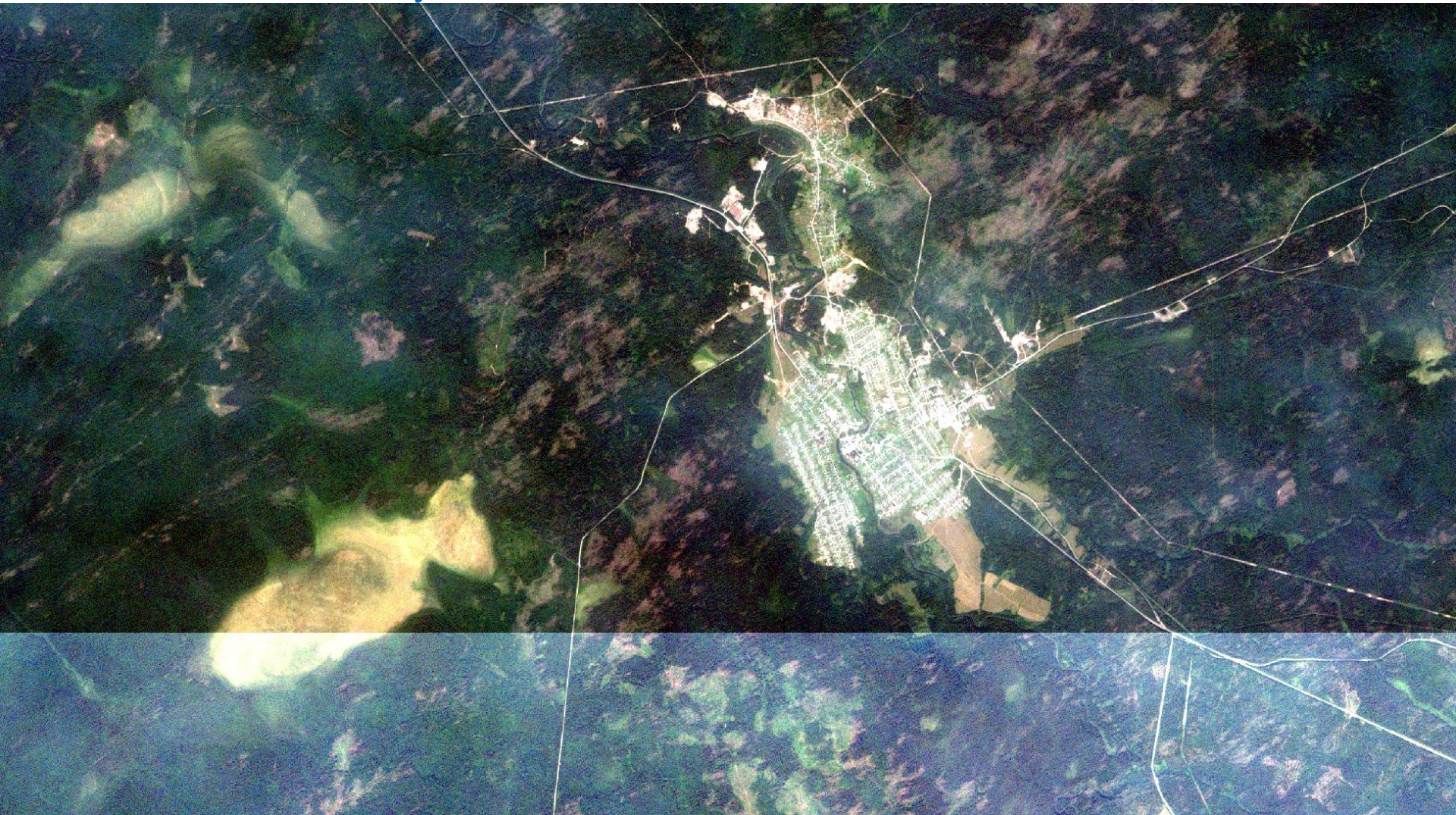


# Тематическая карта территории, созданная на основе композита МТС





Тот же участок на оптическом снимке 2010 года





# Характеристики полученных тематических карт территории лесничества

- **Легенда**

- **Площадные классы**

- Поля
- Лес
- Луга
- Кустарник
- Застроенная территория
- Голая почва
- Водная поверхность

- Озёра

- **Линейные классы**

- **Дороги**

- Автодороги
- Железные дороги
- Водная поверхность

- Реки

- **Минимальные размеры выделяемых классов**

- **Площадные объекты**

- от 1.5 Га

- **Линейные объекты**

- Дороги: длина > 150 м
- Реки: длина > 150 м и ширина > 10 м

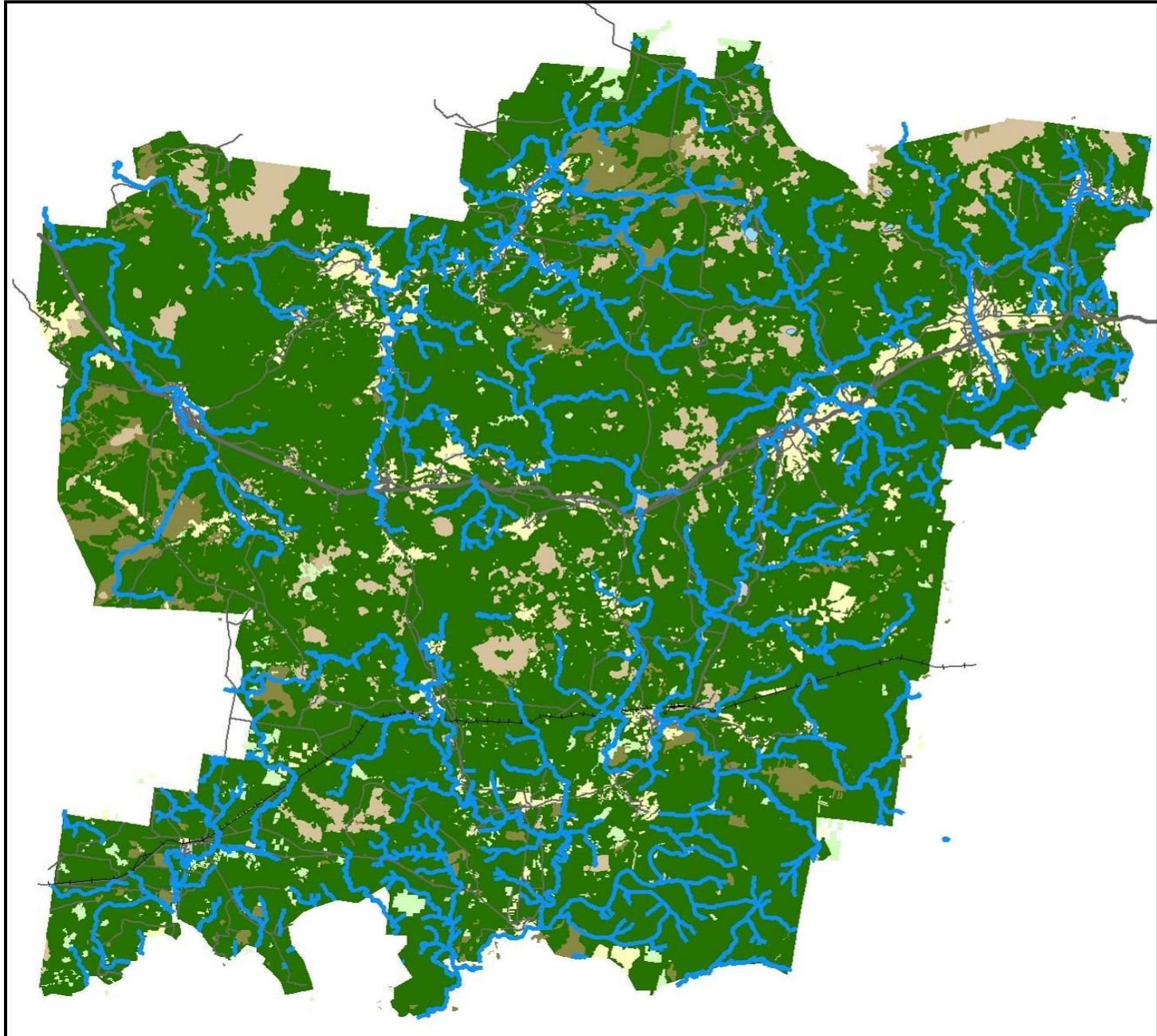


# Технологическая цепочка создания тематических карт территории

1. Планирование съемок CSK с учетом решаемых задач
2. Создание композита MTC (в программном обеспечении SARscape)
  1. Ортотрансформирование и верификация композита MTC
3. Интерпретация мультивременных композитов
  1. Выделение классов (в ArcGIS): создание полигонов (для площадных объектов), и полилиний (для линейных объектов, таких как железные и авто дороги, реки)
  2. Добавление необходимых атрибутов выделенным полигонам и полилиниям (классификация): создание базы геоданных и ее настройка в соответствии с решаемой задачей;
  3. Контроль качества
4. Создание выходного продукта (Векторная тематическая карта)



# Результирующая тематическая карта

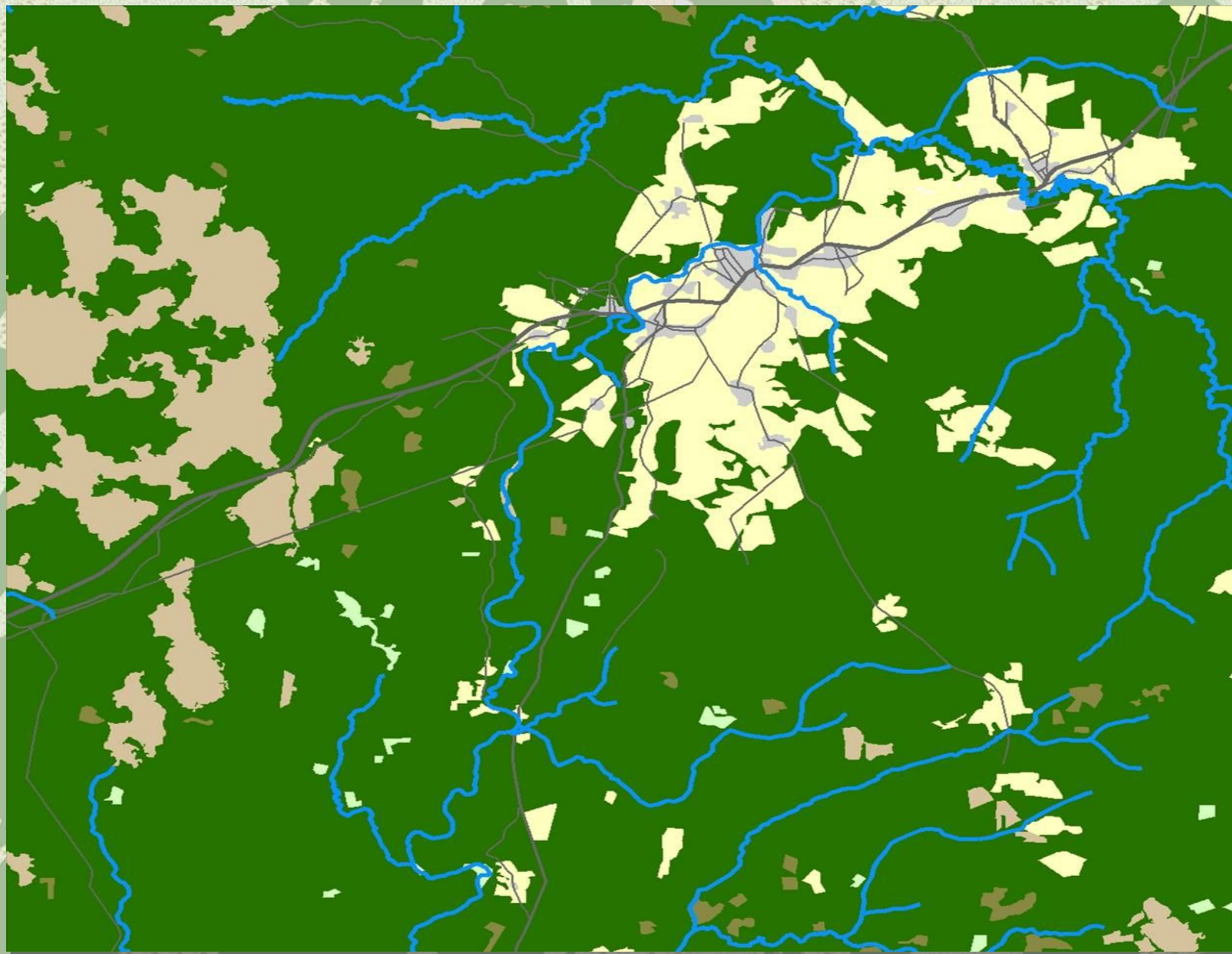


# Увеличение на участок тематической карты





# Увеличение на участок тематической карты



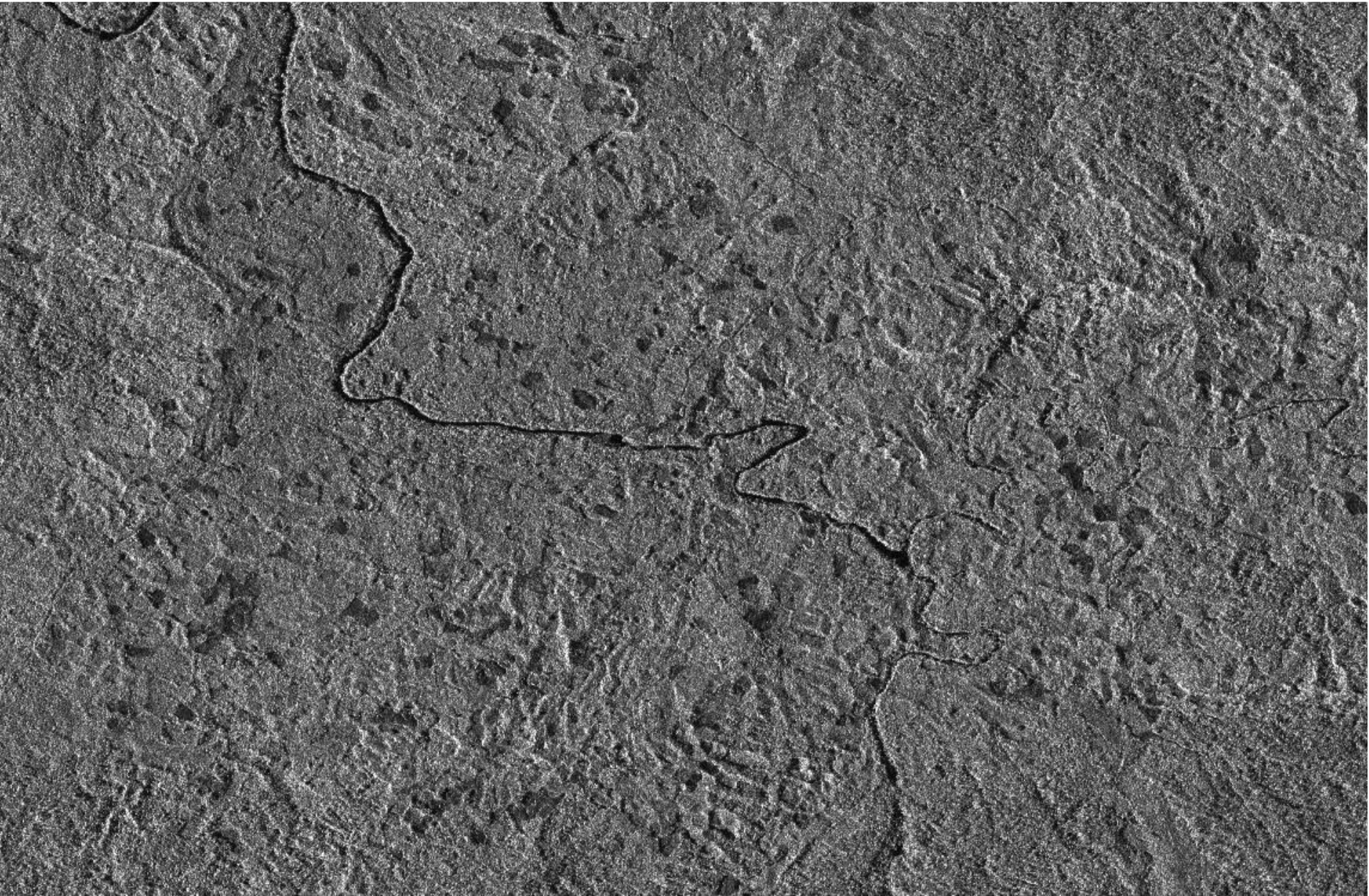


# Выделение класса вырубок леса



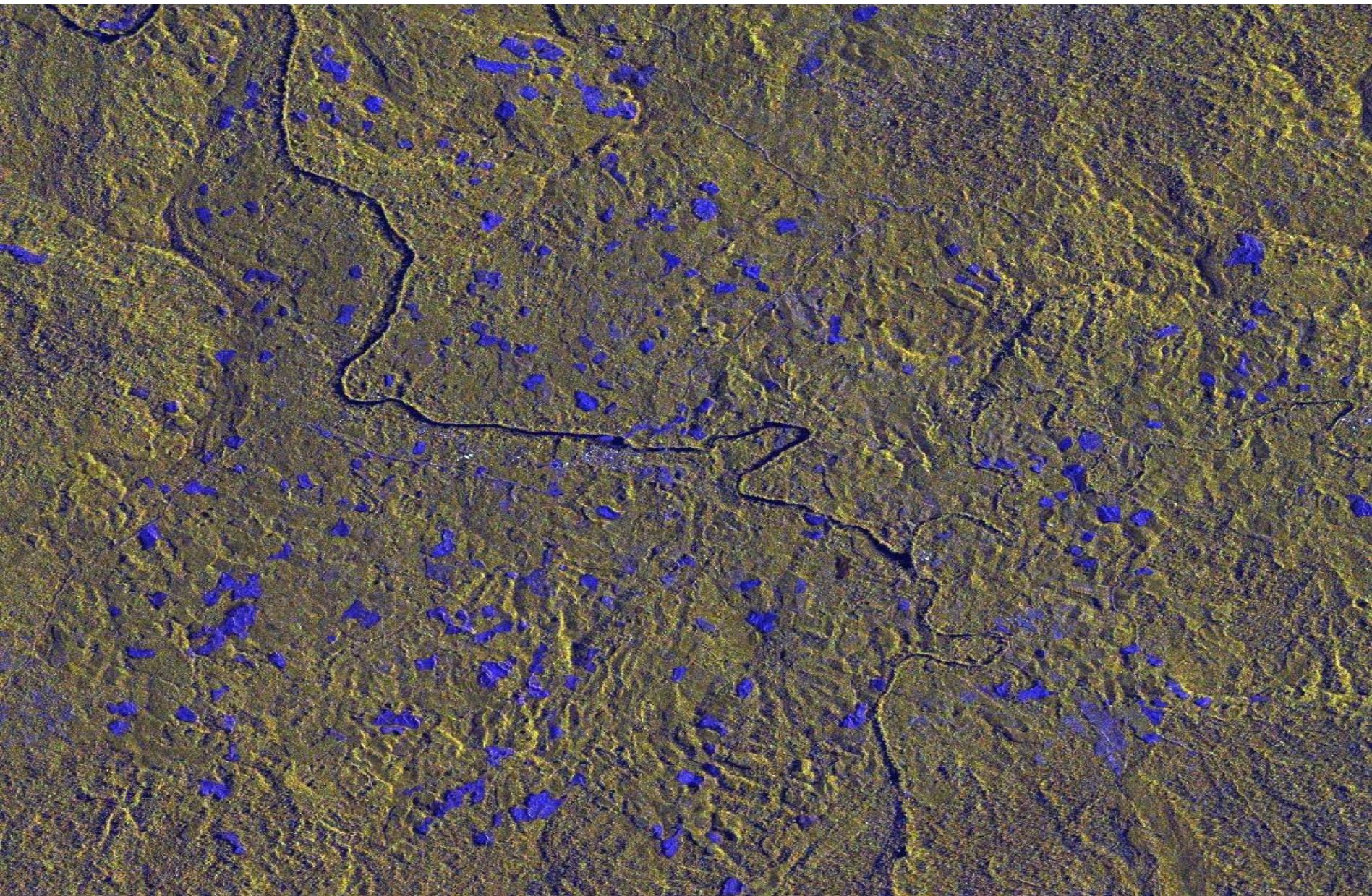


# Выделение класса вырубок леса



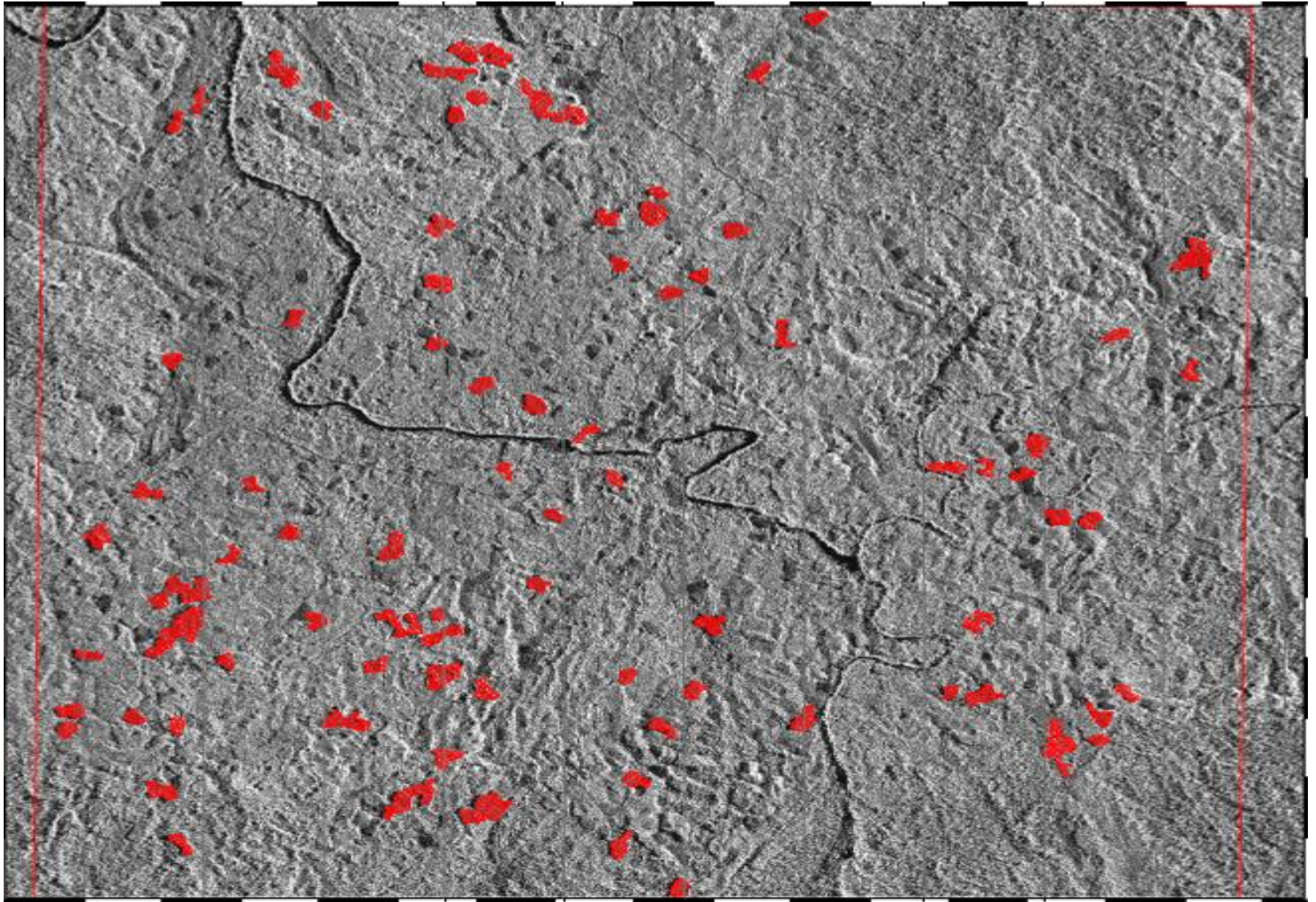


# Выделение класса вырубок леса





# Векторная карта вырубок леса





Отображение вырубок леса на радарном композите МТС,  
полученном в период наличия снежного покрова



CSK - МТС  
Апрель 2013



Отображение вырубок леса на радарном композите МТС,  
полученном в период отсутствия снежного покрова



