

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

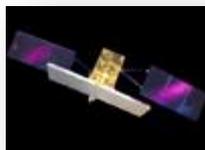
ПЛАН ПРЕЗЕНТАЦИИ

- 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.

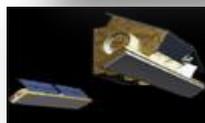
ПЛАН ПРЕЗЕНТАЦИИ

- 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...



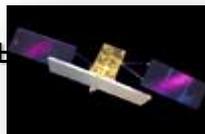
– COSMO-SKYMED 1/2/3/4 (2007,2008,2010 гг., разрешение до 60 см)



– 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)

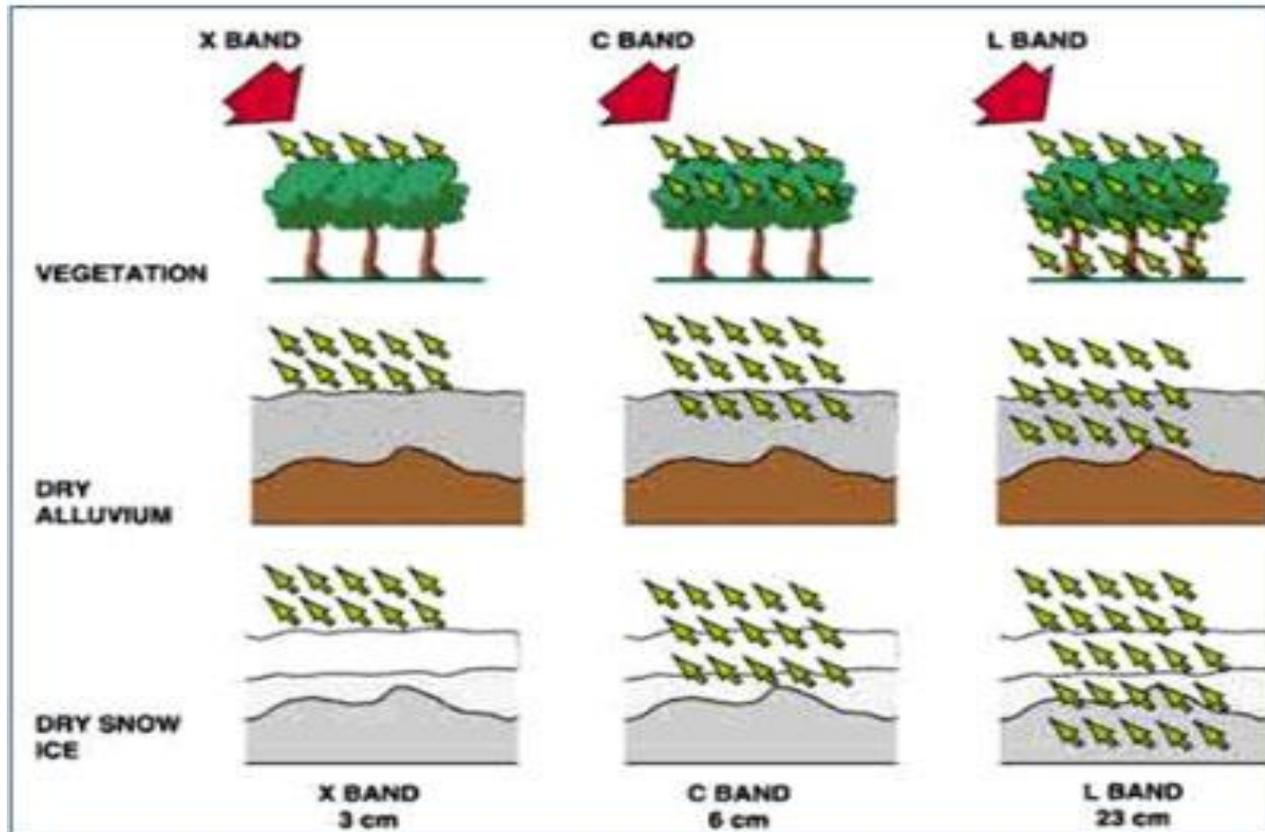
На орбите находятся
11 коммерческих
радарных спутников

Разрешение получаемых
данных от
17 см до 100 м

Некоторые из планируемых к запуску спутниковых радарных систем

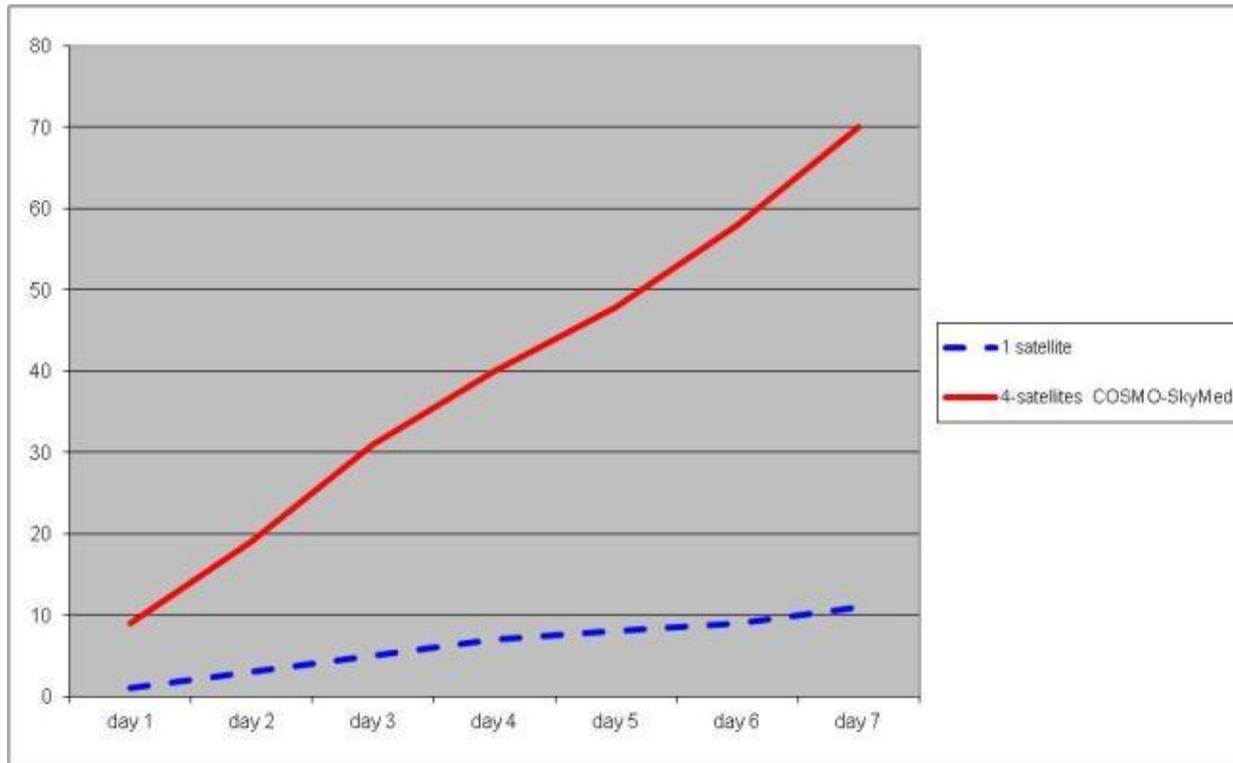
• Sentinel-1B	ESA	2015	5-20 м
• SAOCOM-1 A/B	CONAE	2015	5 м
• COSMO-SkyMed-5/6/7/8	ASI	2016-2018	0,5-30 м
• RCM	MDA	2016-2017	1 – 100 м
• Обзор-Р	Роскосмос	2018	1 – 500 м

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.

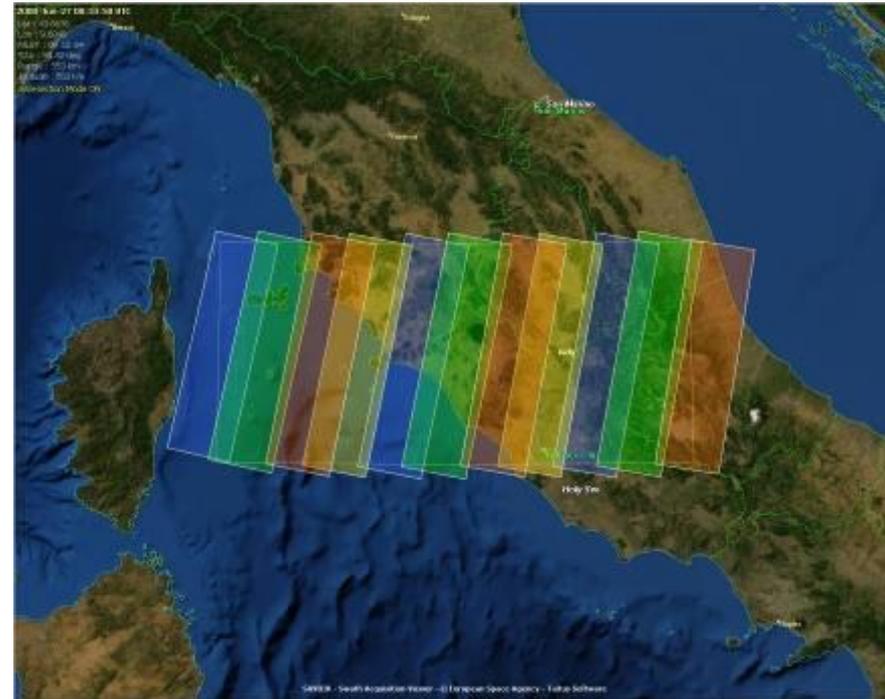
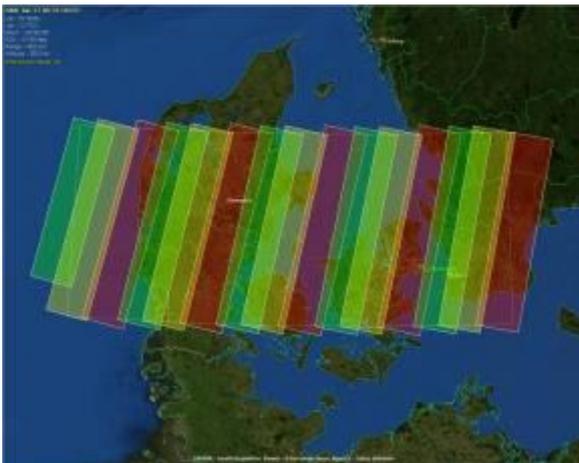
Сравнение времени, необходимого для съемки территории 300 000 кв.км для различных радарных спутниковых систем (для маршрутного режима съемки с разрешением 3 – 5 метров)

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	64 дня
Cosmo 1 + Cosmo 2	620 км	16 дней	40 км	4	32 дня
Cosmo 1,2,3,4	620 км	16 дней	40 км	4	16 дней
TerraSAR-X	500 км	11 дней	30 км	6	66 дней
Radarsat-2	783 км	24 дня	20 км	5	120 дней

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

rd.ru

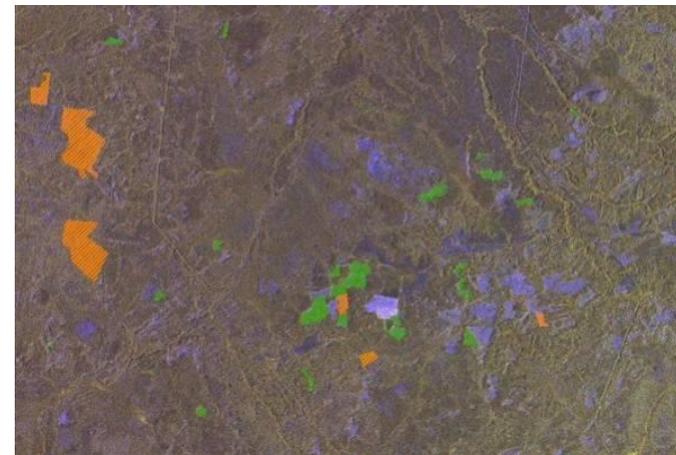
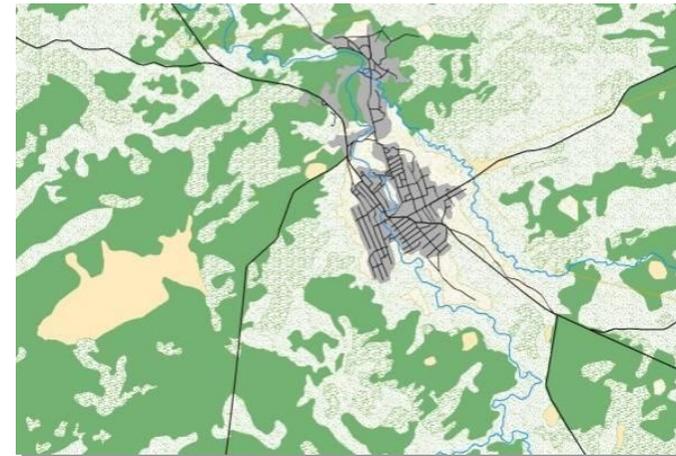


ПЛАН ПРЕЗЕНТАЦИИ

- 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.

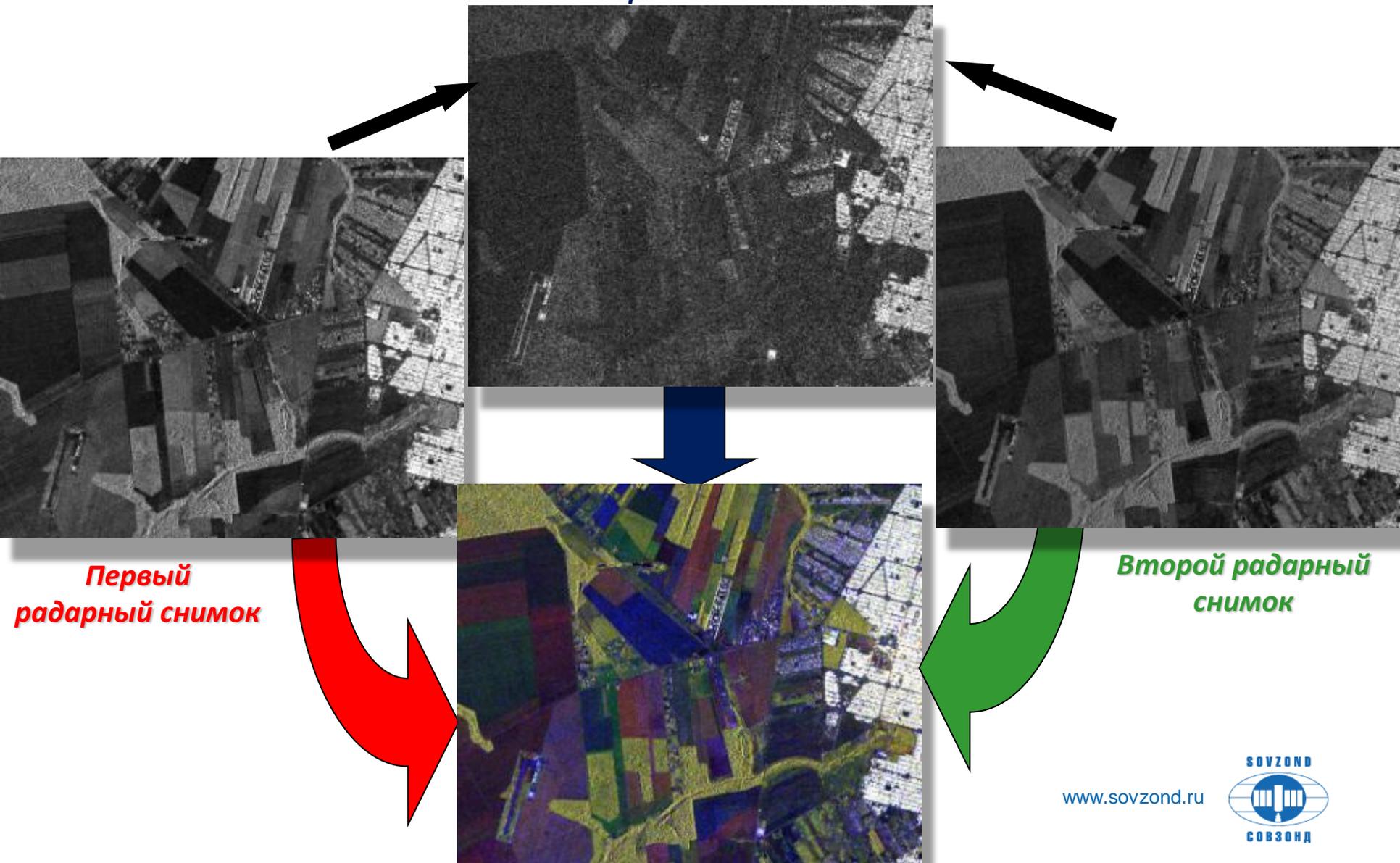
Цель пилотного проекта на территории одного из лесничеств Вологодской области

- 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



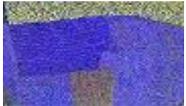
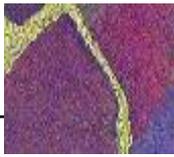
*Первый
радарный снимок*

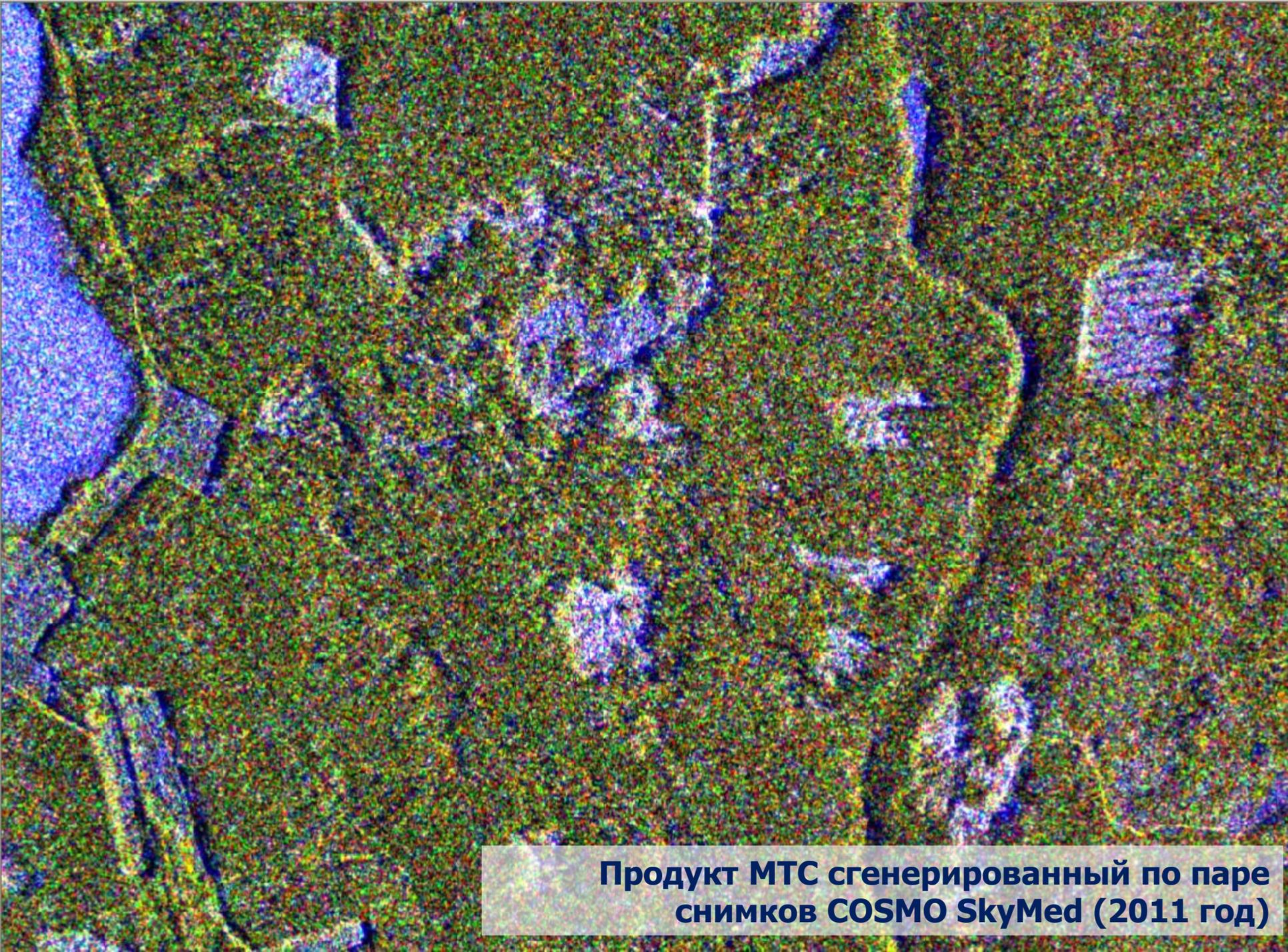
*Второй радарный
снимок*

www.sovzond.ru



Ключи к интерпретации мультिवременного когерентного композита МТС

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

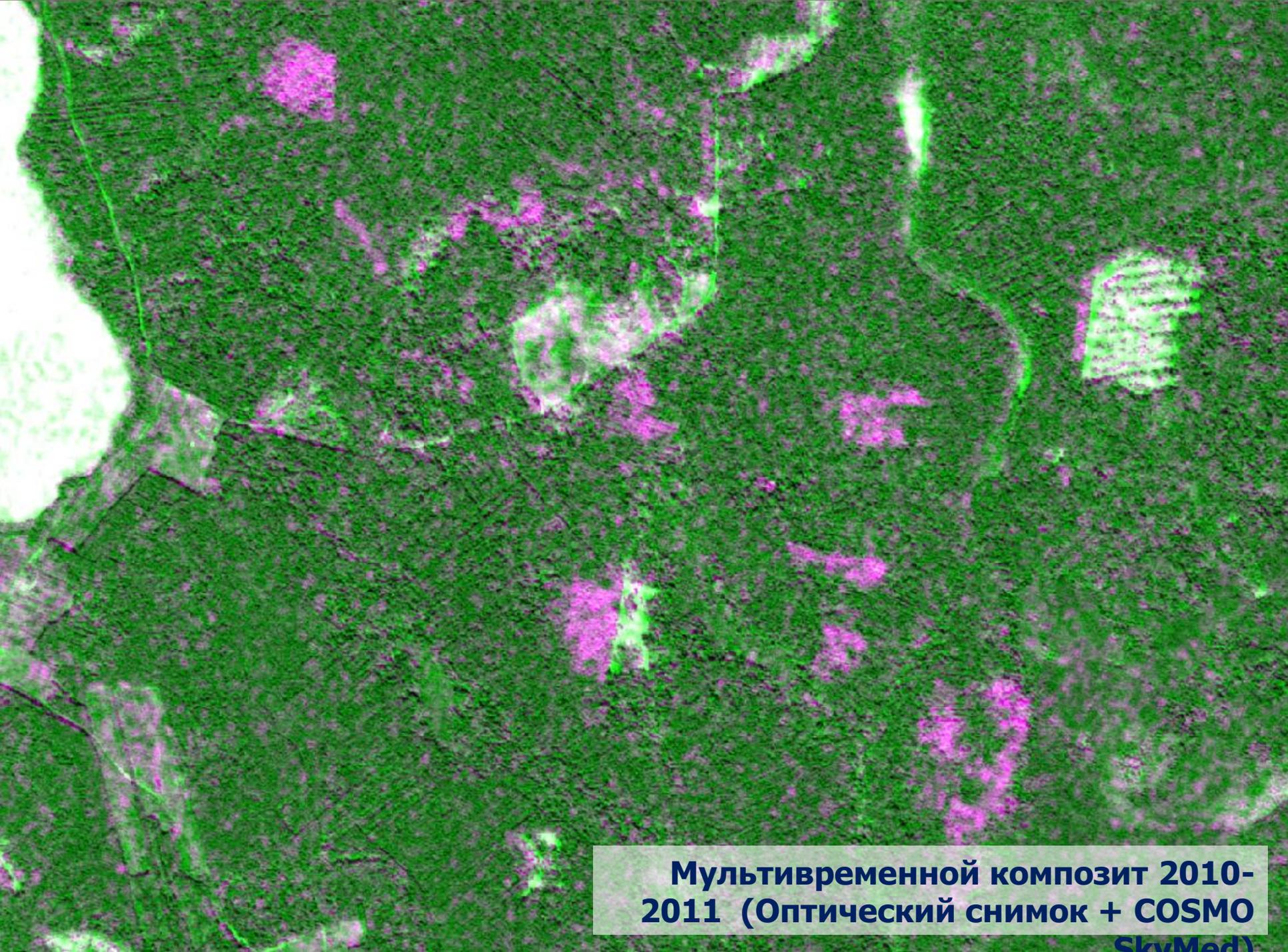


Продукт МТС сгенерированный по паре снимков COSMO SkyMed (2011 год)

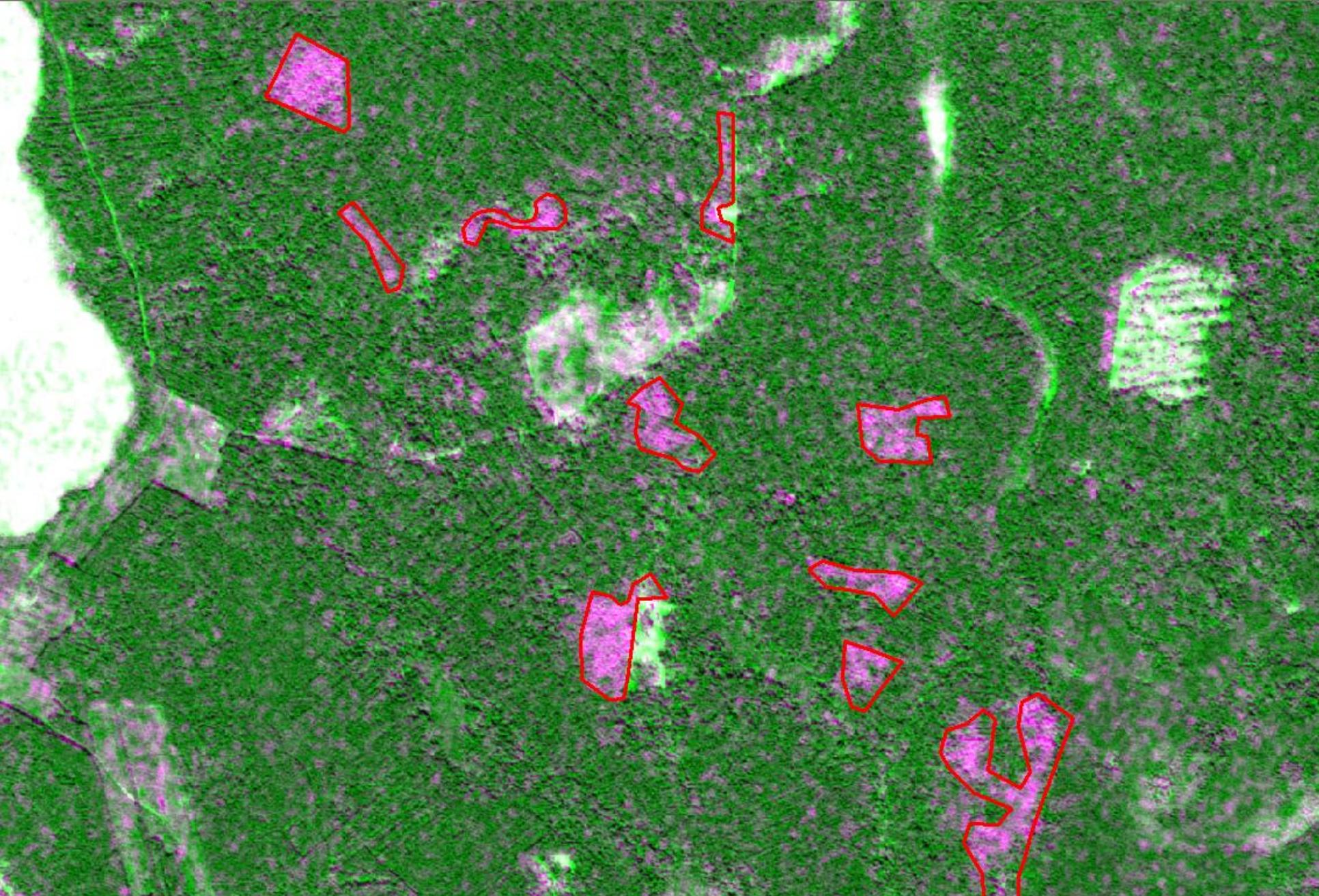


Оптический снимок (2010

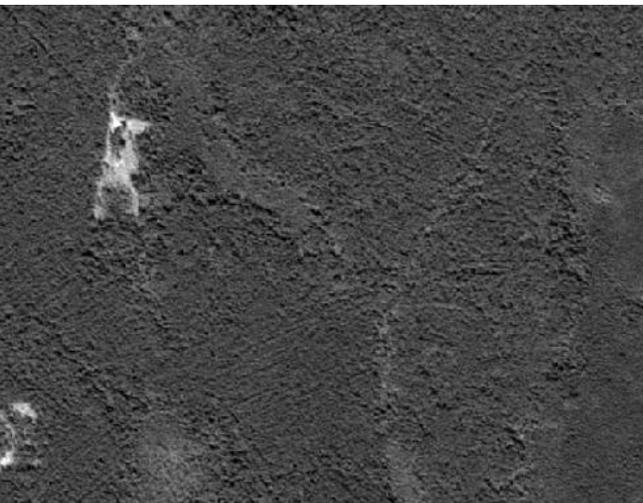
г.г.)