CSK - МТС  
Ноябрь 2013



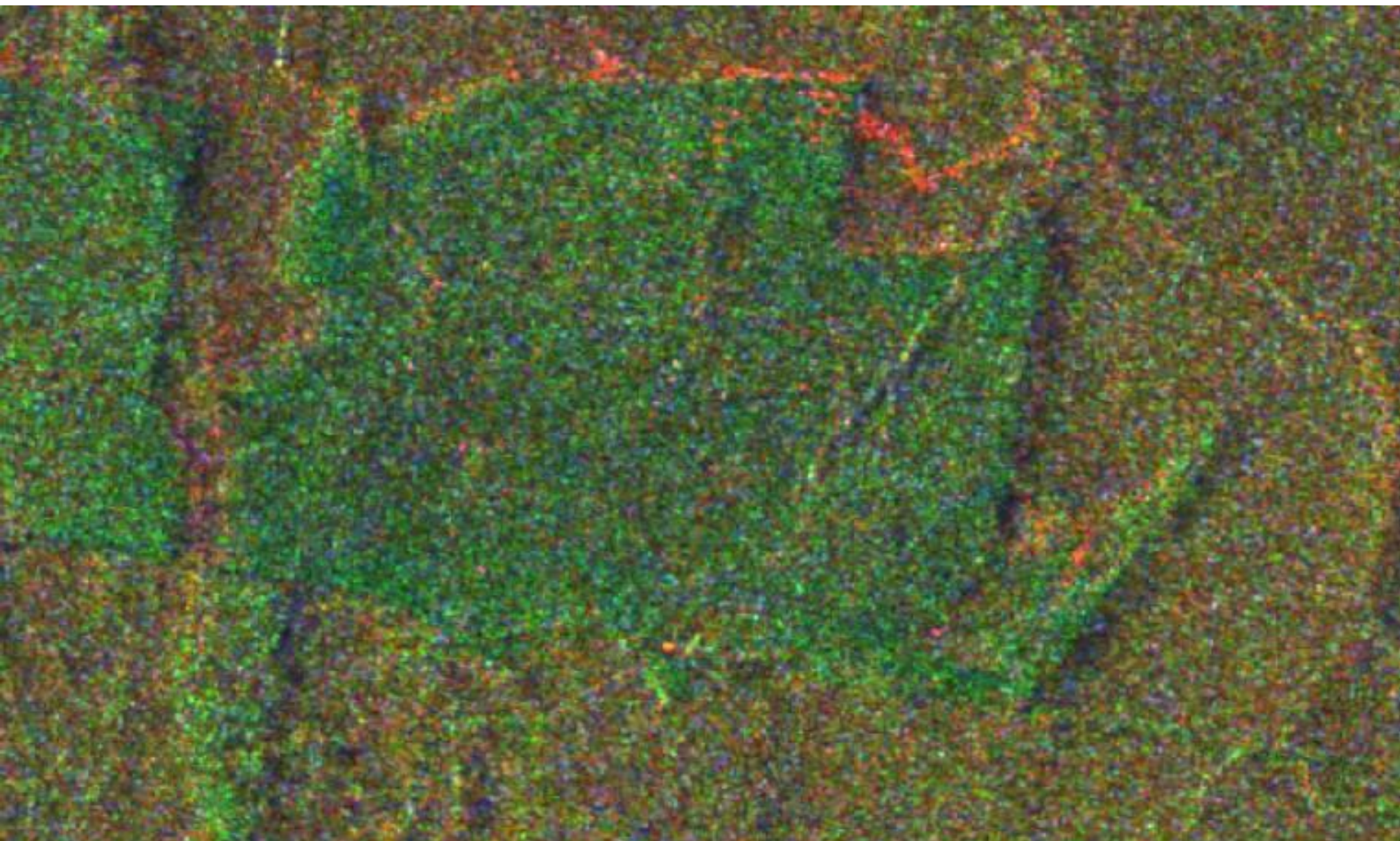
# Архивный оптический снимок 2010 года



Оптический снимок  
2010



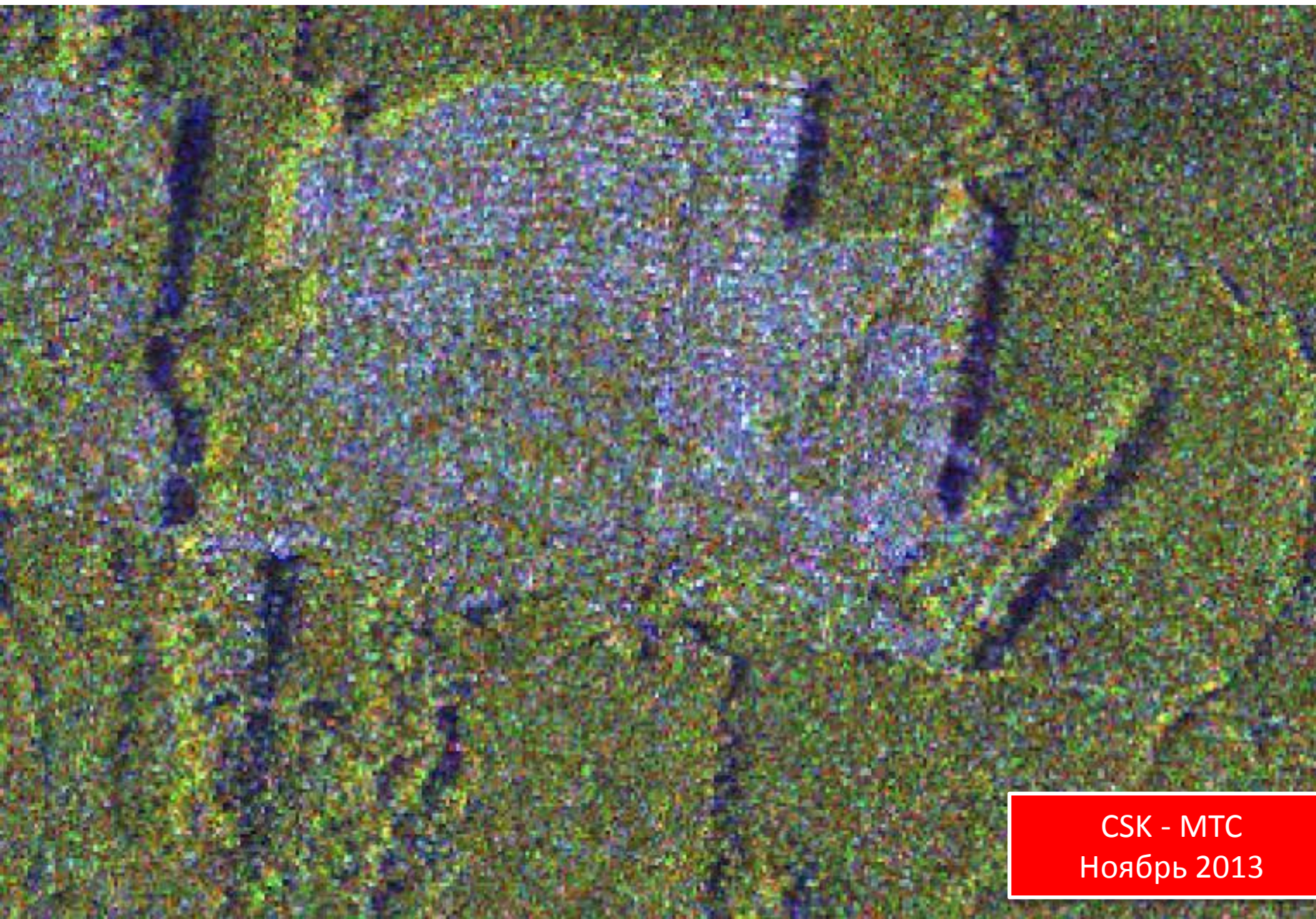
Отображение вырубок леса на радарном композите МТС,  
полученном в период наличия снежного покрова



CSK - МТС  
Апрель 2013



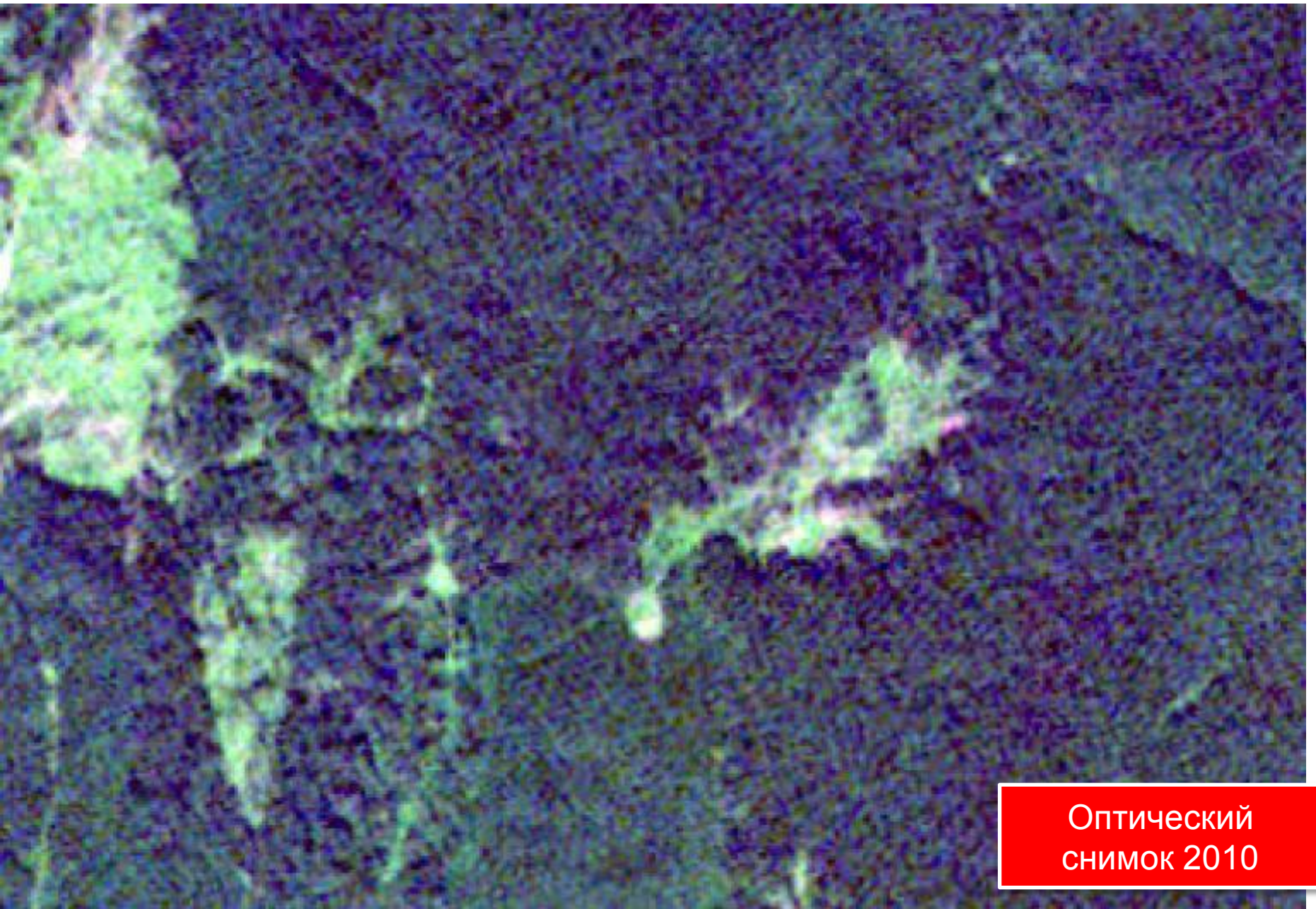
Отображение вырубок леса на радарном композите МТС,  
полученном в период отсутствия снежного покрова



CSK - МТС  
Ноябрь 2013



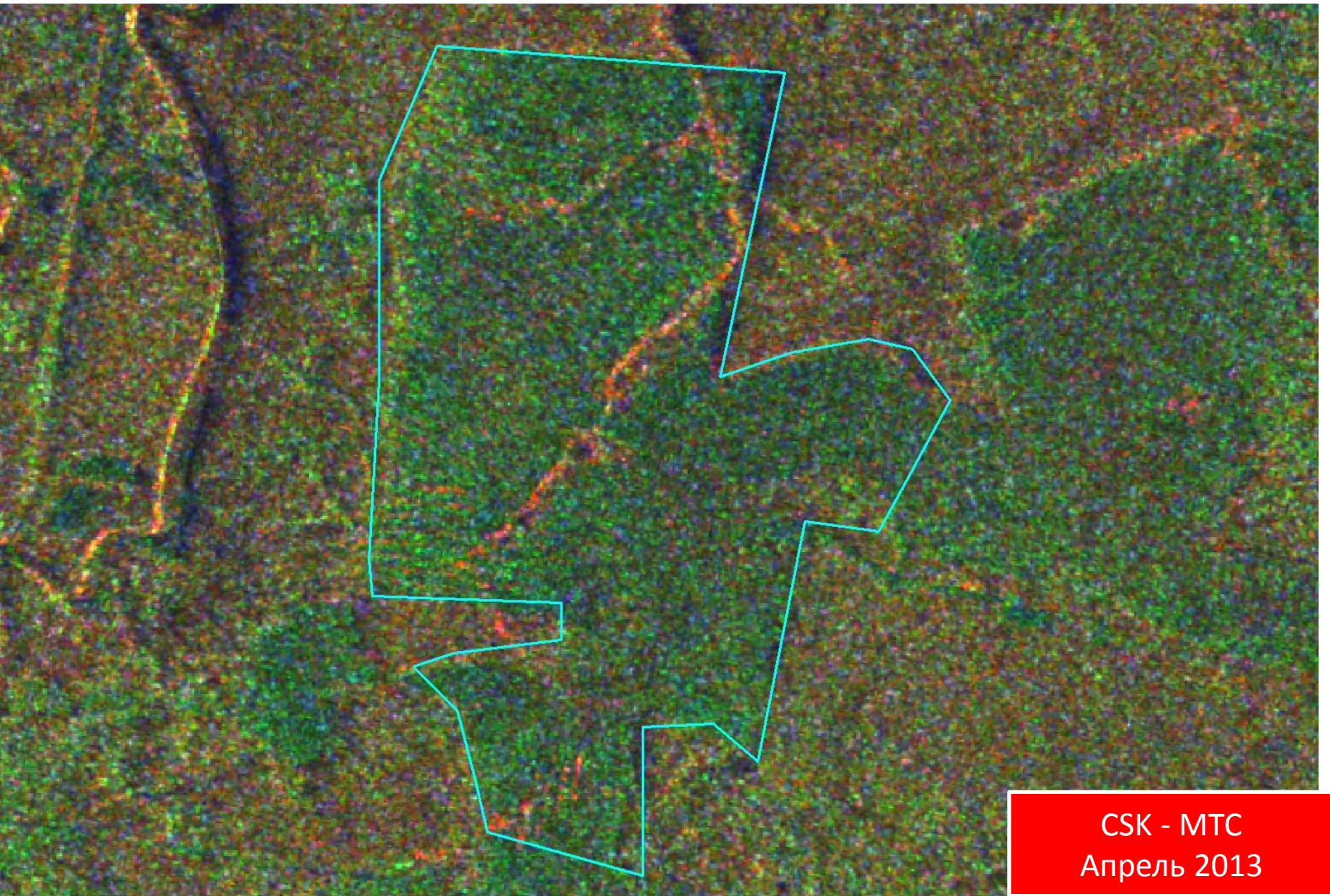
# Архивный оптический снимок 2010 года



Оптический  
снимок 2010



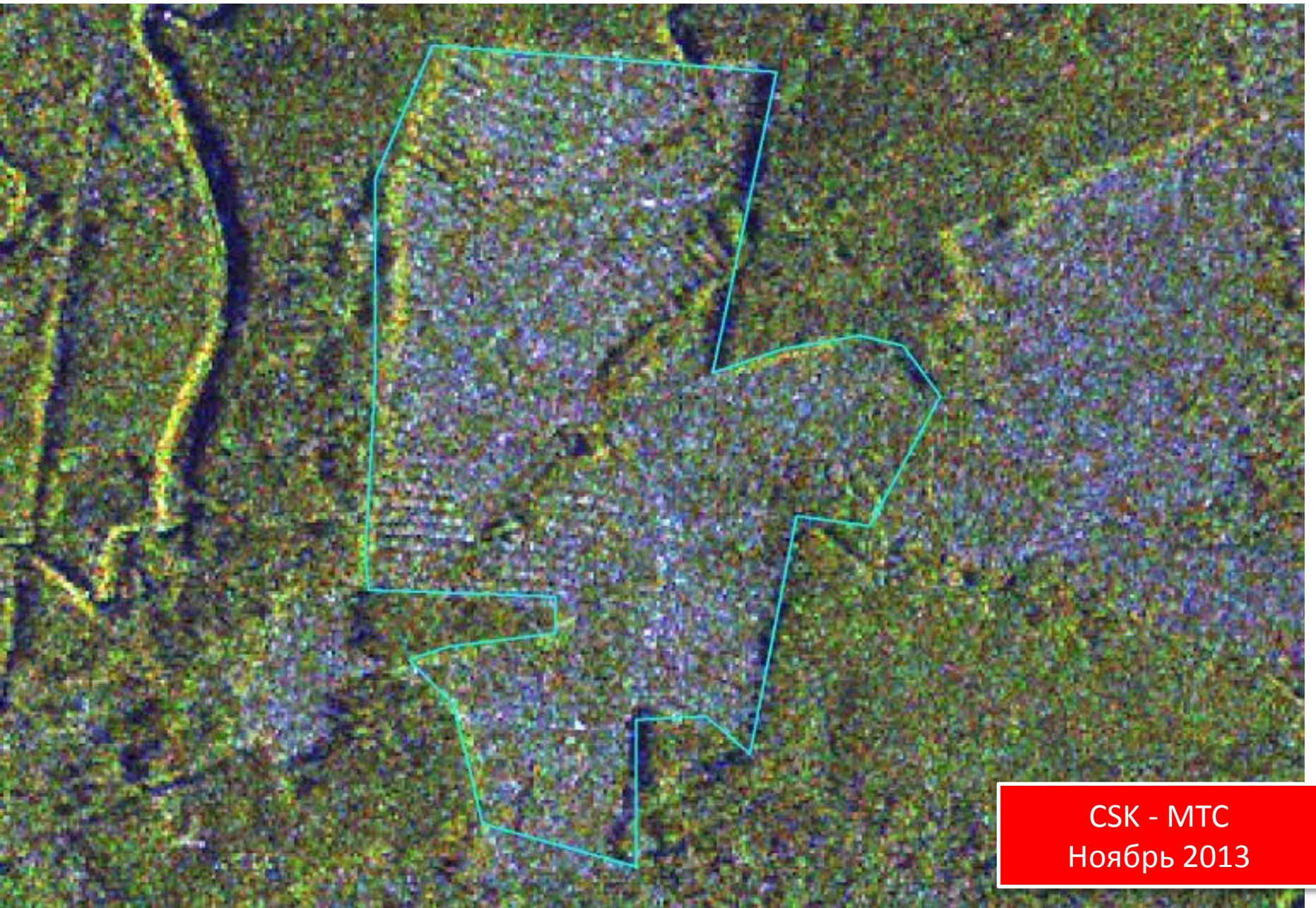
Отображение вырубок леса на радарном композите МТС,  
полученном в период наличия снежного покрова



CSK - МТС  
Апрель 2013



Отображение вырубок леса на радарном композите МТС,  
полученном в период отсутствия снежного покрова



CSK - МТС  
Ноябрь 2013



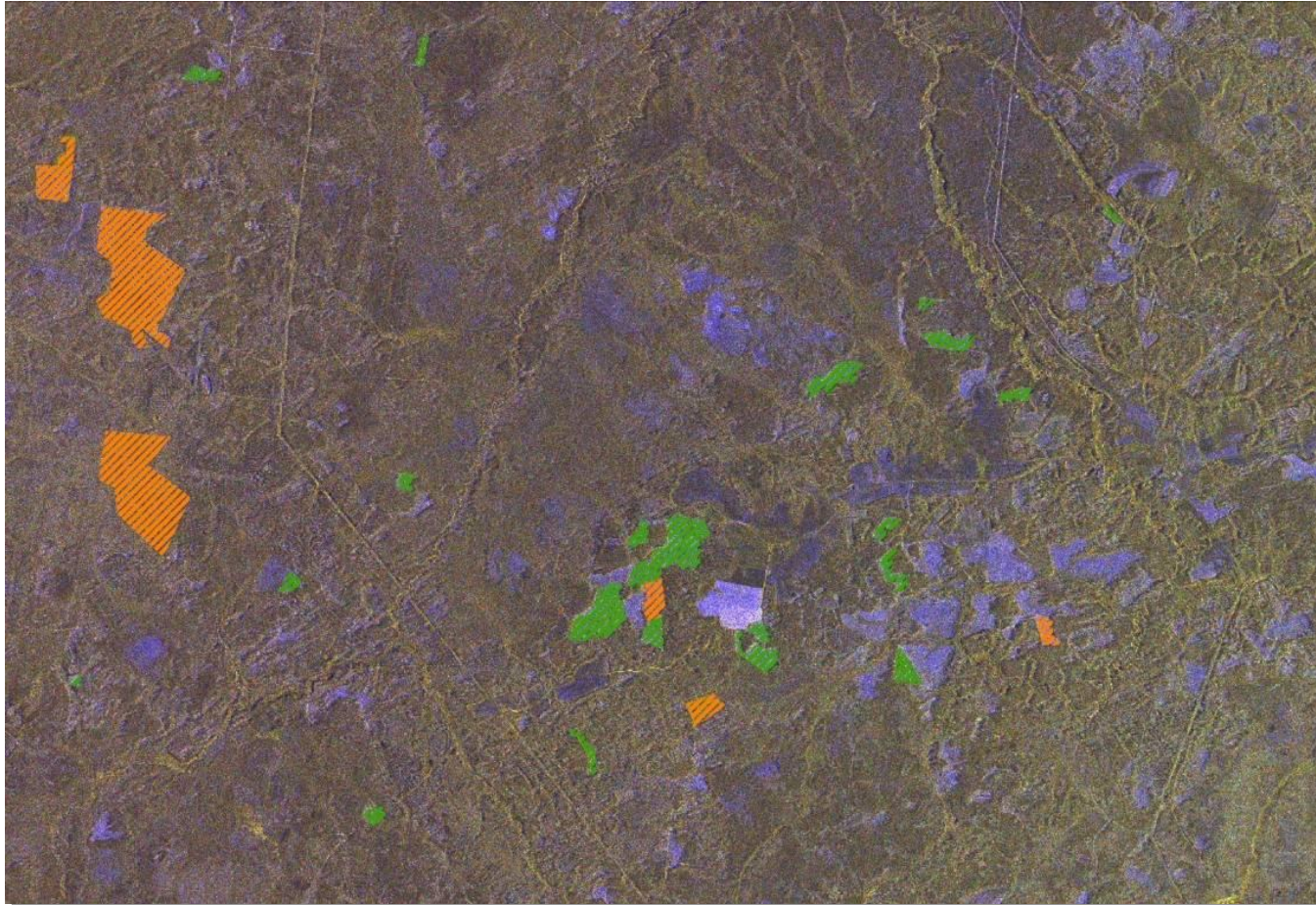
# Архивный оптический снимок 2010 года



Оптический  
снимок 2010



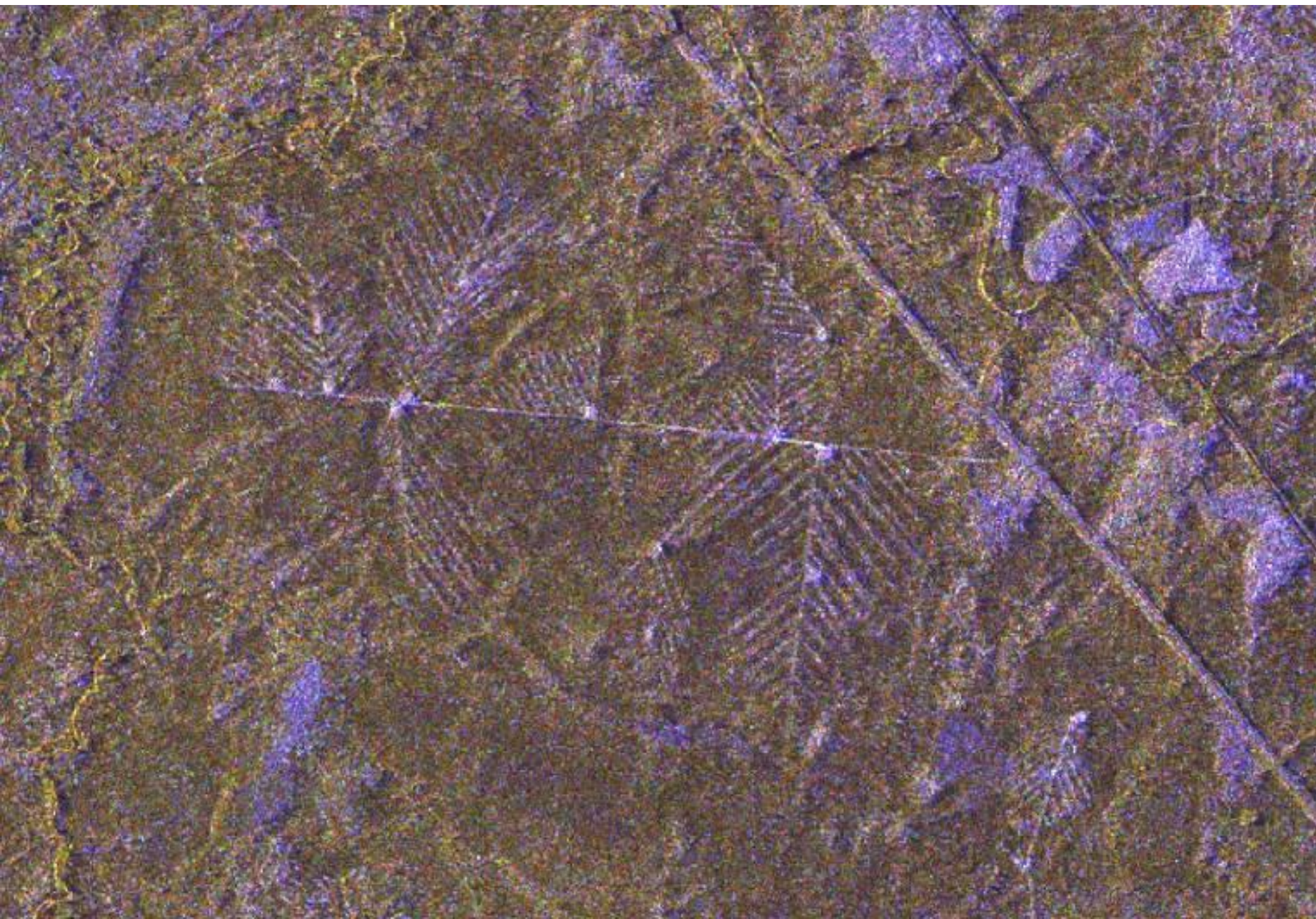
# Цели пилотного проекта по картированию вырубок леса



1. Картирование всех обнаруженных на территории вырубок леса;
2. Мониторинг вырубок за период октябрь 2011 – апрель 2013, и апрель 2013 – ноябрь 2013.