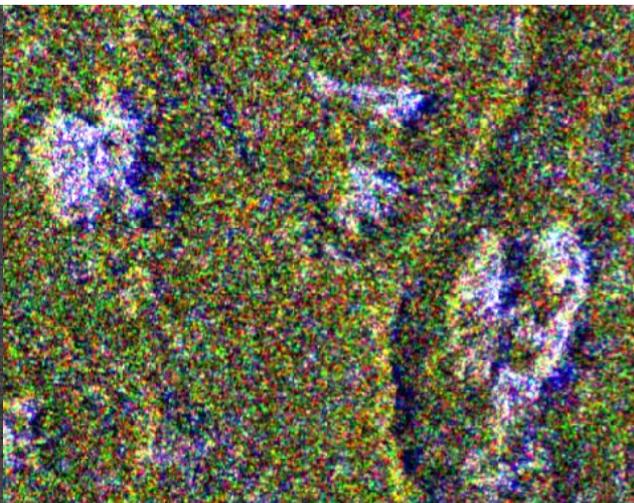
Мультивременной композит 2010-
2011 (Оптический снимок + COSMO
SkyMed)



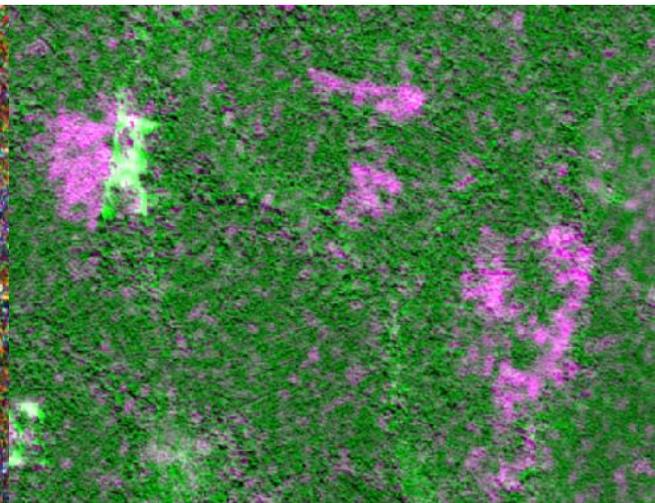
Контуры вырубок за период 2010-2011



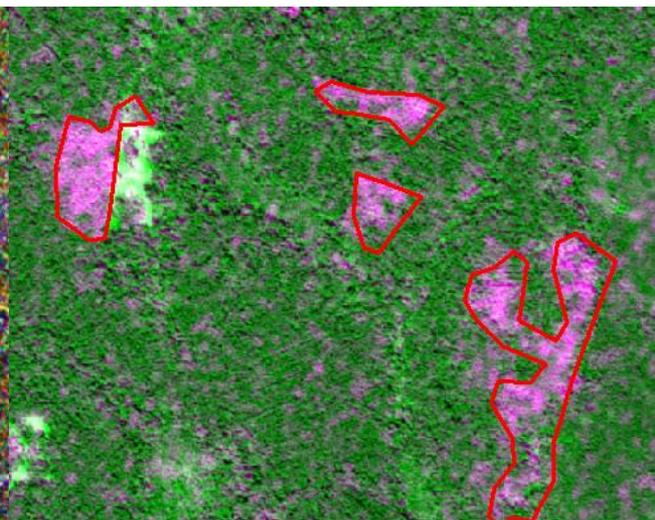
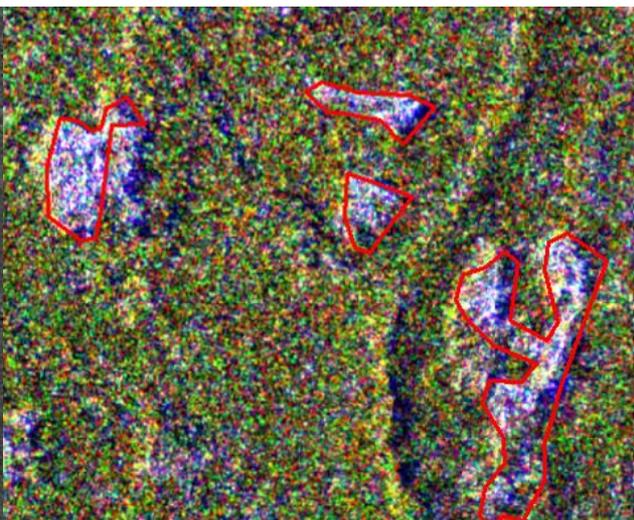
Оптический снимок (2,5 м)



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 $50 - 60^\circ$

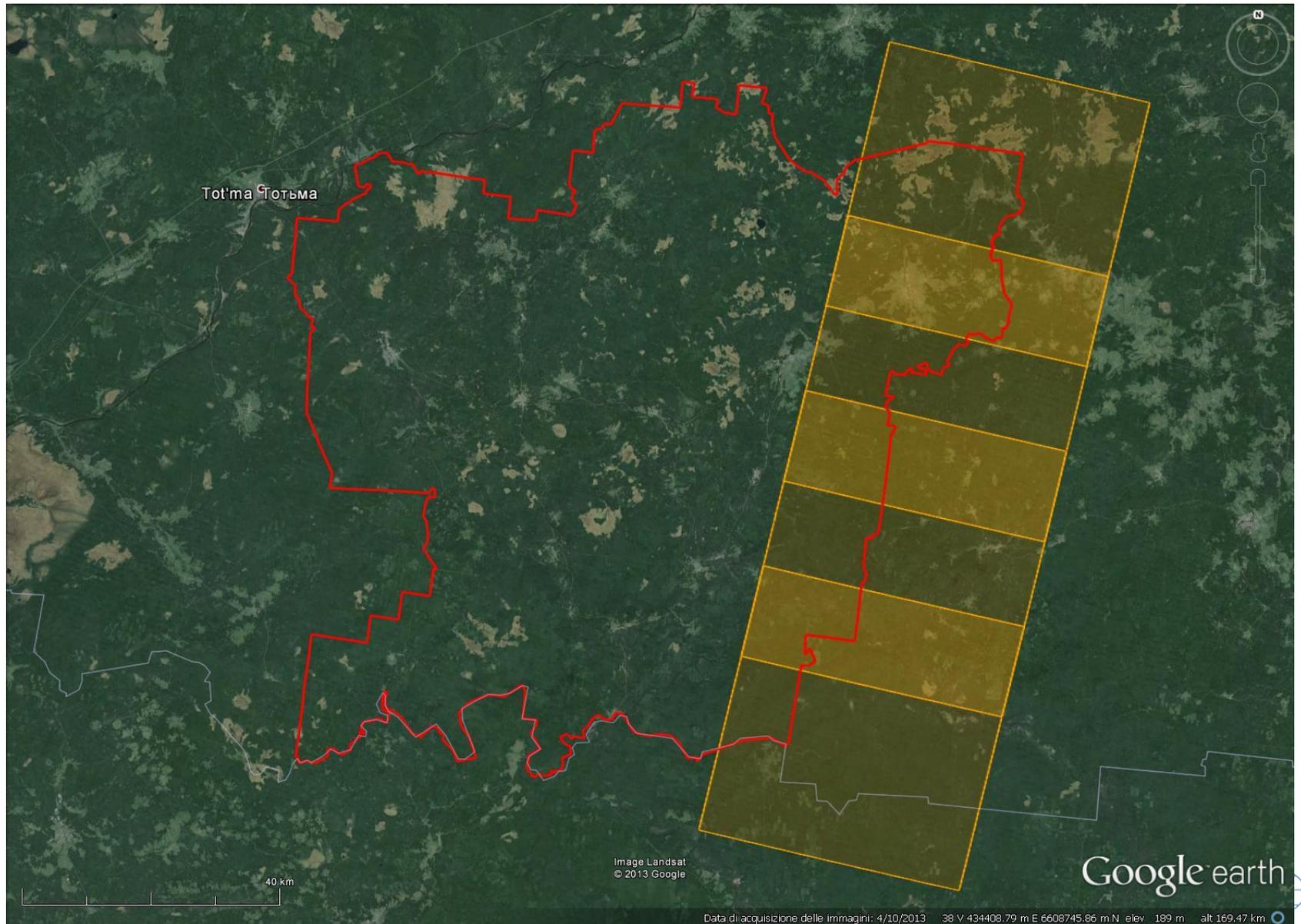
Поляризация радарного сигнала: HH

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

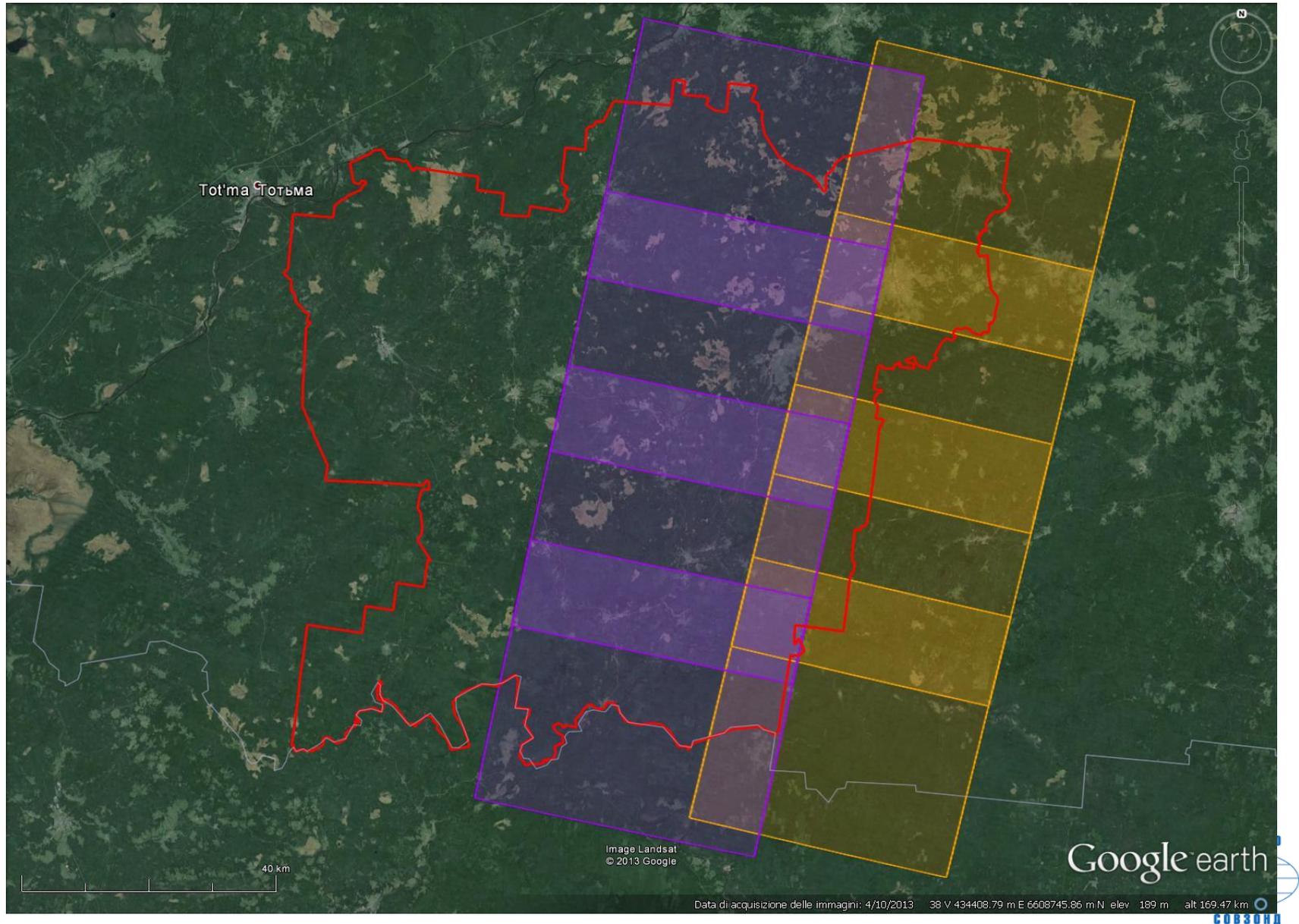
Территория лесничества (8 000 кв.км)



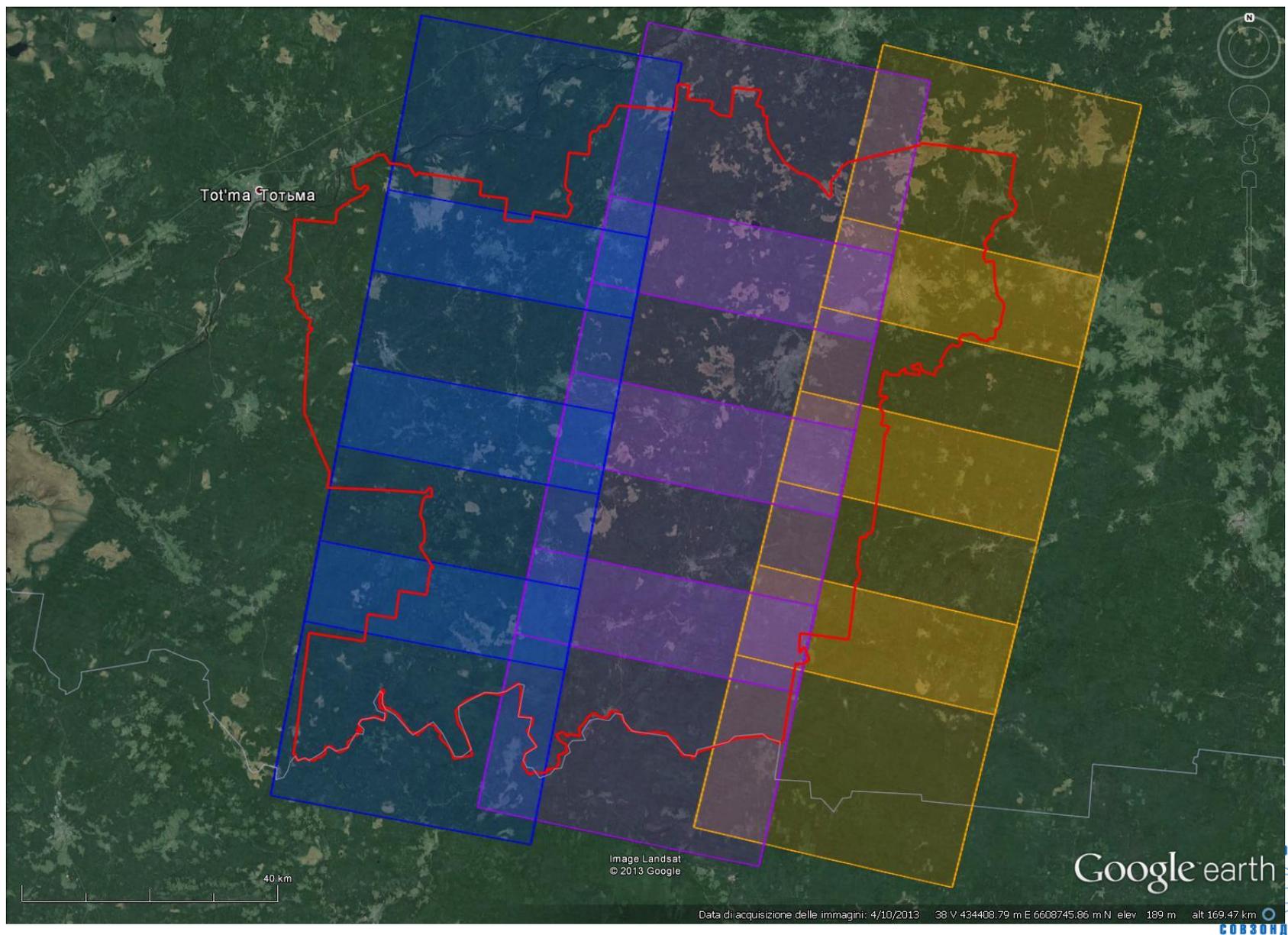
Планирование съёмки: луч HI_01



Планирование съёмки: луч HI_06

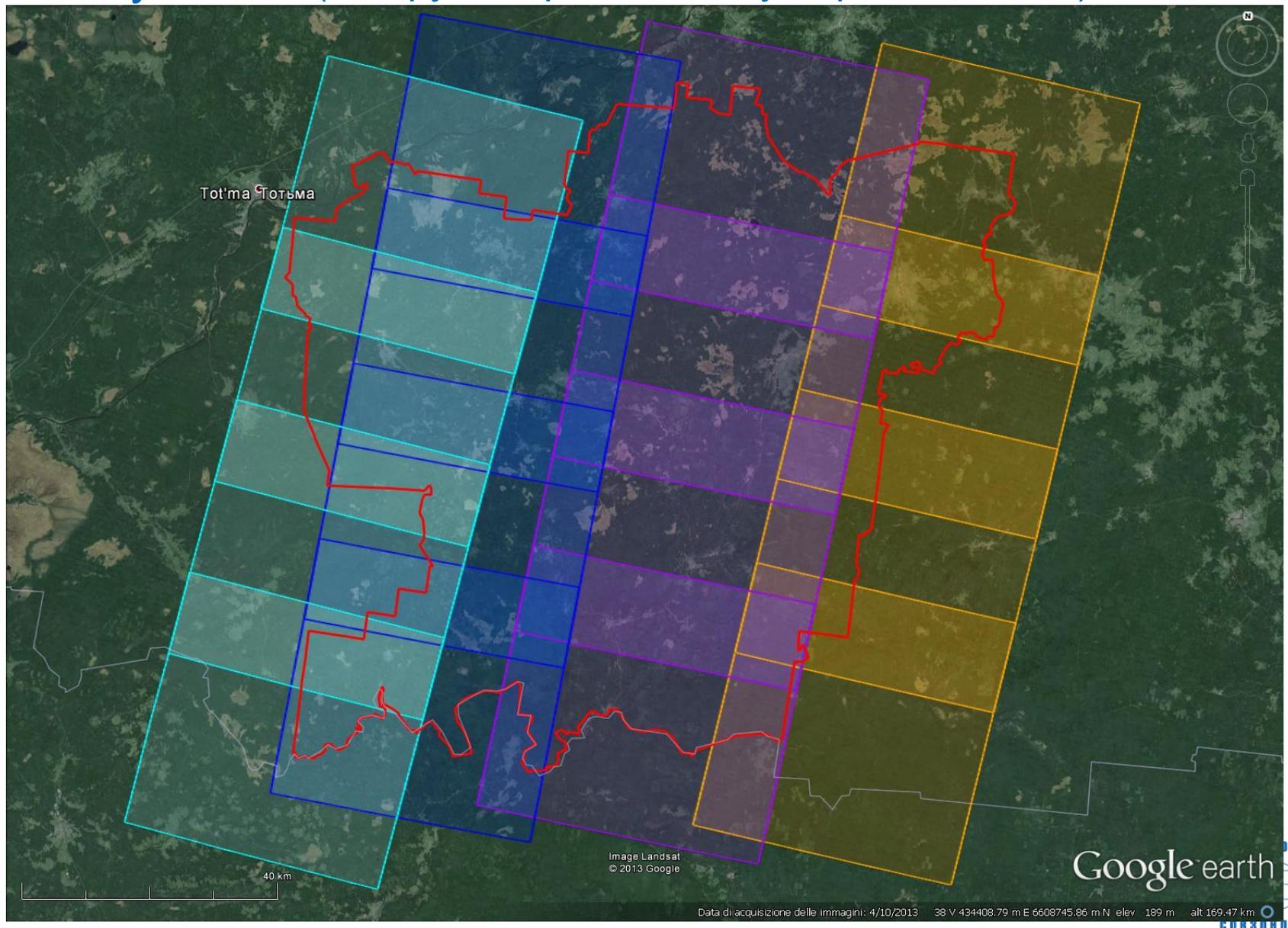


Планирование съемки: луч HI_11

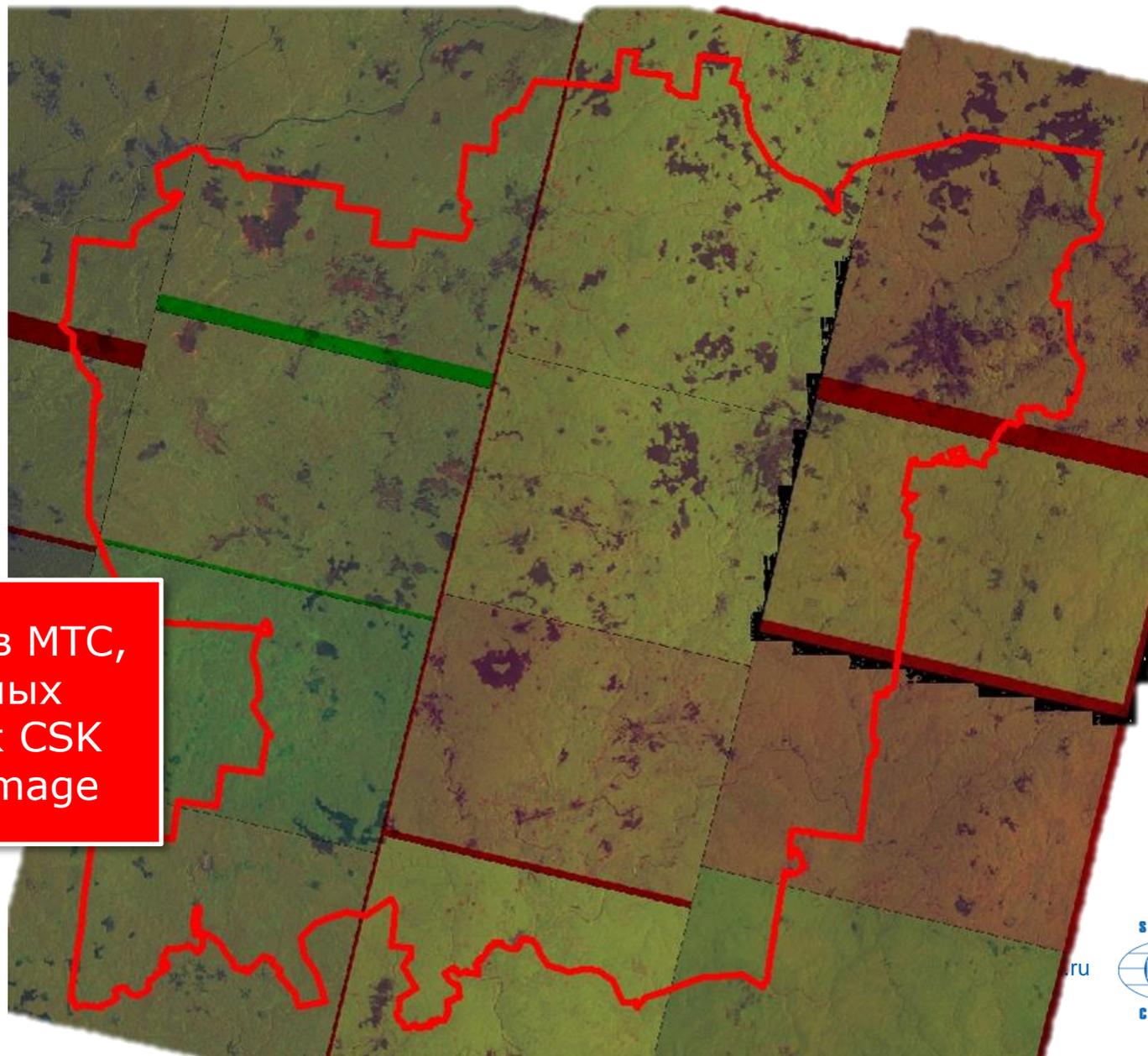


Планирование съемки:

луч NI_01 (но другая орбита, чем у первой полосы)

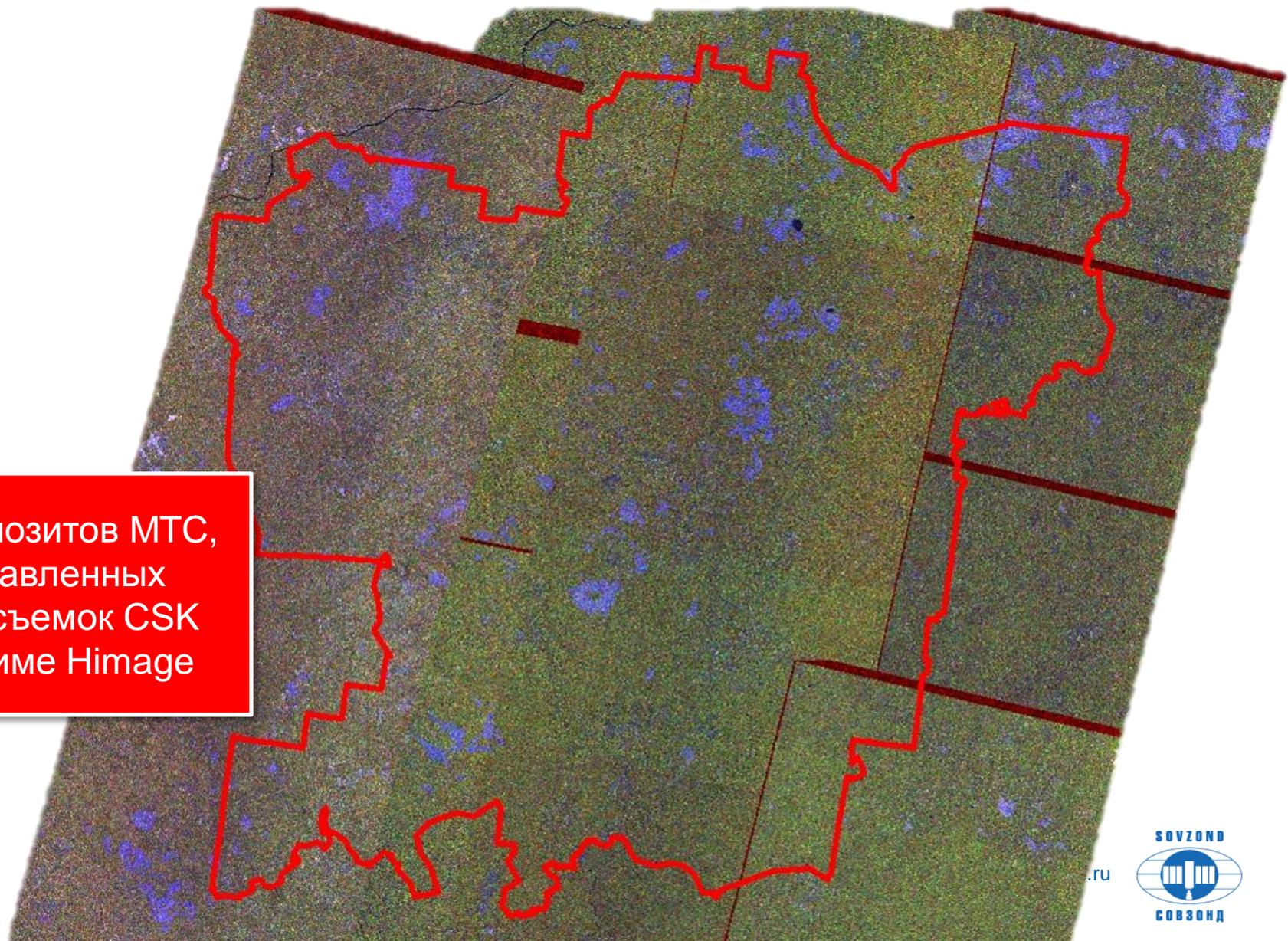


Покрытие территории лесничества данными COSMO-SkyMed в марте-апреле 2013 года



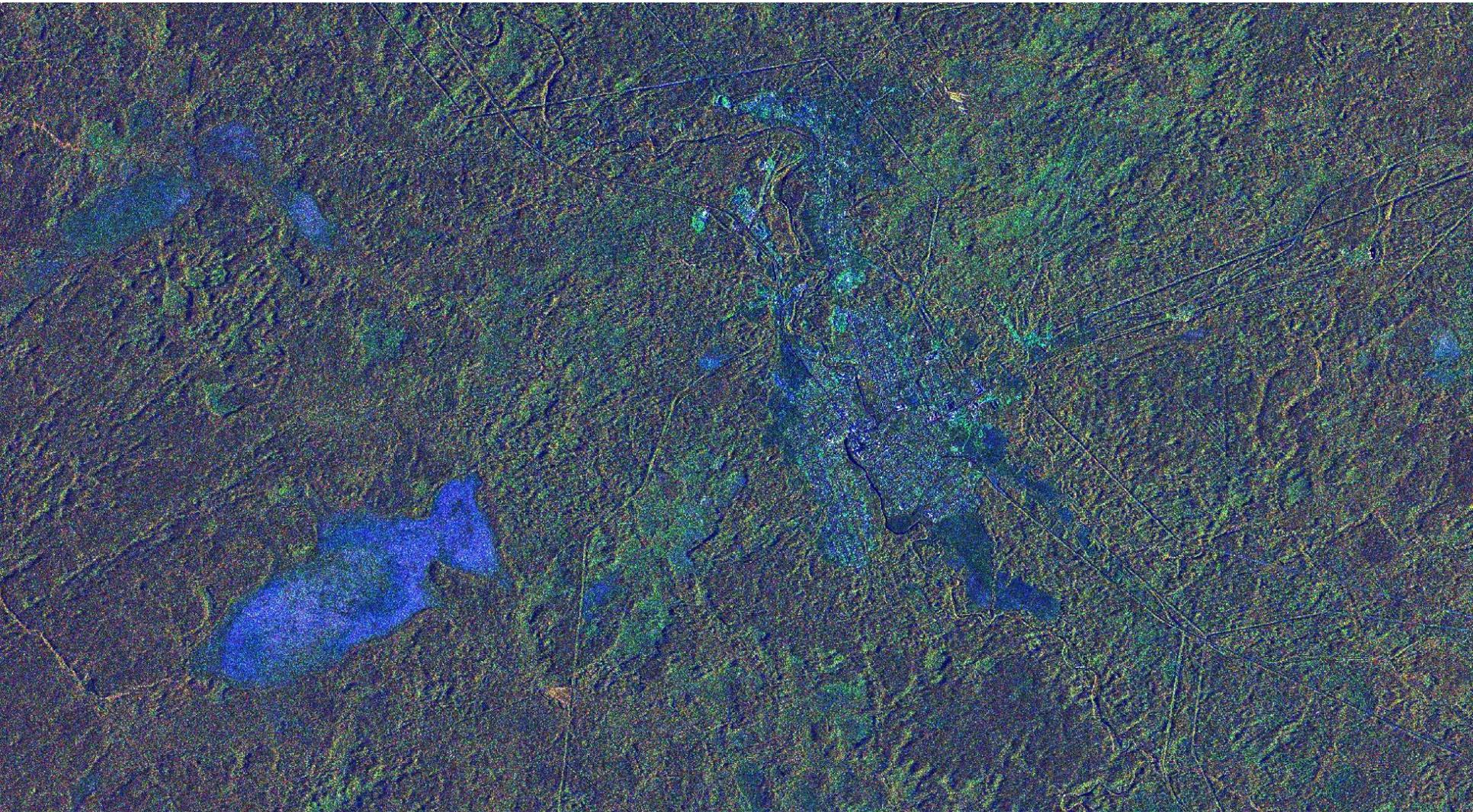
16 композитов МТС,
составленных
из 32 съемок CSK
в режиме Hiimage

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

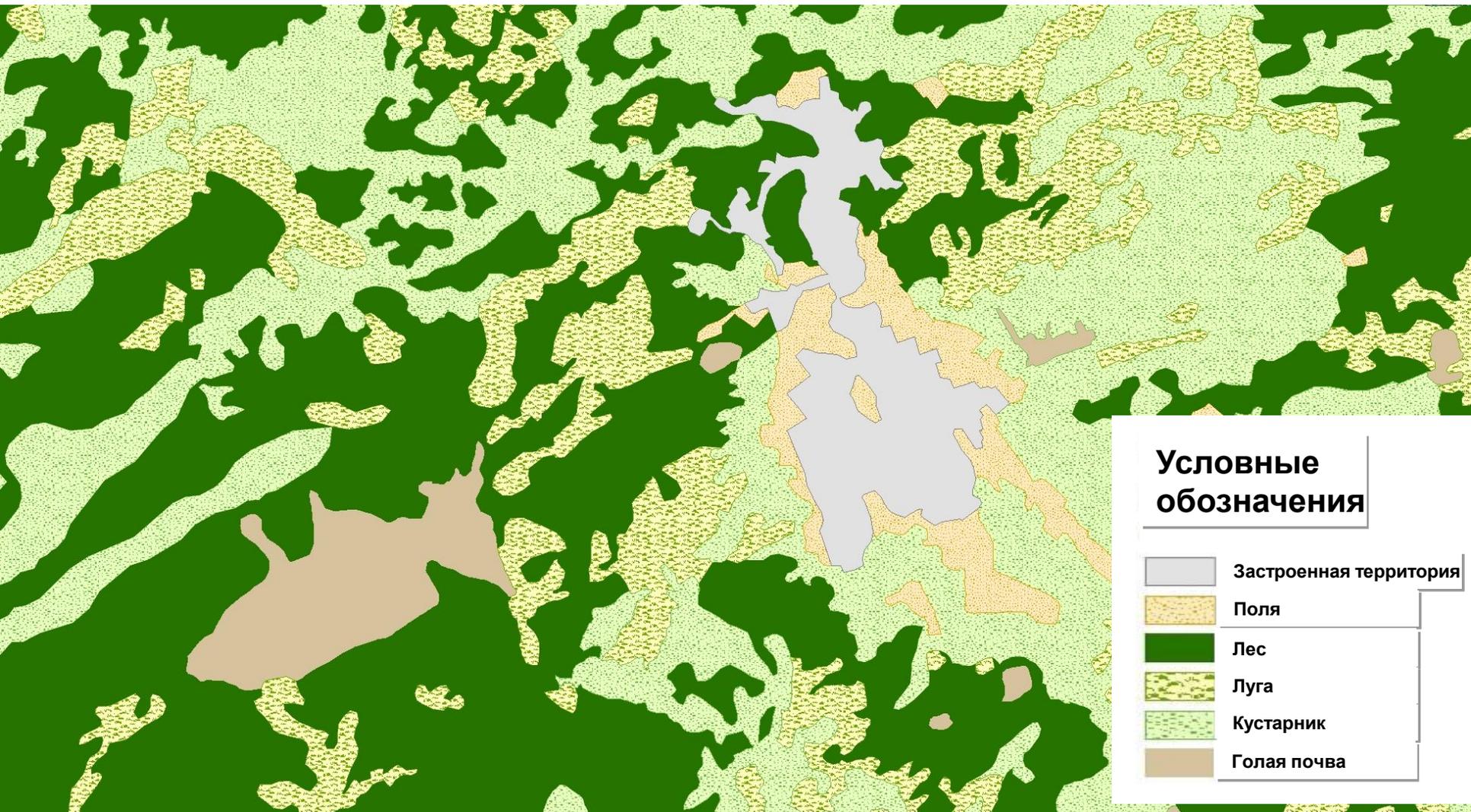


16 композитов МТС,
составленных
из 32 съемок CSK
в режиме Hiimage

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

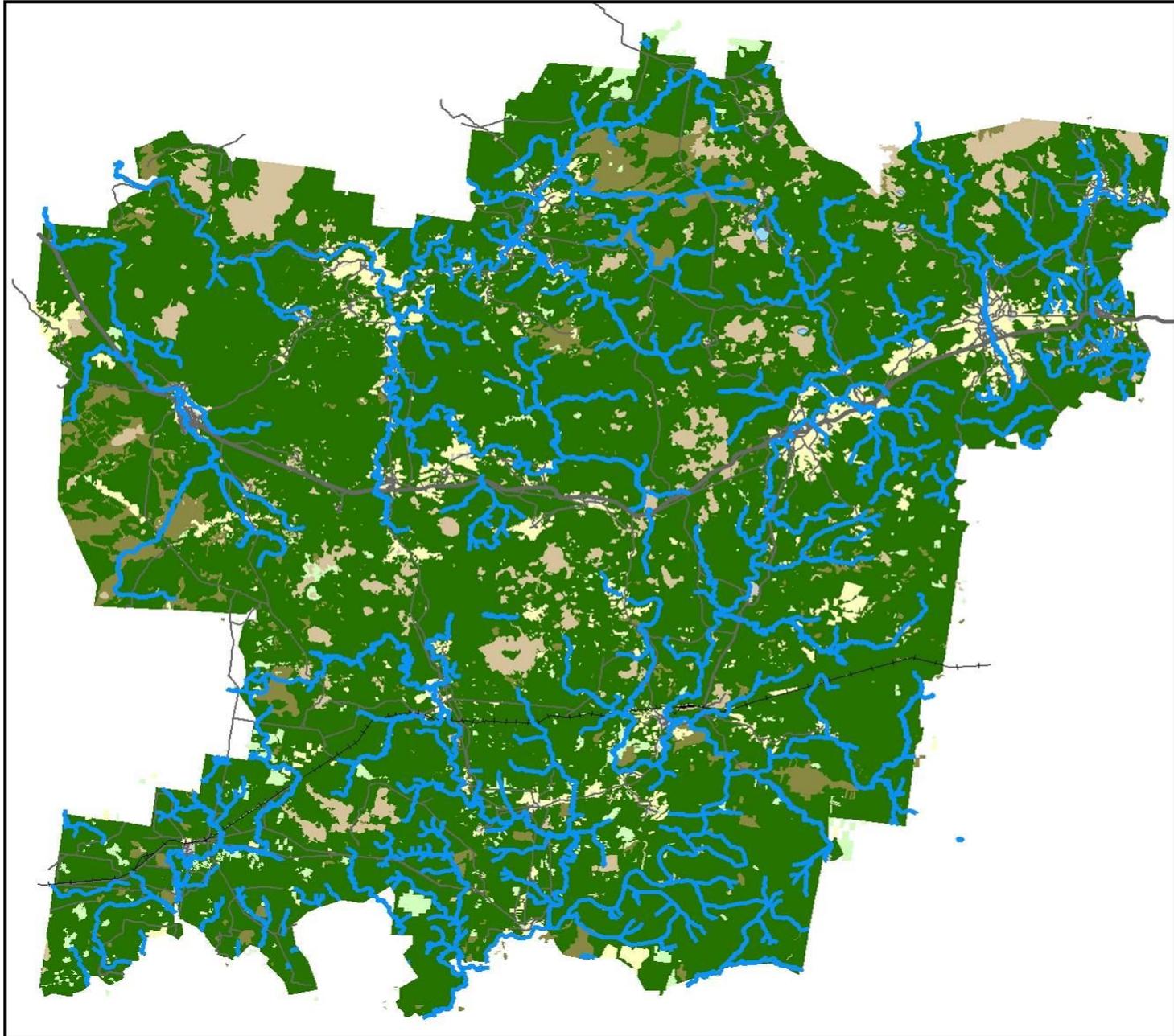
- **Линейные объекты**

- 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 мультитременных 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)