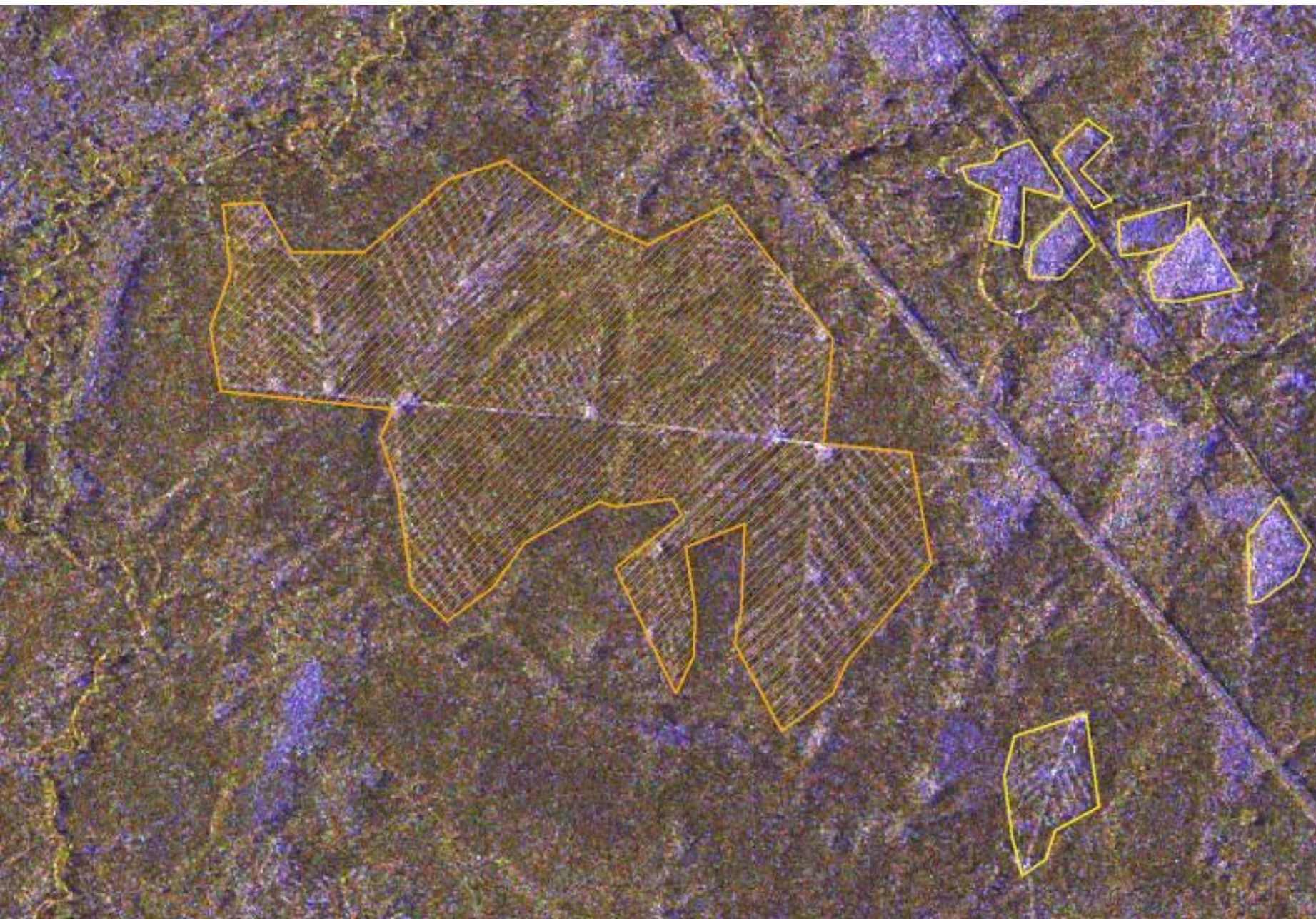


Отображение на композитах МТС  
сплошных и выборочных (чересполосных) вырубок леса



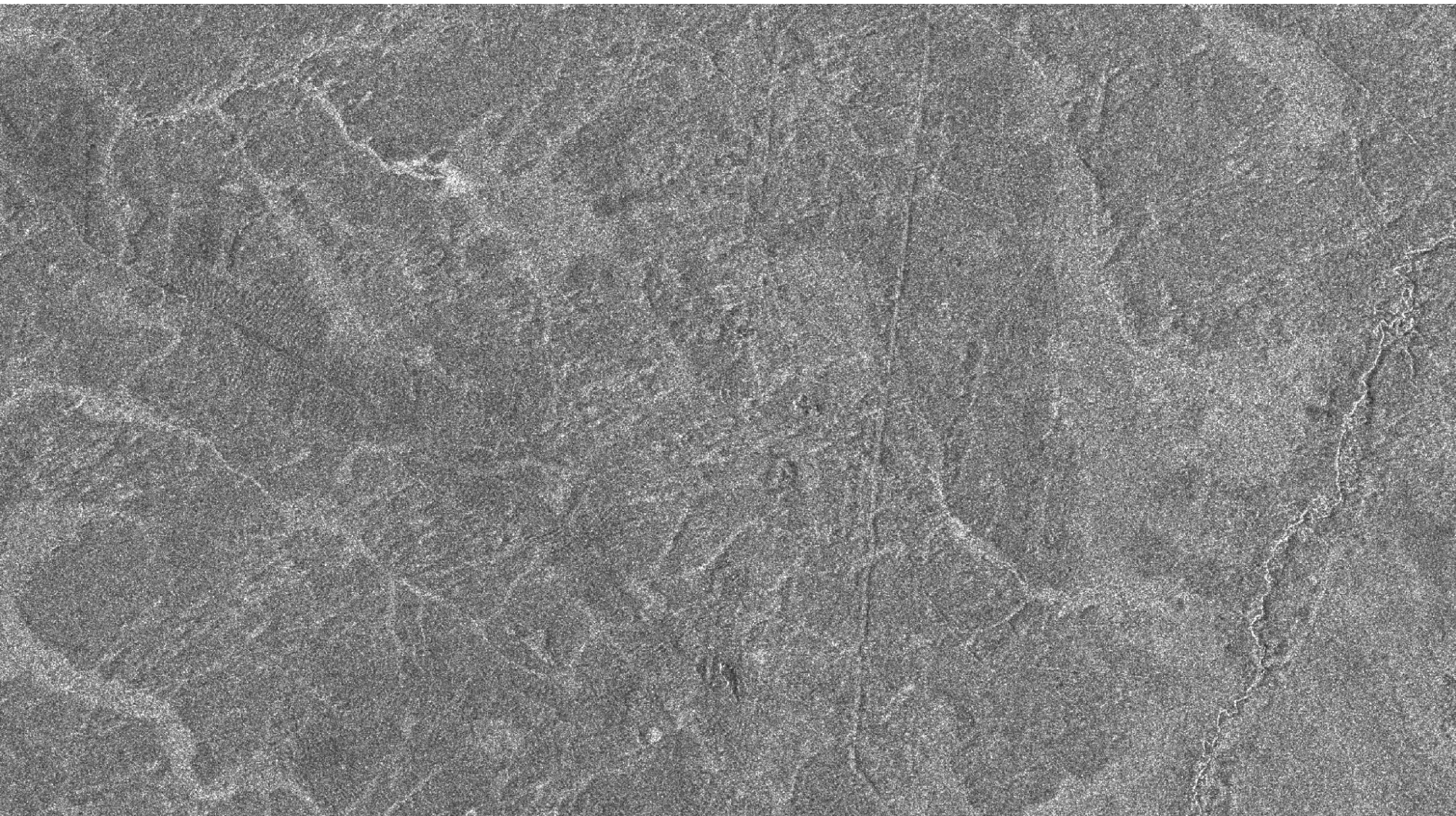


Отображение на композитах МТС  
сплошных и выборочных (чересполосных) вырубок леса





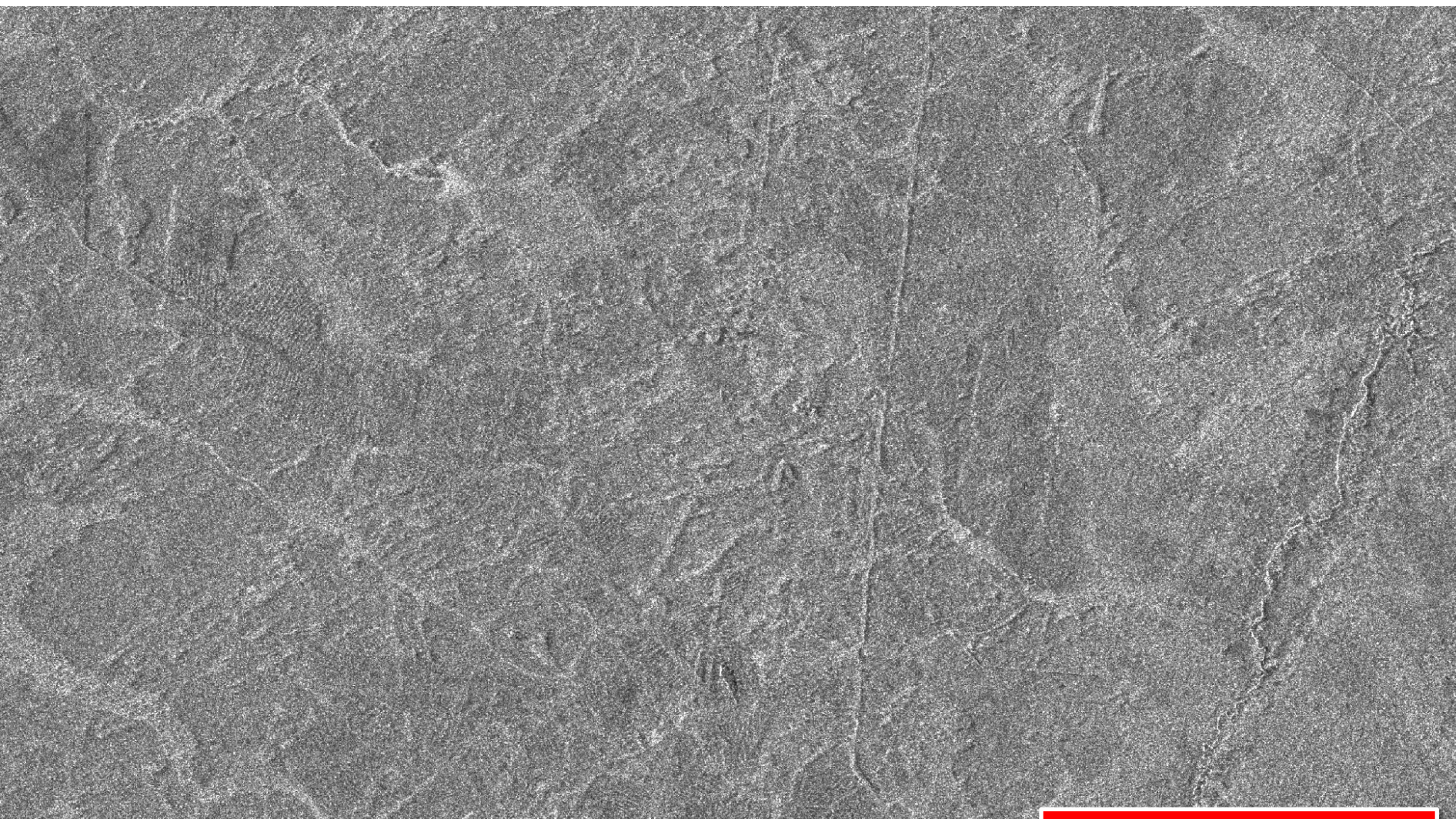
## Пример мониторинга вырубок в 2013 году



CSK - режим HImage  
14/03/2013



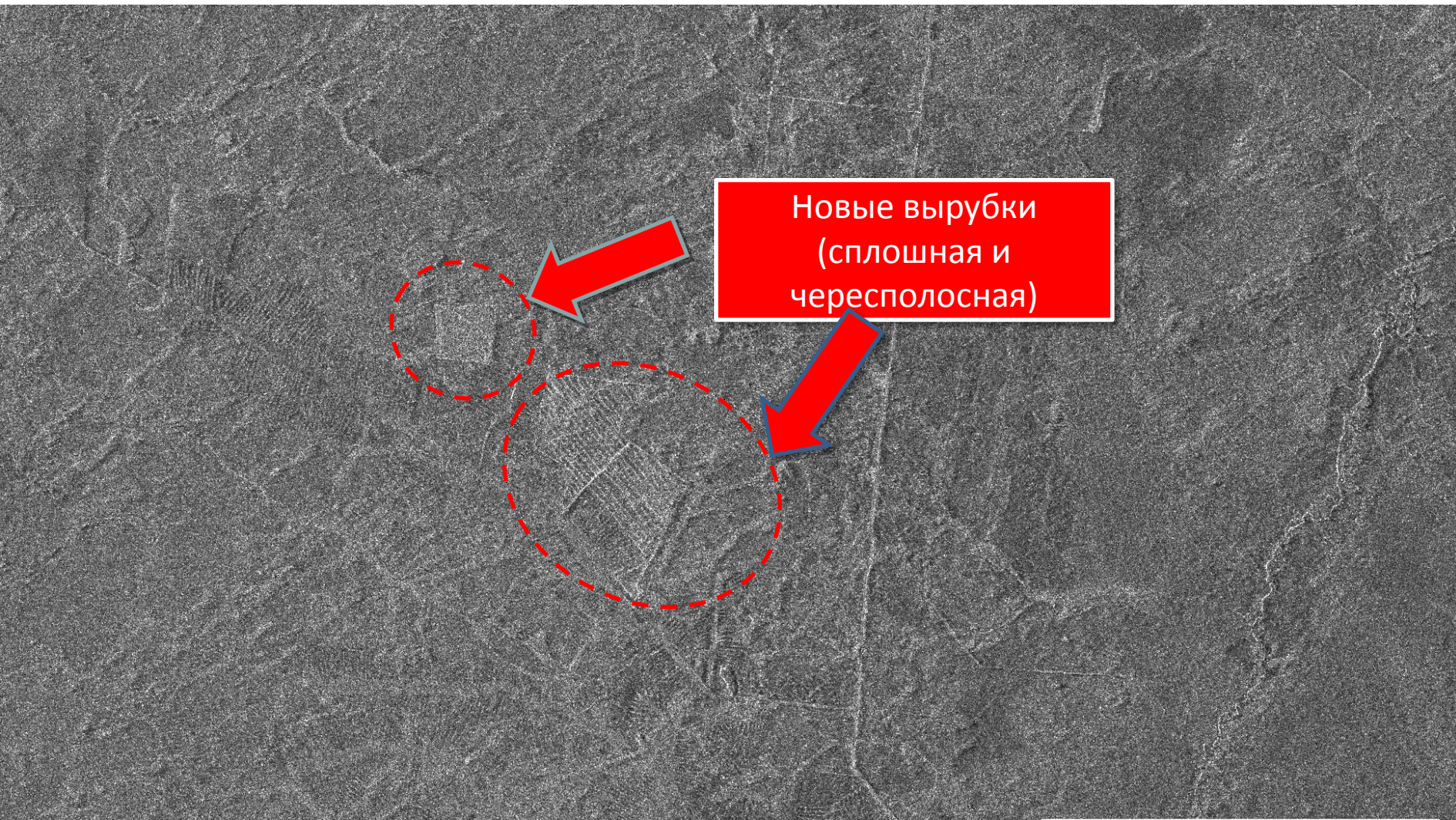
## Пример мониторинга вырубок в 2013 году



CSK – Режим HImage  
30/03/2013



## Пример мониторинга вырубок в 2013 году



Новые вырубки  
(сплошная и  
чересполосная)

CSK – Режим HImage  
01/10/2013



## Пример мониторинга вырубок в 2013 году



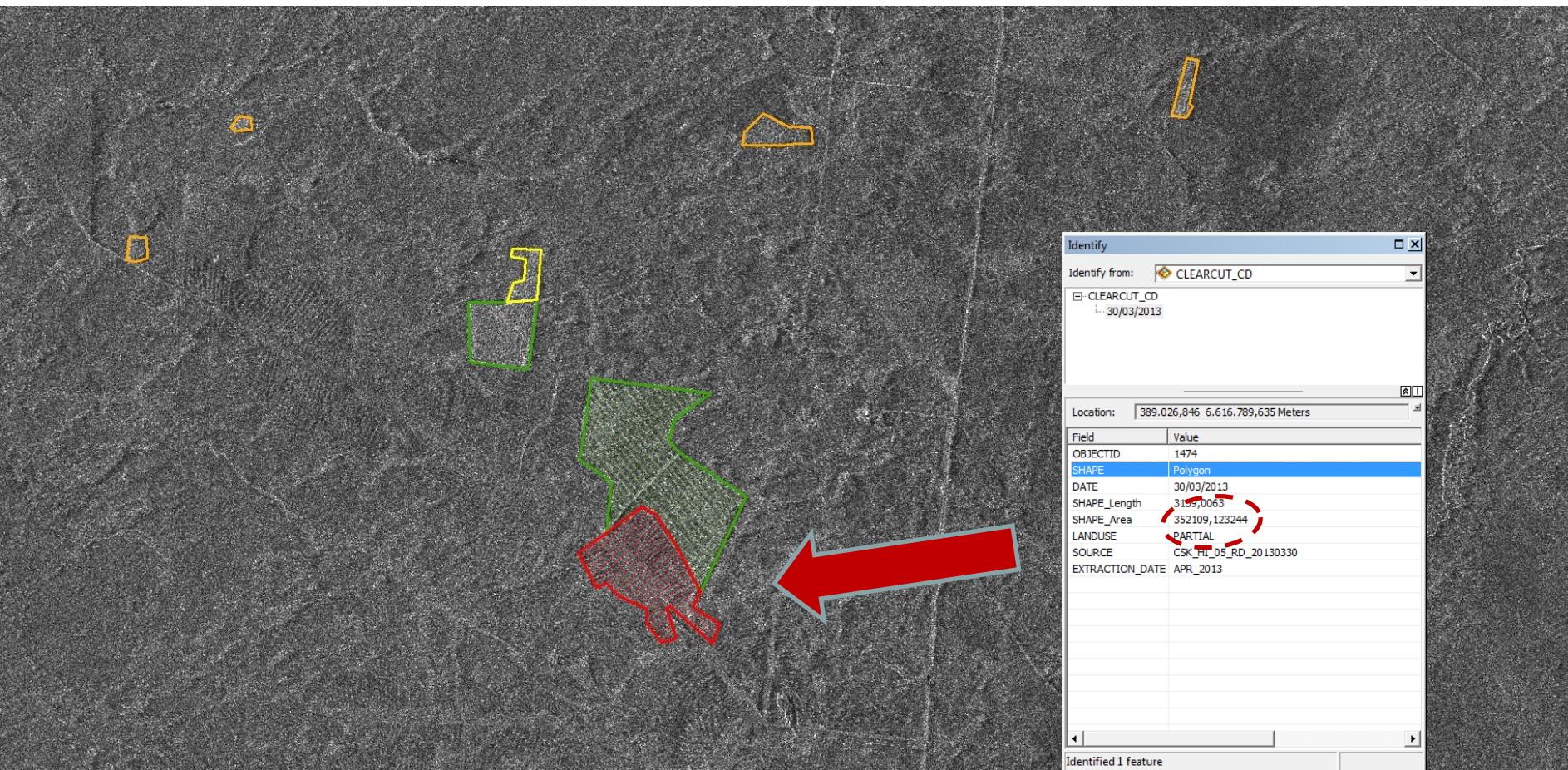
Новая вырубка,  
произшедшая  
с 1 по 9 октября  
2013 года

CSK - HImage  
09/10/2013



## Векторный слой вырубок.

Цвет контура – соответствует периоду, за который произошла вырубка,  
текстура внутри полигона – разделяет сплошные и выборочные вырубки леса