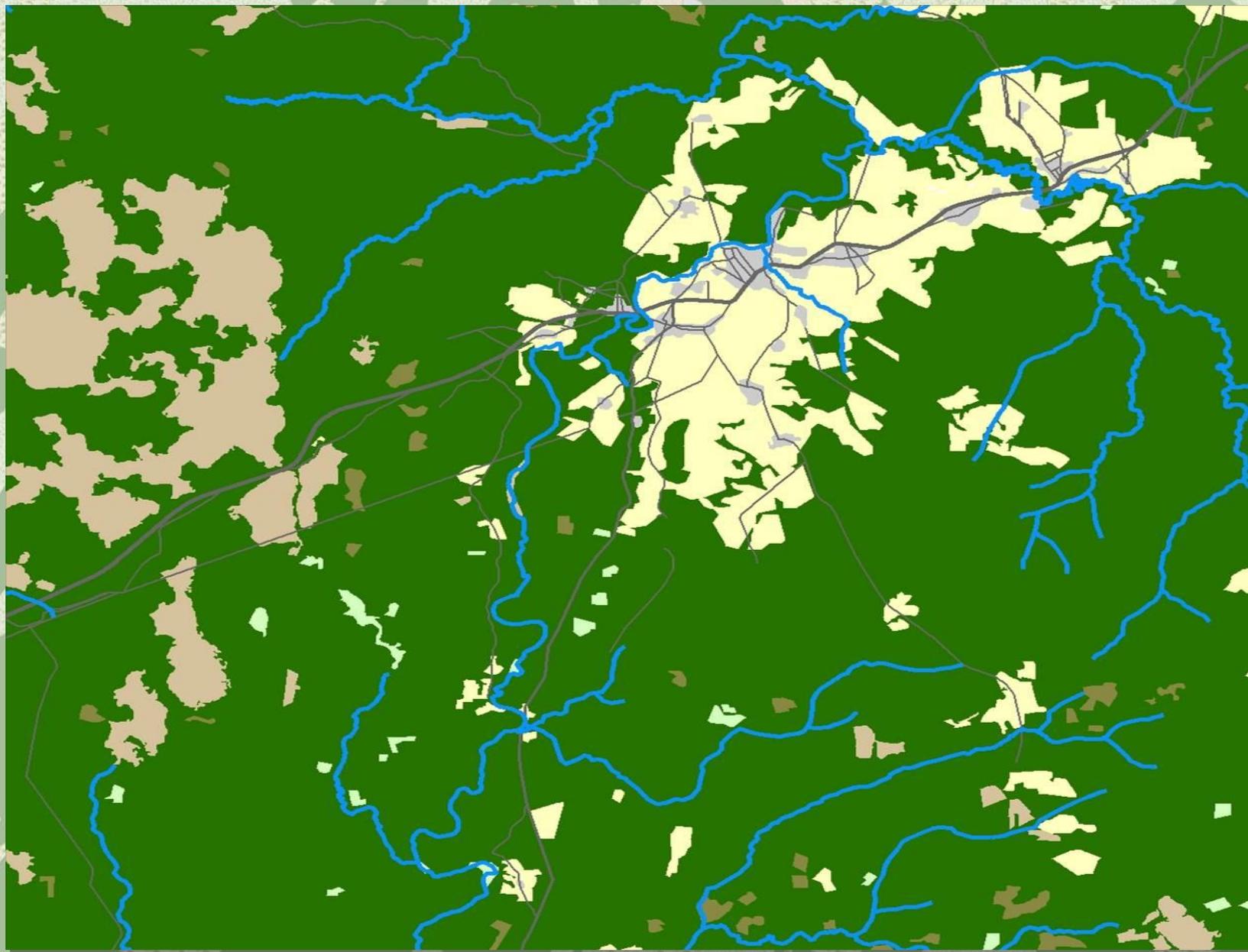
Результирующая тематическая карта



Увеличение на участок тематической карты



Увеличение на участок тематической карты



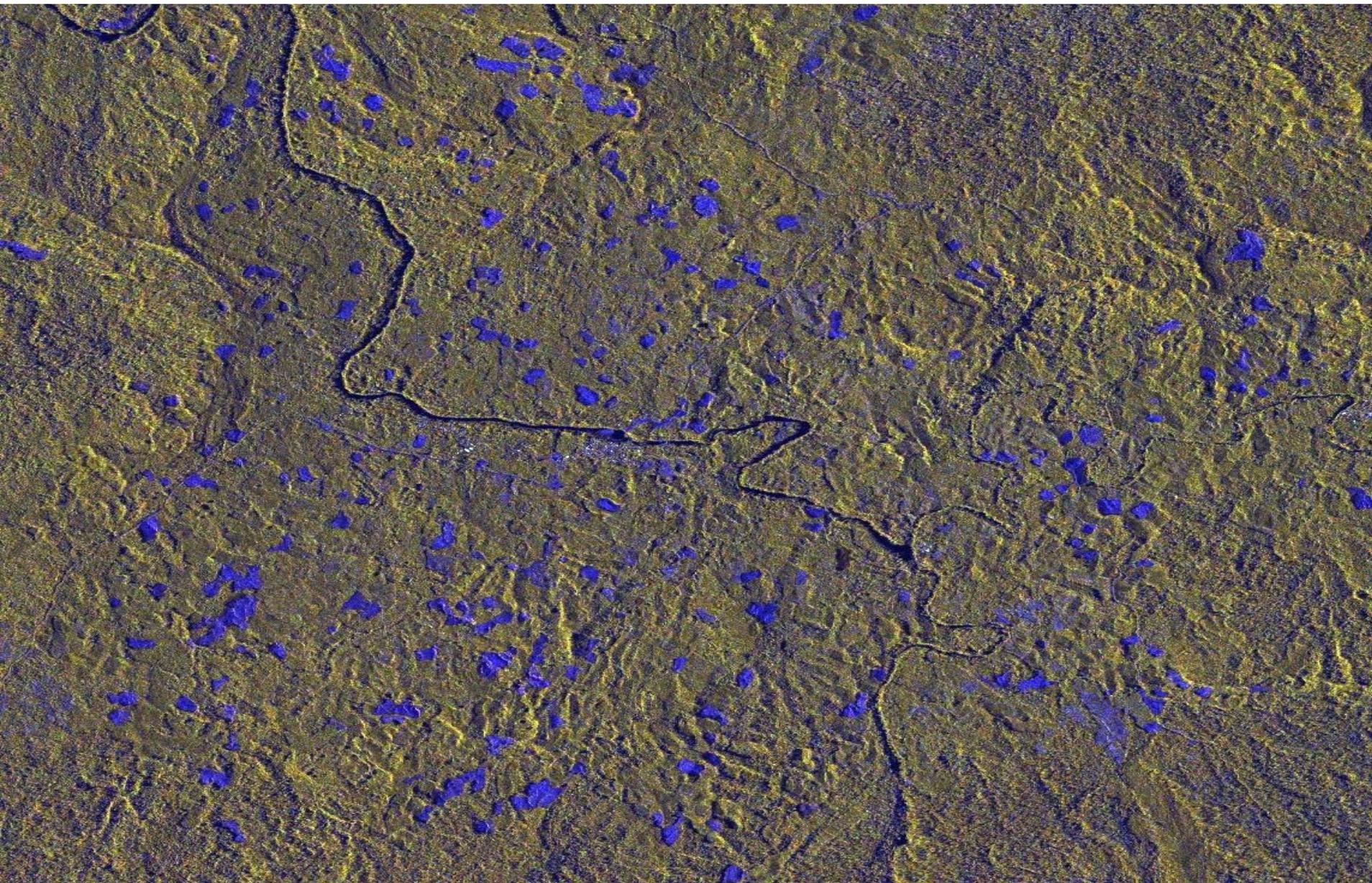
Выделение класса вырубок леса



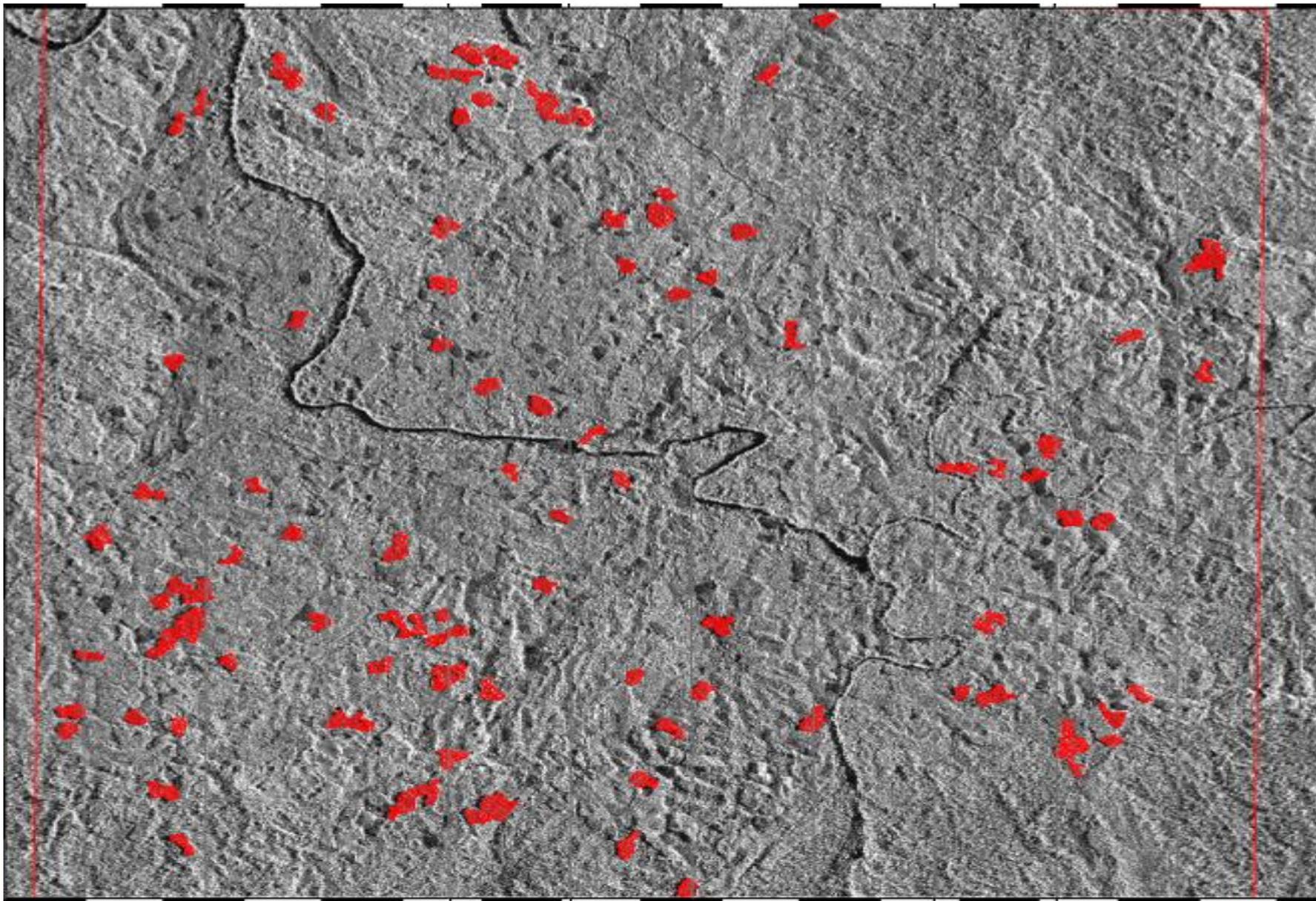
Выделение класса вырубок леса



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



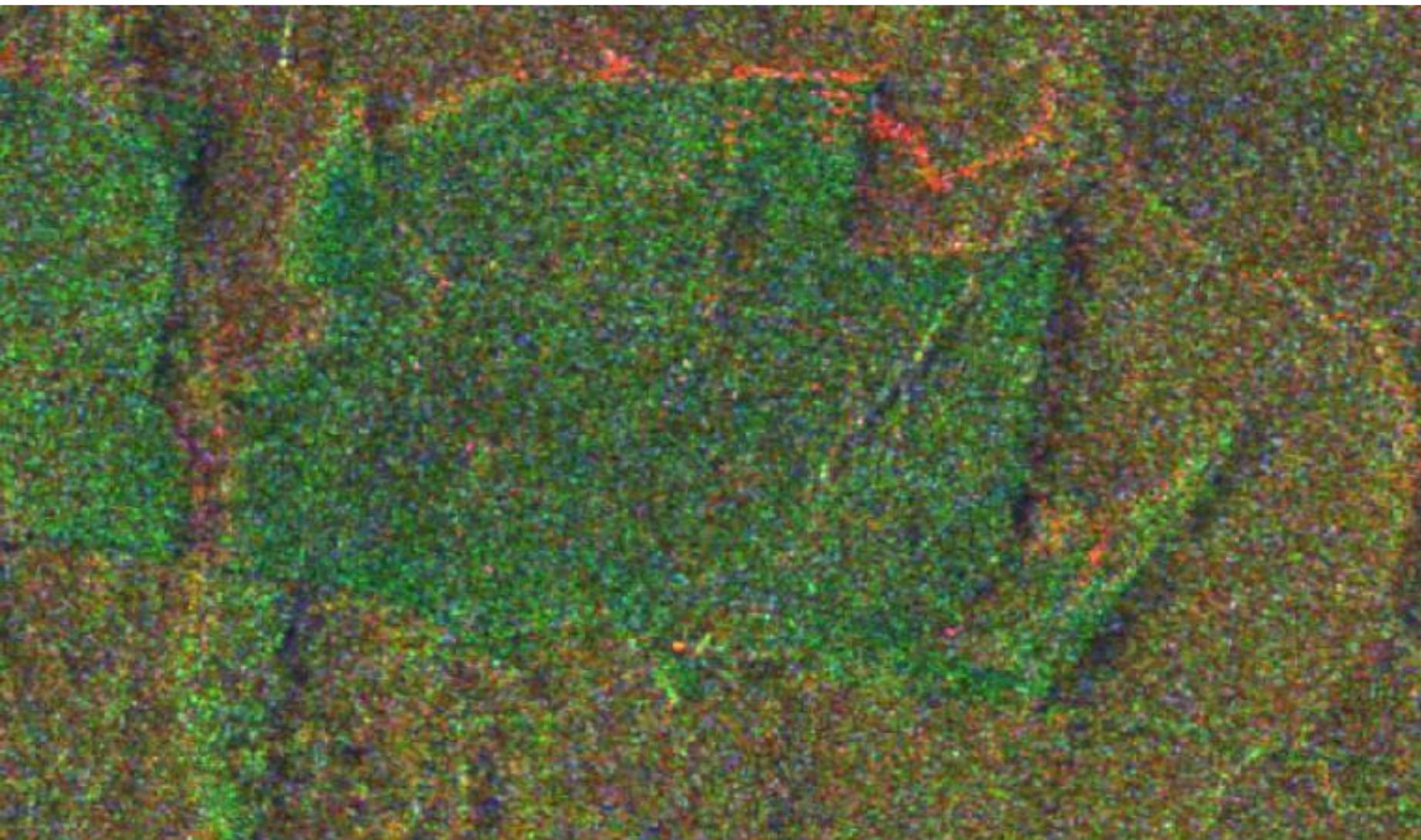
CSK - МТС
Ноябрь 2013

Архивный оптический снимок 2010 года



Оптический снимок
2010

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



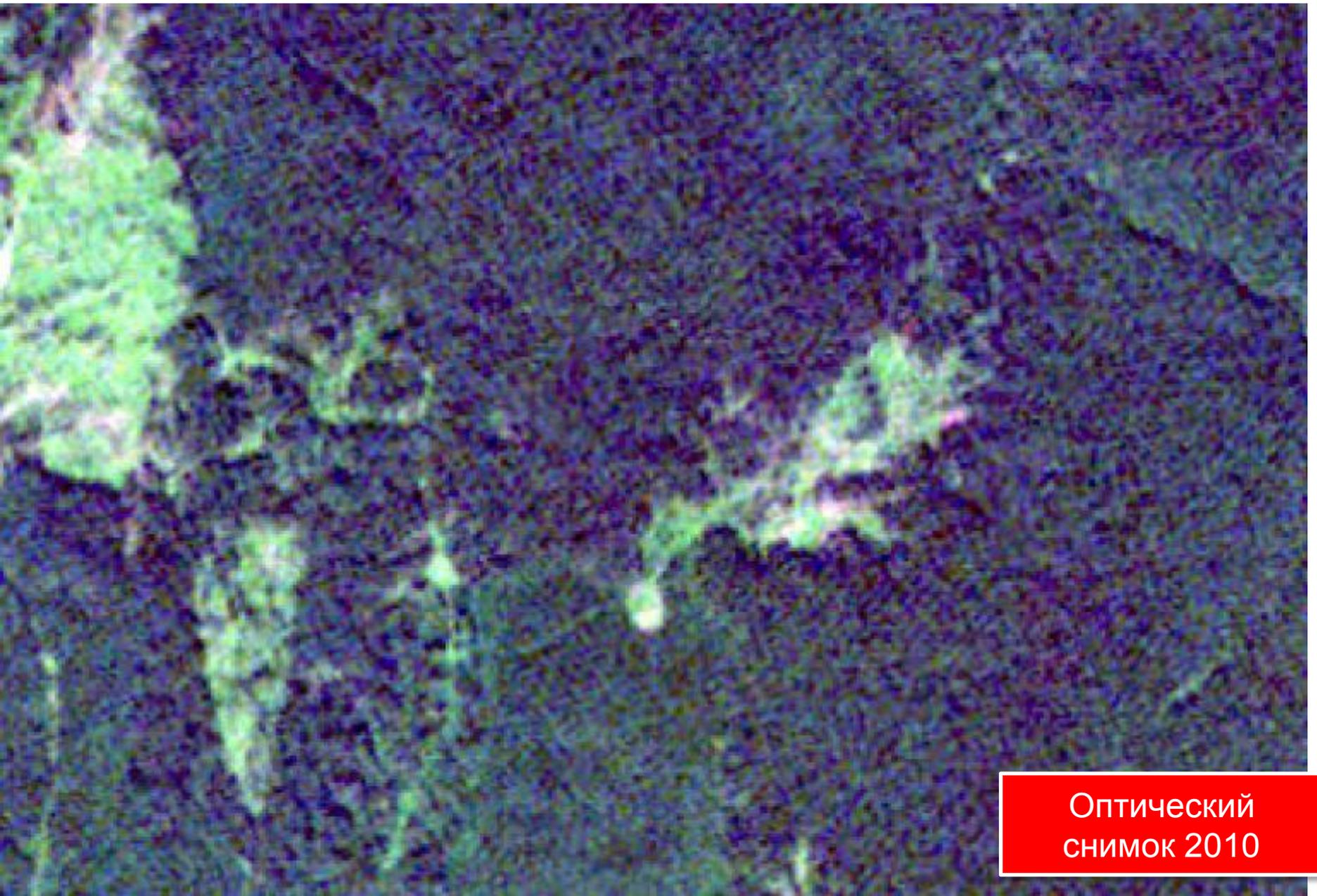
CSK - МТС
Апрель 2013

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



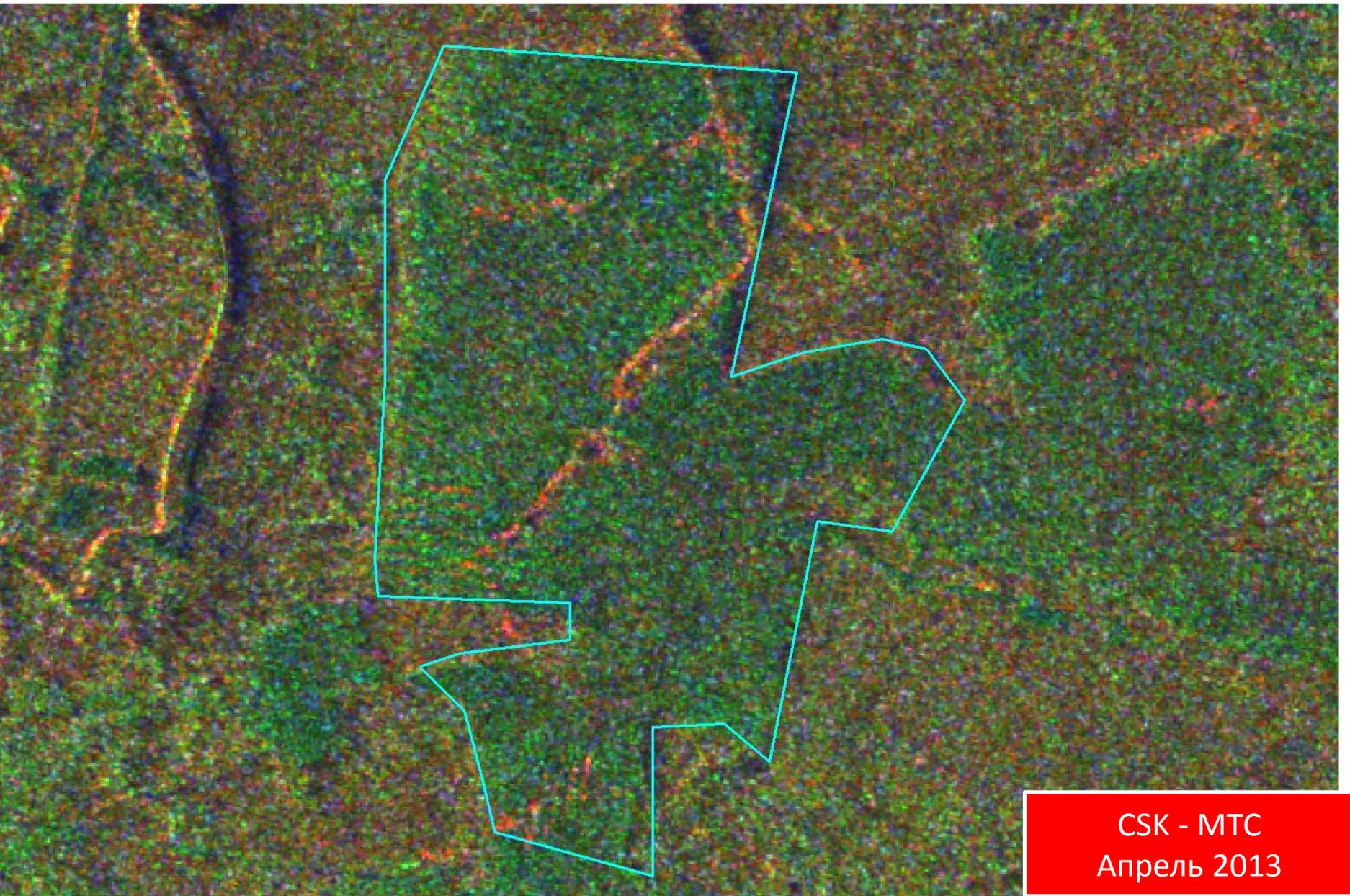
CSK - МТС
Ноябрь 2013

Архивный оптический снимок 2010 года

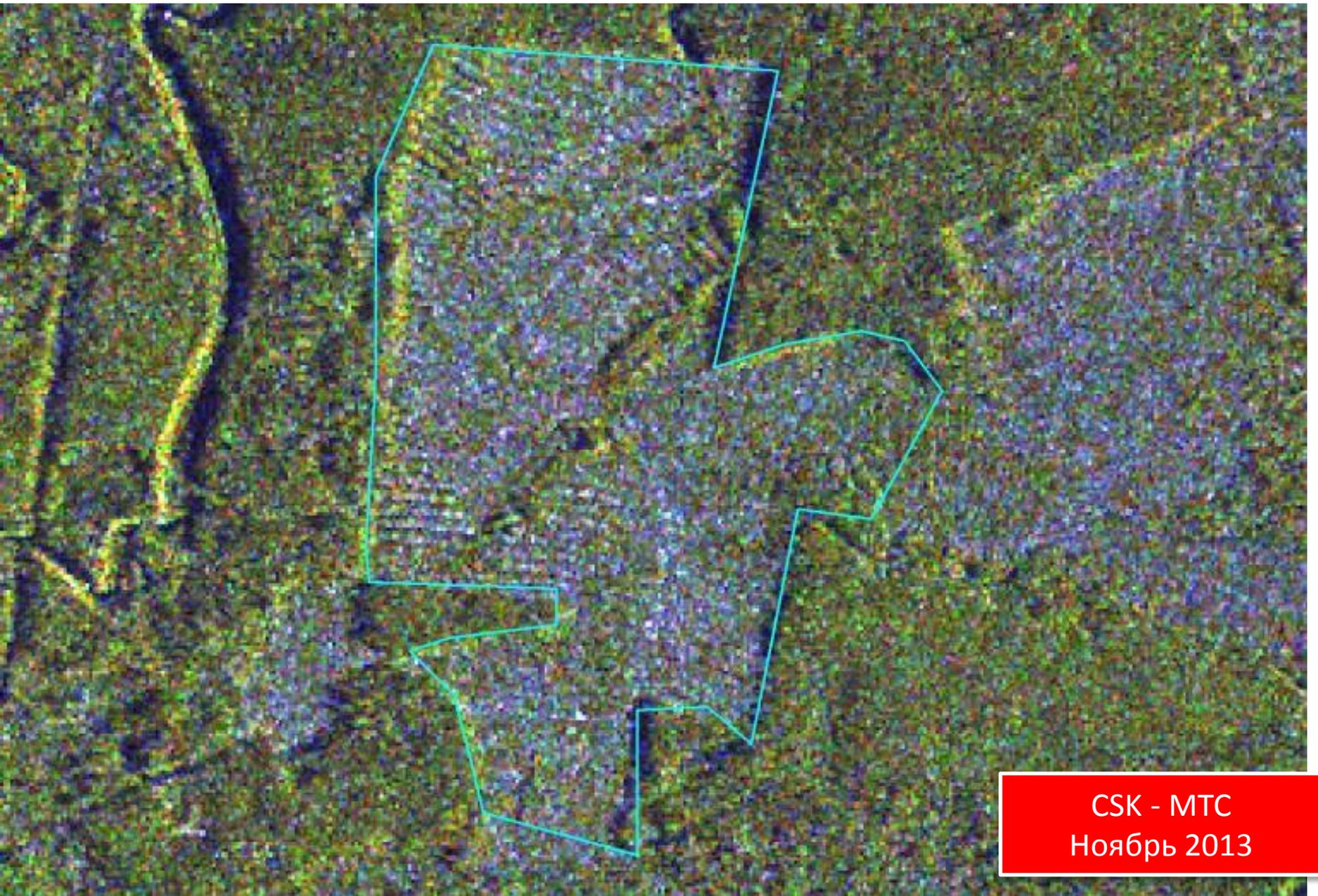


Оптический
снимок 2010

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



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



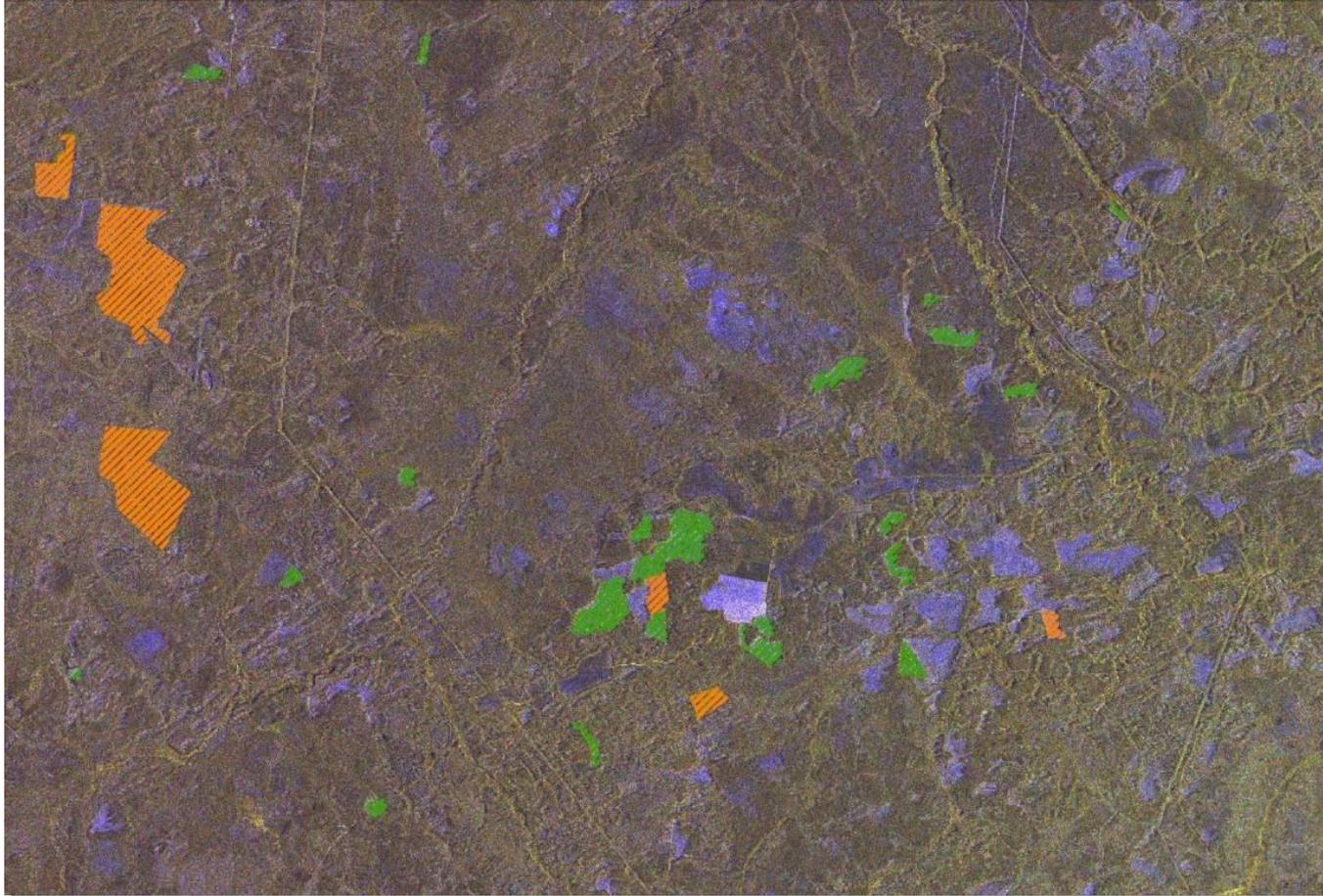
CSK - МТС
Ноябрь 2013

Архивный оптический снимок 2010 года



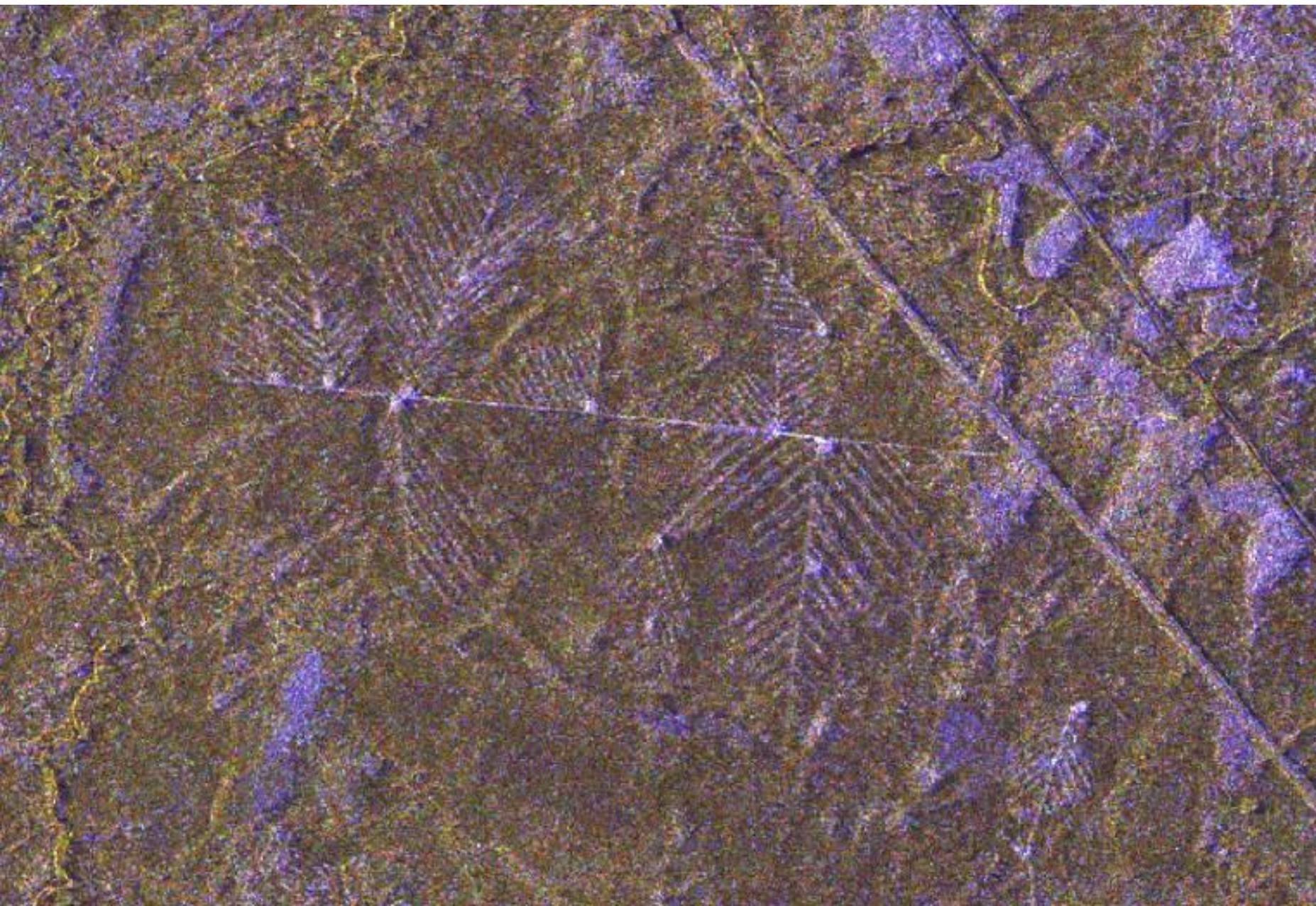
Оптический
снимок 2010

Цели пилотного проекта по картированию вырубок леса

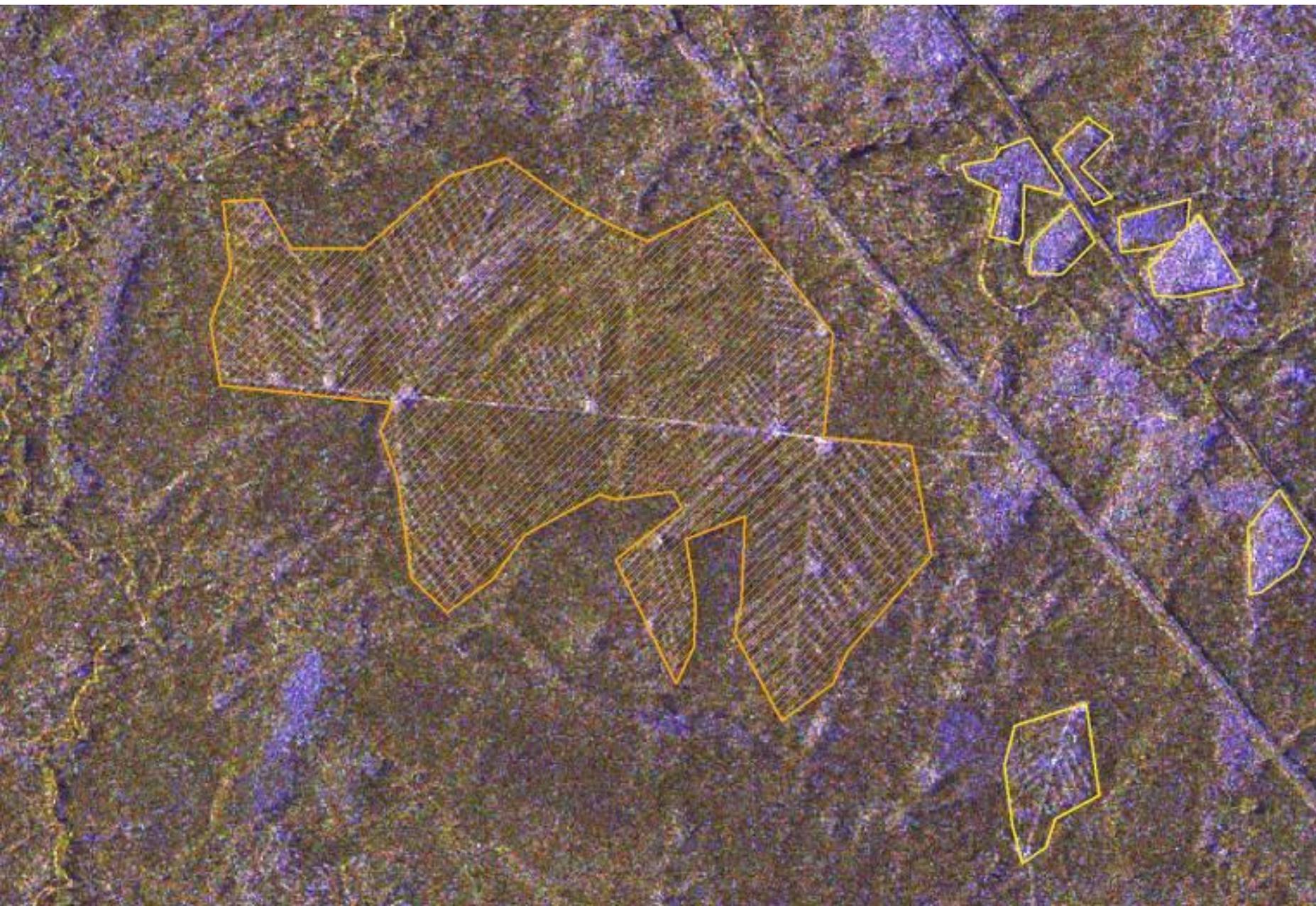


1. Картирование всех обнаруженных на территории вырубок леса;
2. Мониторинг вырубок за период октябрь 2011 – апрель 2013, и апрель 2013 – ноябрь 2013.

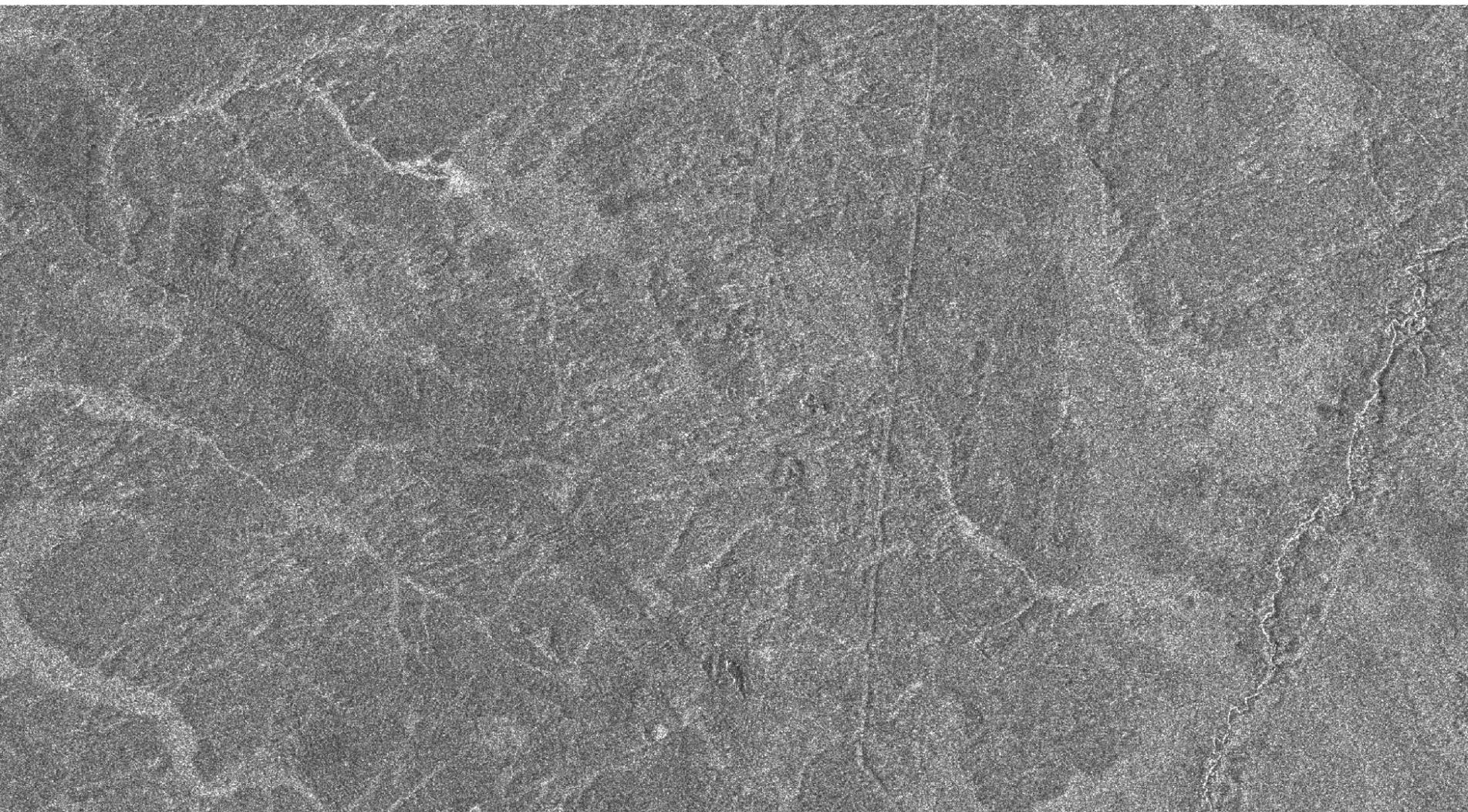
Отображение на композитах МТС
сплошных и выборочных (чересполосных) вырубок леса



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

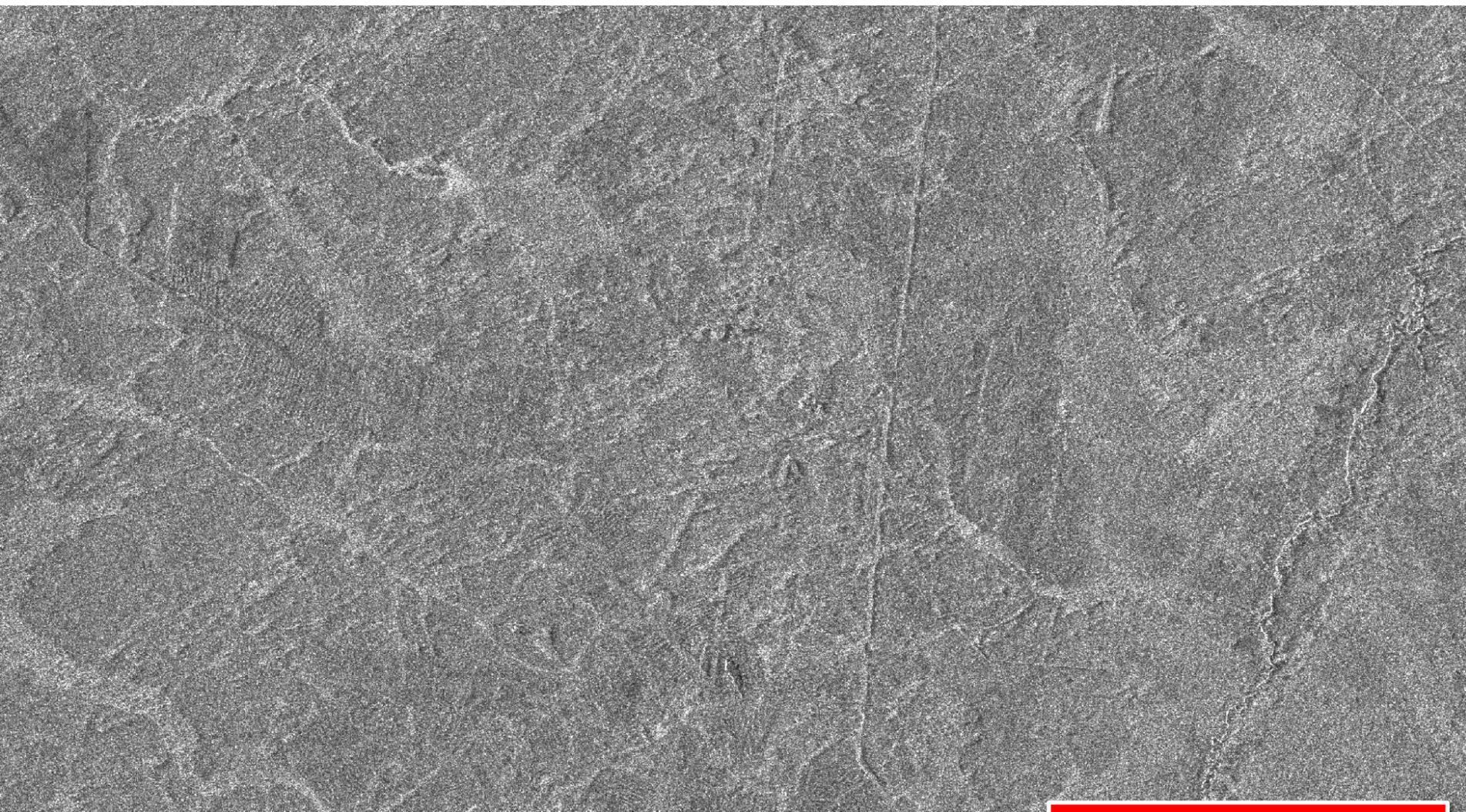


Пример мониторинга вырубок в 2013 году



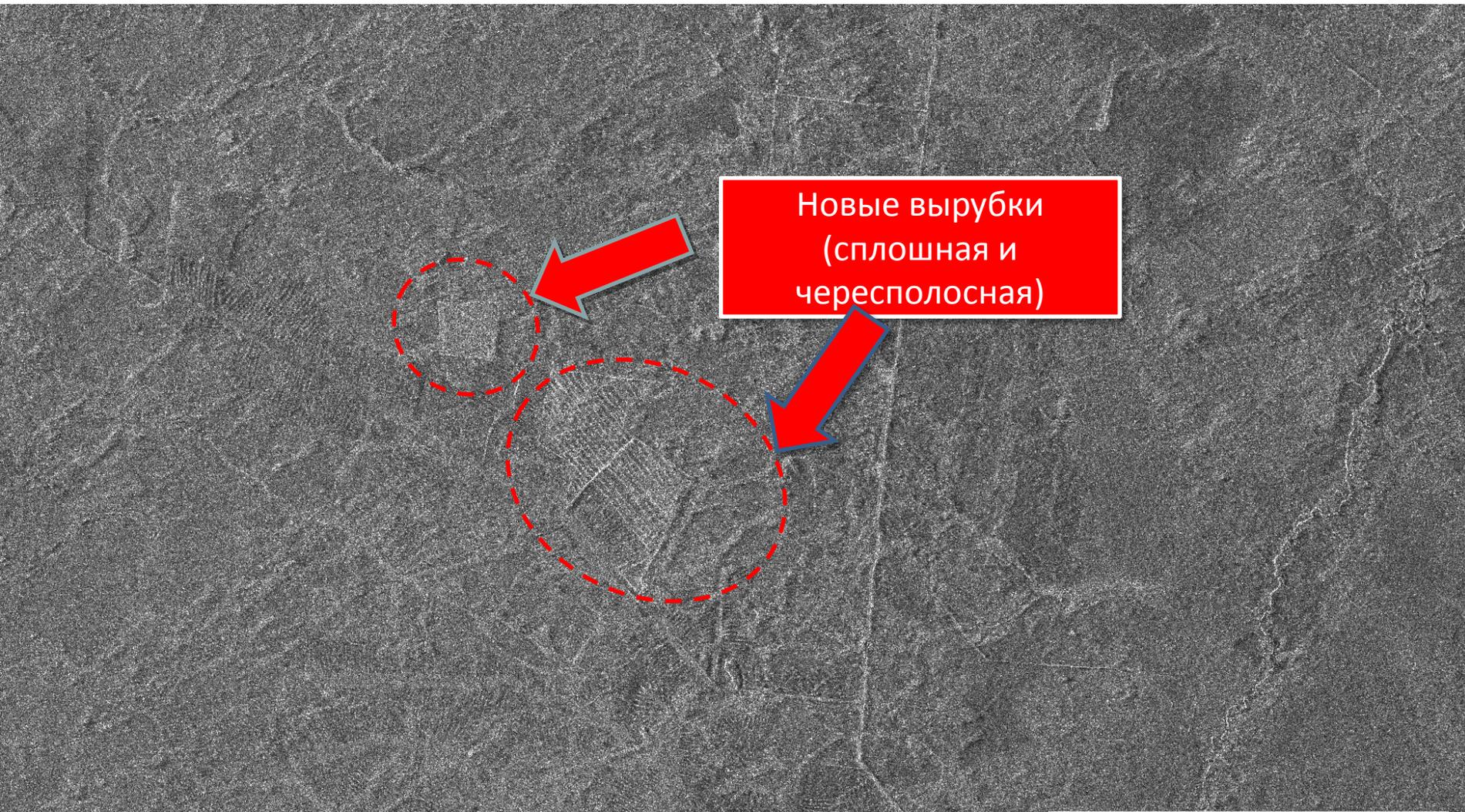
CSK - режим HImage
14/03/2013

Пример мониторинга вырубок в 2013 году



CSK – Режим HImage
30/03/2013

Пример мониторинга вырубок в 2013 году



Новые вырубки
(сплошная и
чересполосная)

Пример мониторинга вырубок в 2013 году

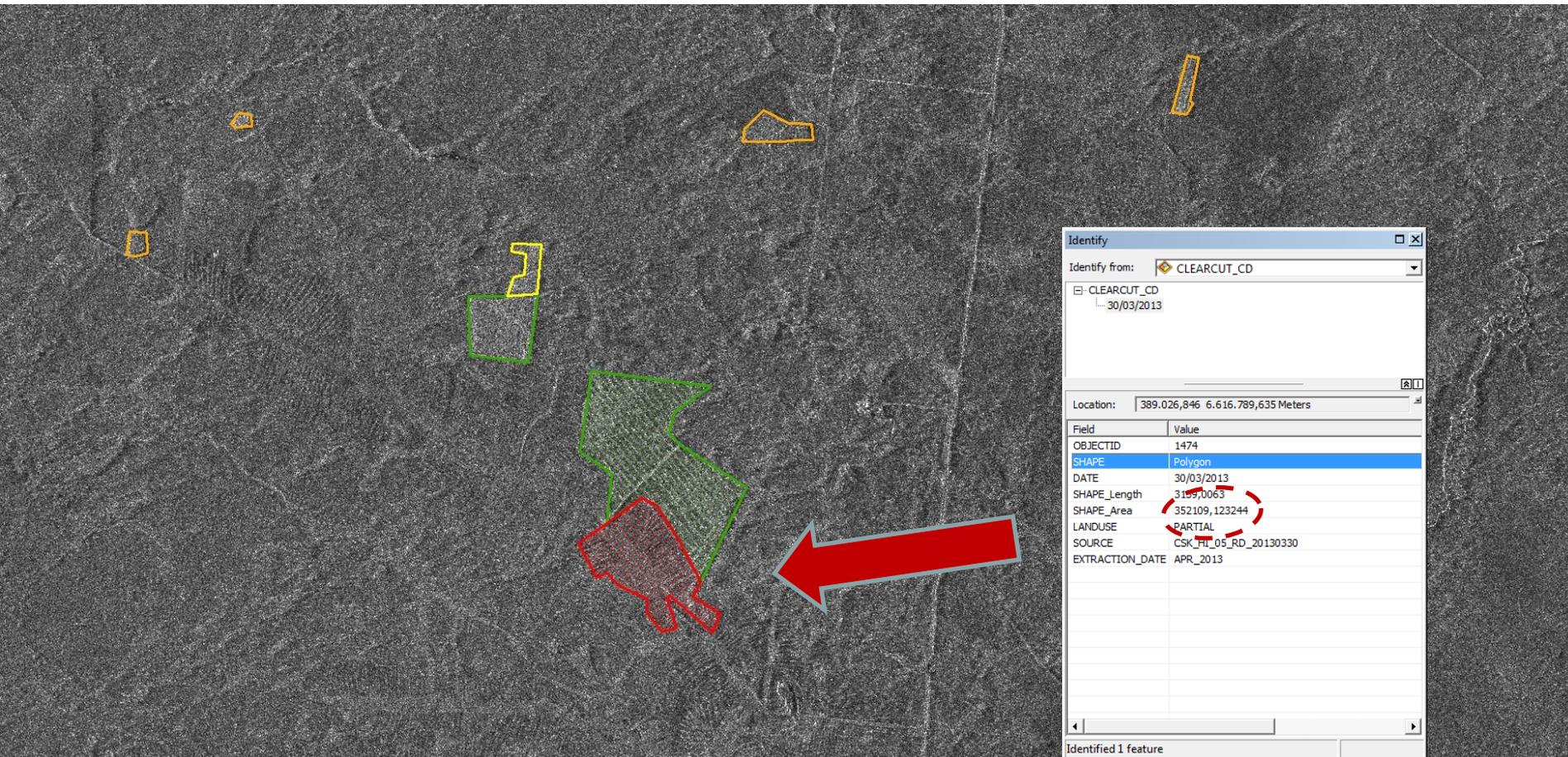


Новая вырубка,
произошедшая
с 1 по 9 октября
2013 года

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

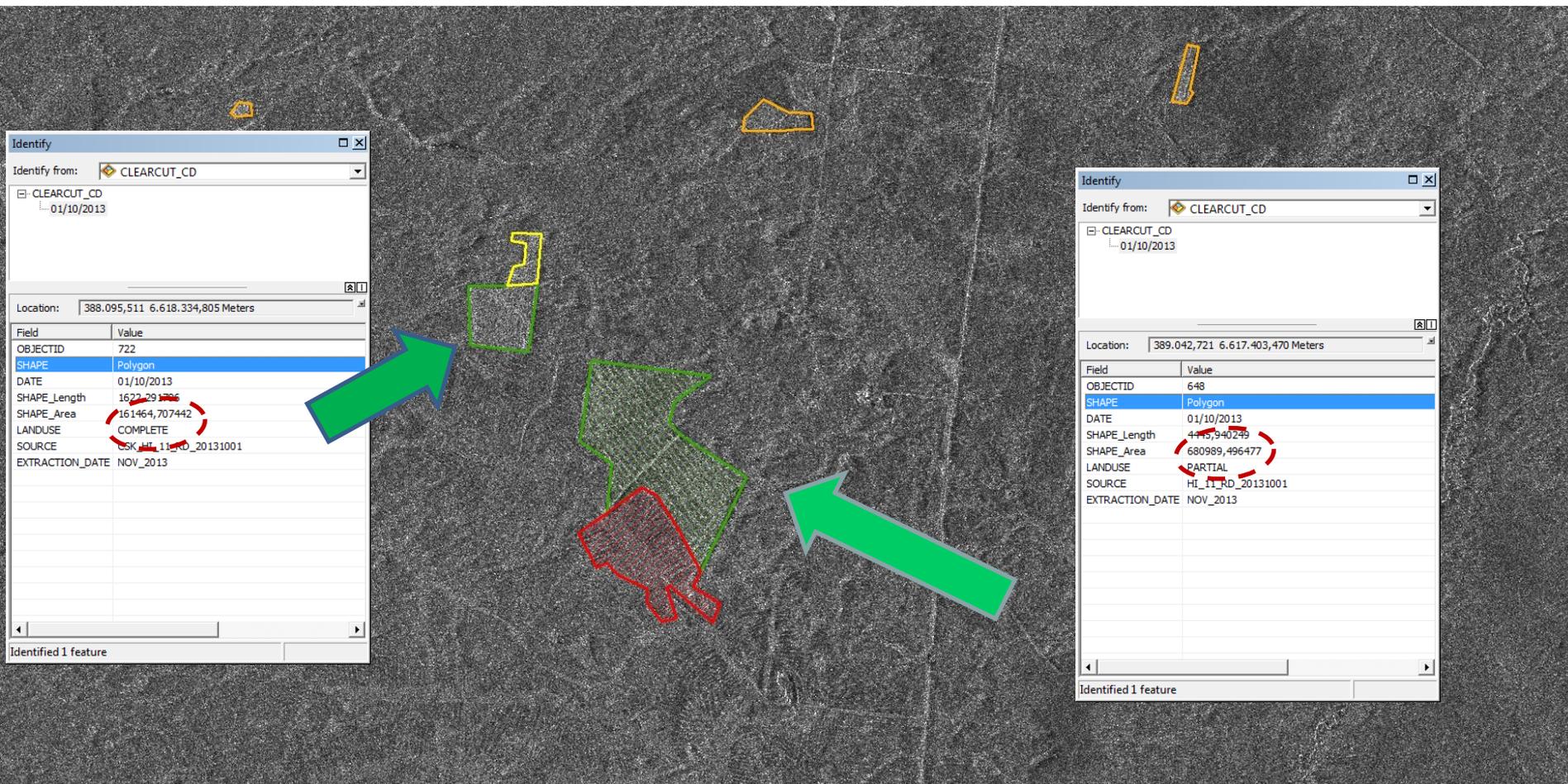


35 Га

Апрель 2011 / Октябрь 2013

Векторный слой вырубок.

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

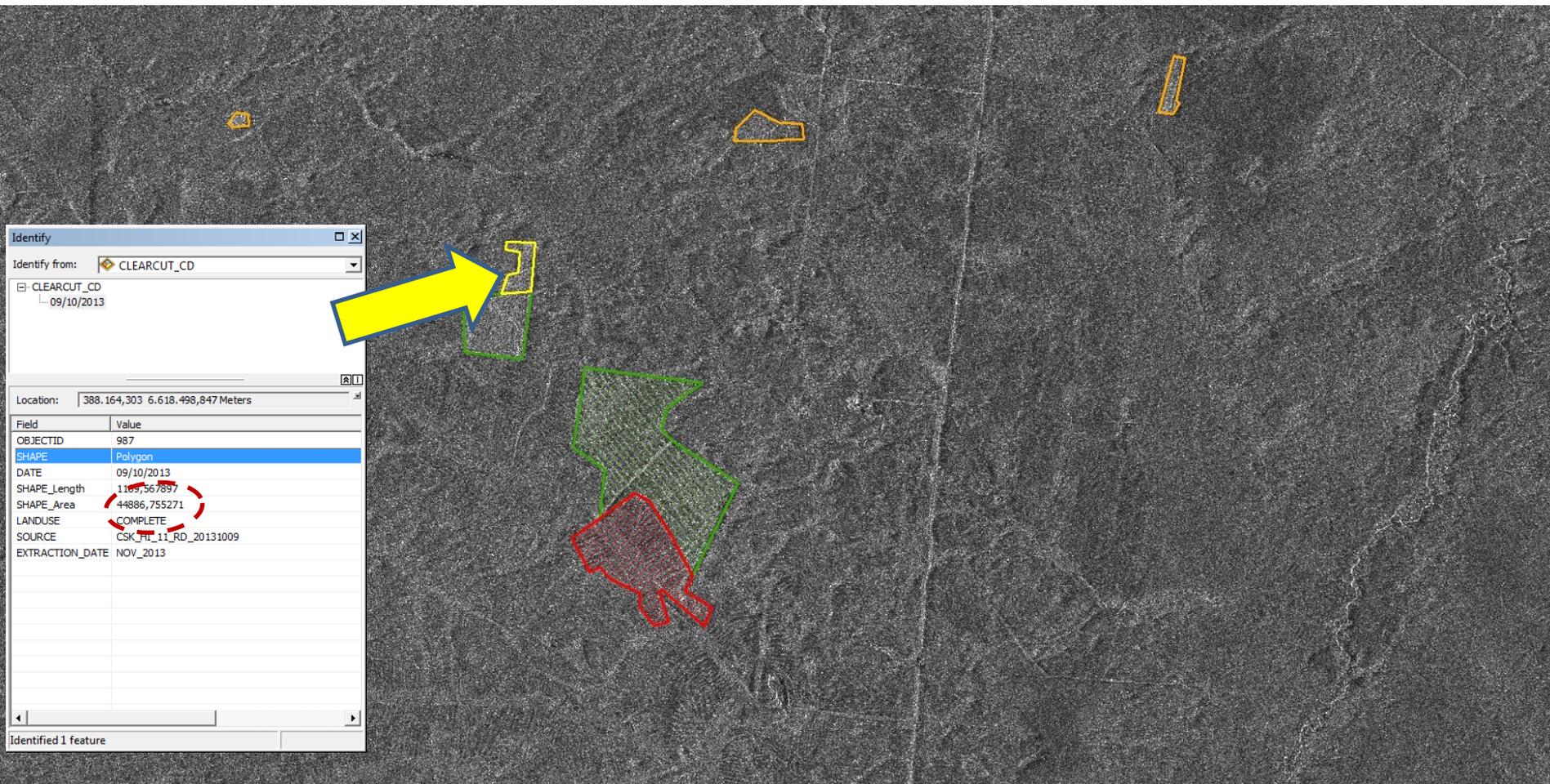


16 Га - 68 Га

с апреля по октябрь 2013 года

Векторный слой вырубок.

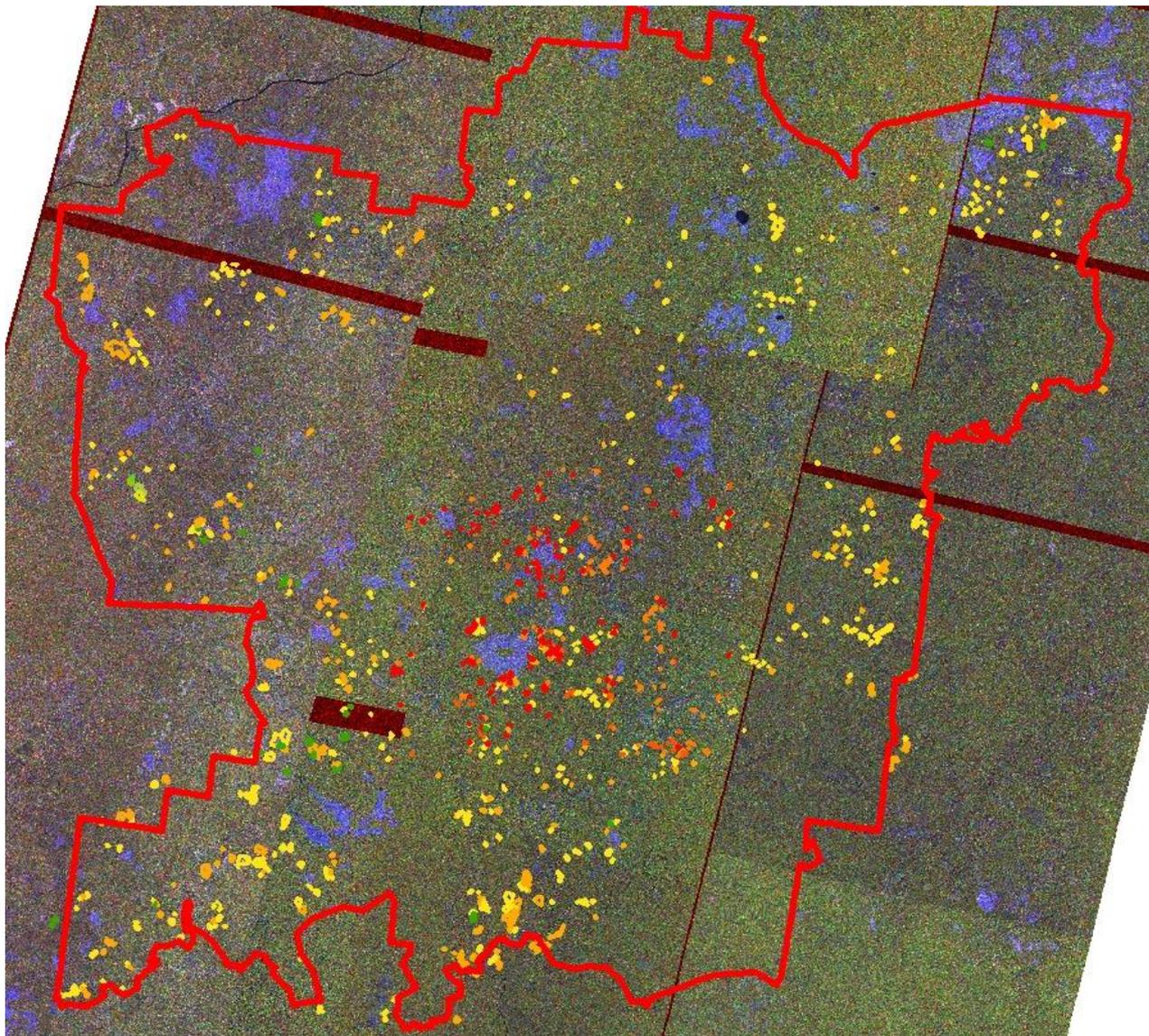
Цвет контура – соответствует периоду, за который произошла вырубка, текстура внутри полигона – разделяет сплошные и выборочные вырубки леса



4,5 Га

с 1 по 9 октября 2013 года

Все выявленные вырубki 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:

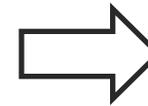
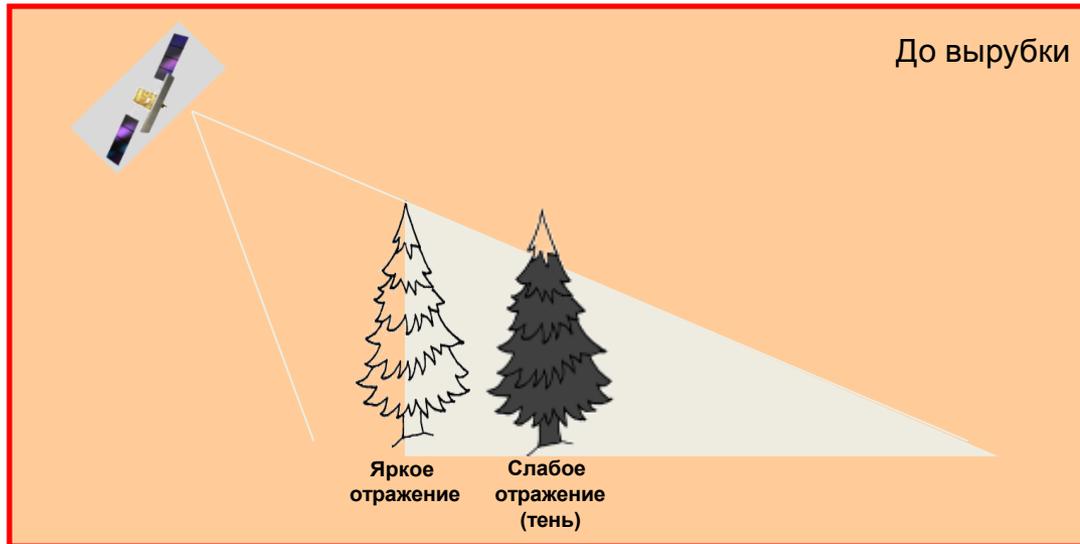
- Гидрография;
- Дорожная сеть;
- Застроенная территория;
- Лес;
- Поля;
- Луга;
- Кустарниковая растительность;
- Земля без растительности;
- Сплошные и выборочные вырубки;

Основные результаты и выводы

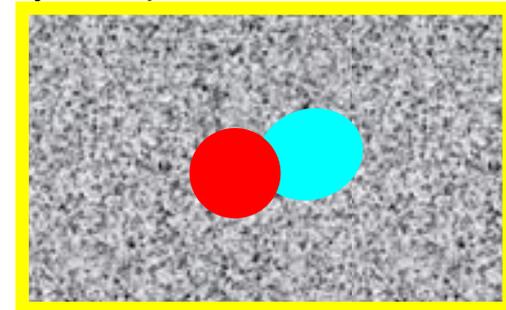
- Возможно картировать сплошные и чересполосные вырубки леса по радарным интерферометрическим данным X-диапазона, получаемых со спутников COSMO-SkyMed;
- Возможно использовать радарные данные X-диапазона длин волн для всепогодного и всесезонного мониторинга вырубок леса (в том числе, в период наличия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

При съемке с разрешением 1 м
возможно выявление вырубок отдельных
деревьев

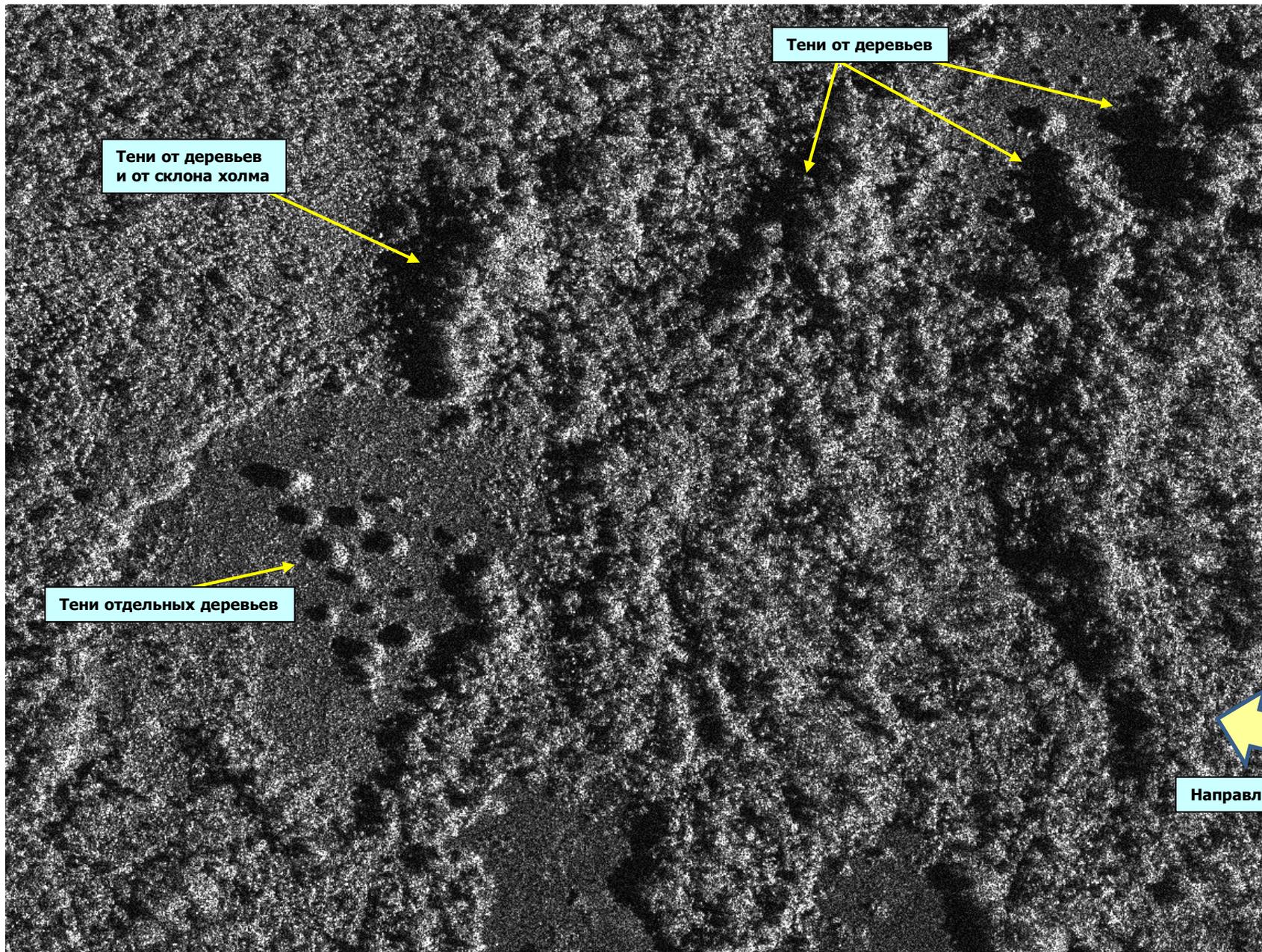
Поисковый признак



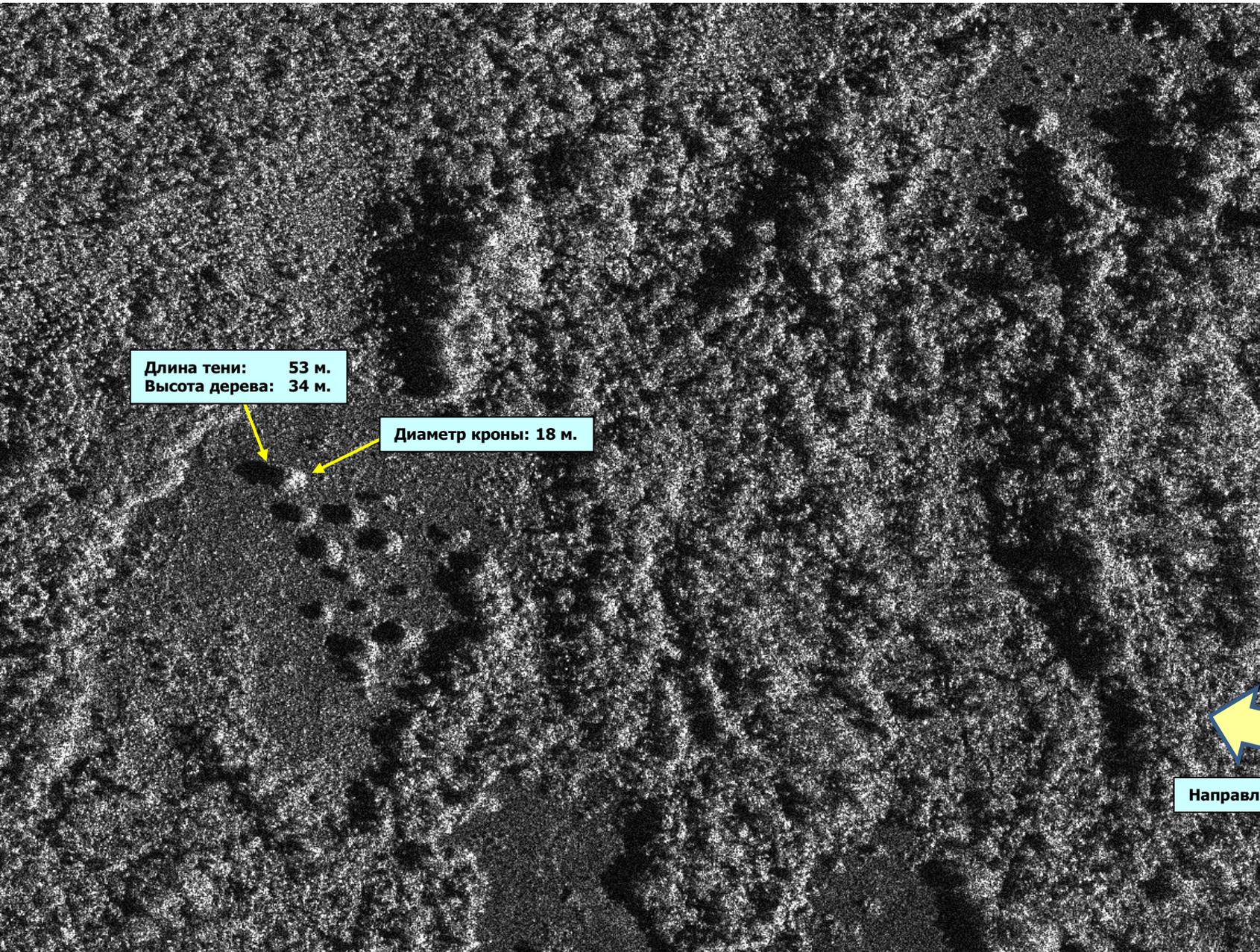
Эффект «восьмерки»
на амплитудном
мультивременном композите)



Отображение отдельных деревьев на радарных снимках с разрешением 1 м



Отображение отдельных деревьев на радарных снимках с разрешением 1 м



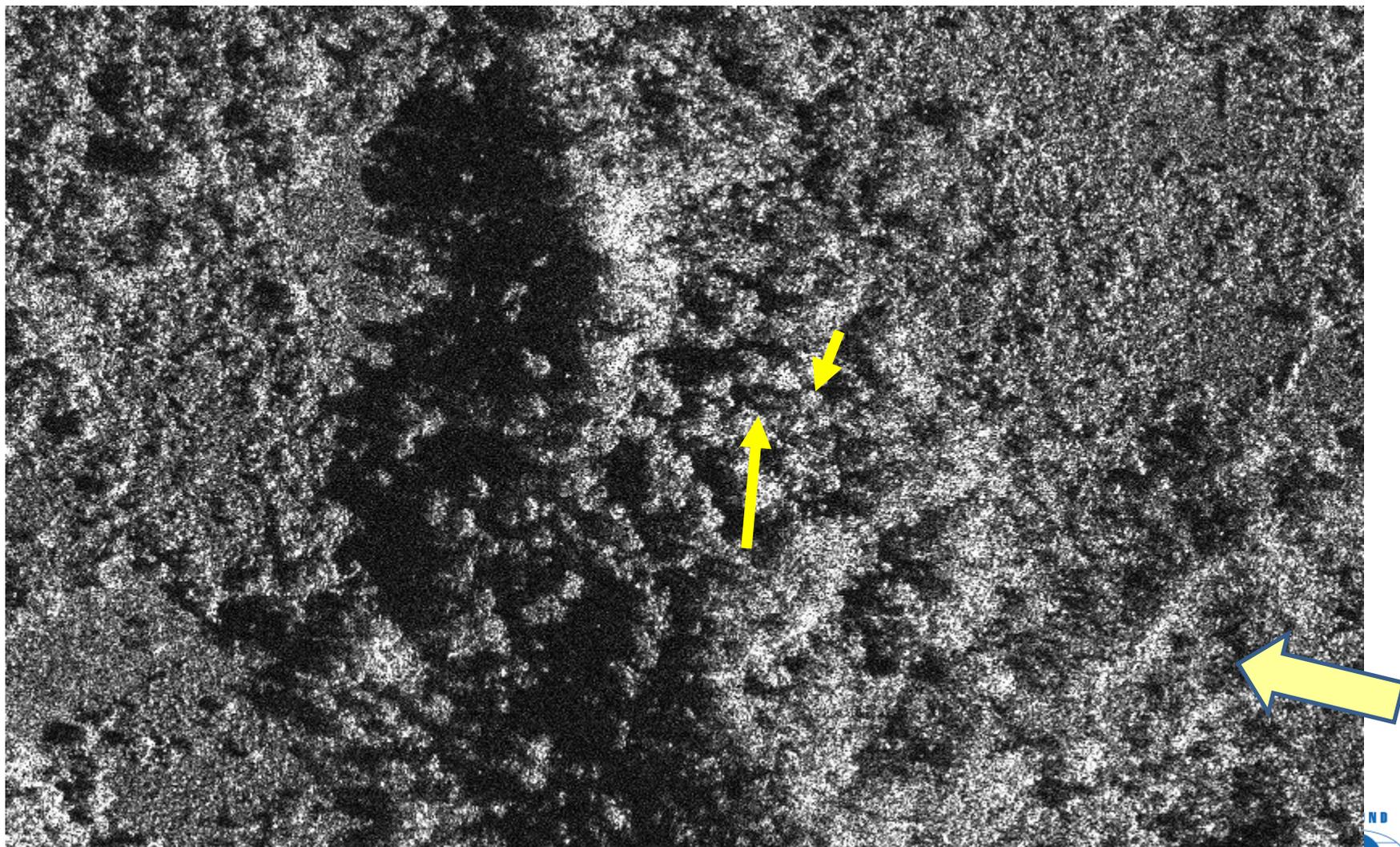
Длина тени: 53 м.
Высота дерева: 34 м.

Диаметр кроны: 18 м.