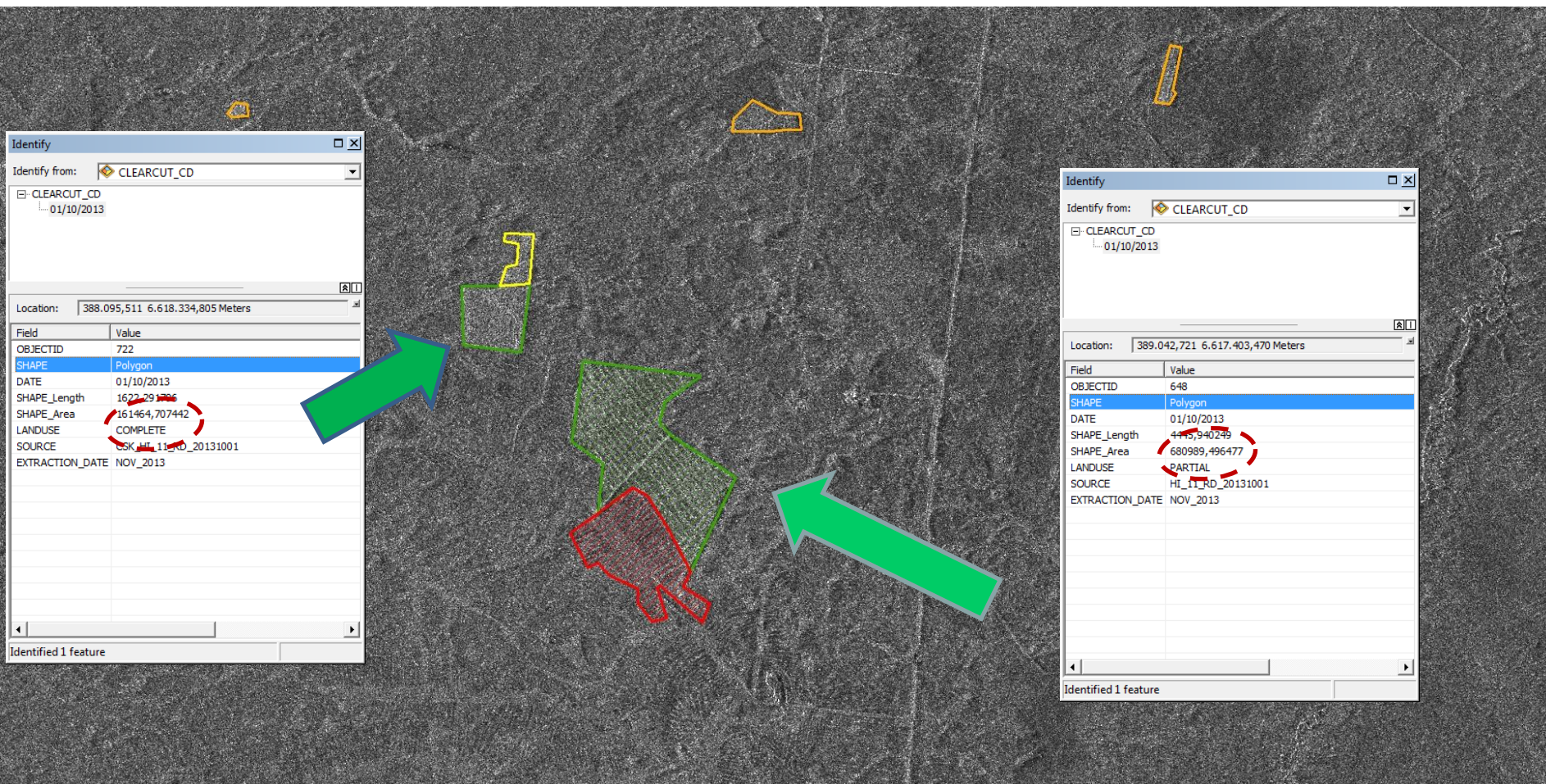
35 Га

Апрель 2011 / Октябрь 2013



## Векторный слой вырубок.

Цвет контура – соответствует периоду, за который произошла вырубка, текстура внутри полигона – разделяет сплошные и выборочные вырубки леса



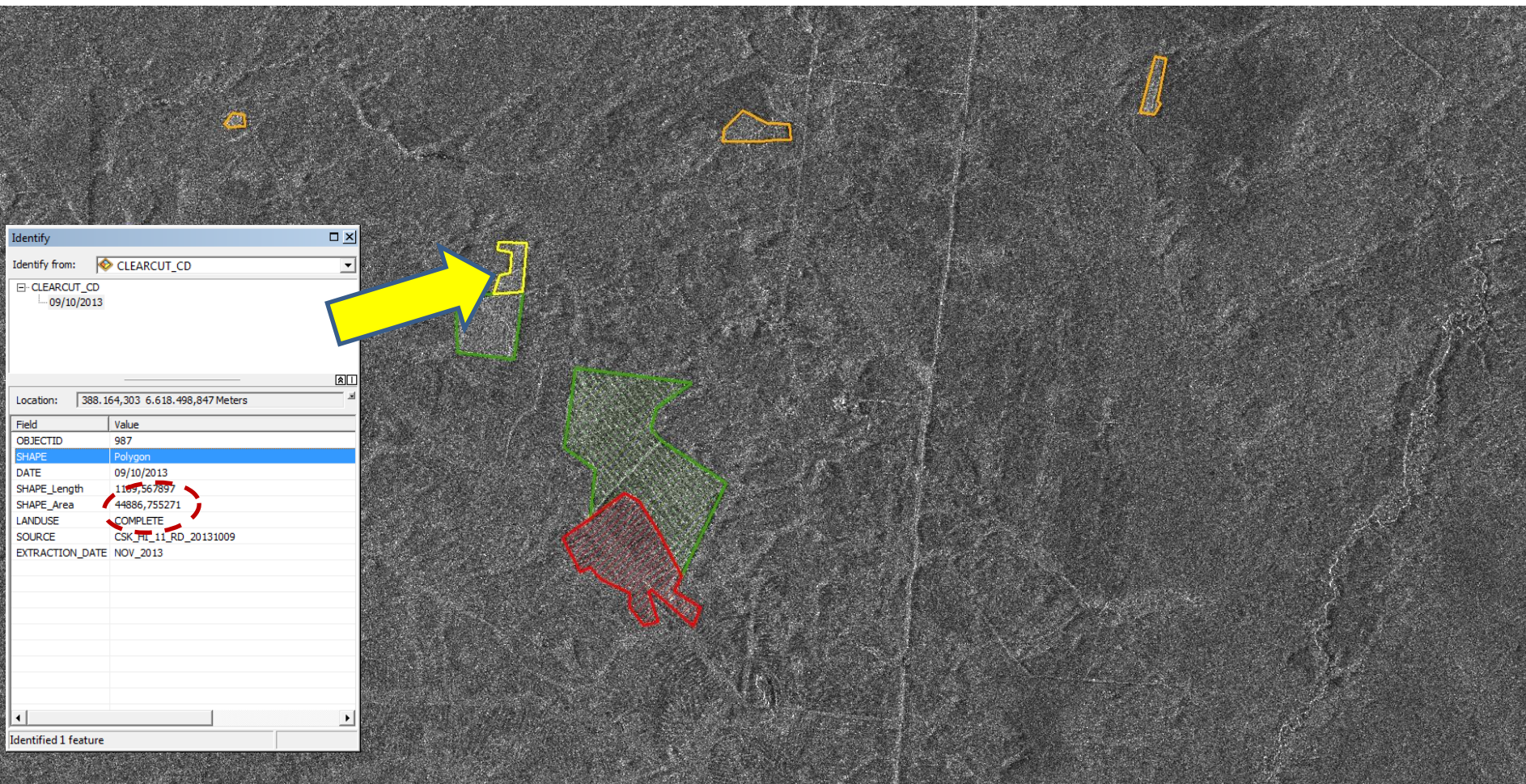
16 Га - 68 Га

с апреля по октябрь 2013 года



## Векторный слой вырубок.

Цвет контура – соответствует периоду, за который произошла вырубка, текстура внутри полигона – разделяет сплошные и выборочные вырубки леса

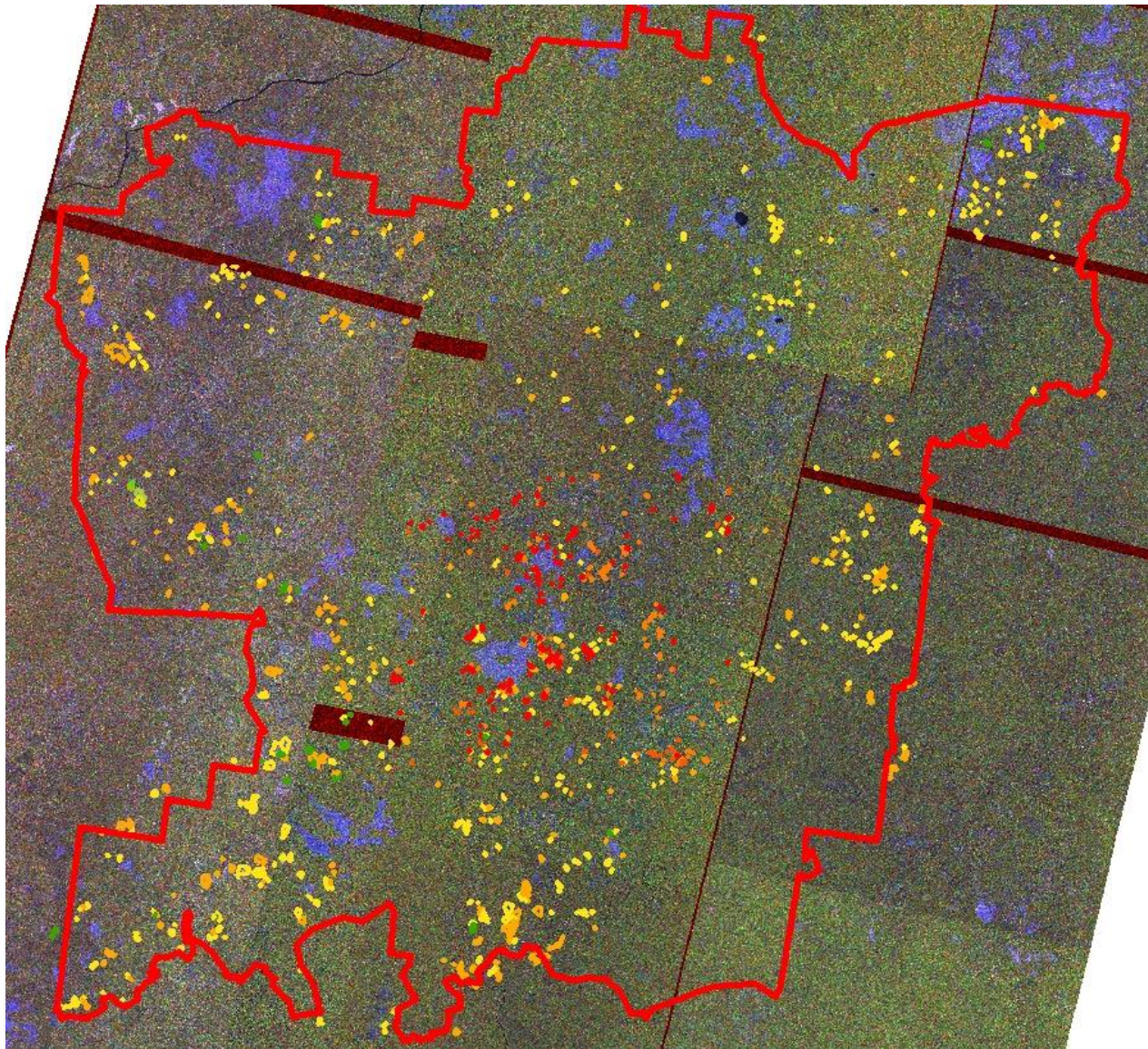


4,5 Га

с 1 по 9 октября 2013 года



# Все выявленные вырубки леса на территории пилотного лесничества



- Площадь территории:  
**780 000 Га;**
- Общая площадь всех  
вырубок леса,  
закартированных по  
состоянию на апрель  
2013 года: **6 100 Га;**
- За период с апреля по  
октябрь 2013 года  
выявлено **410 Га**  
вырубок

## Условные обозначения

	31/10/2013	Сплошная
	31/10/2013	Выборочная
	09/10/2013	Сплошная
	01/10/2013	Выборочная
	01/10/2013	Сплошная
	30/03/2013	Выборочная
	30/04/2013	Сплошная
	30/04/2013	Выборочная
	31/07/2012	Сплошная
	31/07/2012	Выборочная
	31/10/2011	Сплошная
	31/10/2011	Выборочная



# Основные результаты и выводы

В результате обработки интерферометрических пар с короткой временной базой в несколько дней (которые возможно получать только со спутников COSMO-SkyMed X-диапазона длин волн) отснятых в период наличия снежного покрова получены тематические карты, включающие следующие слои:

- Гидрография;
- Дорожная сеть;
- Застроенная территория;
- Лес;
- Поля;
- Луга;
- Кустарниковая растительность;
- Земля без растительности;
- Сплошные и выборочные вырубки;



# Основные результаты и выводы

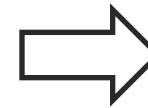
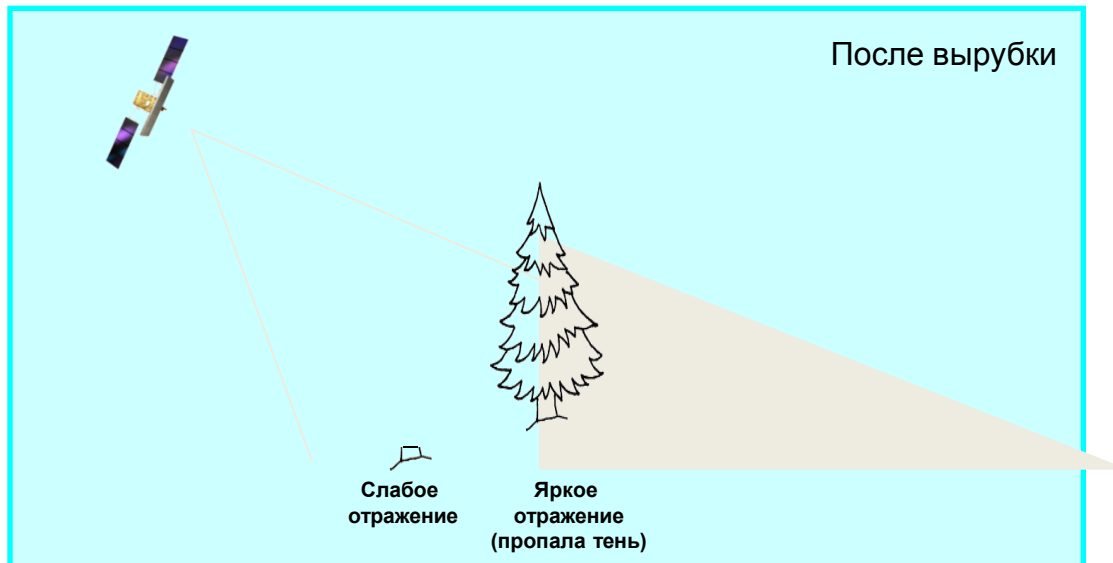
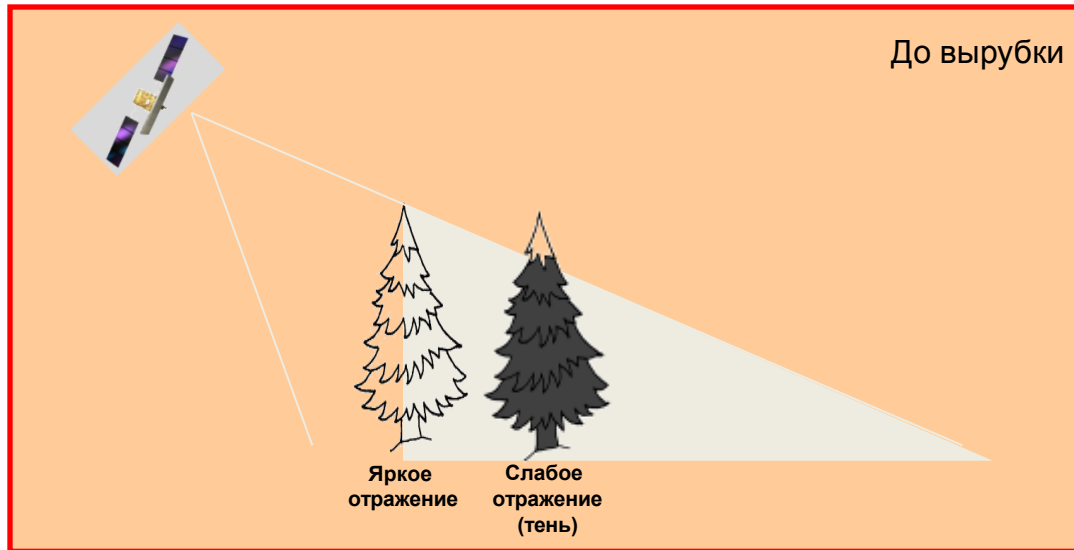
- Возможно картировать сплошные и чересполосные вырубki леса по радарным интерферометрическим данным X-диапазона, получаемых со спутников COSMO-SkyMed;
- Возможно использовать радарные данные X-диапазона длин волн для всепогодного и всесезонного мониторинга вырубok леса (в том числе, в период наличия снежного покрова);



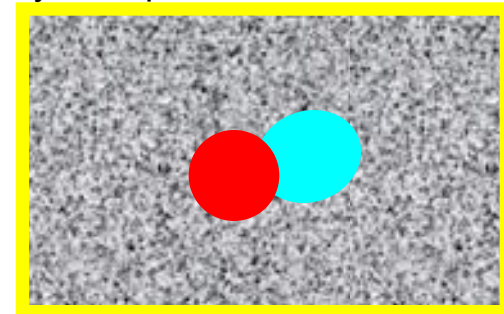
При съемке с разрешением 1 м  
возможно выявление вырубок отдельных  
деревьев



# Поисковый признак

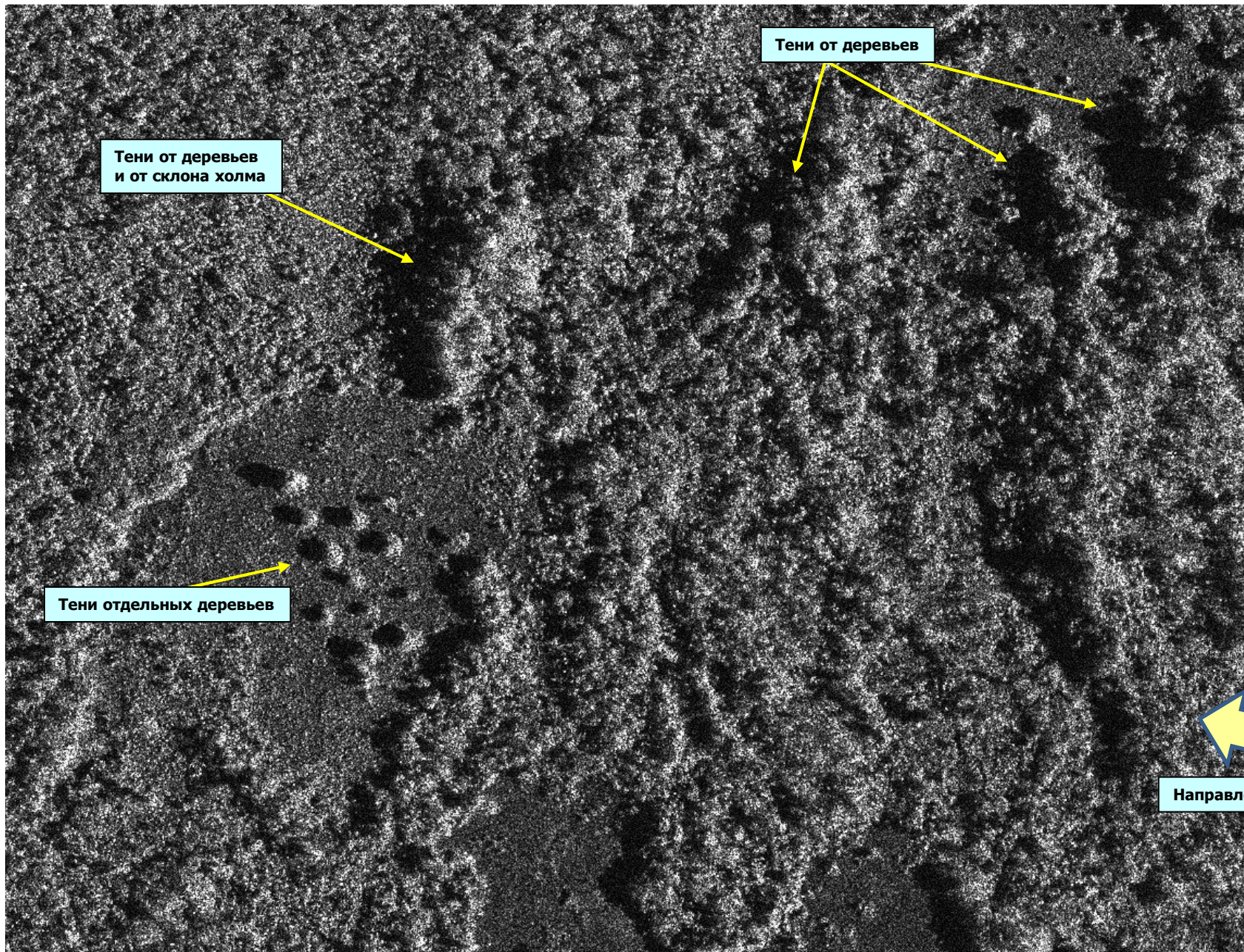


Эффект «восьмерки»  
на амплитудном  
мультивременном композите)



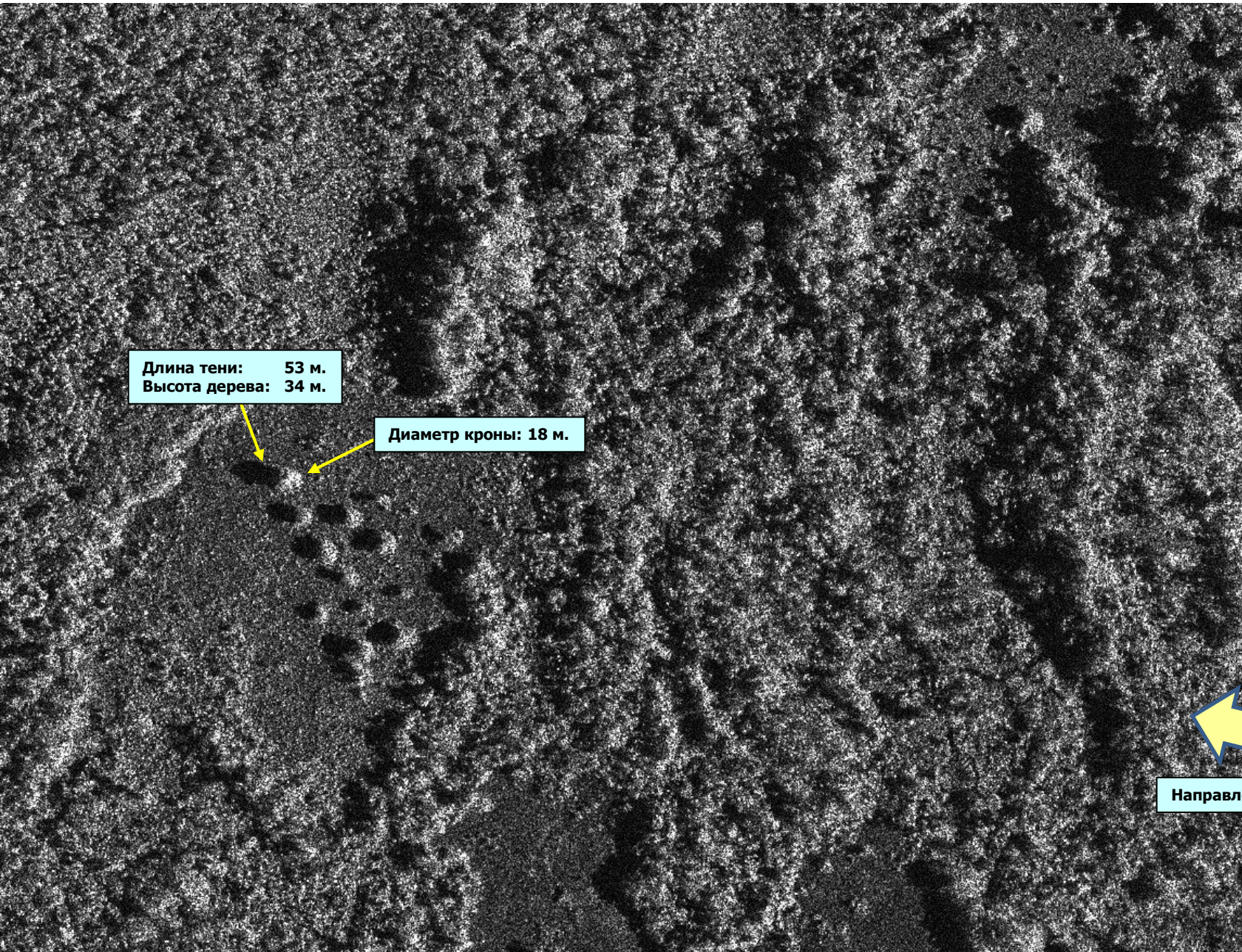


# Отображение отдельных деревьев на радарных снимках с разрешением 1 м





# Отображение отдельных деревьев на радарных снимках с разрешением 1 м



Длина тени: 53 м.  
Высота дерева: 34 м.