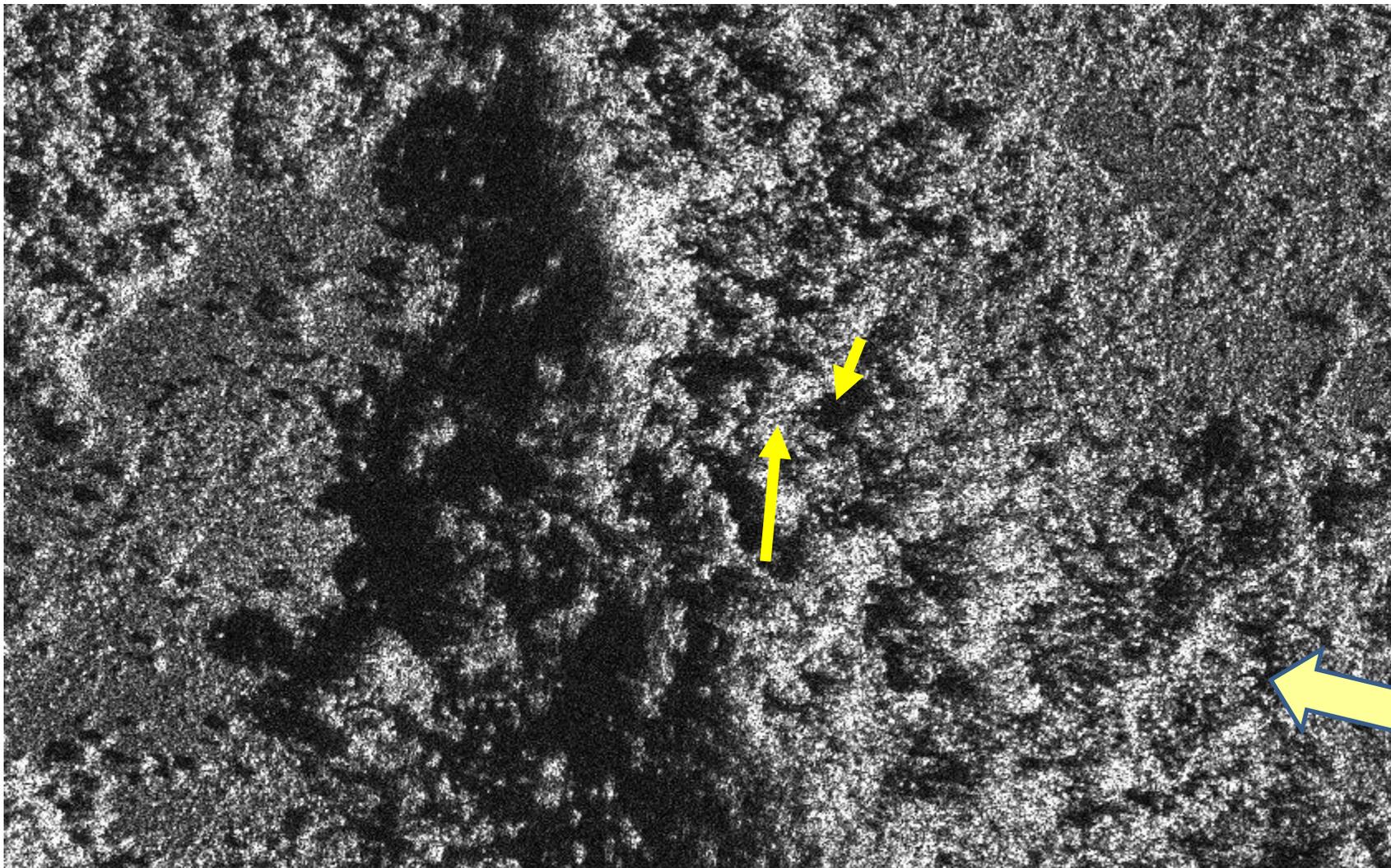
Направление луча радара



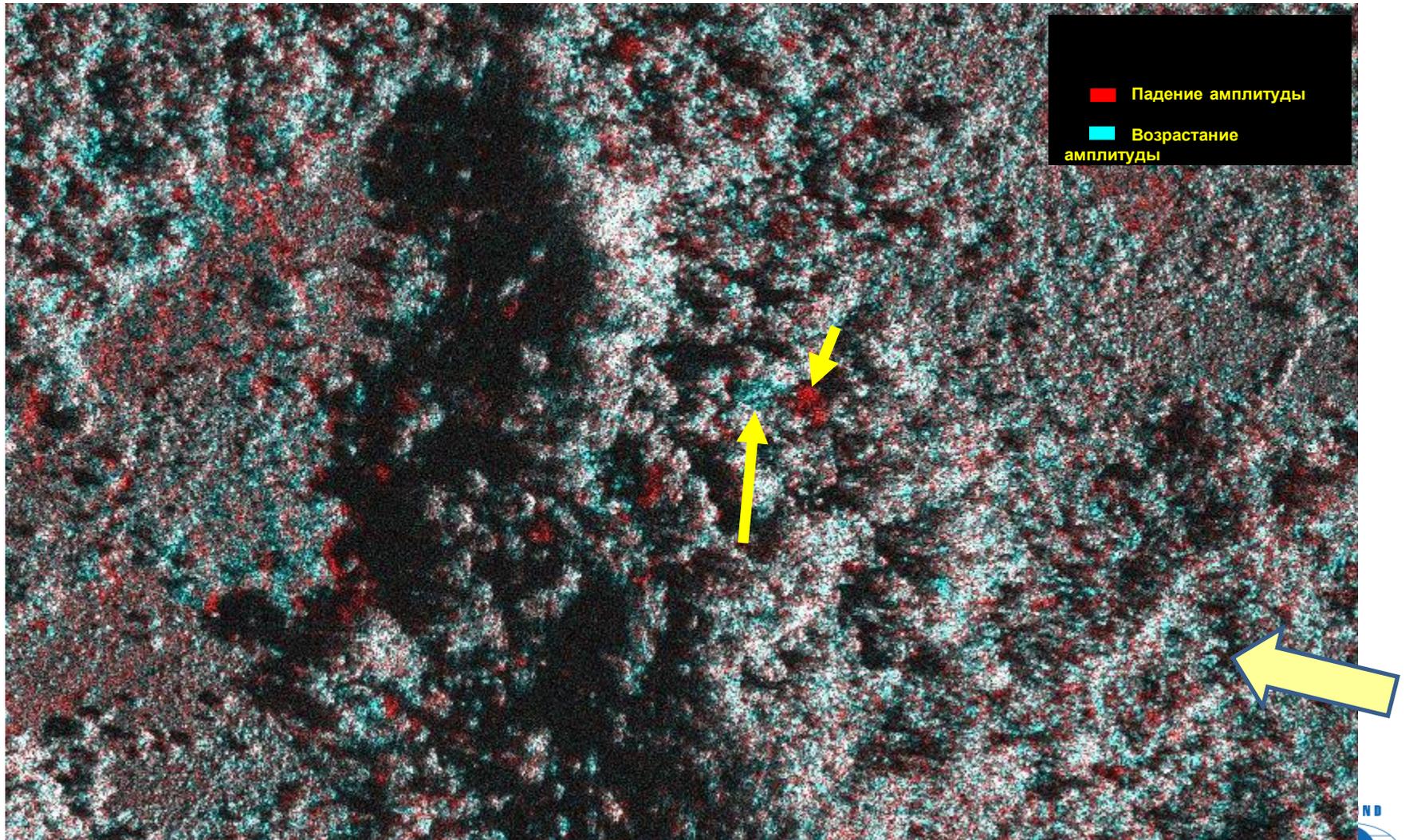
Архивная съемка с разрешением 1 м



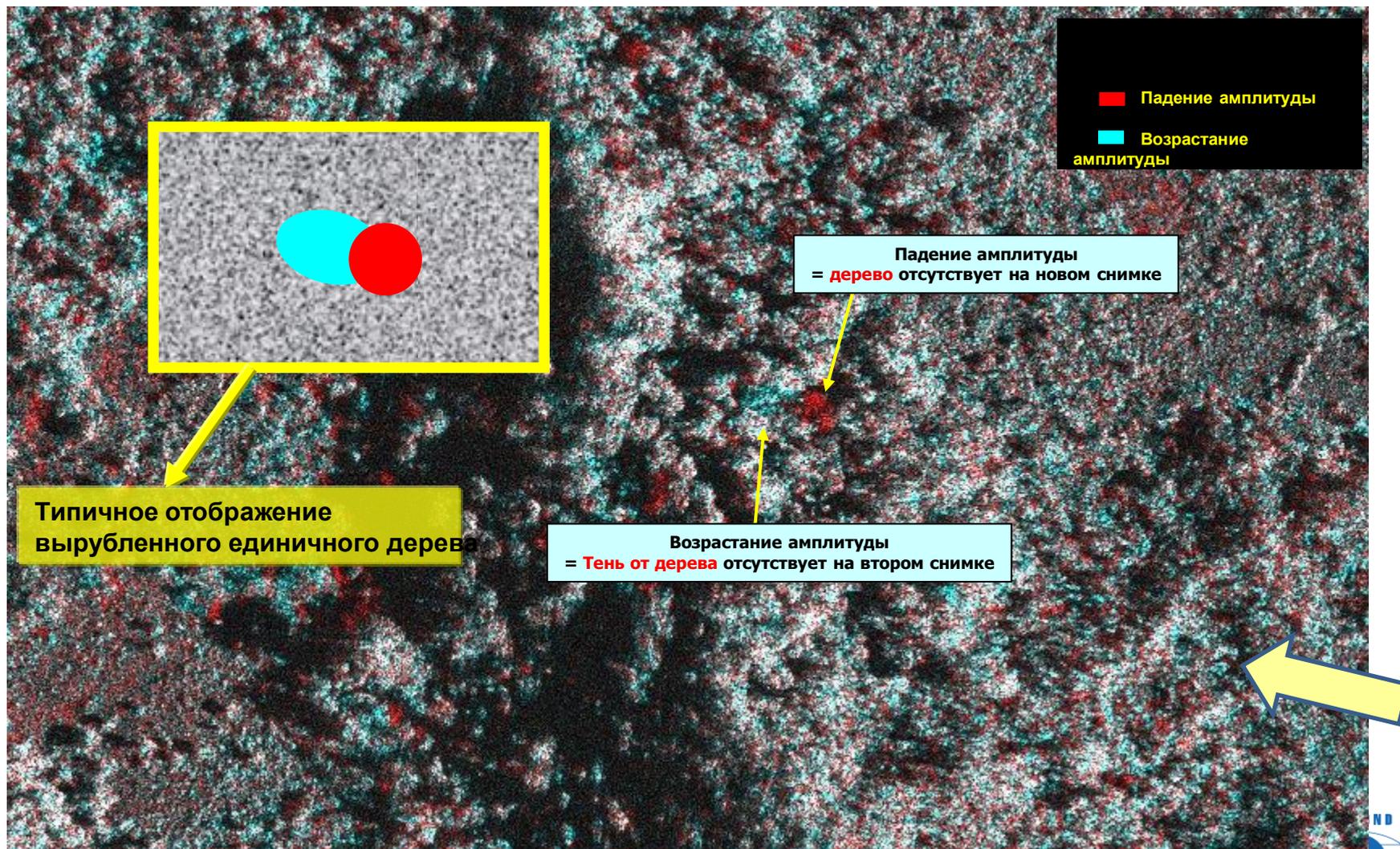
Новая съемка с разрешением 1 м



Амплитудный мультивременной композит



Амплитудный мультивременной композит



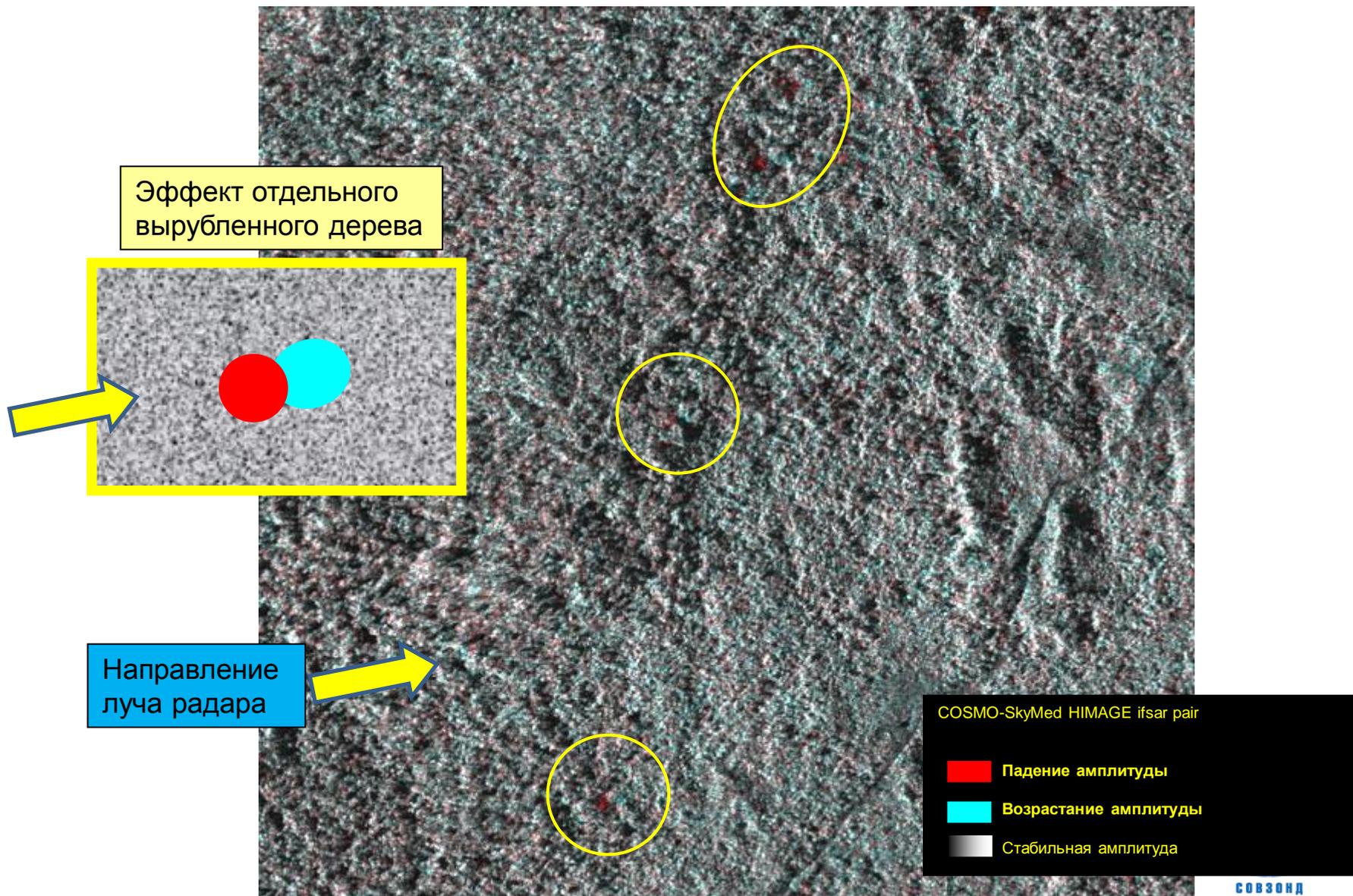
■ Падение амплитуды
■ Возрастание амплитуды

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

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

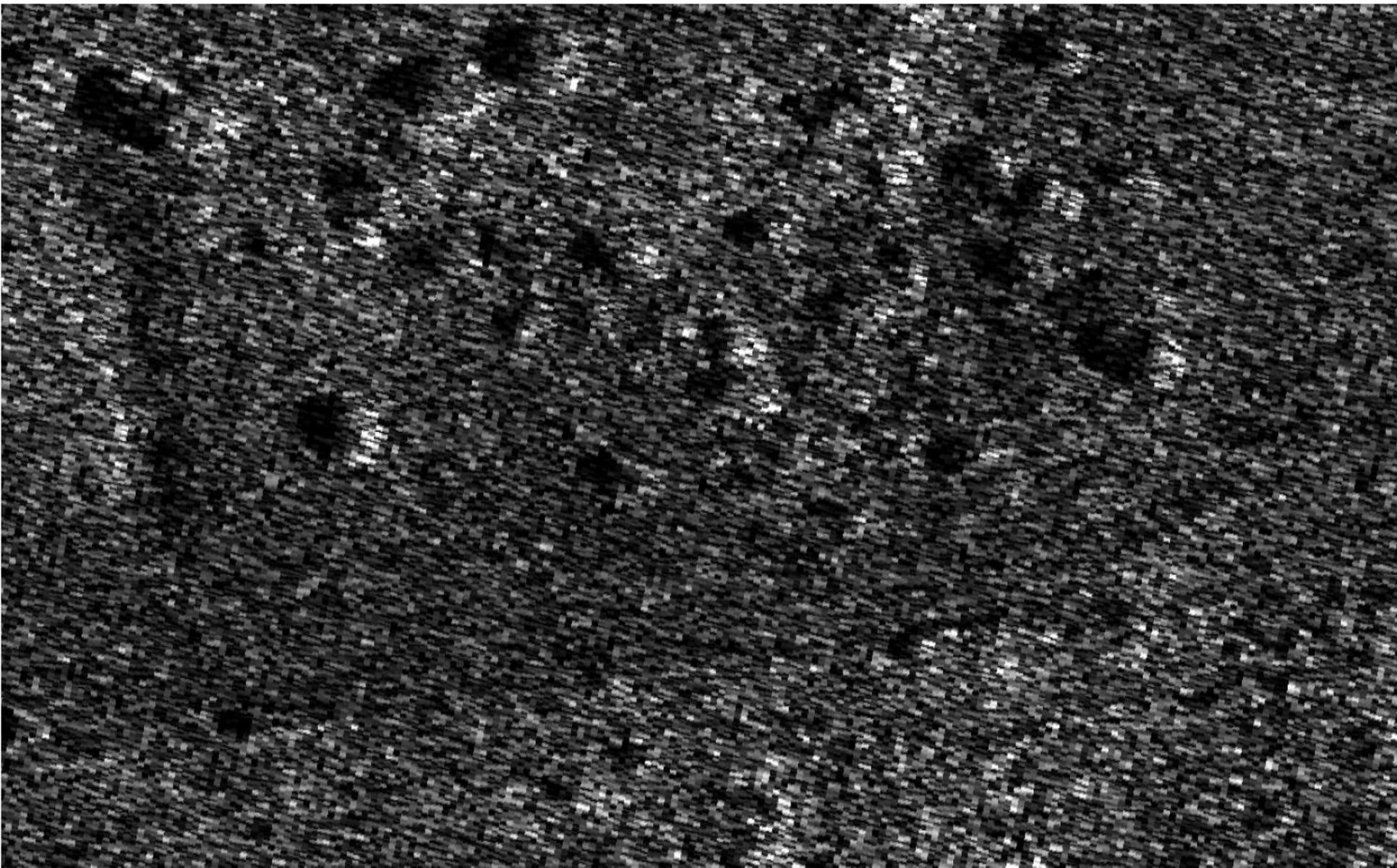
Типичное отображение
вырубленного единичного дерева

Отдельные вырубленные деревья на амплитудном мультивременном композите

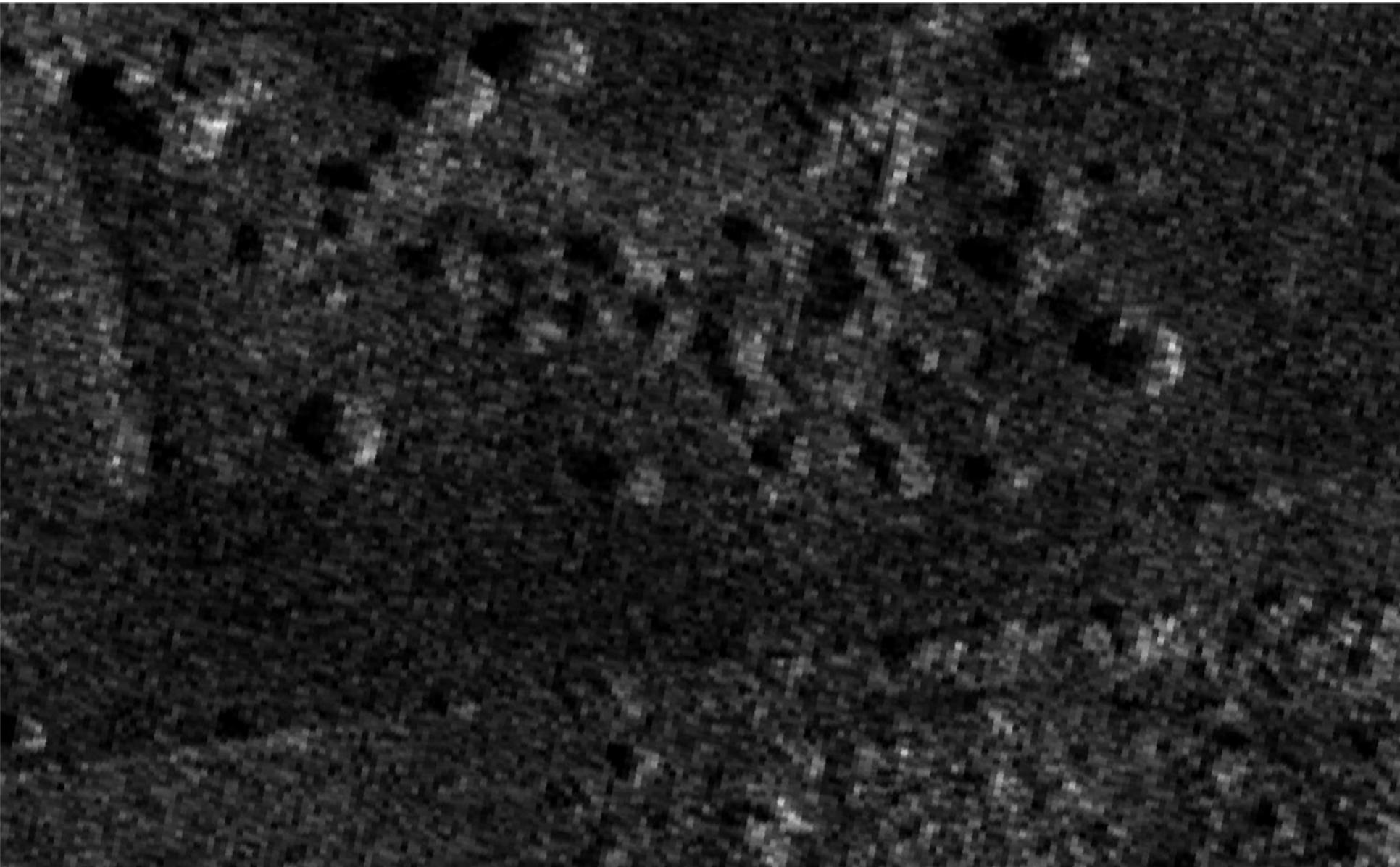


Преимущества использования
многопроходных серий радарных снимков
перед единичными съемками

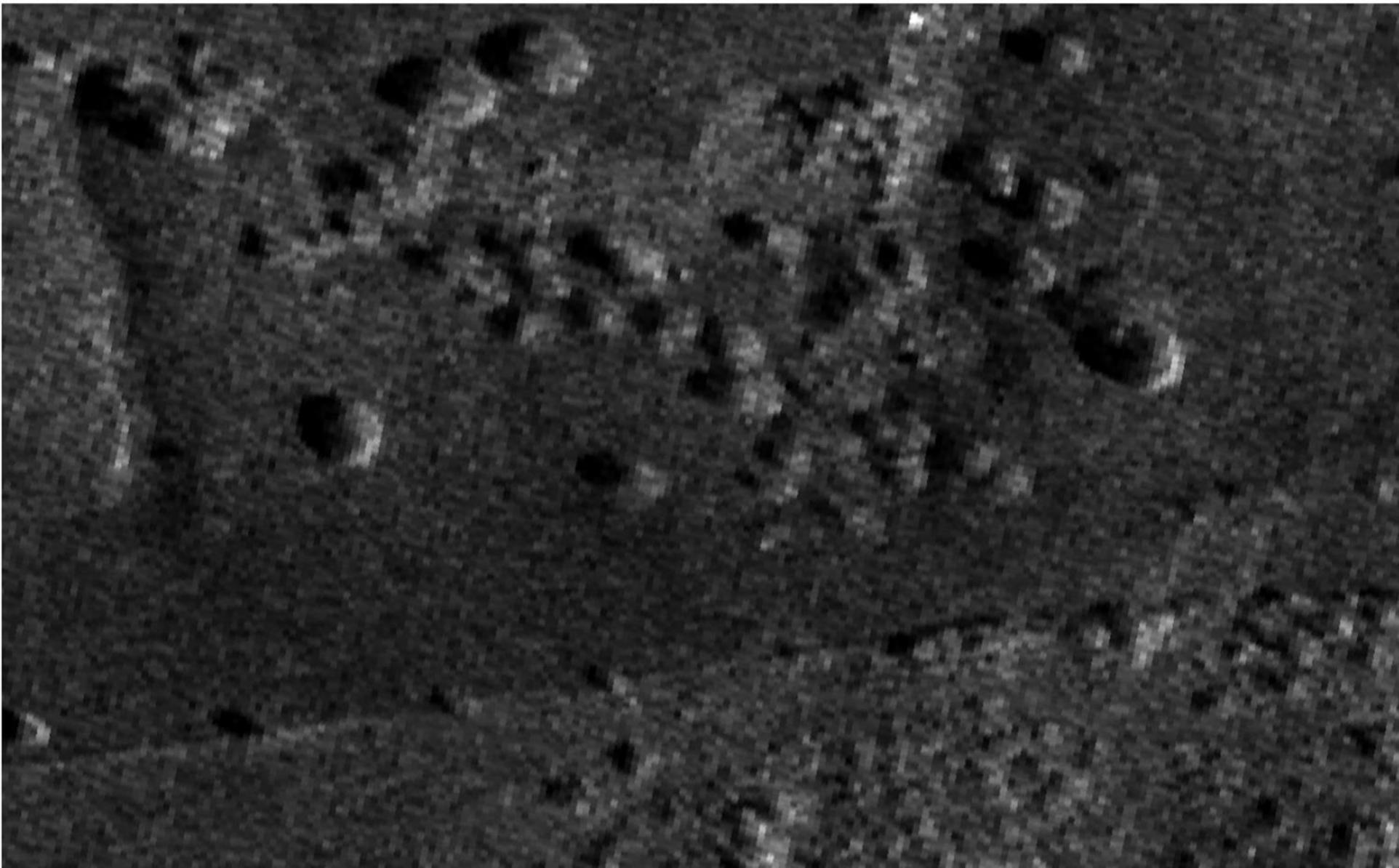
Единичный радарный снимок с разрешением 1 м.
Участок 300 x 170 м. Съемка 2010 года.



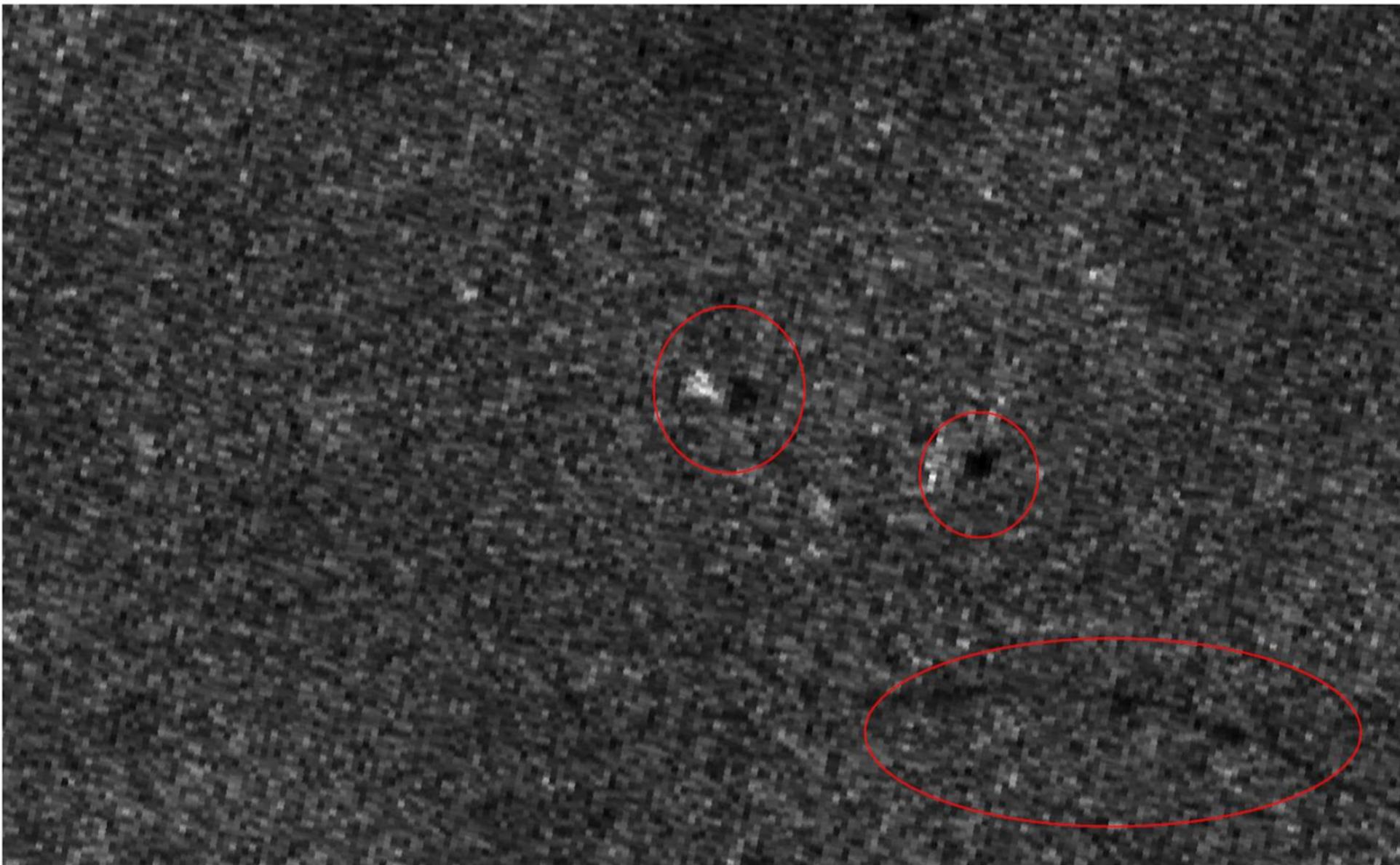
Тот же радарный снимок с разрешением 1 м, фильтрованный мультिवременным фильтром De Grandi (в мультिवременной фильтрации участвовало 3 снимка за разные даты за 2010 год). Участок 300 x 170 м.



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.



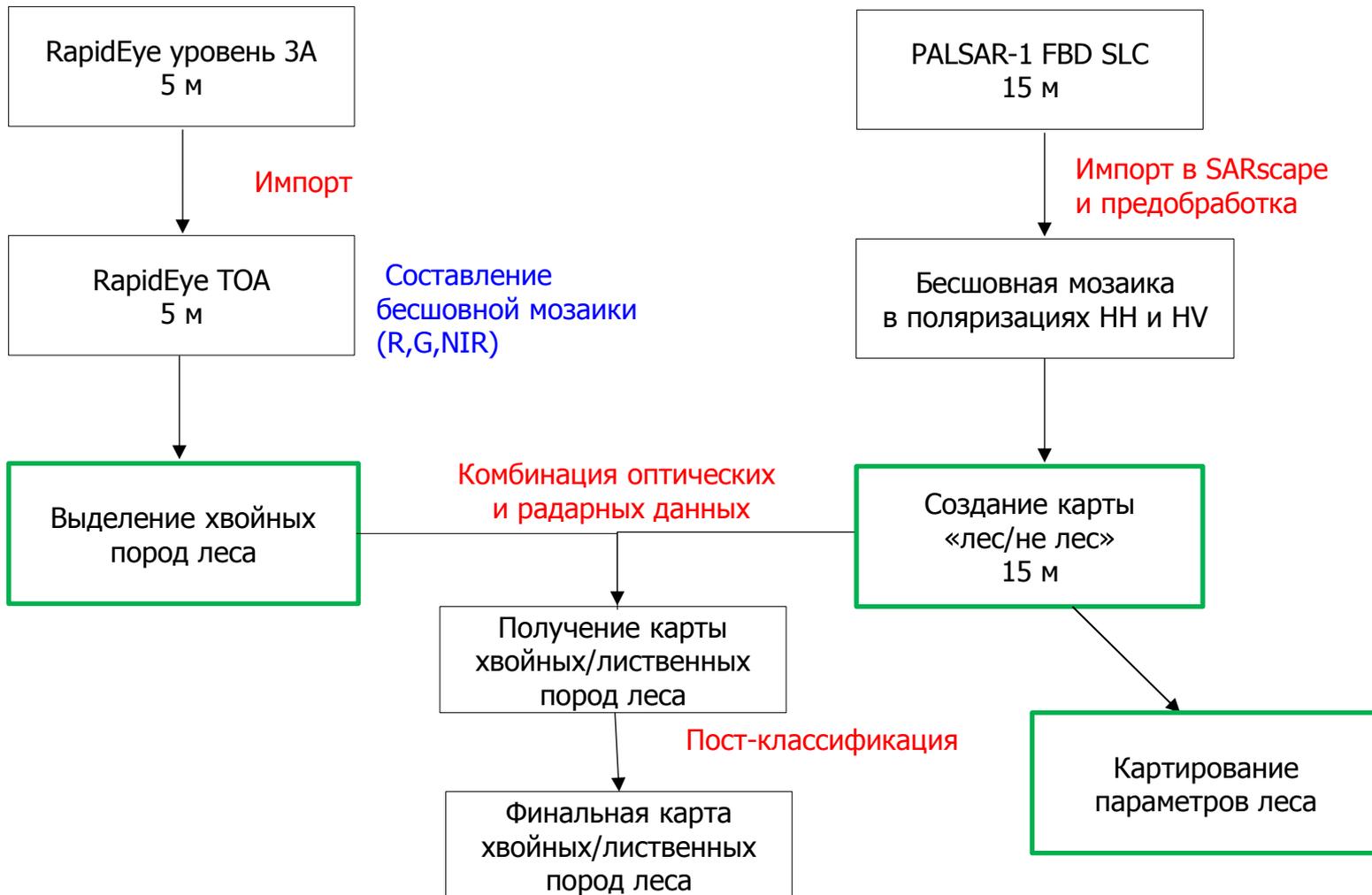
Разница амплитуд. Две «восьмерки», характеризующие вырубку отдельных деревьев и новый линейный объект.



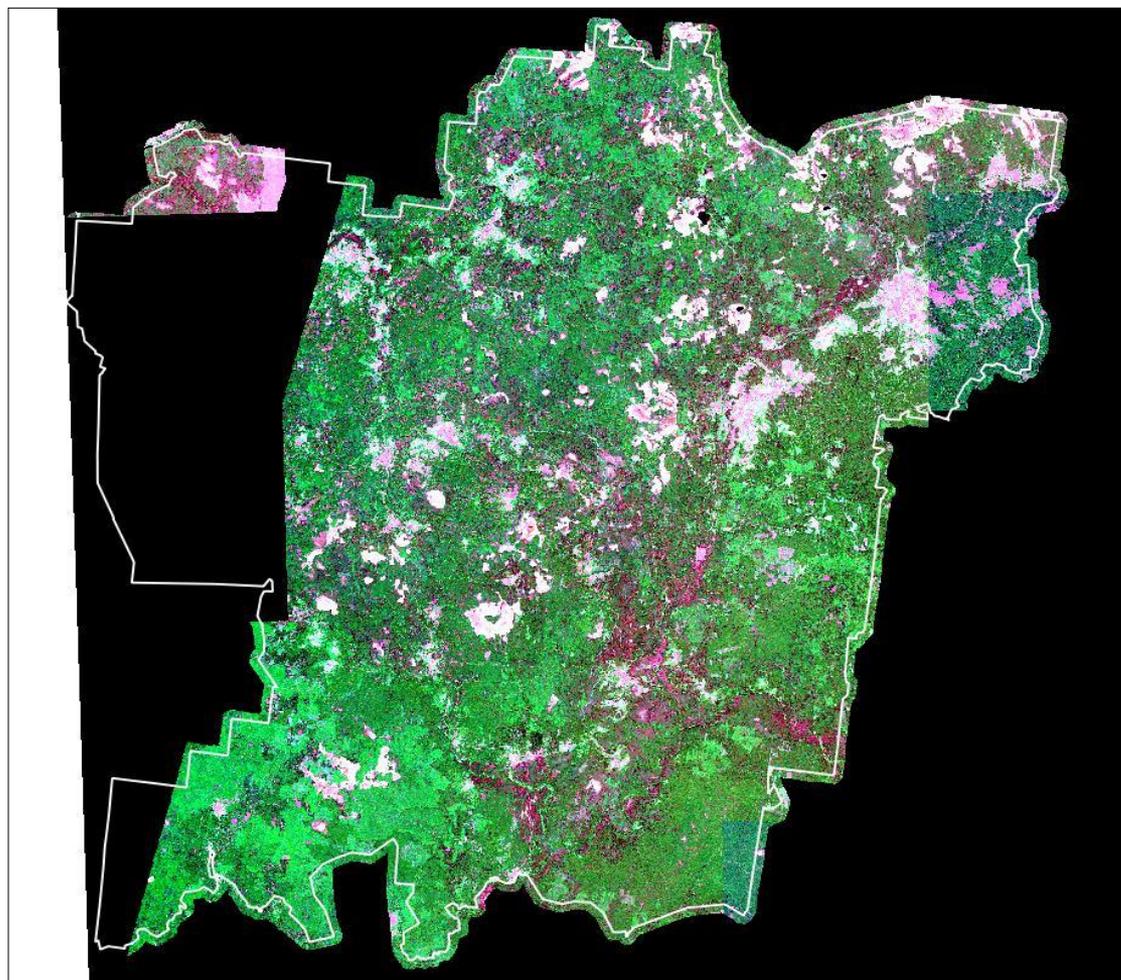
ПЛАН ПРЕЗЕНТАЦИИ

- 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

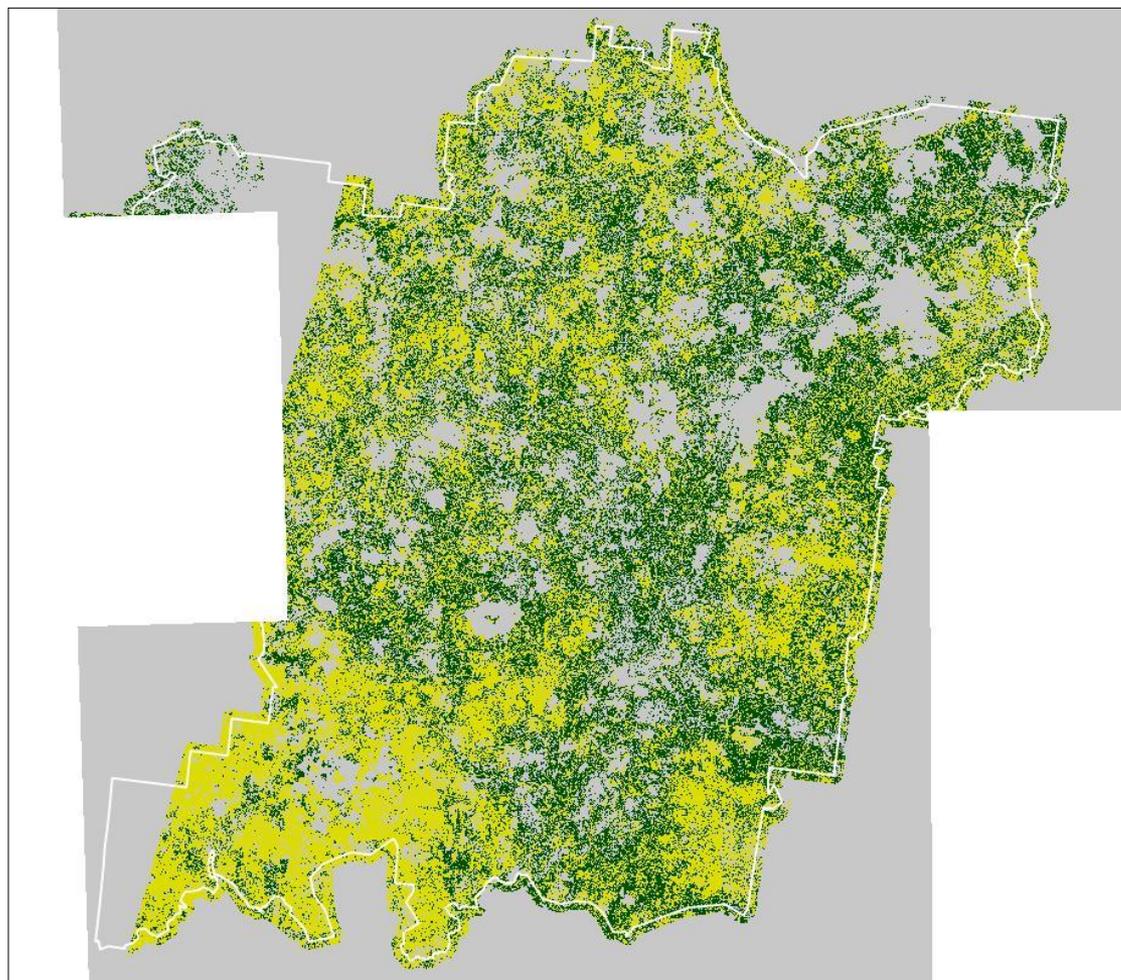
Ближний

инфракрасный

www.sovzond.ru



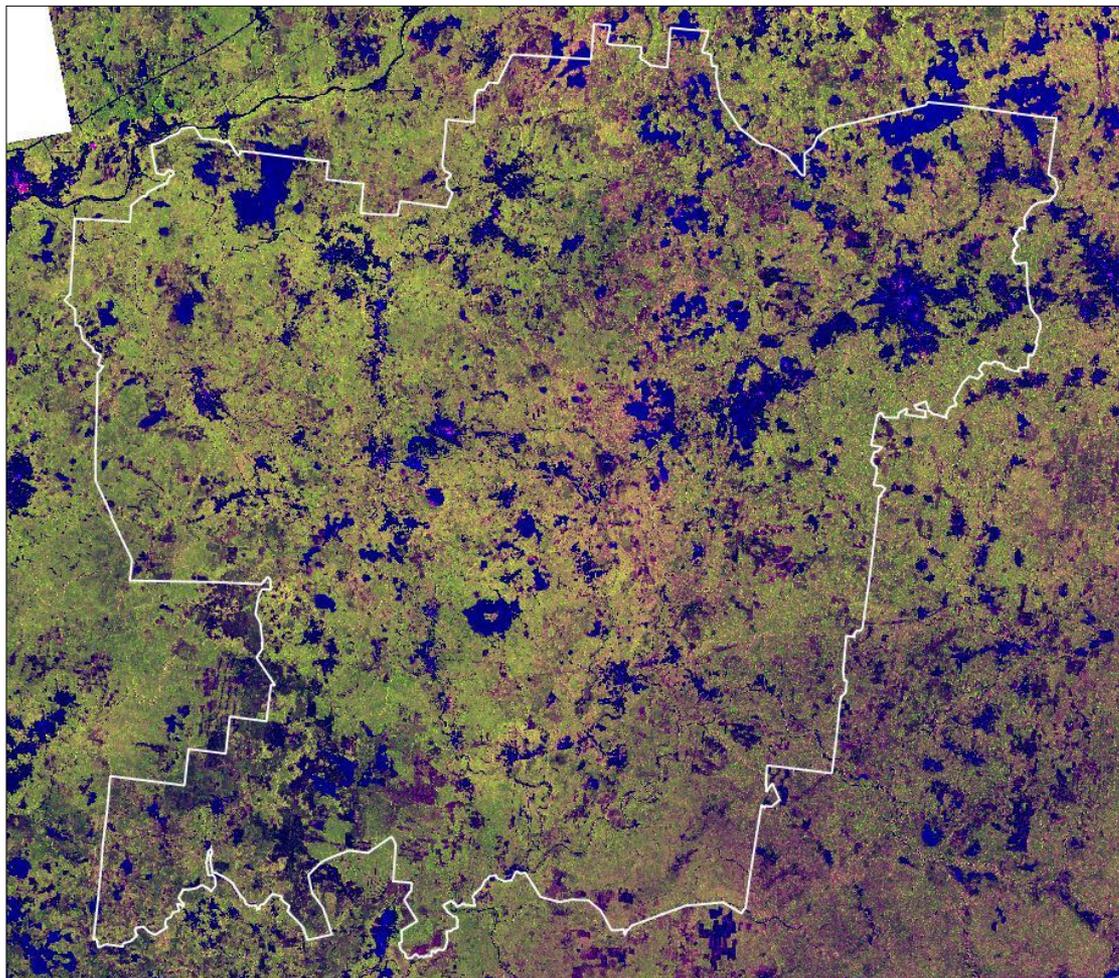
Результаты выделения хвойных пород леса по данным RapidEye



Лиственный лес + поля/луга

Хвойный лес

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



HH

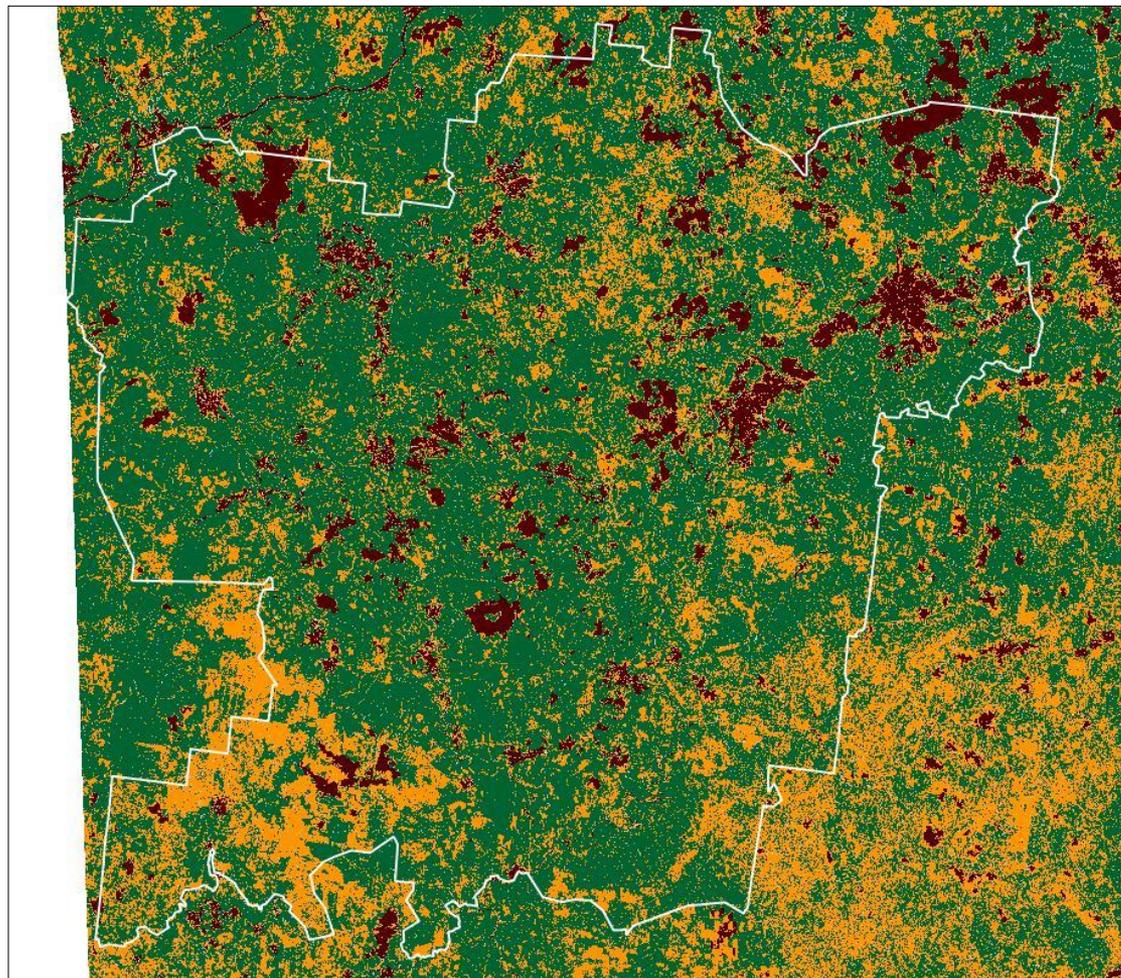
HV

HH/HV

www.sovzond.ru



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

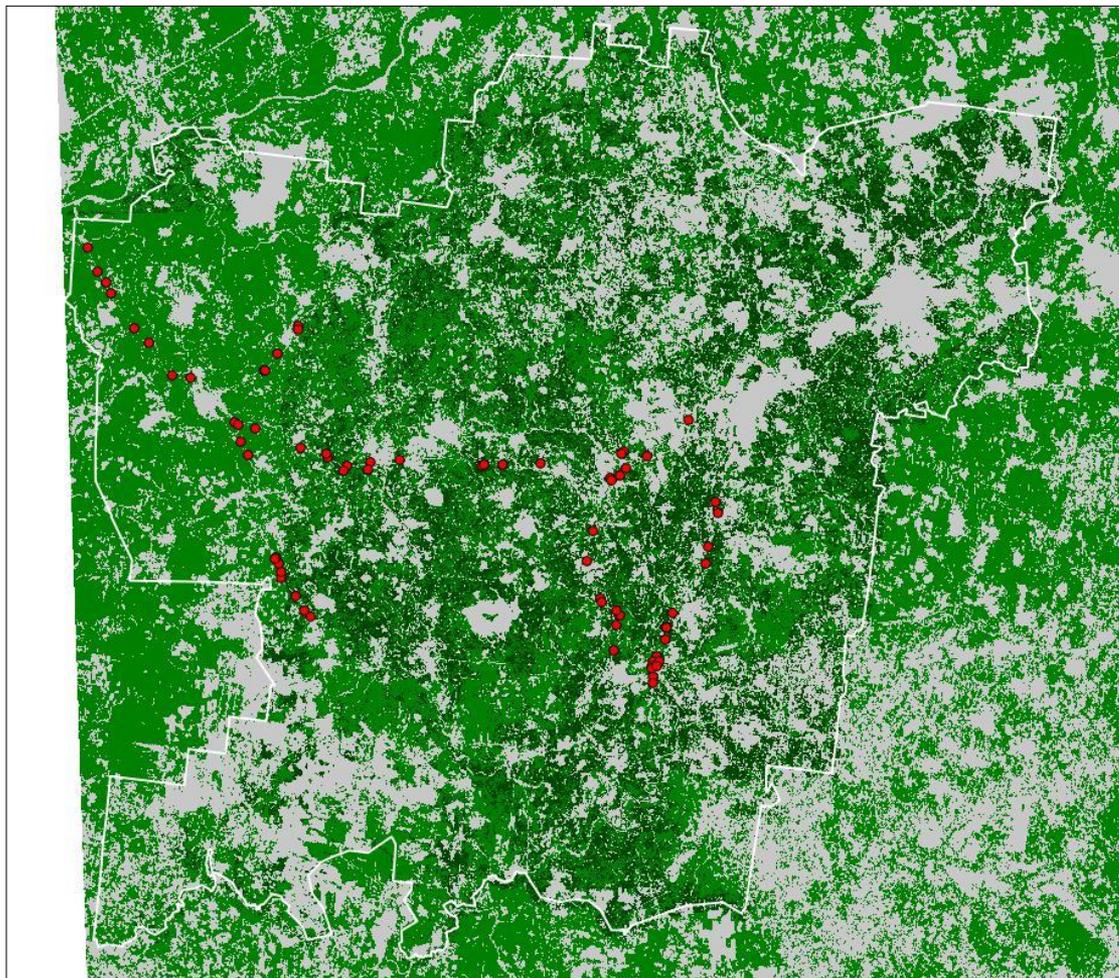


Лес

www.sovzond.ru



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



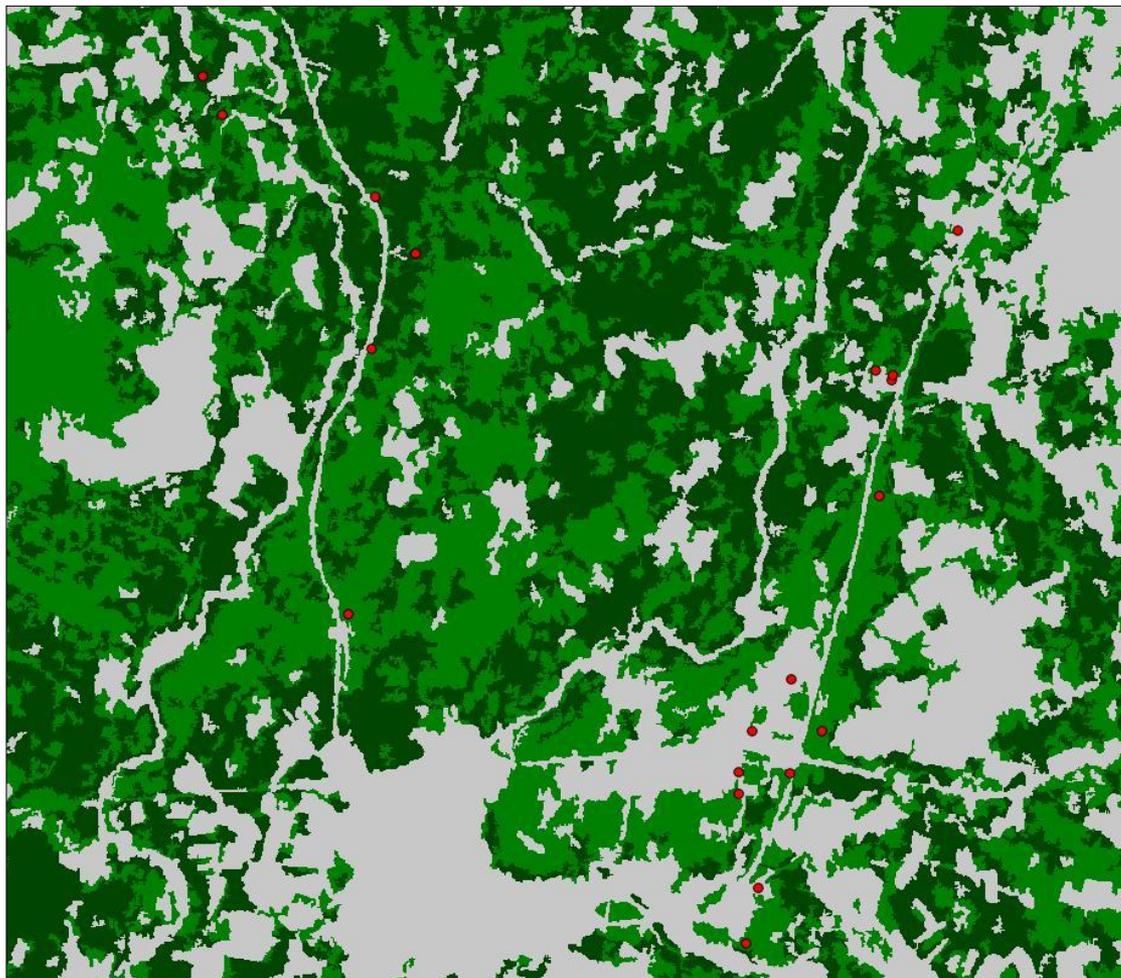
Хвойный лес

Лиственный лес

Красные точки – контрольные точки, в которых заказчиком www.sovzond.ru сделан замер параметров леса в рамках полевого этапа



Увеличение на фрагмент карты хвойных и лиственных пород леса



Хвойный лес

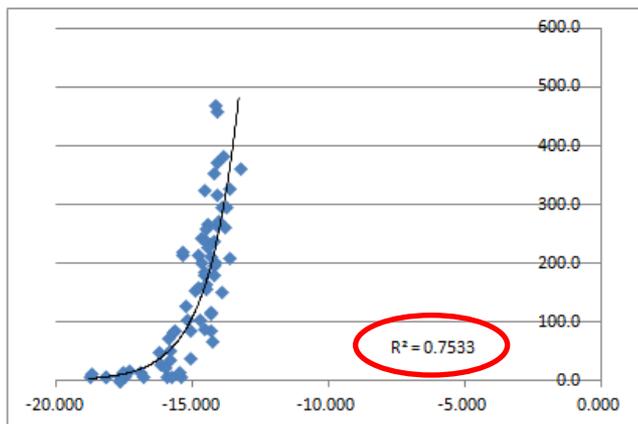
Лиственный лес

www.sovzond.ru

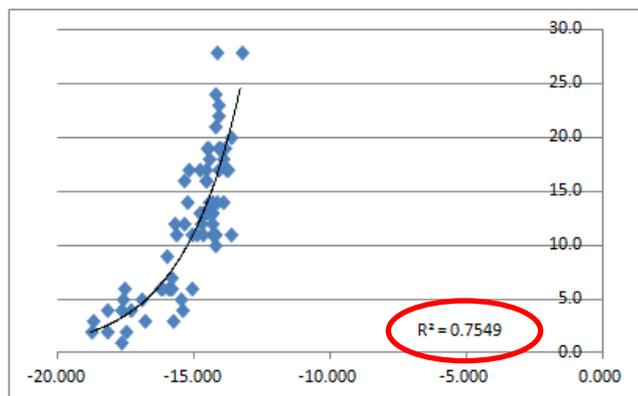
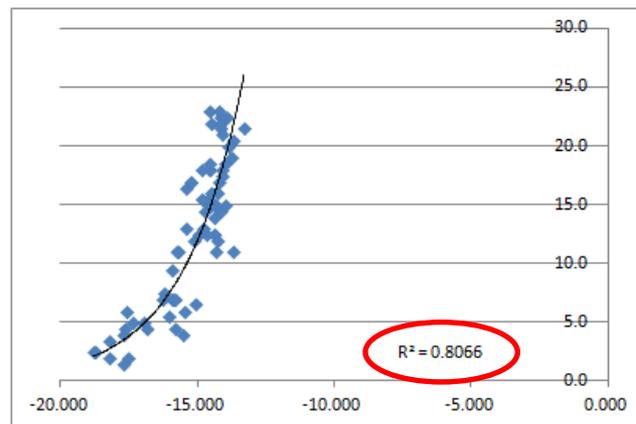


Корреляционные взаимосвязи между σ°_{HV} (коэффициентом обратного рассеяния в поляризации HV) и параметрами леса

Запас древесины (м³/Га)

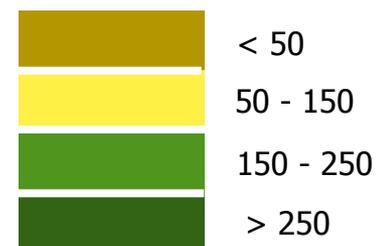
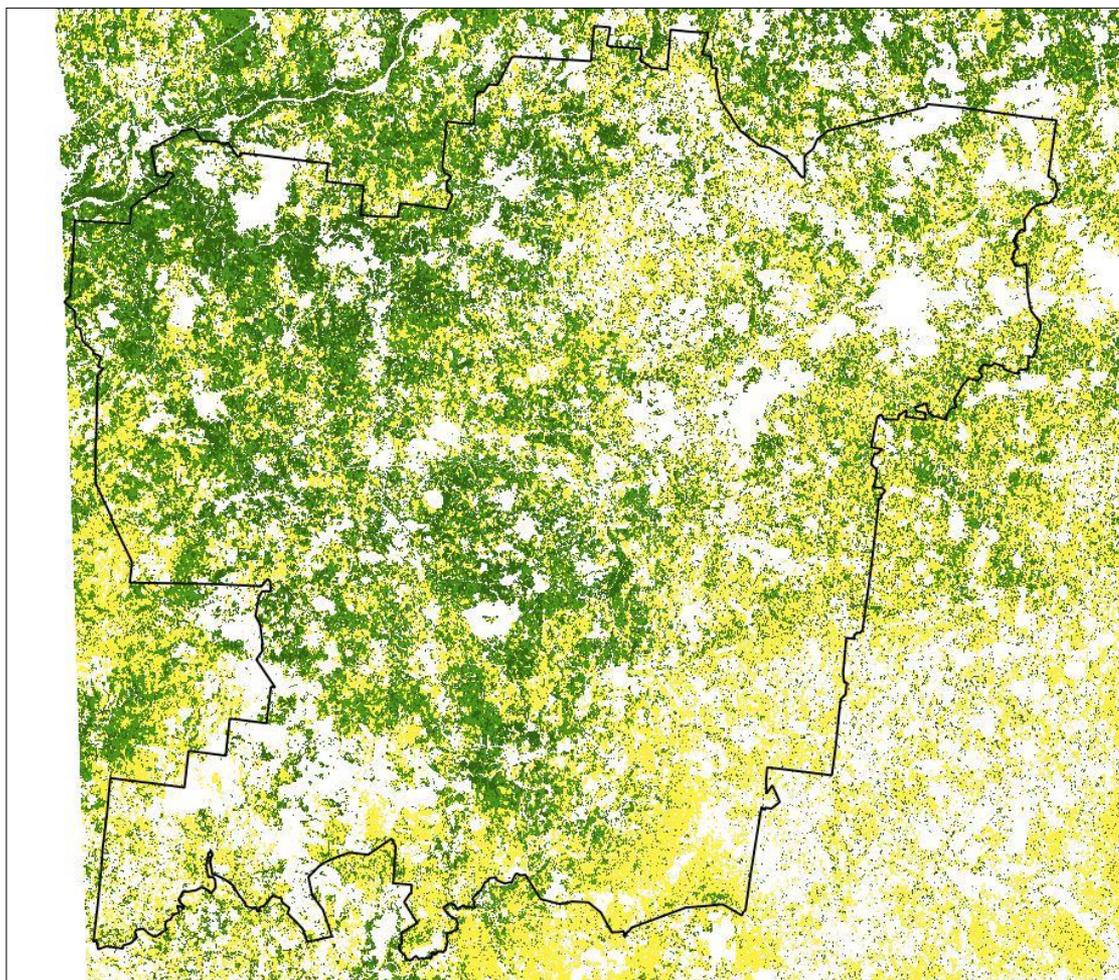