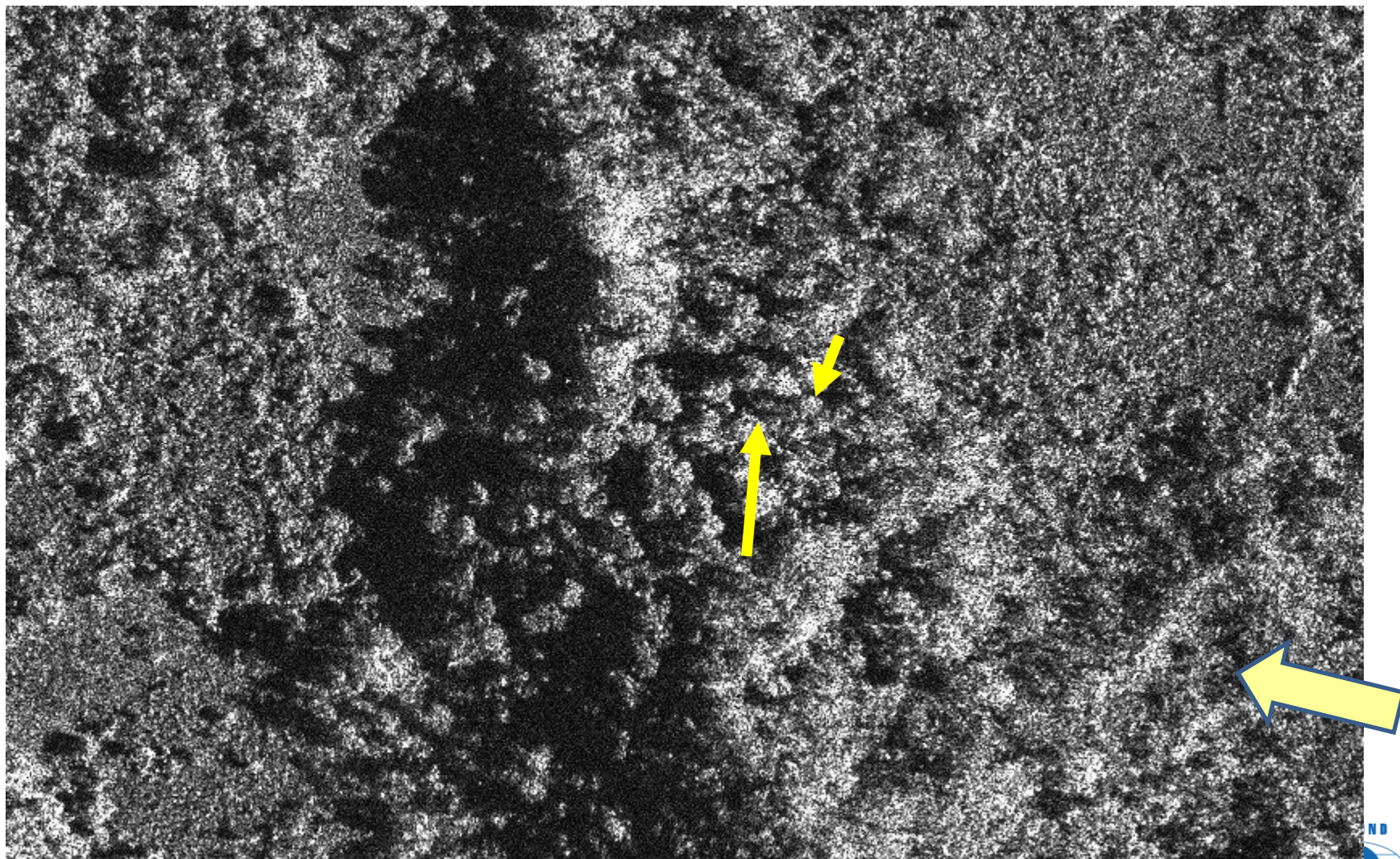
Диаметр кроны: 18 м.

Направление луча радара



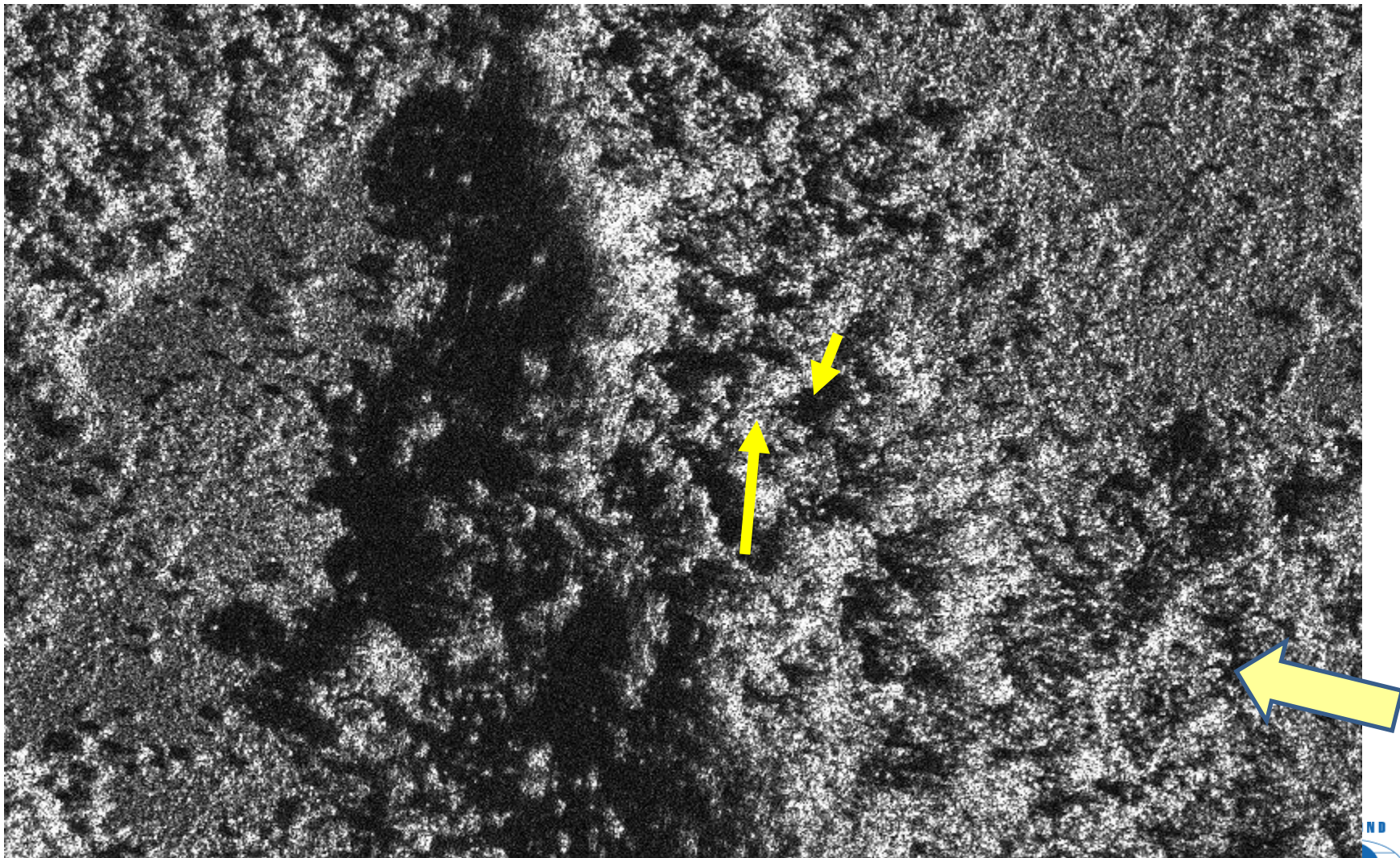


# Архивная съемка с разрешением 1 м



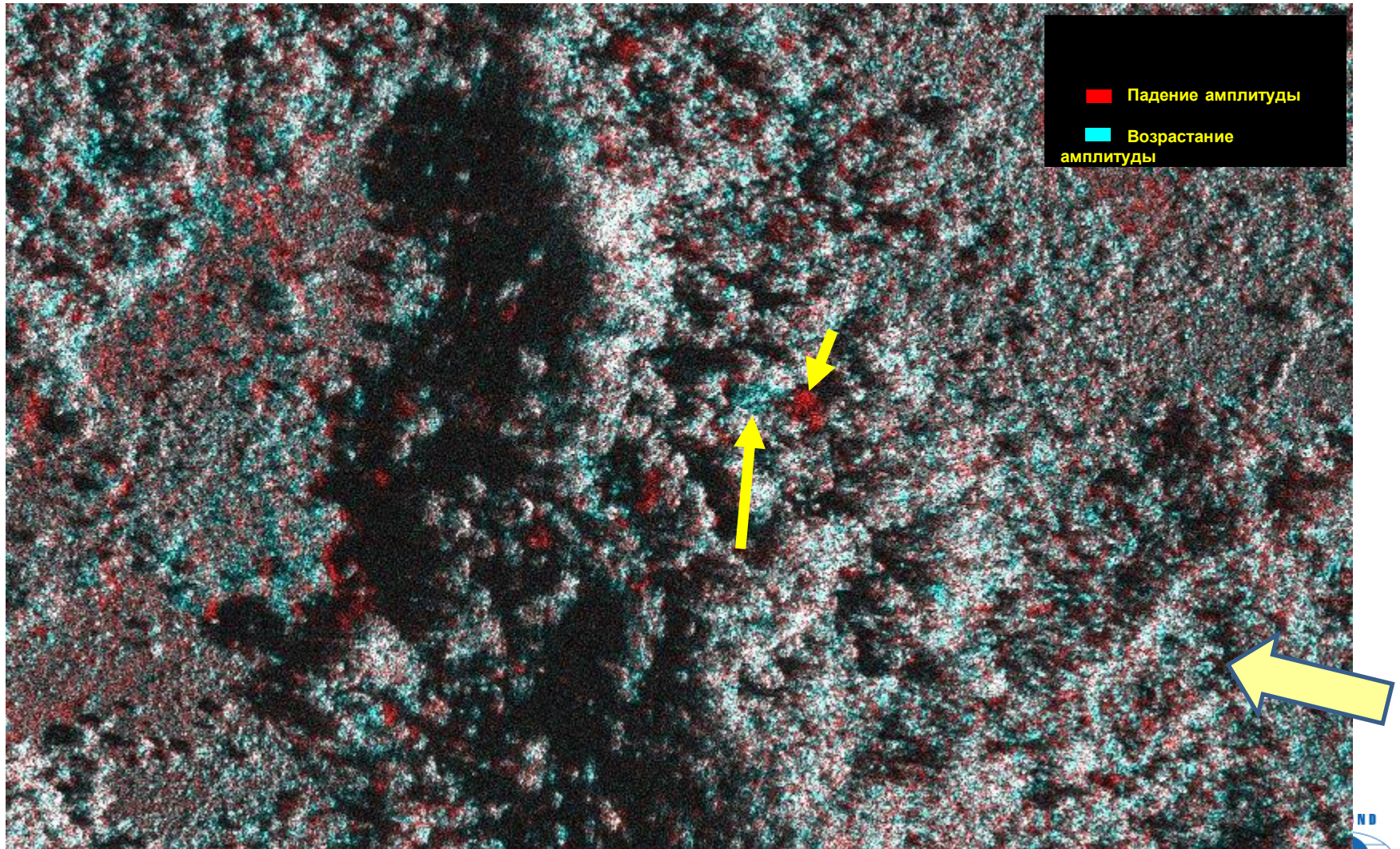


# Новая съемка с разрешением 1 м



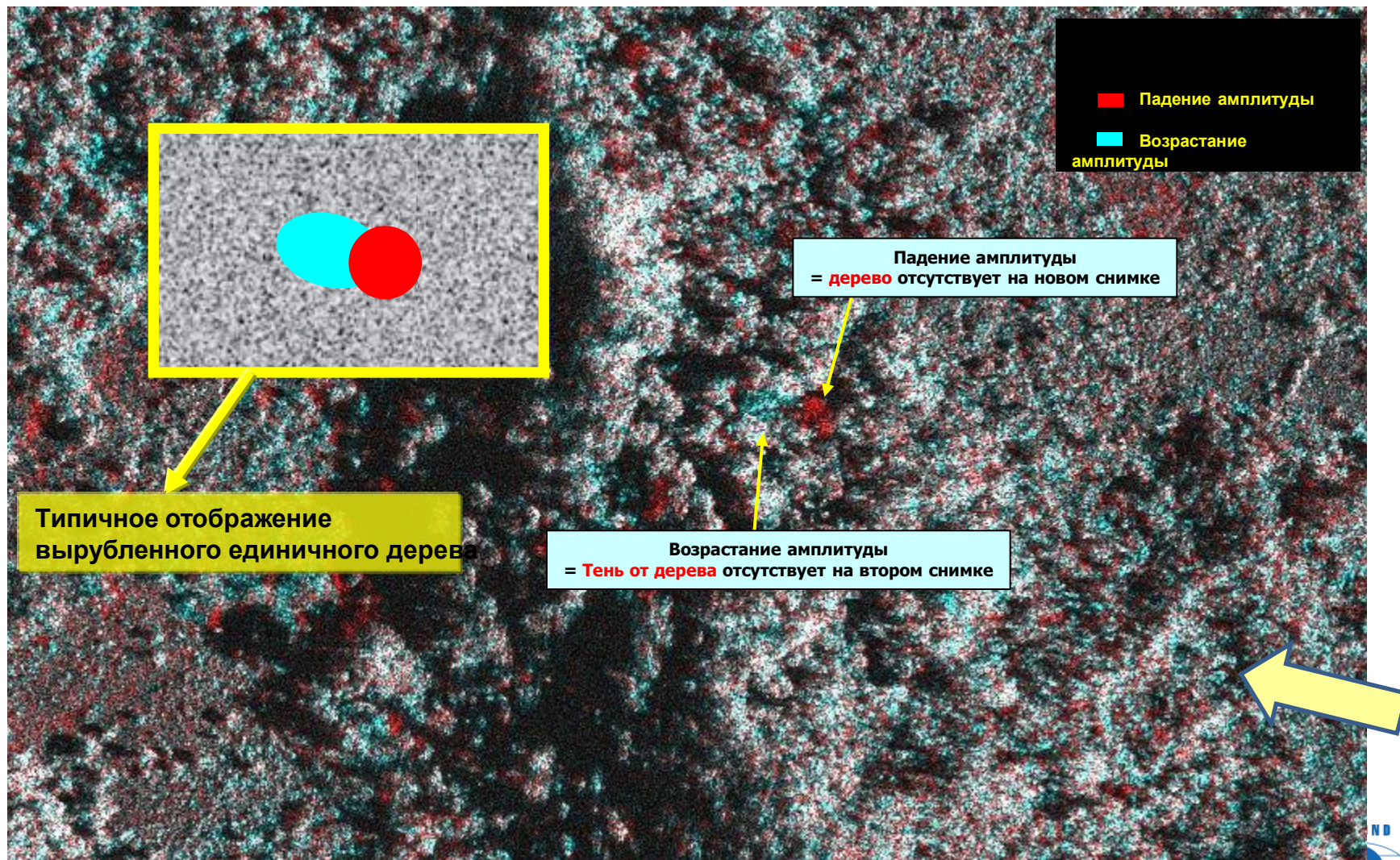


# Амплитудный мультивременной композит





# Амплитудный мультивременной композит



Типичное отображение  
вырубленного единичного дерева

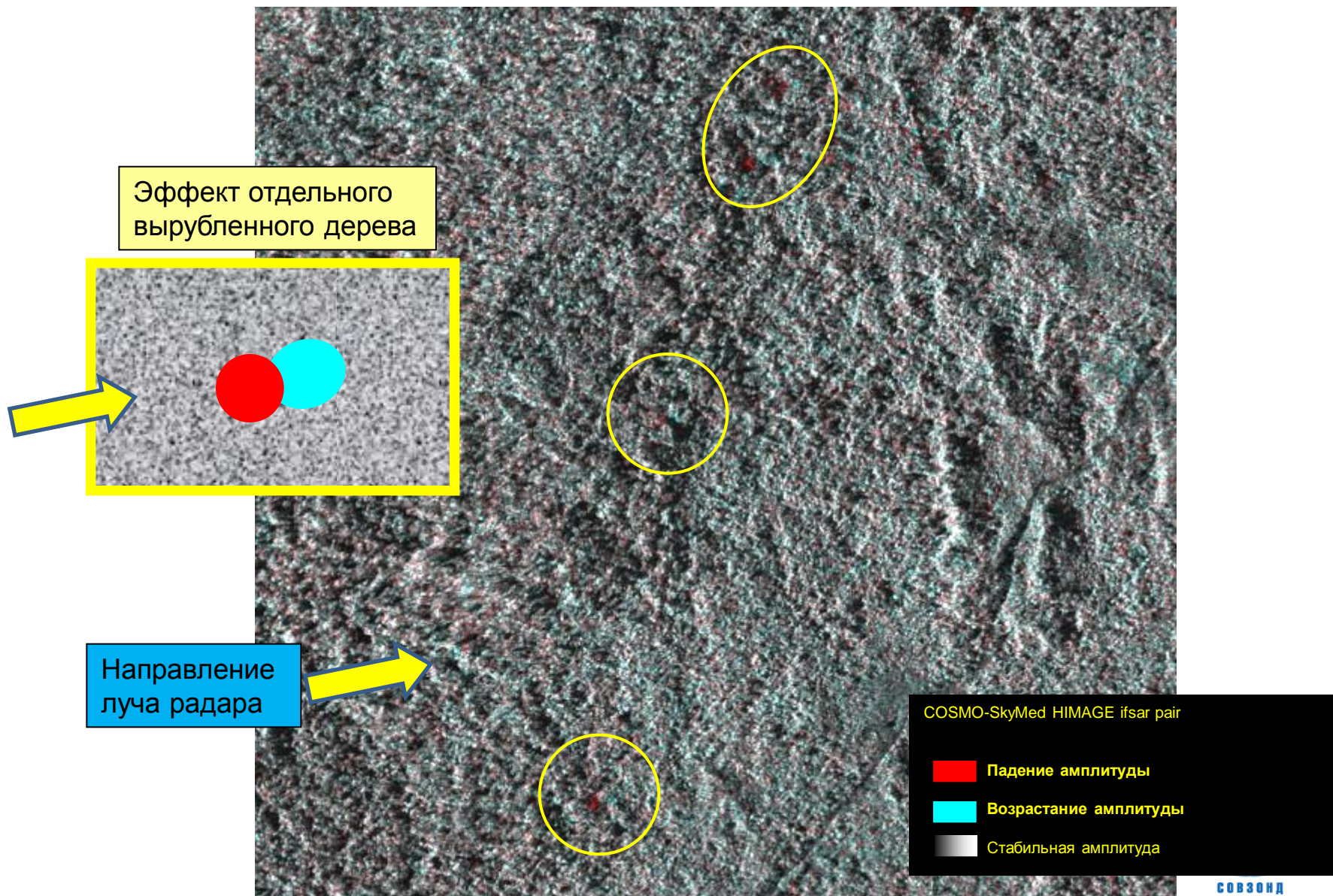
■ Падение амплитуды  
■ Возрастание амплитуды

Падение амплитуды  
= **дерево** отсутствует на новом снимке

Возрастание амплитуды  
= **Тень от дерева** отсутствует на втором снимке



# Отдельные вырубленные деревья на амплитудном мультивременном композите

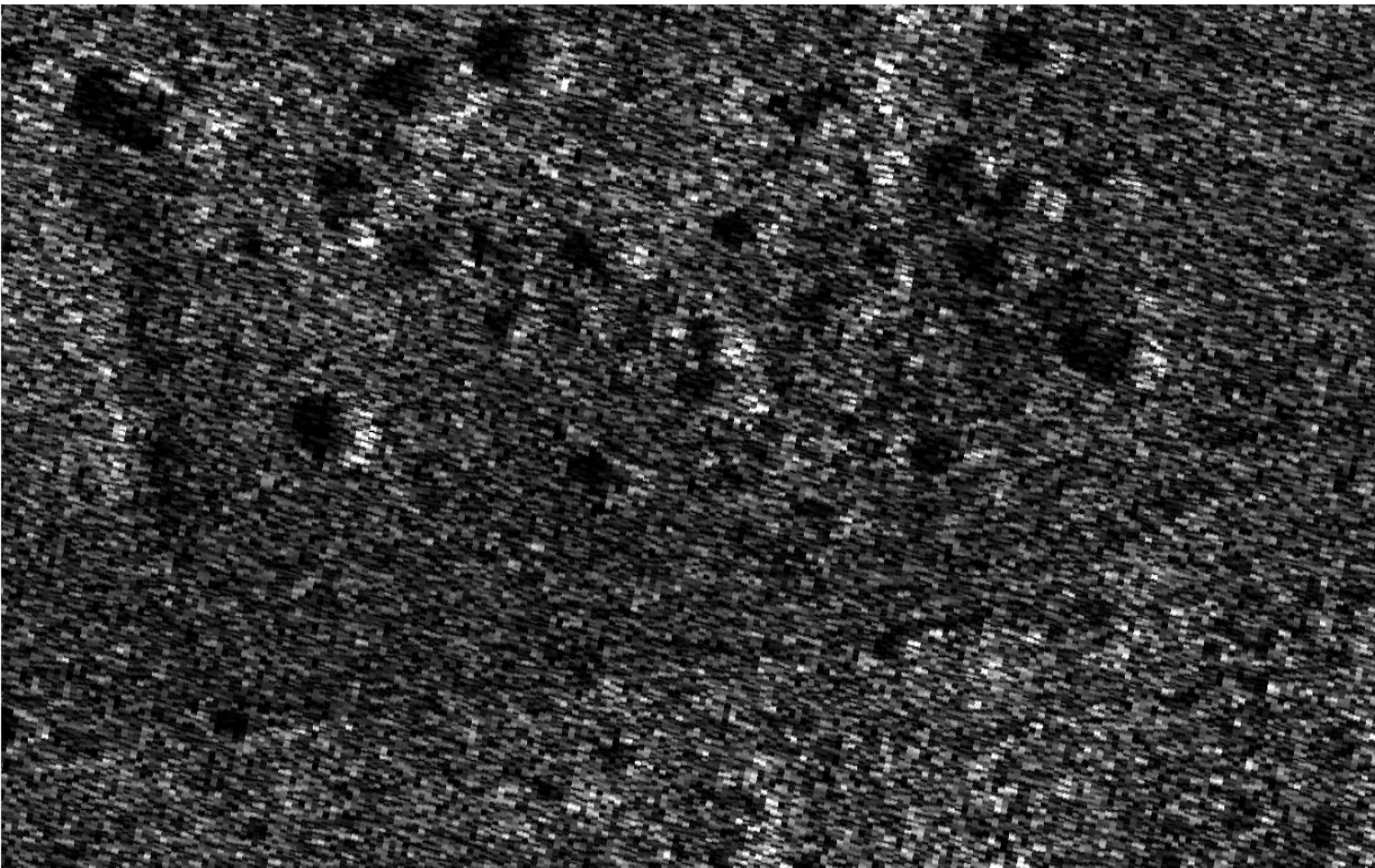




Преимущества использования  
многопроходных серий радарных снимков  
перед единичными съемками

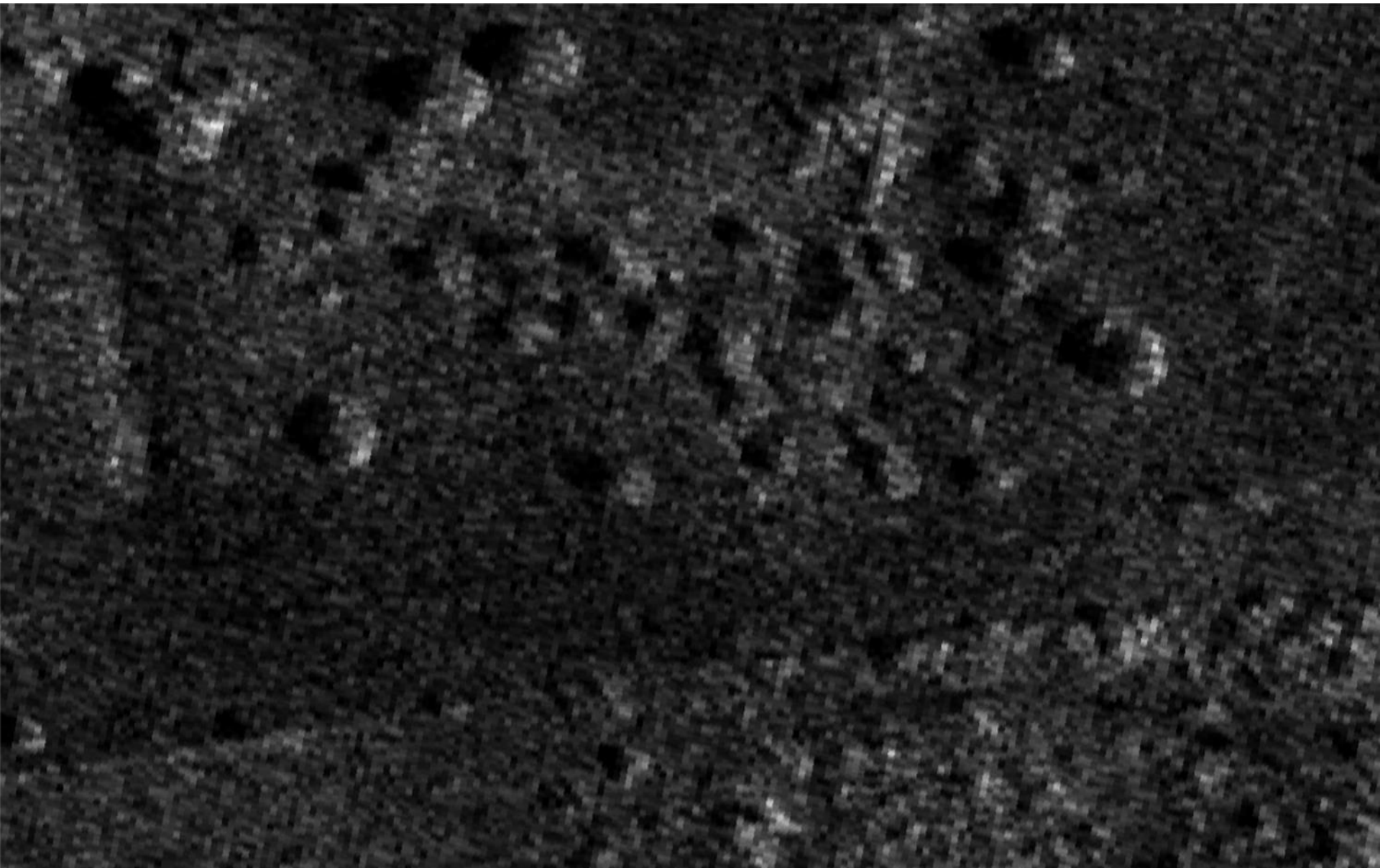


Единичный радарный снимок с разрешением 1 м.  
Участок 300 x 170 м. Съемка 2010 года.