Высота (м)

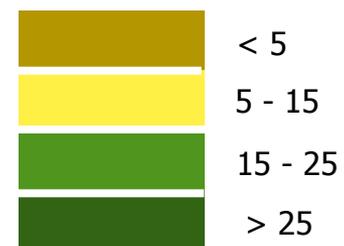
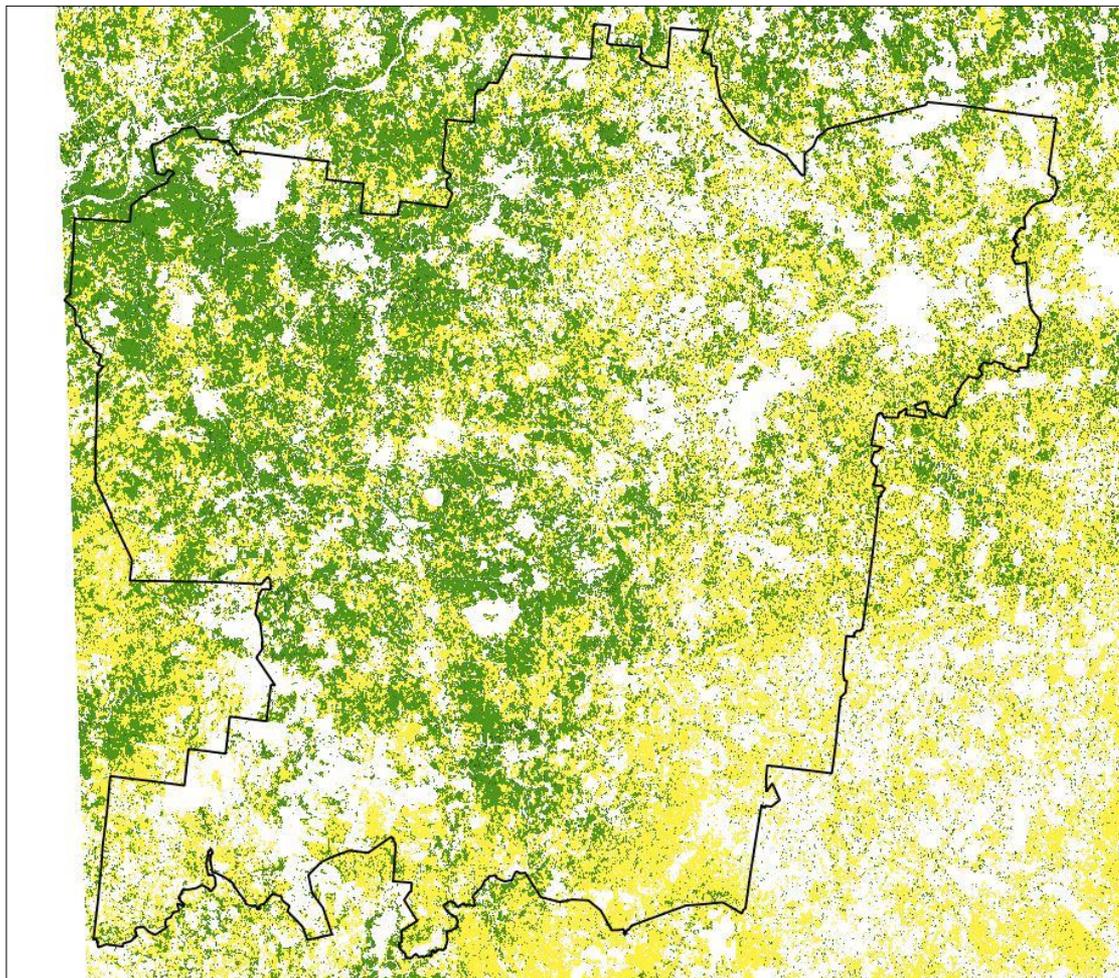


Диаметры стволов на уровне груди (см)

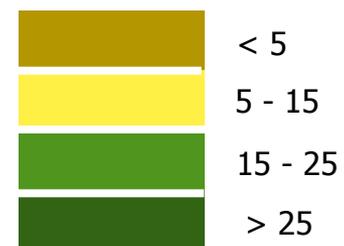
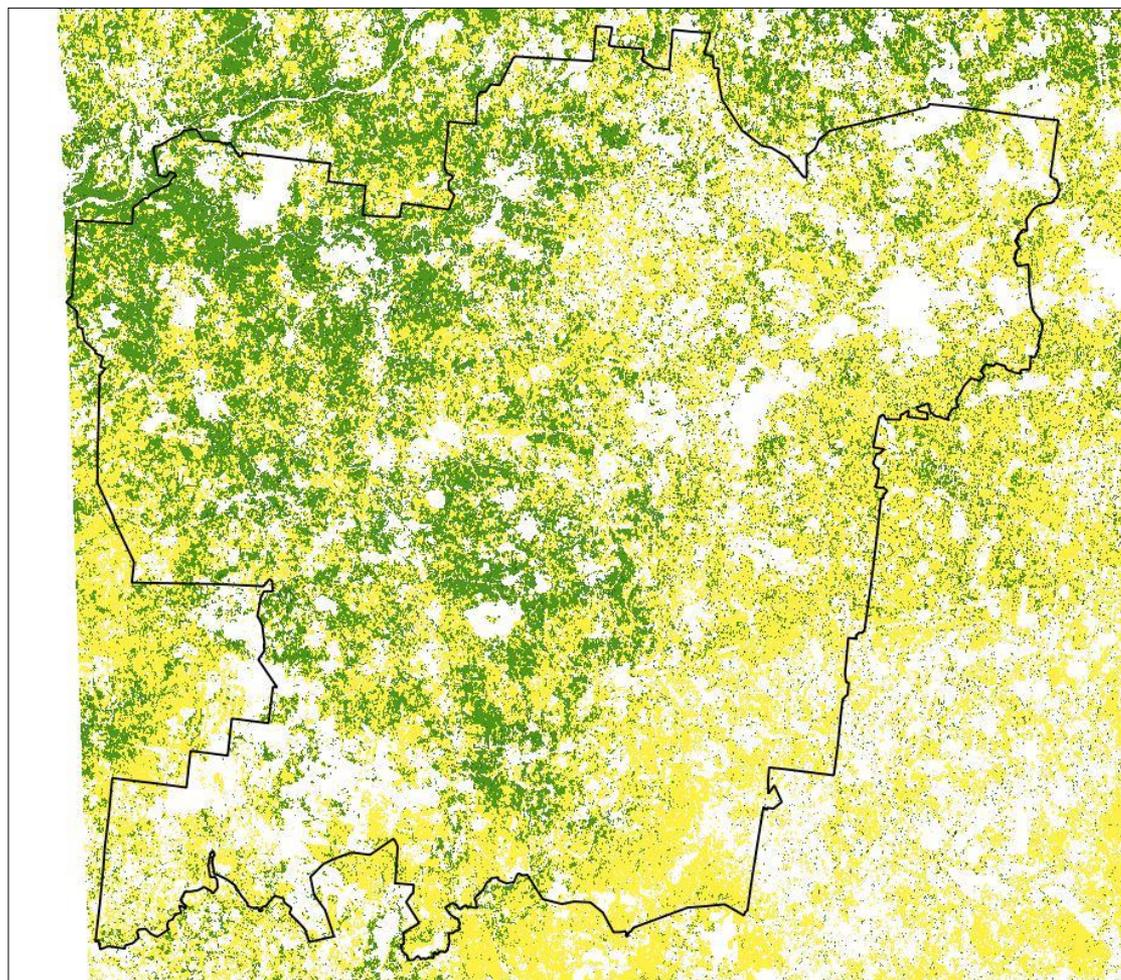
Карта запасов древесины (м³/Га)



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 м3/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



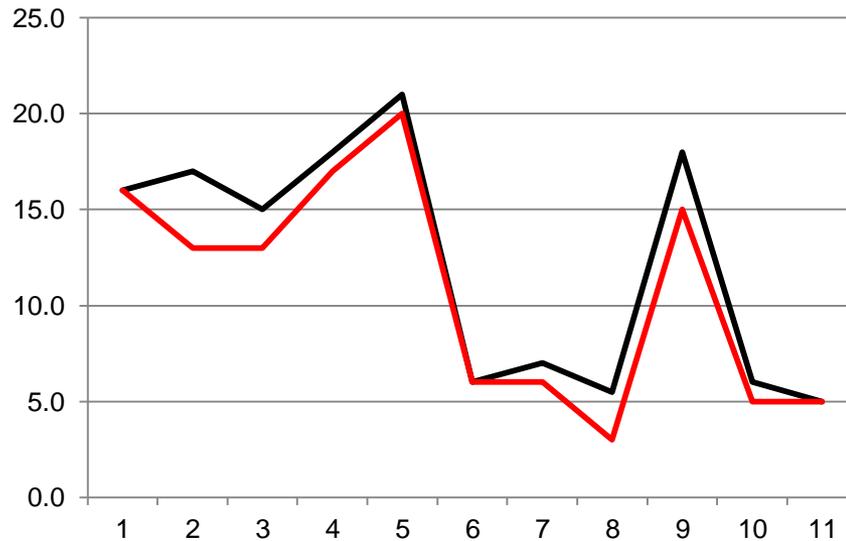
Карта высот деревьев по результатам обработки тандемной пары TerraSAR-X/TanDEM-X за май 2013



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

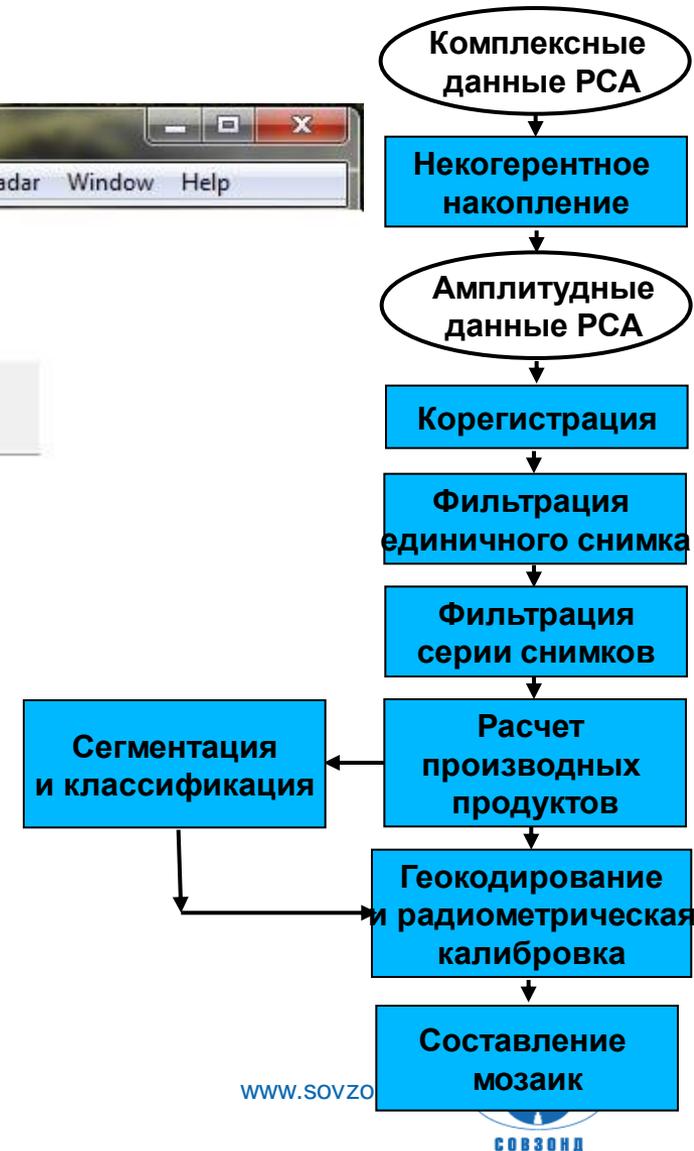
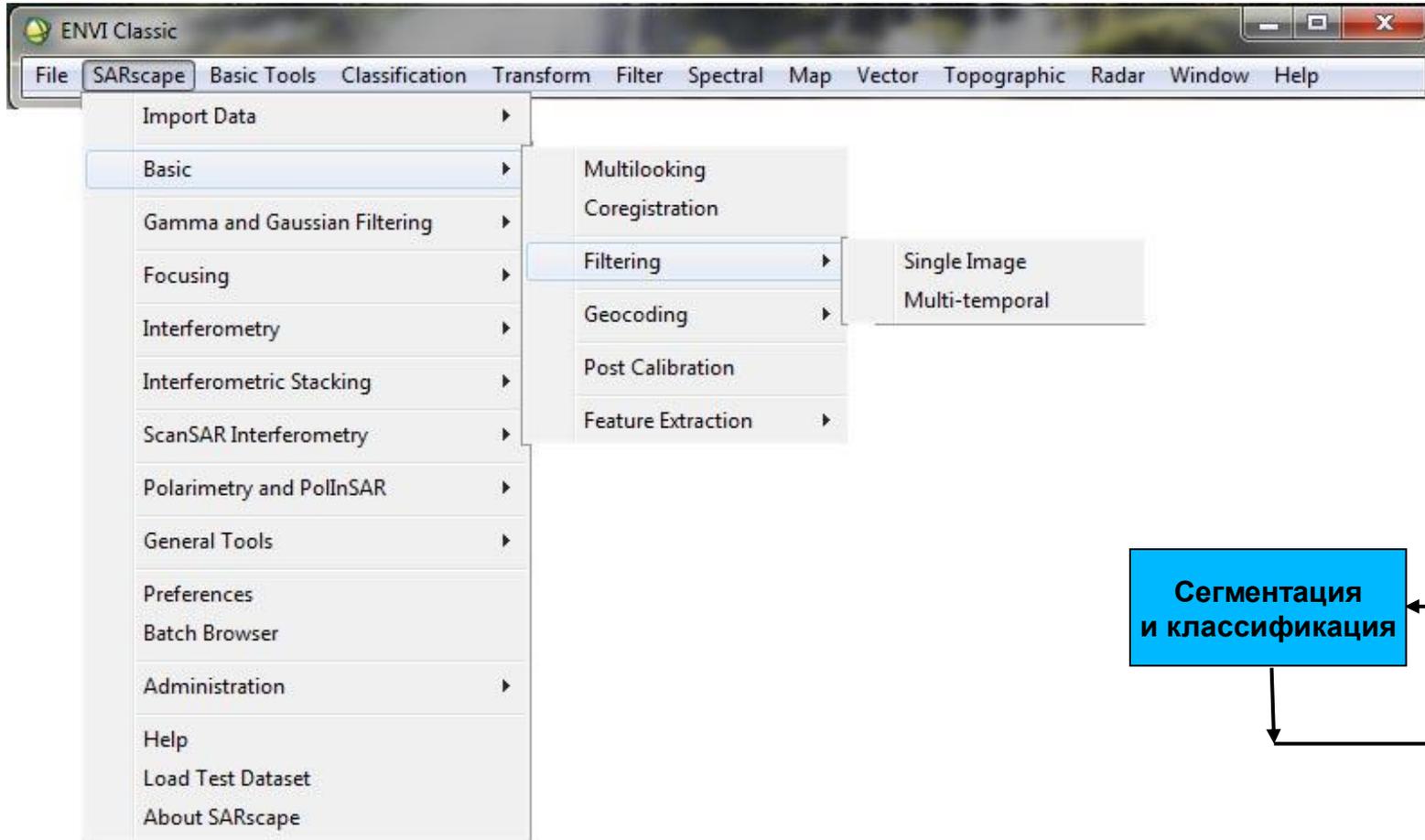
- На сегодняшний день тандемная интерферометрия реализована для спутников TerraSAR-X/TanDEM-X; впервые в России в рамках пилотного проекта была опробована технология измерения высот деревьев методом тандемной радарной интерферометрии на примере территории дельты реки Селенги (Республика Бурятия);
- В 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.

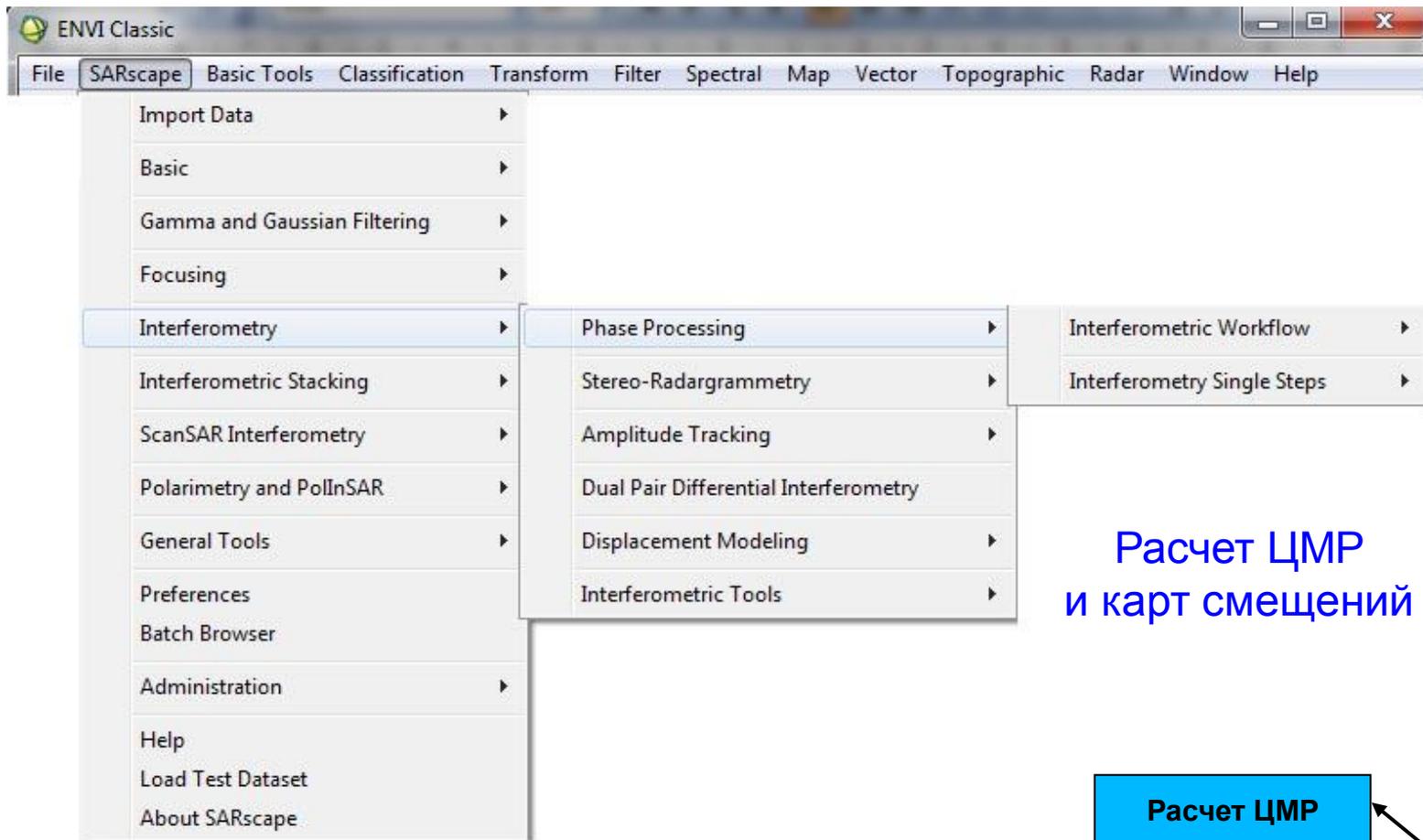
Модули SARscape для ENVI

Модуль Basic

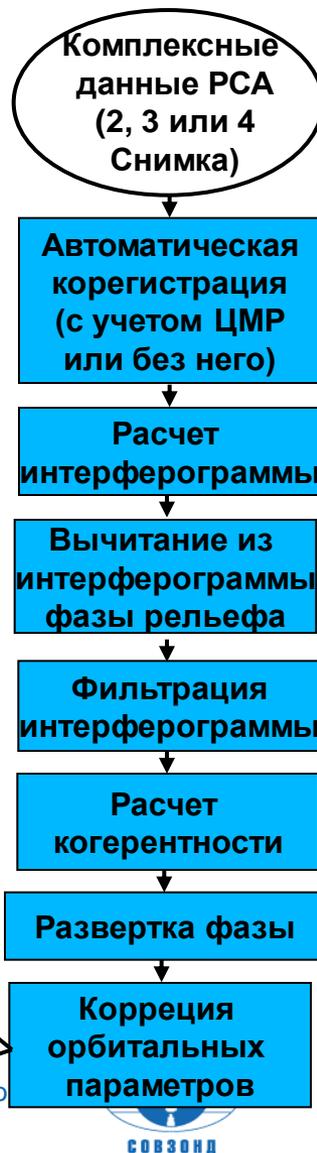


Модули SARscape для ENVI

Модуль Interferometry

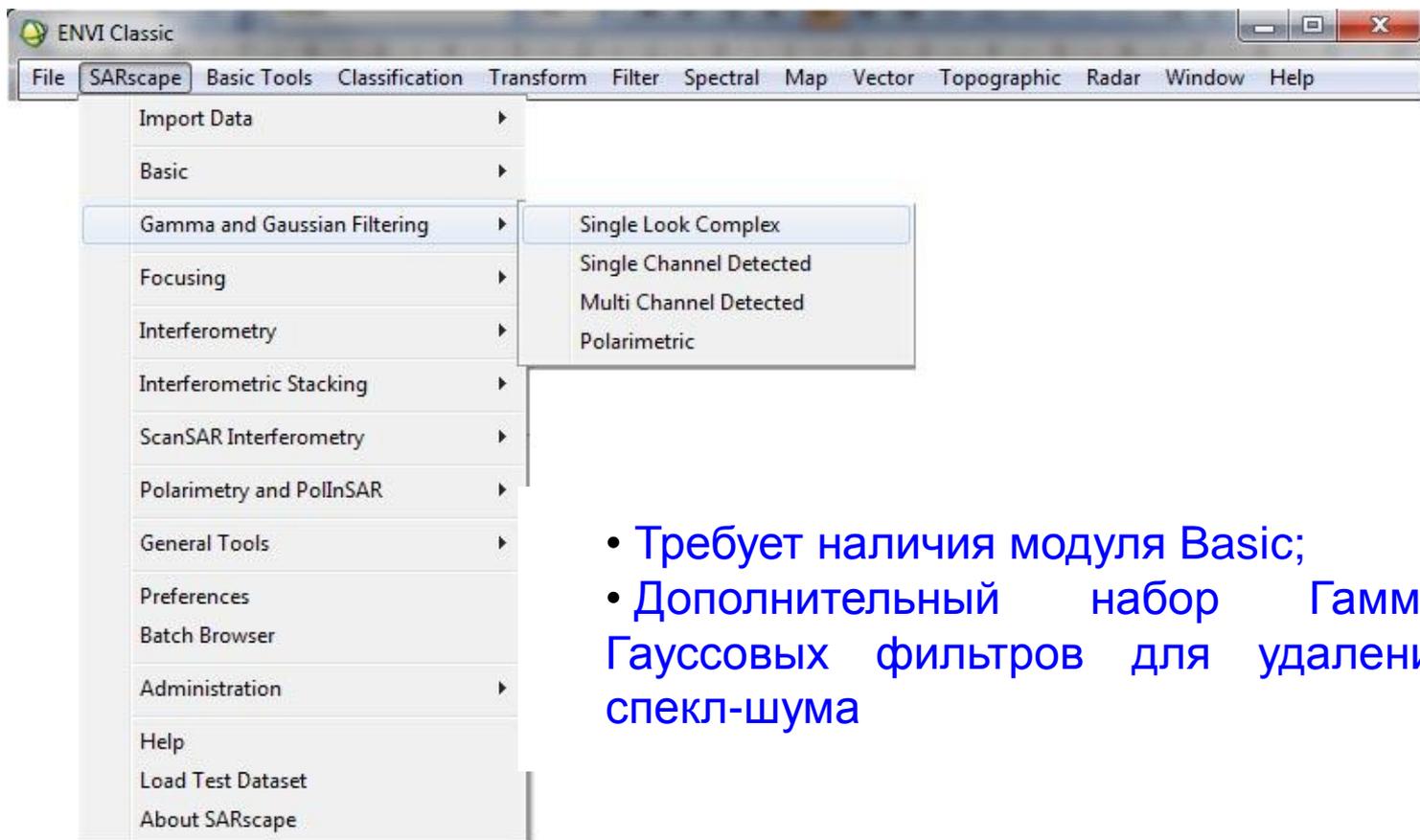


Расчет ЦМР
и карт смещений



Модули SARscape для ENVI

Модуль Gamma and Gaussian filtering

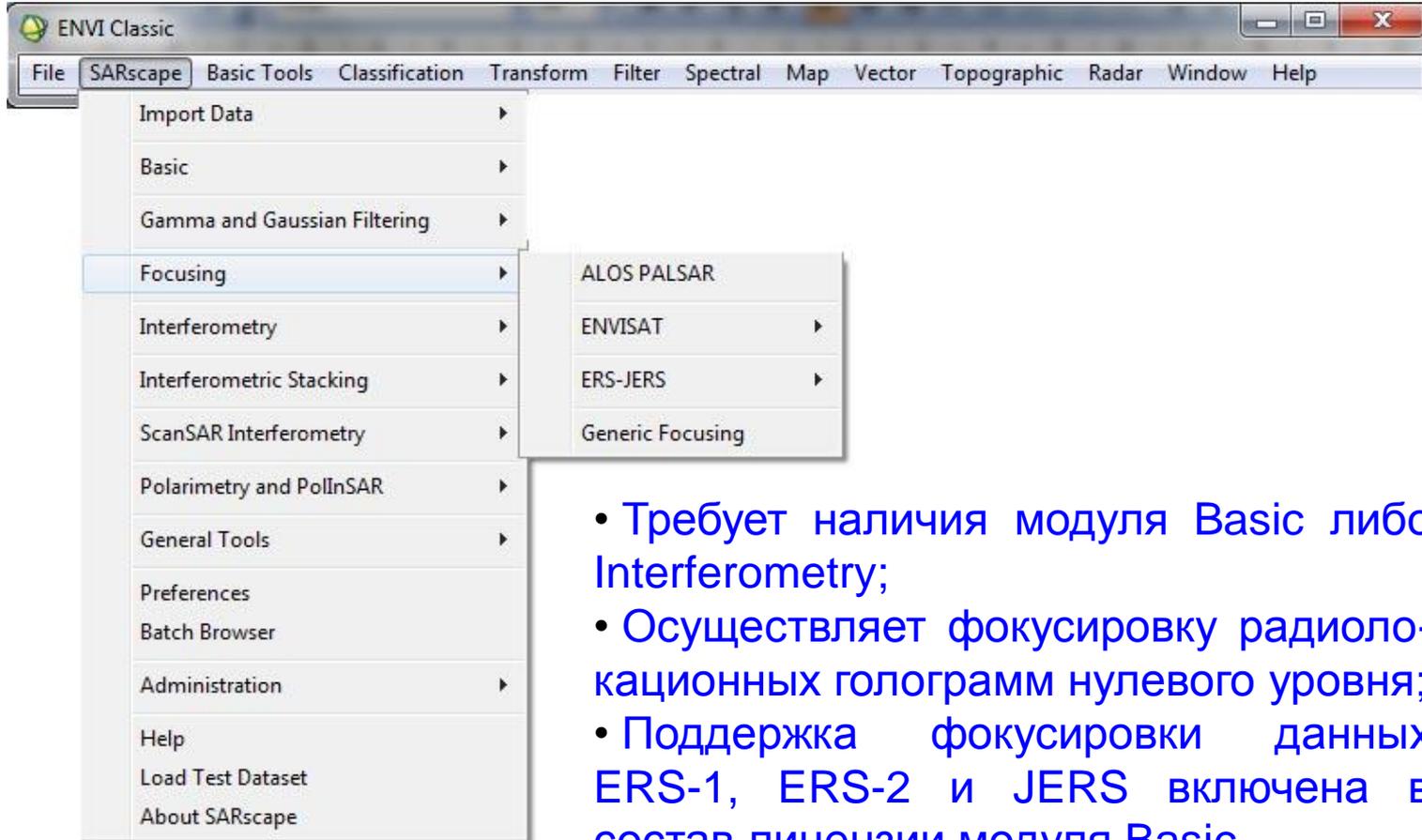


- Требуется наличие модуля Basic;
- Дополнительный набор Гамма-Гауссовых фильтров для удаления спекл-шума



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

Web-site: www.sovzond.ru

Филиалы компании

350000, Краснодар,
ул. Гимназическая, д. 40

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