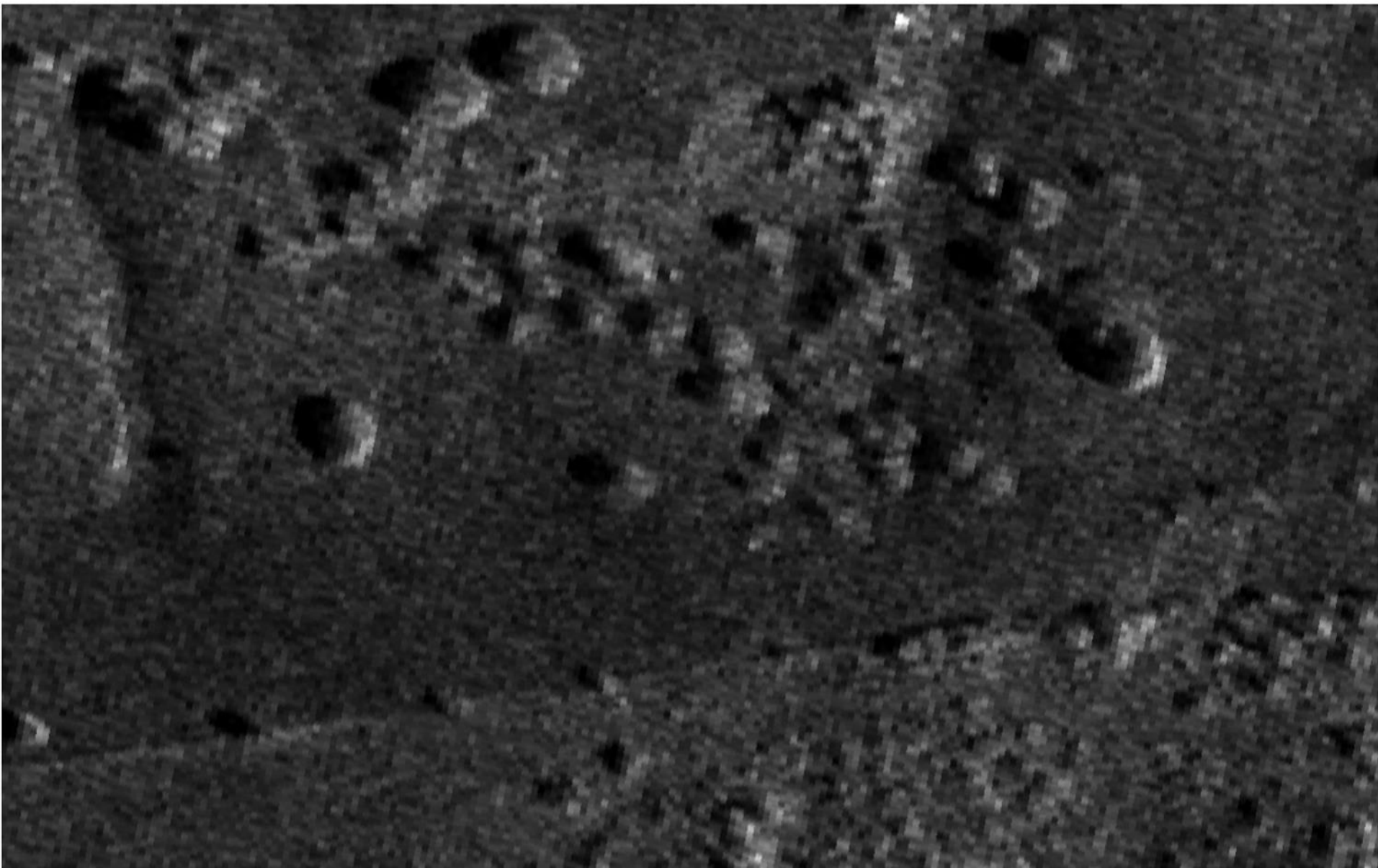


Тот же радарный снимок с разрешением 1 м, фильтрованный мультिवременным фильтром De Grandi (в мультिवременной фильтрации участвовало 3 снимка за разные даты за 2010 год). Участок 300 x 170 м.



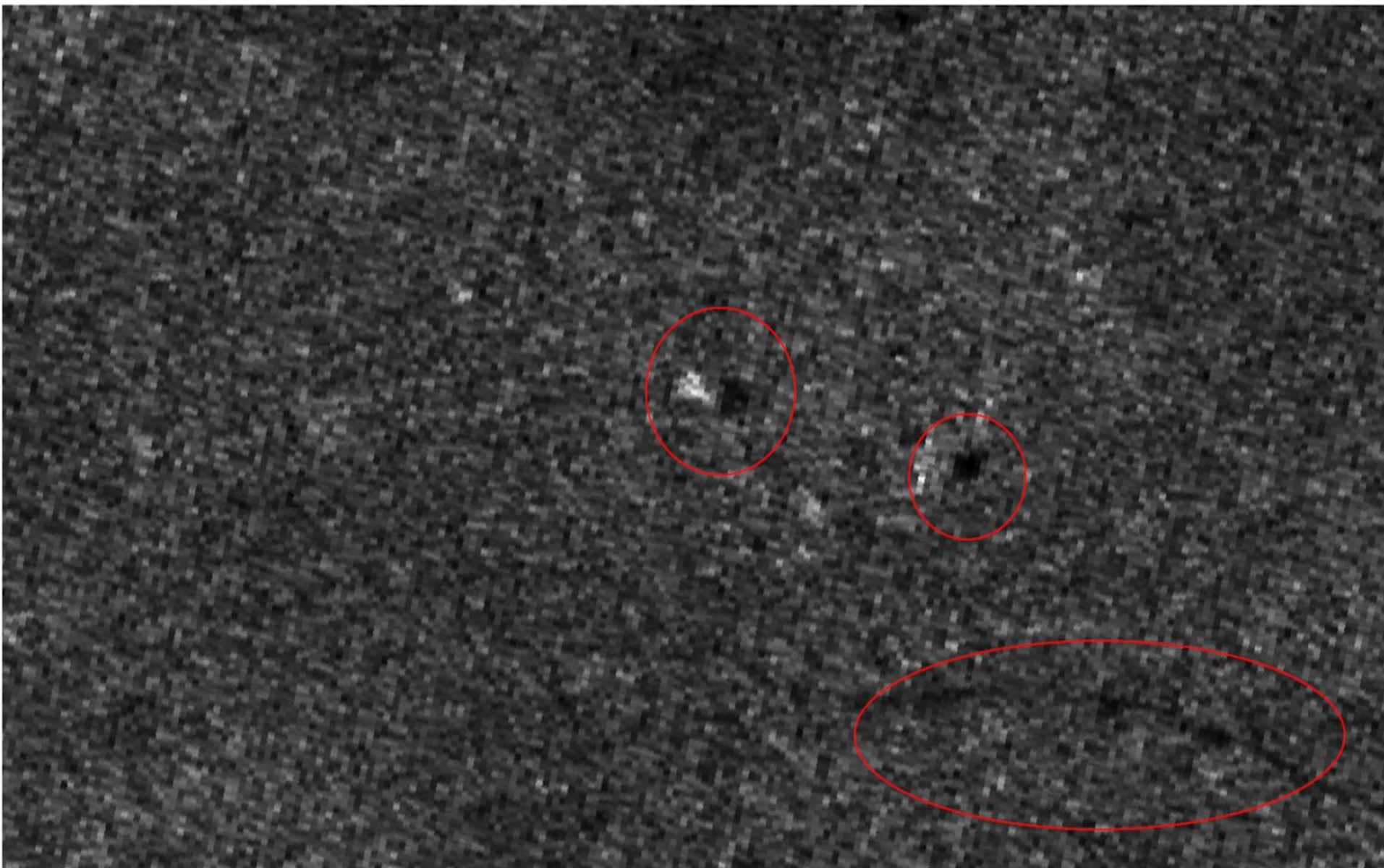


Тот же радарный снимок с разрешением 1 м, фильтрованный мультिवременным фильтром De Grandi (в мультिवременной фильтрации участвовало 8 снимков за разные даты за 2010 год). Участок 300 x 170 м.





Разница амплитуд. Две «восьмерки», характеризующие вырубку отдельных деревьев и новый линейный объект.





# ПЛАН ПРЕЗЕНТАЦИИ

- Средства наблюдений – космические радарные спутники дистанционного зондирования Земли;
- Результаты пилотного проекта по мониторингу сплошных и выборочных вырубок леса;
- **Результаты пилотного проекта по картированию параметров леса;**
- Программное обеспечение – ENVI/SARscape;
- Выводы и заключение.

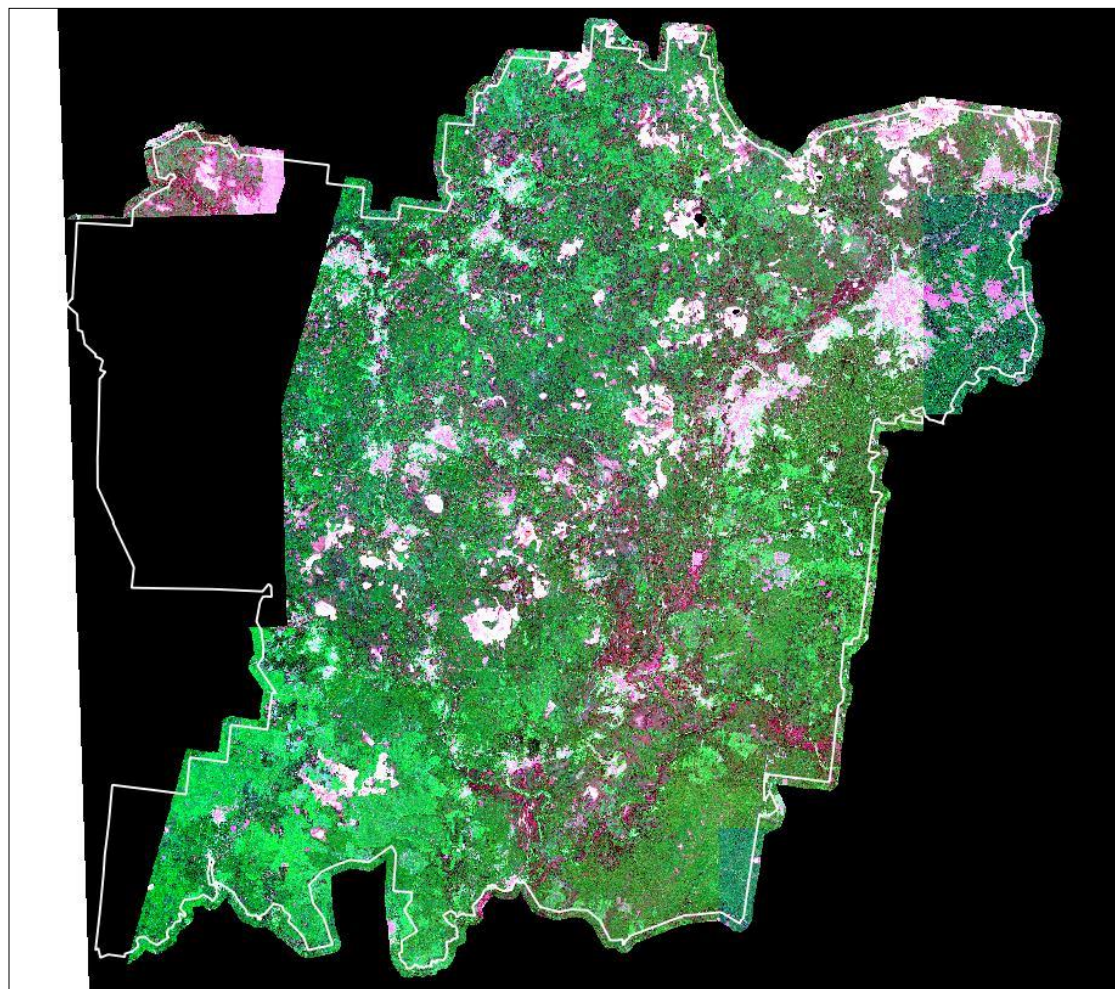


# Технологическая схема работ





## Мозаика снимков RapidEye, июнь-август 2010



**Красный**

**Зеленый**

**Ближний**

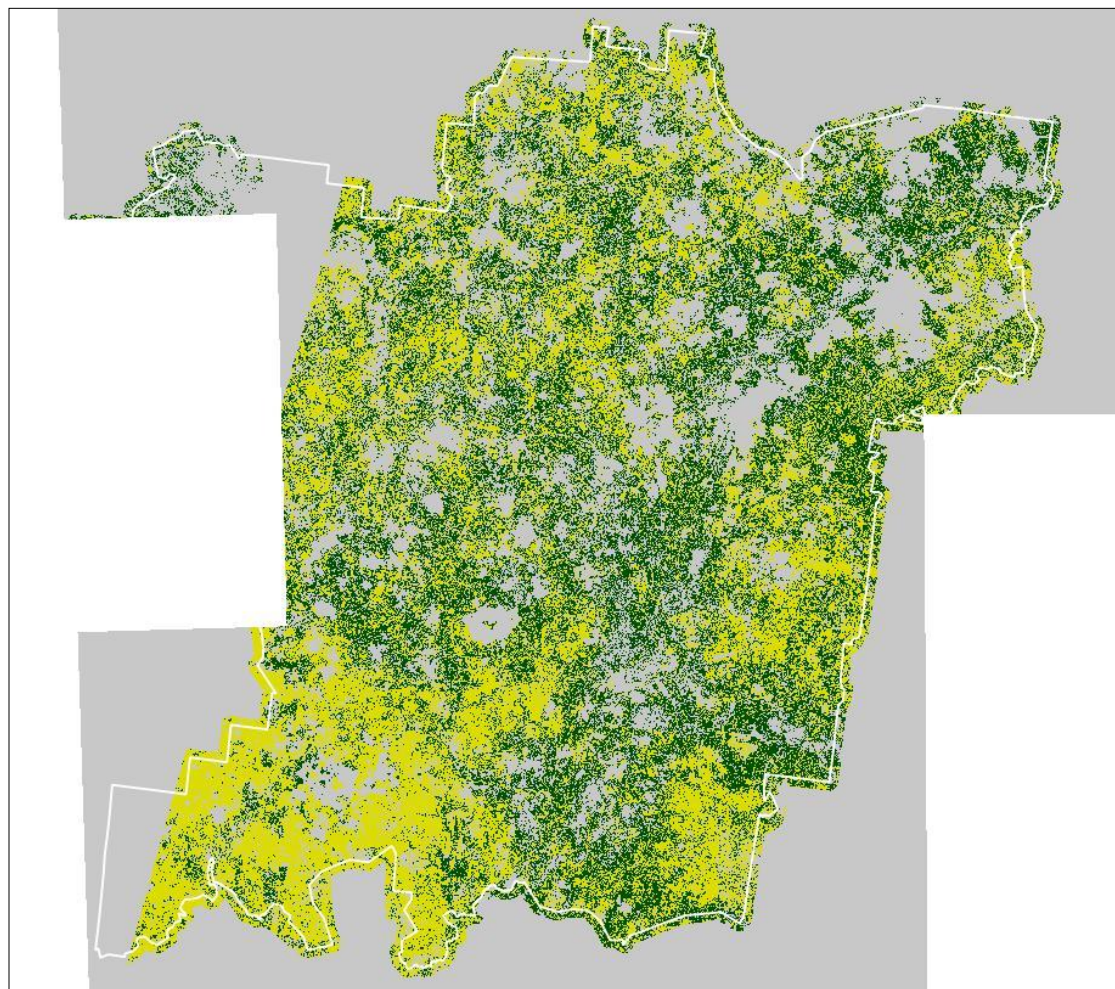
**инфракрасный**

[www.sovzond.ru](http://www.sovzond.ru)





## Результаты выделения хвойных пород леса по данным RapidEye

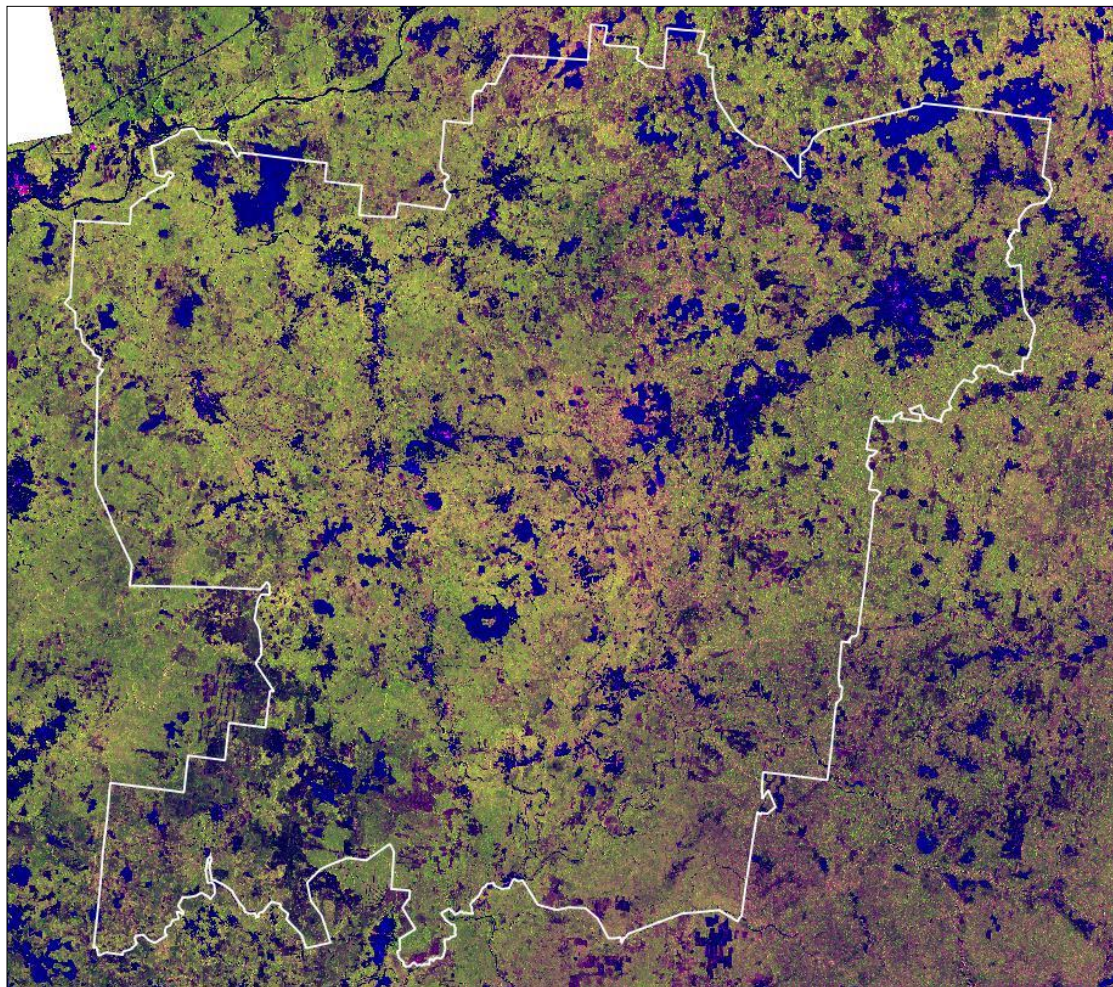


Лиственный лес + поля/луга

Хвойный лес



# Мозаика данных ALOS PALSAR (режим съемки Fine Beam Dual), август 2009 и август 2010



HH

HV

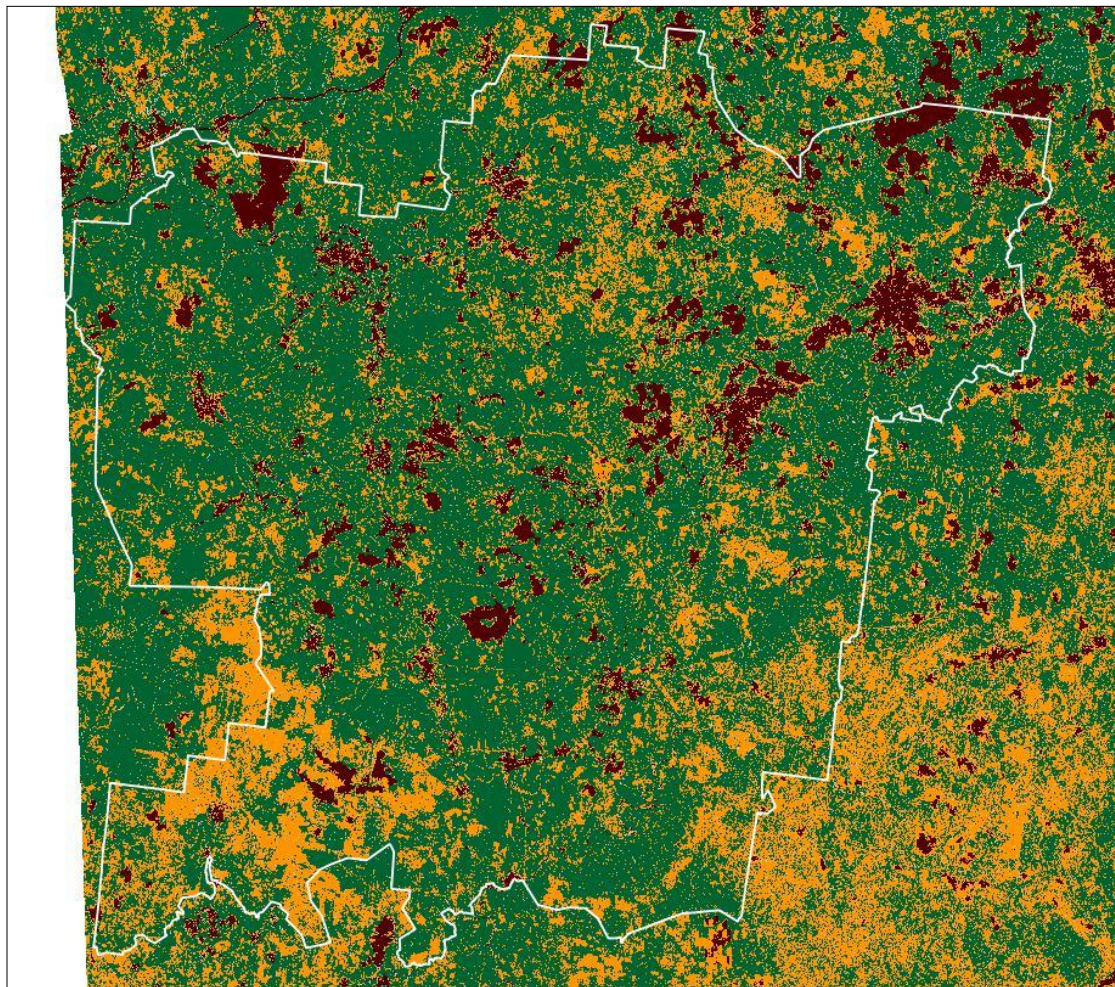
HH/HV

[www.sovzond.ru](http://www.sovzond.ru)





## Карта «лес/не лес» по данным ALOS PALSAR FBD



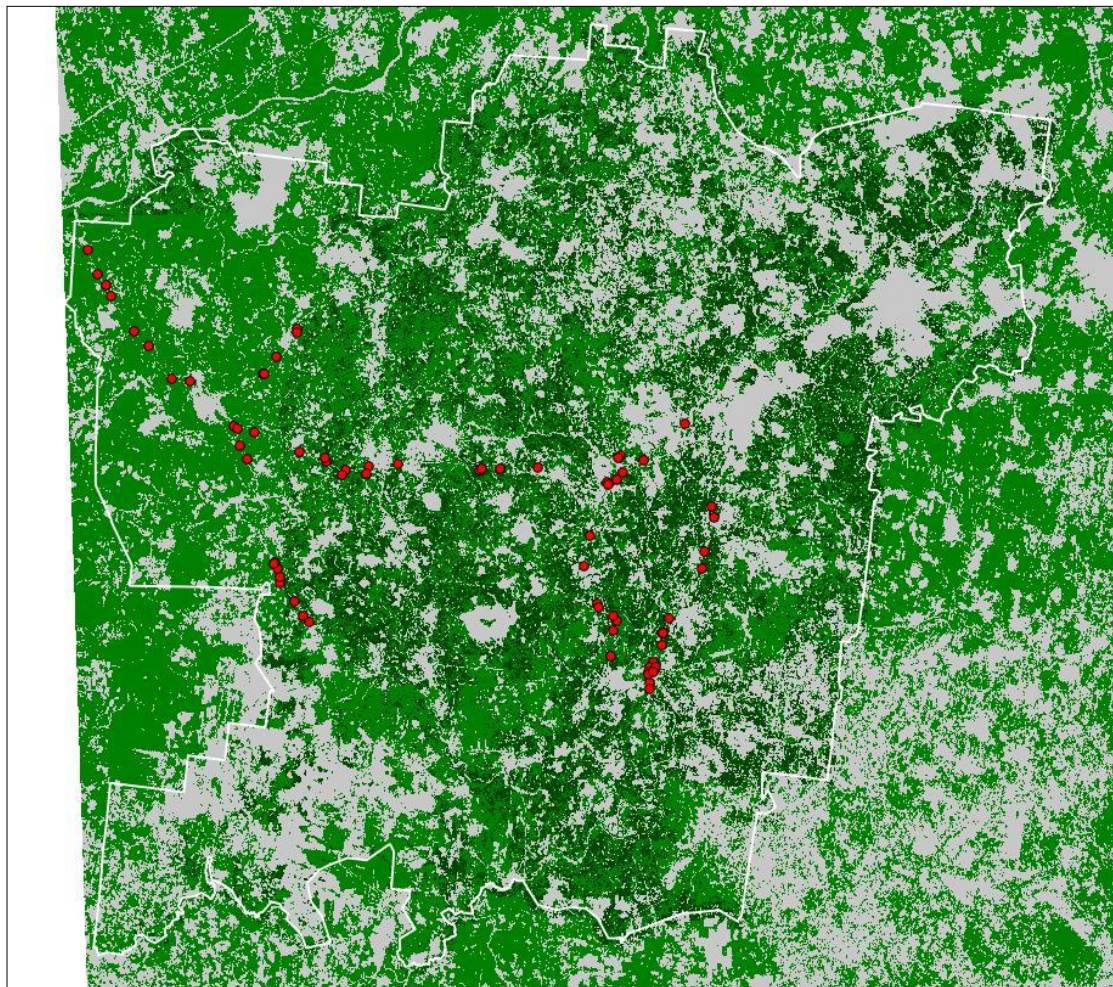
Лес

[www.sovzond.ru](http://www.sovzond.ru)





**Карта хвойных и лиственных пород леса,  
полученная по результатам комплексной обработки  
оптических данных RapidEye и радарных данных ALOS PALSAR**



**Хвойный лес**

**Лиственный лес**

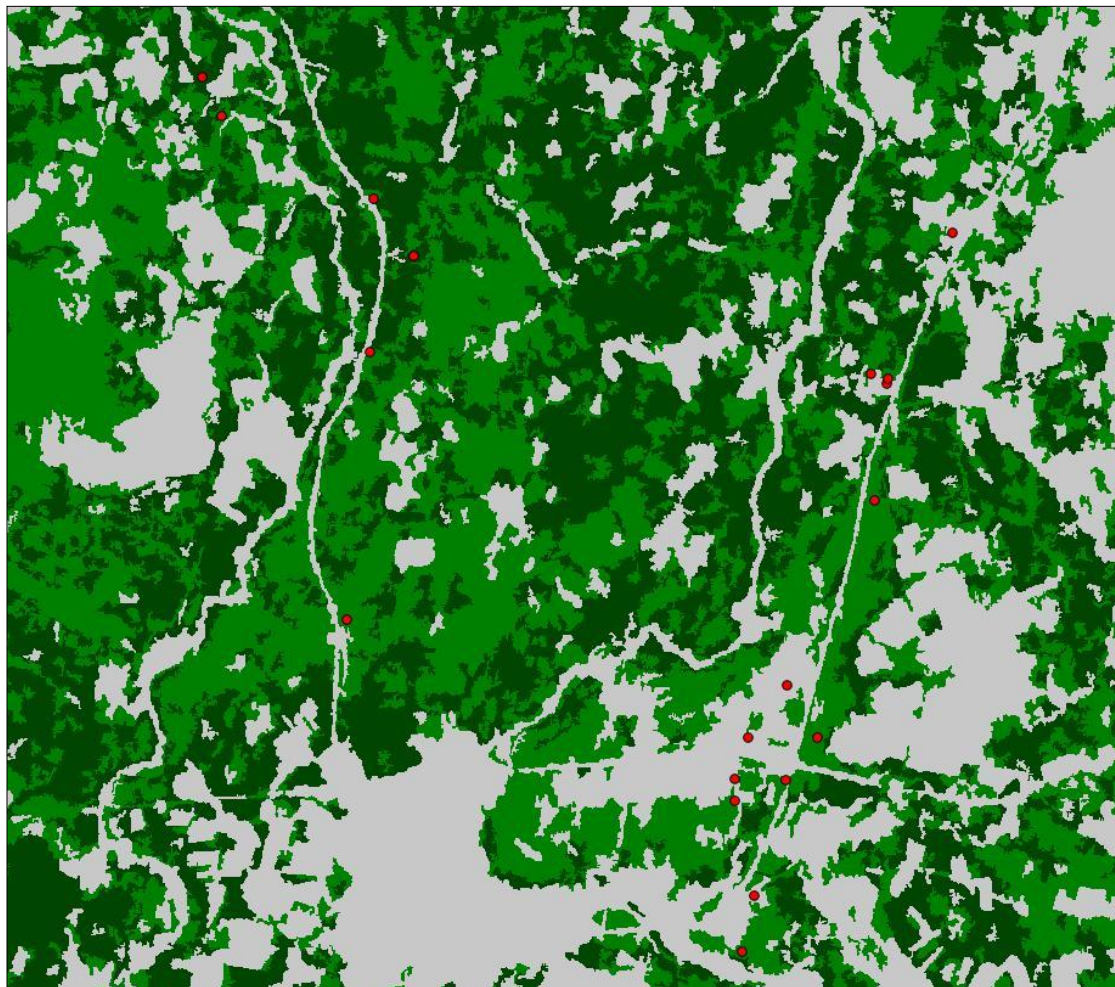
**Красные точки – контрольные точки, в которых заказчиком  
сделан замер параметров леса в рамках полевого этапа**

[www.sovzond.ru](http://www.sovzond.ru)





## Увеличение на фрагмент карты хвойных и лиственных пород леса



**Хвойный лес**

**Лиственный лес**

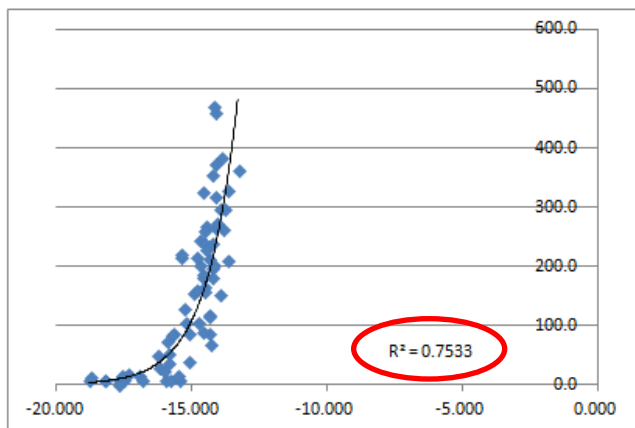
[www.sovzond.ru](http://www.sovzond.ru)



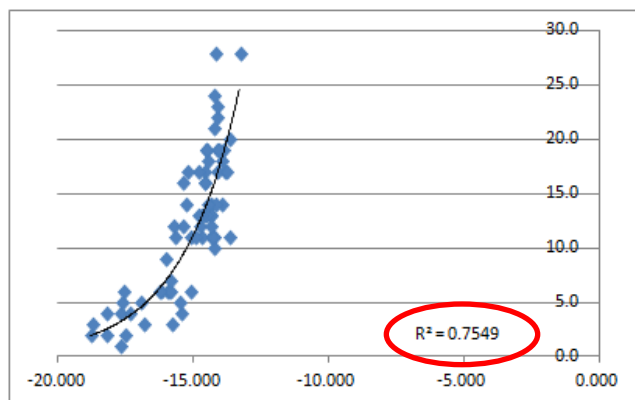
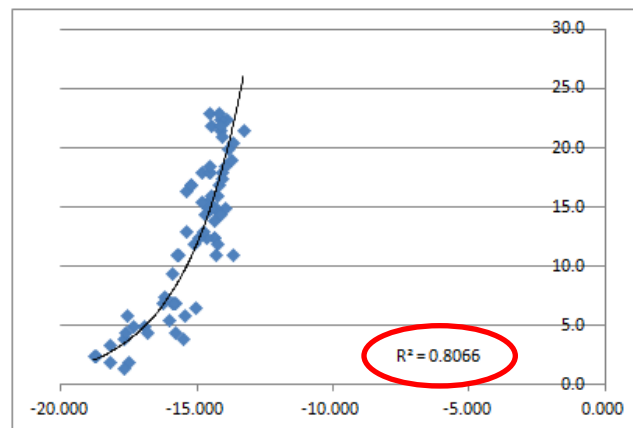


# Корреляционные взаимосвязи между $\sigma^{\circ}_{HV}$ (коэффициентом обратного рассеяния в поляризации HV) и параметрами леса

Запас древесины (м<sup>3</sup>/Га)



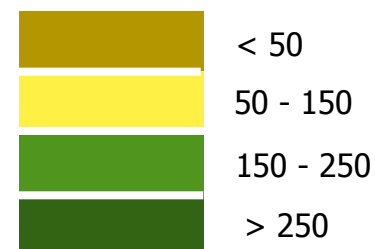
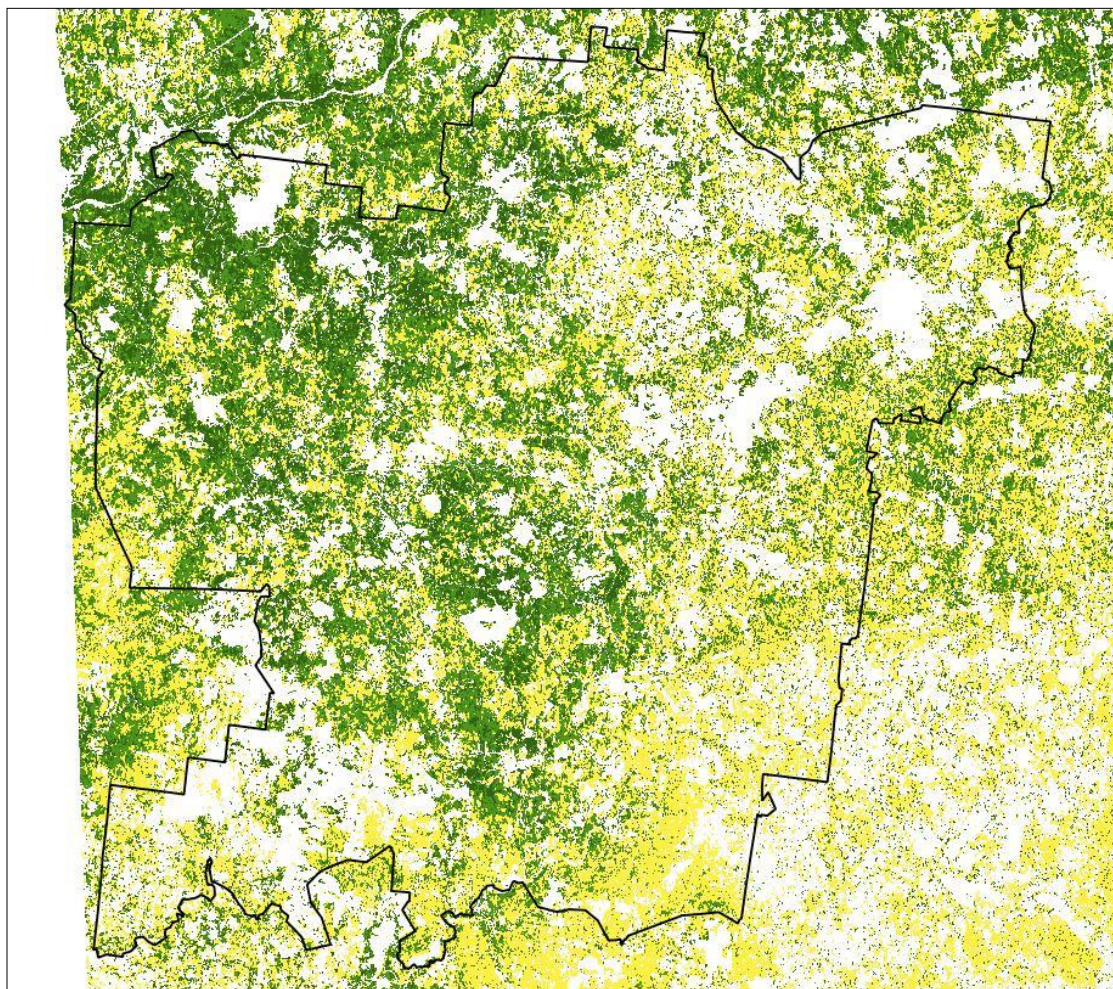
Высота (м)



Диаметры стволов на уровне груди (см)

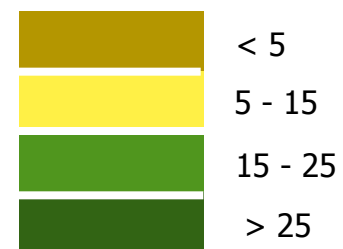
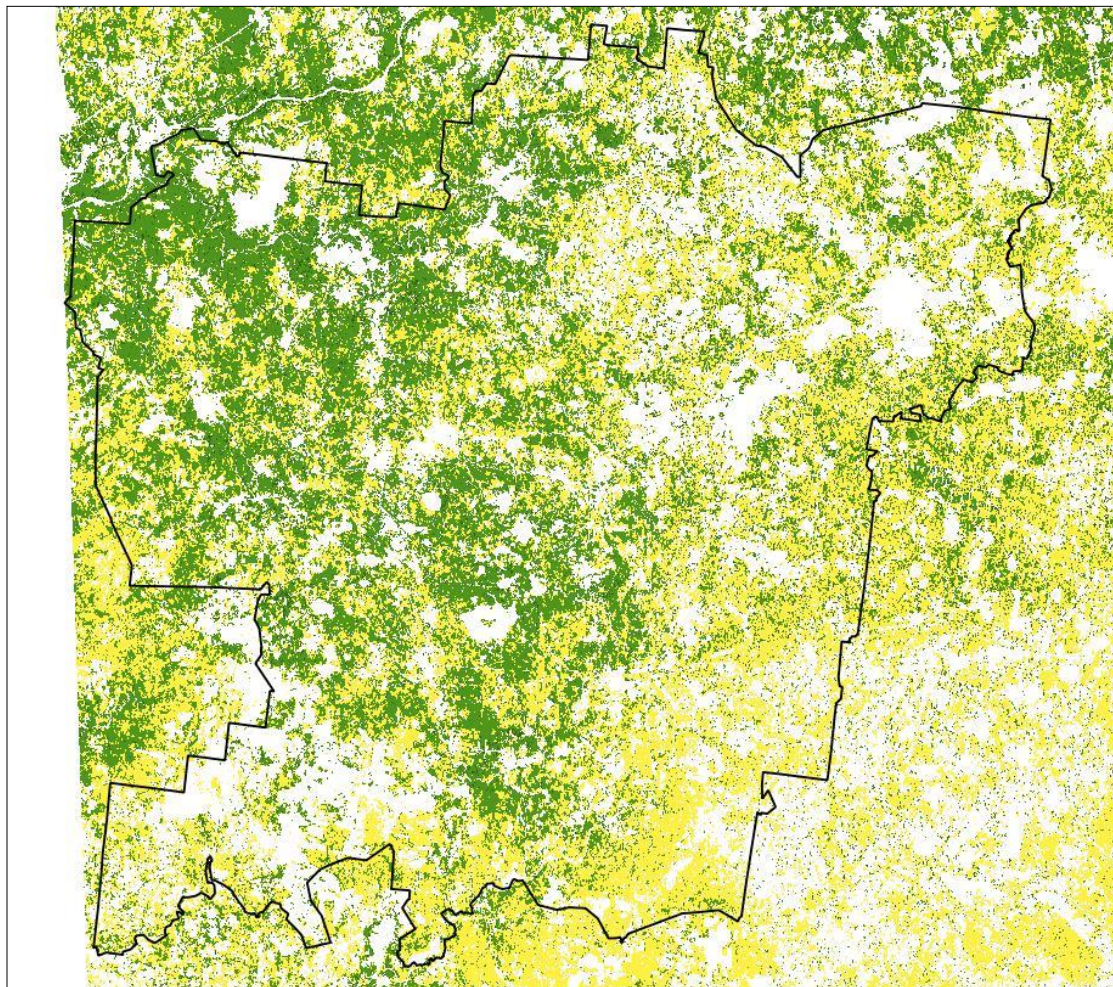


## Карта запасов древесины (м<sup>3</sup>/Га)



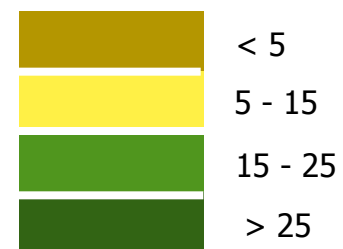
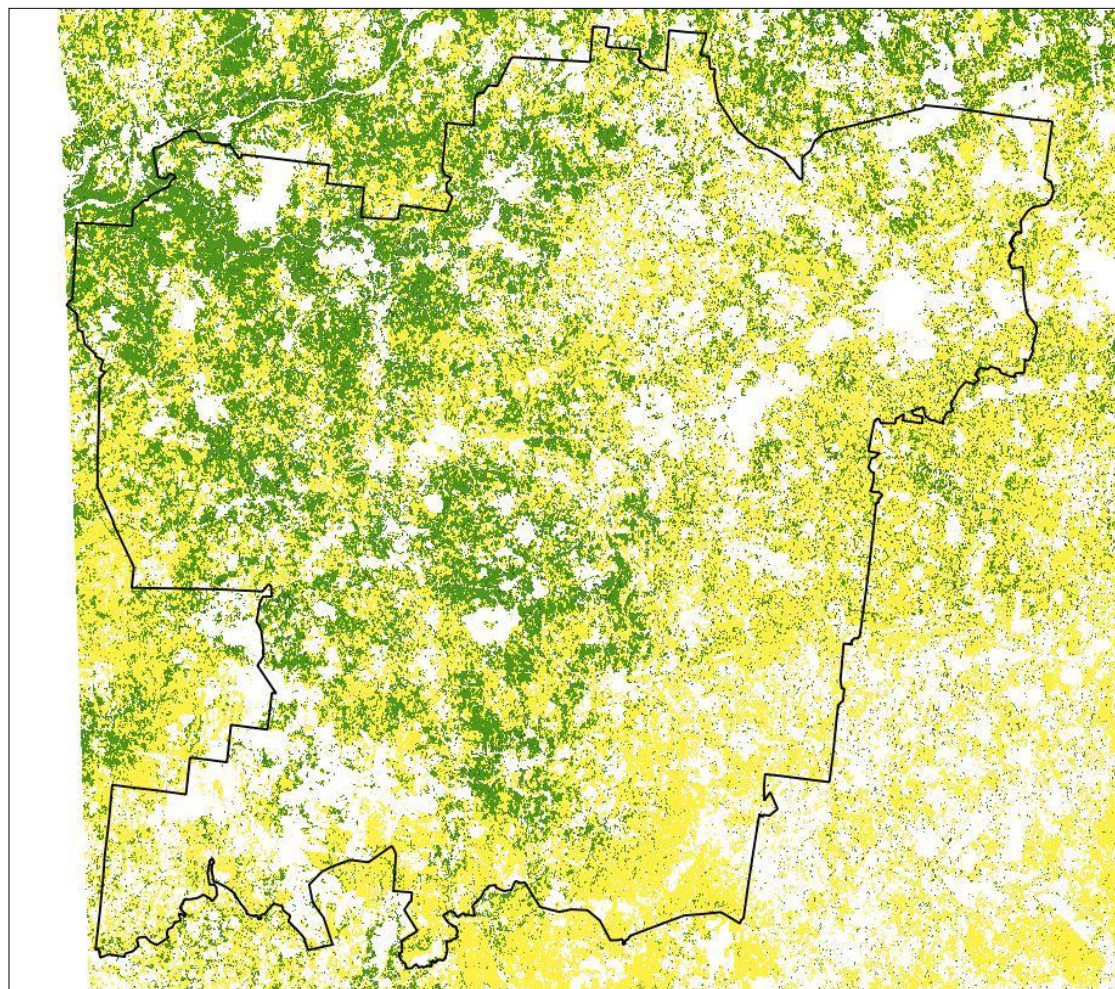


## Карта высот деревьев (м)





## Карта диаметров стволов деревьев на уровне груди (см)





# Основные выводы и результаты

- По результатам обработки радарных данных L-диапазона длин волн со спутника ALOS PALSAR получены карты параметров леса:
  - высот деревьев в метрах,
  - диаметров стволов на уровне груди в сантиметрах,
  - запаса древесины в м<sup>3</sup>/Га,
  - хвойных/лиственных пород леса;
- Для оценки точности полученных карт параметров леса были проанализированы 70 наземных контрольных точек со значениями параметров леса, собранных летом 2013 года, установлен высокий коэффициент корреляции между радарными яркостями L-диапазона поляризации HV и значениями замеренных наземными методами параметров леса (0.75 – 0.8);
- Сделан вывод о возможности использования данных L-диапазона длин волн для решения задач картирования параметров леса. Тематические карты параметров леса в рамках данного проекта были получены по архивным данным спутника ALOS PALSAR L-диапазона поляризации HH/HV пространственным разрешением 15 метров, архив которых за 2007-2010 гг. имеется на всю территорию России.
- На начало 2014 года запланирован запуск спутника ALOS PALSAR 2, с такими же характеристиками, но с в пять раз более высоким пространственным разрешением (3 метра), что позволит получать по уже отработанной технологии тематические карты параметров леса с разрешением 3 метра (в 5 раз более детальные).
- Предложено создание в дополнение к базовому программному продукту ENVI/SARscape специализированного продукта ForestScape, который в автоматизированном режиме позволит создавать карты параметров леса с усреднением по полигонам выделов и с обновлением этих параметров при обновлении покрытия радарными данными.



# **Дополнительно – впервые в России – была отработана технология картирования высот деревьев по данным тандемной радарной интерферометрии**

Тестовые тандемные пары снимков TerraSAR-X/TanDEM-X были предоставлены DLR в рамках грантов XTI\_HYDR0485 и XTI\_GEOL0334

Работа выполнена совместно с ИФМ СО РАН

[www.sovzond.ru](http://www.sovzond.ru)





# Карта высот деревьев по результатам обработки тандемной пары TerraSAR-X/TanDEM-X за май 2013



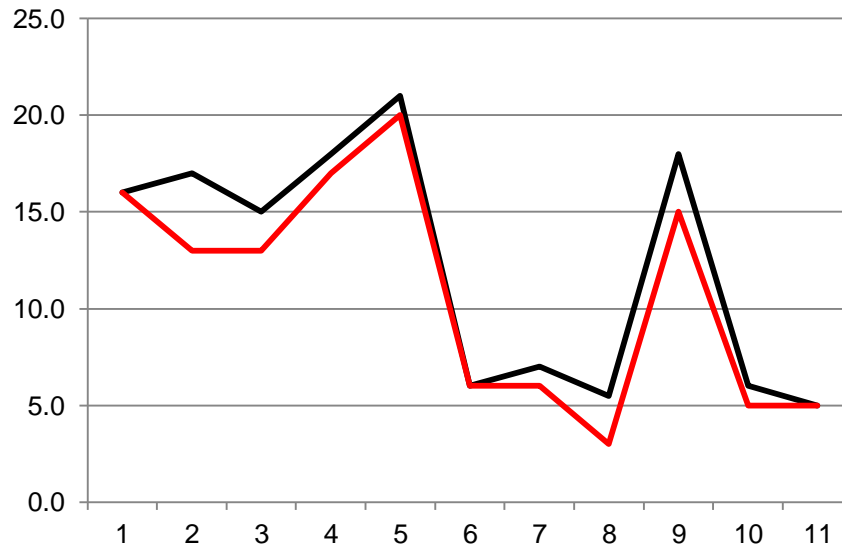


# Трехмерное отображение карты высот деревьев, полученной по данным радарной тандемной интерферометрии





# Оценка точности закартированных высот деревьев



Наземные измерения **данные TerraSAR-X/Tandem-X за май 2013**



# Основные выводы и результаты

- На сегодняшний день тандемная интерферометрия реализована для спутников TerraSAR-X/TanDEM-X; впервые в России в рамках пилотного проекта была опробована технология измерения высот деревьев методом тандемной радарной интерферометрии на примере территории дельты реки Селенги (Республика Бурятия);
- В результате получены цифровые матрицы высот деревьев с шагом матрицы 5 метров;
- По результатам анализа разносезонных тандемных пар с разными характеристиками были сформулированы требования к характеристикам тандемных пар, в частности к сезонности и к базовым линиям (базисам съемки), позволяющие осуществлять наиболее точное измерение высот деревьев;
- Точность получения карт высот деревьев оценена по данным наземных контрольных точек и при соблюдении требованиям к характеристикам тандемных пар она составила 1 – 2 метра.
- Пилотная территория характеризовалась плоским рельефом. Точность в условиях горного рельефа подлежит дальнейшей оценке.



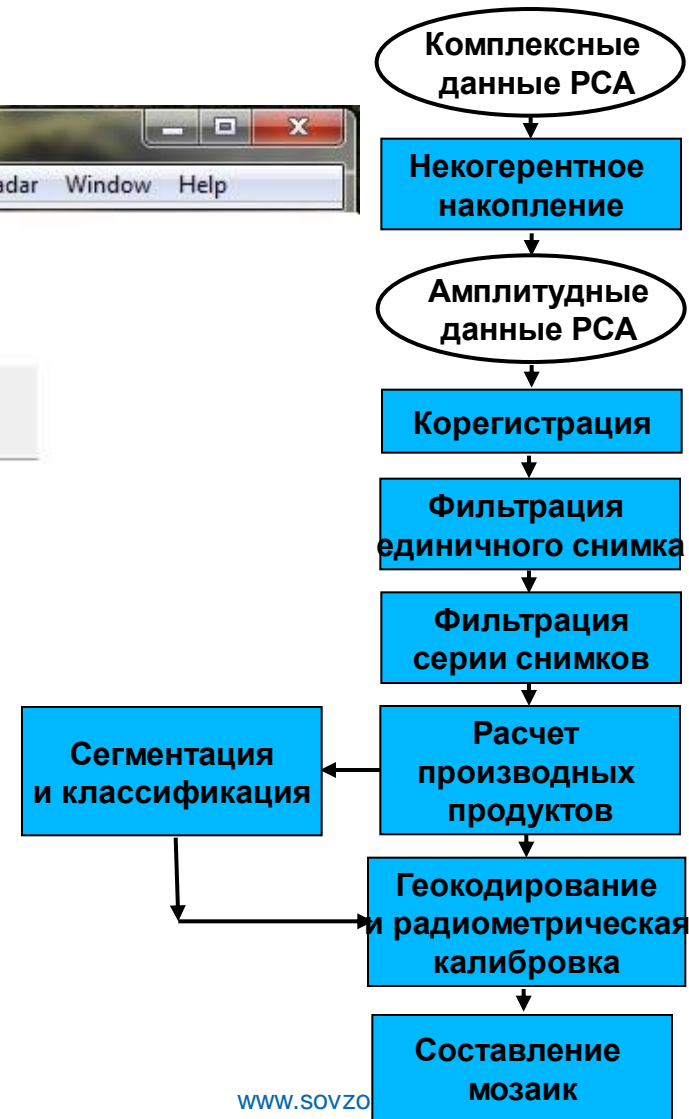
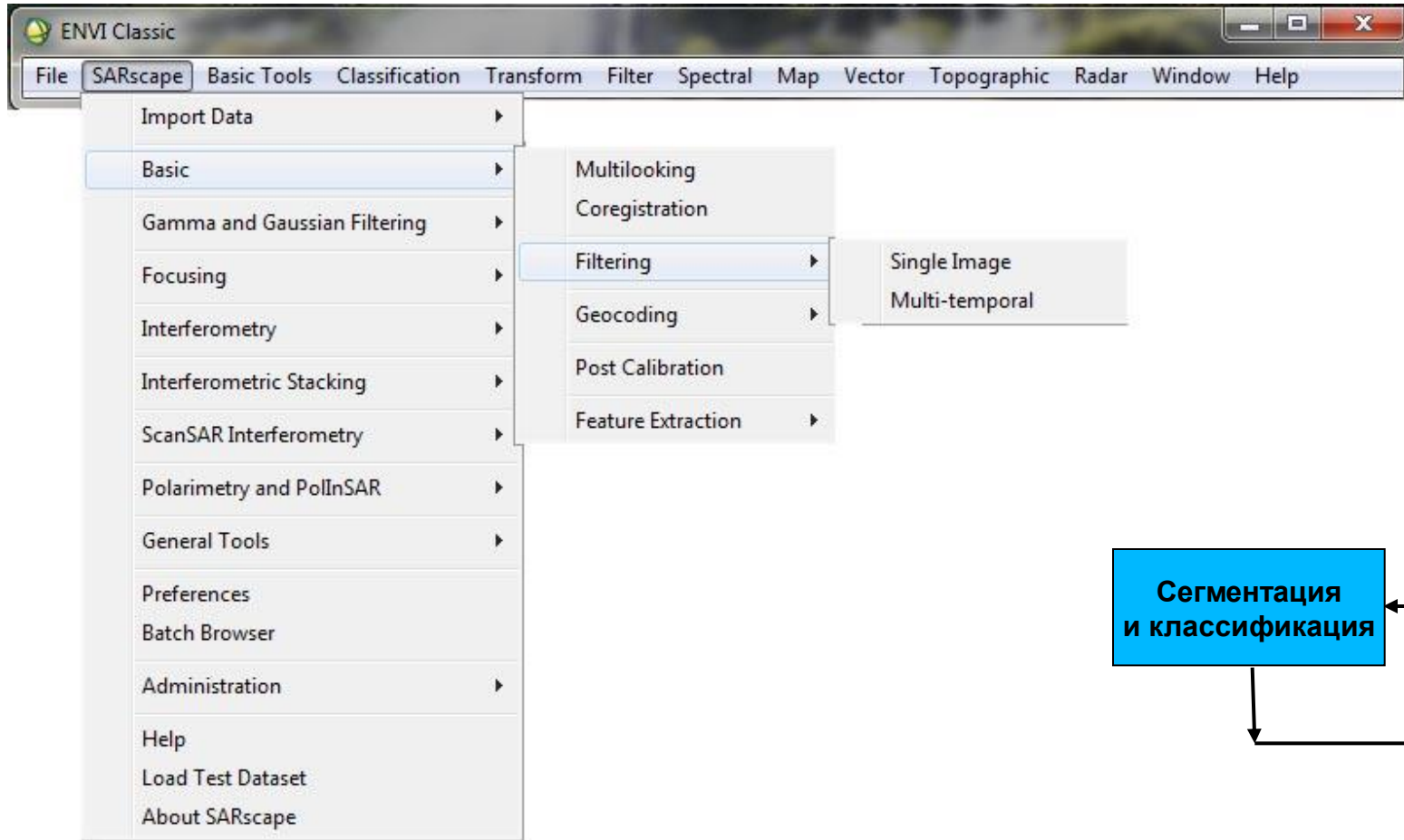
# ПЛАН ПРЕЗЕНТАЦИИ

- Средства наблюдений – космические радарные спутники дистанционного зондирования Земли;
- Результаты пилотного проекта по мониторингу сплошных и выборочных вырубок леса;
- Результаты пилотного проекта по картированию параметров леса;
- **Программное обеспечение – ENVI/SARscape;**
- Выводы и заключение.



# Модули SARscape для ENVI

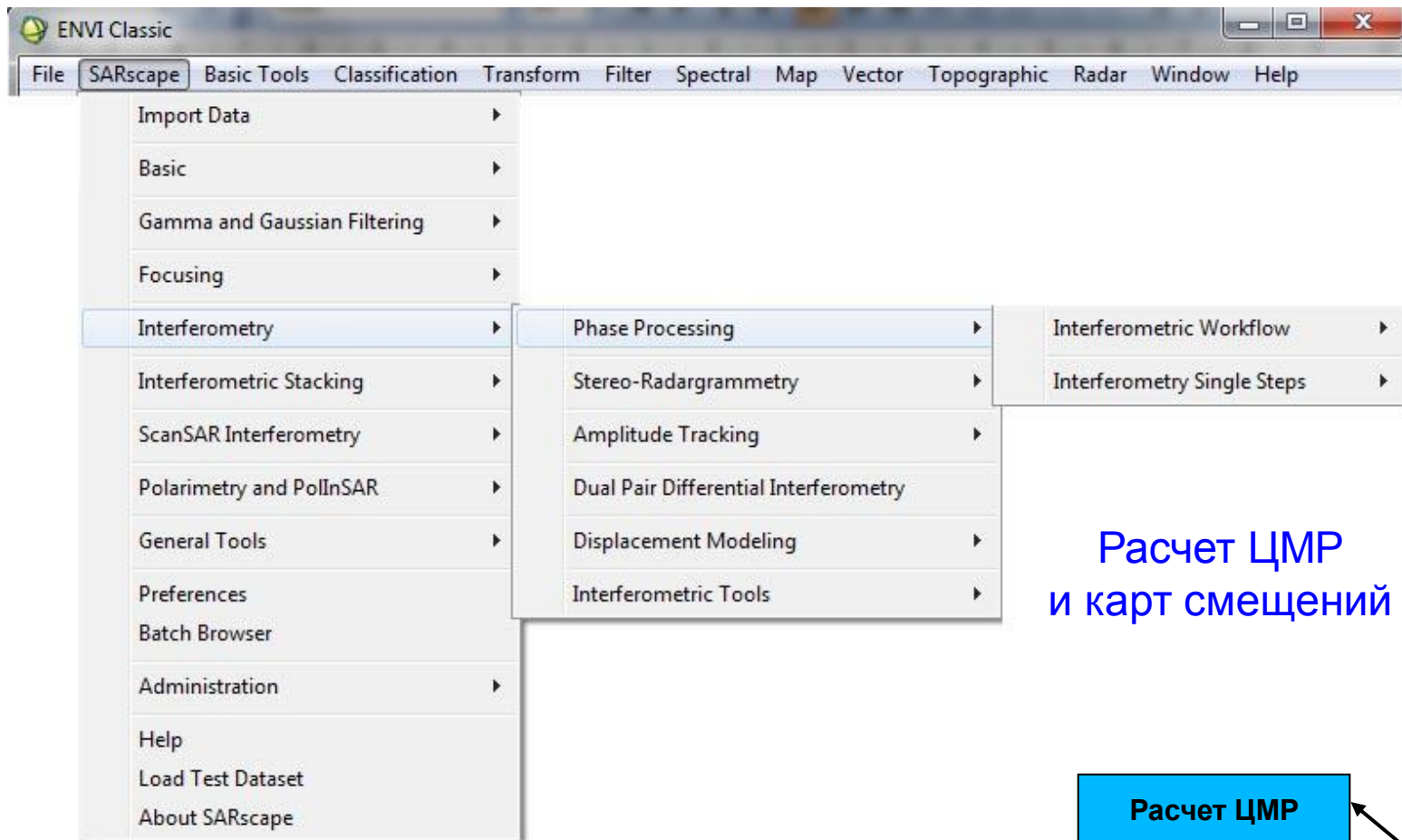
## Модуль Basic



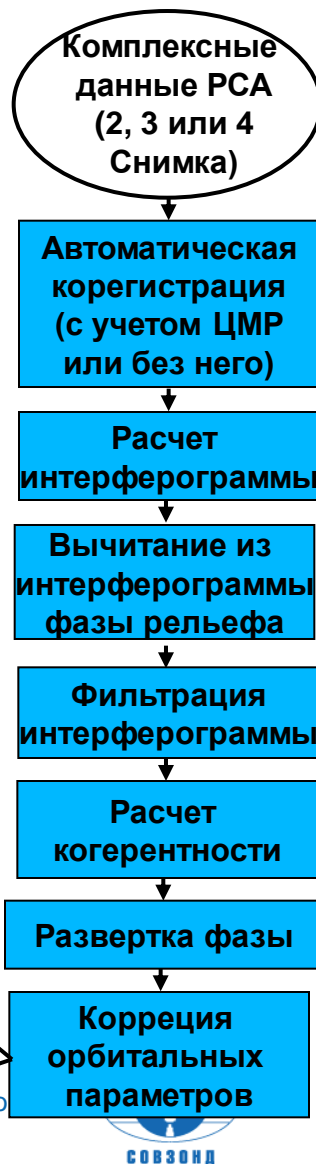


# Модули SARscape для ENVI

## Модуль Interferometry



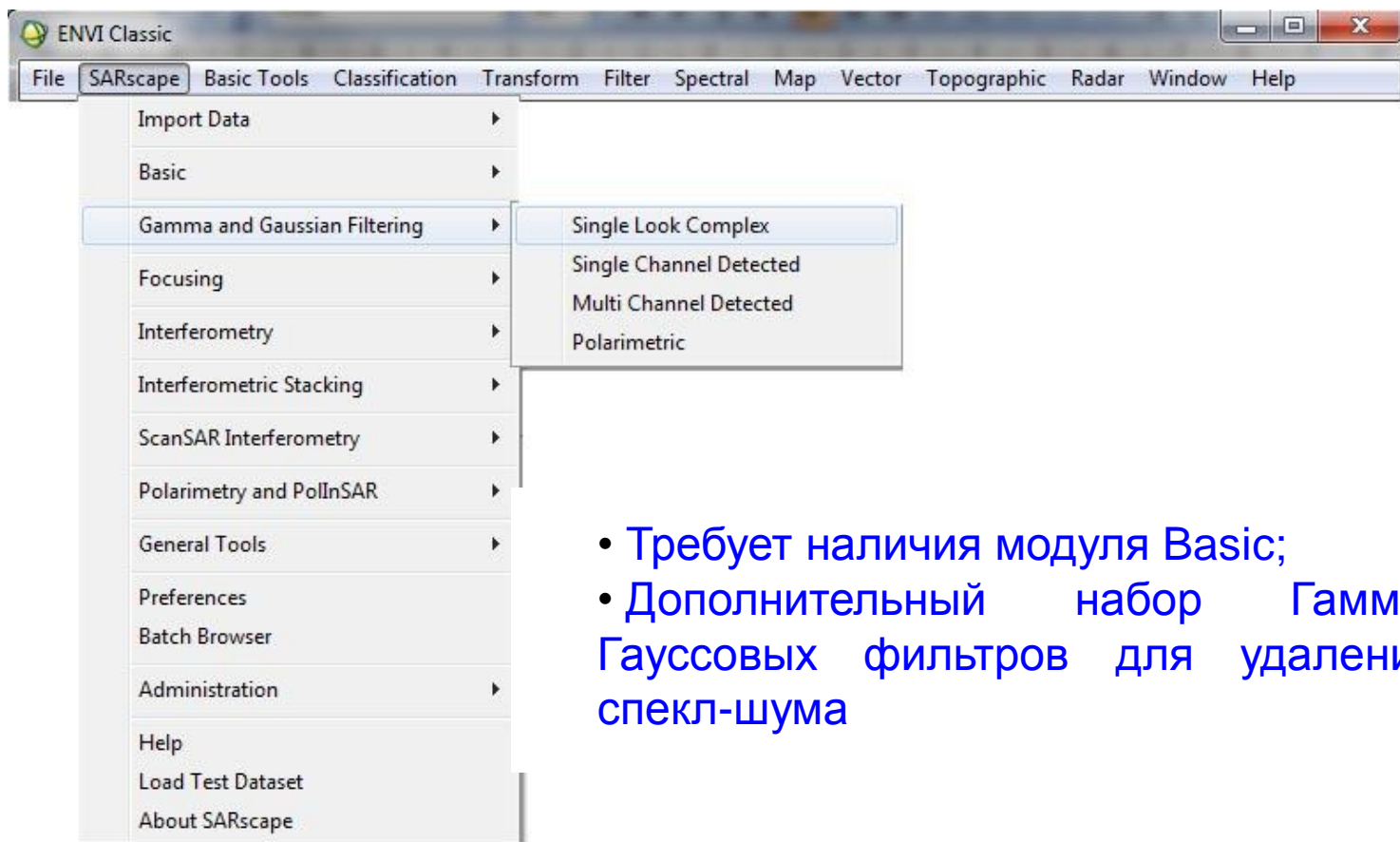
Расчет ЦМР  
и карт смещений





# Модули SARscape для ENVI

## Модуль Gamma and Gaussian filtering



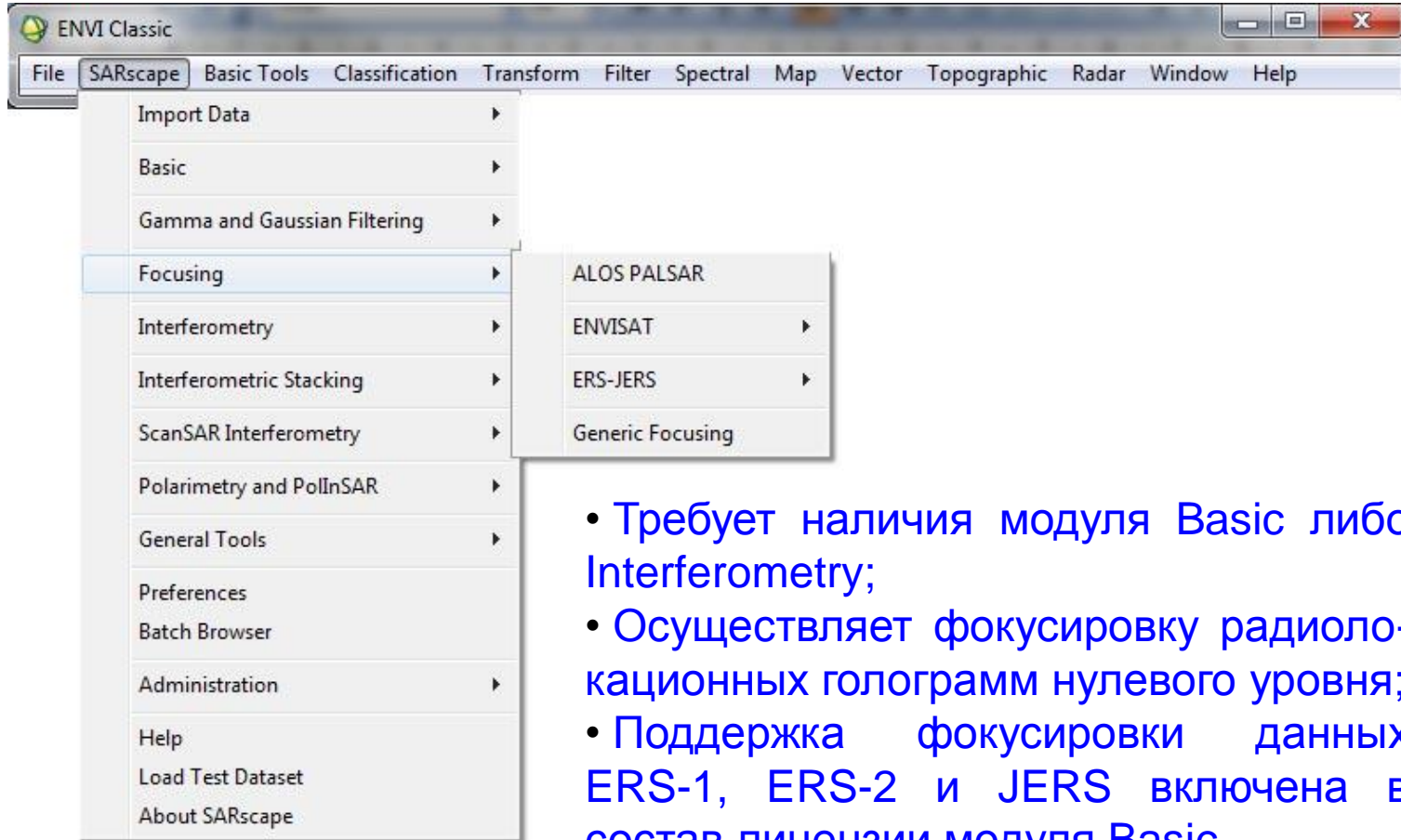
- Требуется наличие модуля Basic;
- Дополнительный набор Гамма-Гауссовых фильтров для удаления спекл-шума





# Модули SARscape для ENVI

## Модуль Focusing



- Требует наличия модуля Basic либо Interferometry;
- Осуществляет фокусировку радиолокационных голограмм нулевого уровня;
- Поддержка фокусировки данных ERS-1, ERS-2 и JERS включена в состав лицензии модуля Basic.

Радиолокационные  
голограммы  
нулевого уровня

Фокусировка



# ПЛАН ПРЕЗЕНТАЦИИ

- Средства наблюдений – космические радарные спутники дистанционного зондирования Земли;
- Результаты пилотного проекта по мониторингу сплошных и выборочных вырубок леса;
- Результаты пилотного проекта по картированию параметров леса;
- Программное обеспечение – ENVI/SARscape;
- **Выводы и заключение.**



# Выводы и заключение

- По данным космических радарных съемок X-диапазона длин волн возможно осуществлять картирование и мониторинг сплошных и выборочных вырубок леса не зависимо от облачности от освещенности;
- Используя корреляционные взаимосвязи между амплитудой отражения радарного сигнала L-диапазона длин волн и параметрами леса, возможно картировать следующие параметры леса: высоты и диаметры стволов деревьев, биомассу, запасы древесины, а также разделять хвойные и лиственные породы леса;
- С помощью тандемной радарной интерферометрии возможно осуществлять замер высот деревьев с точностью 1 – 2 метра.





### Компания «Совзонд»

115563, Москва,  
ул. Шипиловская, 28А,  
бизнес-центр «Милан»

Тел: +7 (495) 988-7511, 988-7522

Факс: +7 (495) 988-7533

E-mail: [sovzond@sovzond.ru](mailto:sovzond@sovzond.ru)

Web-site: [www.sovzond.ru](http://www.sovzond.ru)

### Филиалы компании

350000, Краснодар,  
ул. Гимназическая, д. 40

620075, Екатеринбург,  
ул. Малышева, д. 51, оф. 45/03