

# Лесоустройство с использованием технологий LiDAR

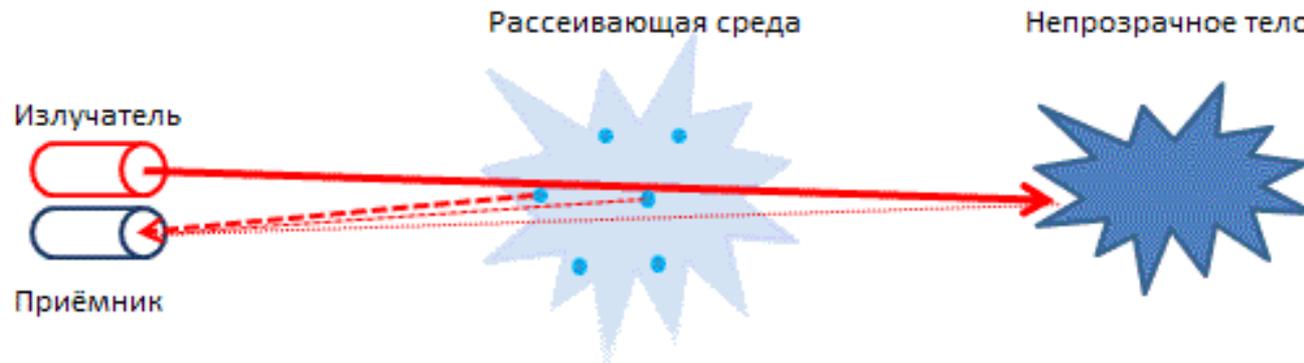
Кедров Александр Владимирович

Заместитель директора ООО «Малое инновационное  
предприятие «Центр космических технологий и услуг»

# Получение данных LiDAR

# Понятие LiDAR

Лидар (LiDAR *Light Identification Detection and Ranging* — световое обнаружение и определение дальности) - активный дальномер оптического диапазона.



Расстояние до цели	1 м	10 м	100 м	1 км	10 км	100 км
Время отклика	6.7 нс	67 нс	0.67 мкс	6.7 мкс	67 мкс	0.67 мс

# Используемая аппаратура

Воздушное судно комплектуется специализированным оборудованием:

- лазерный сканер;
- GPS/GLONASS модуль;
- цифровая аэрофотокамера

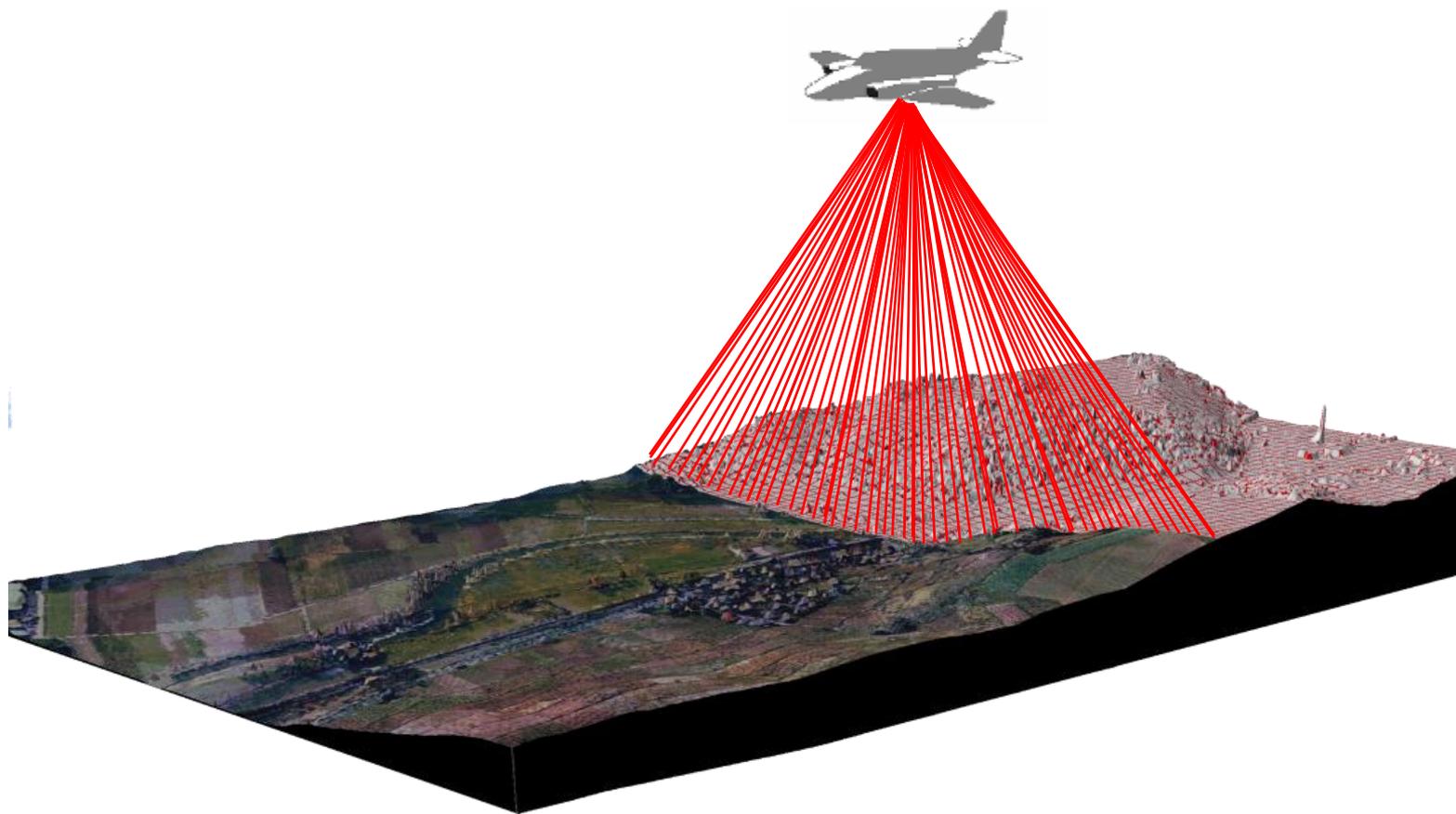
Средний вес комплекта оборудования ~ 100 кг

В полёте систему обслуживает 1 оператор

Система базовых станций на земле обеспечивает геодезическую точность данных



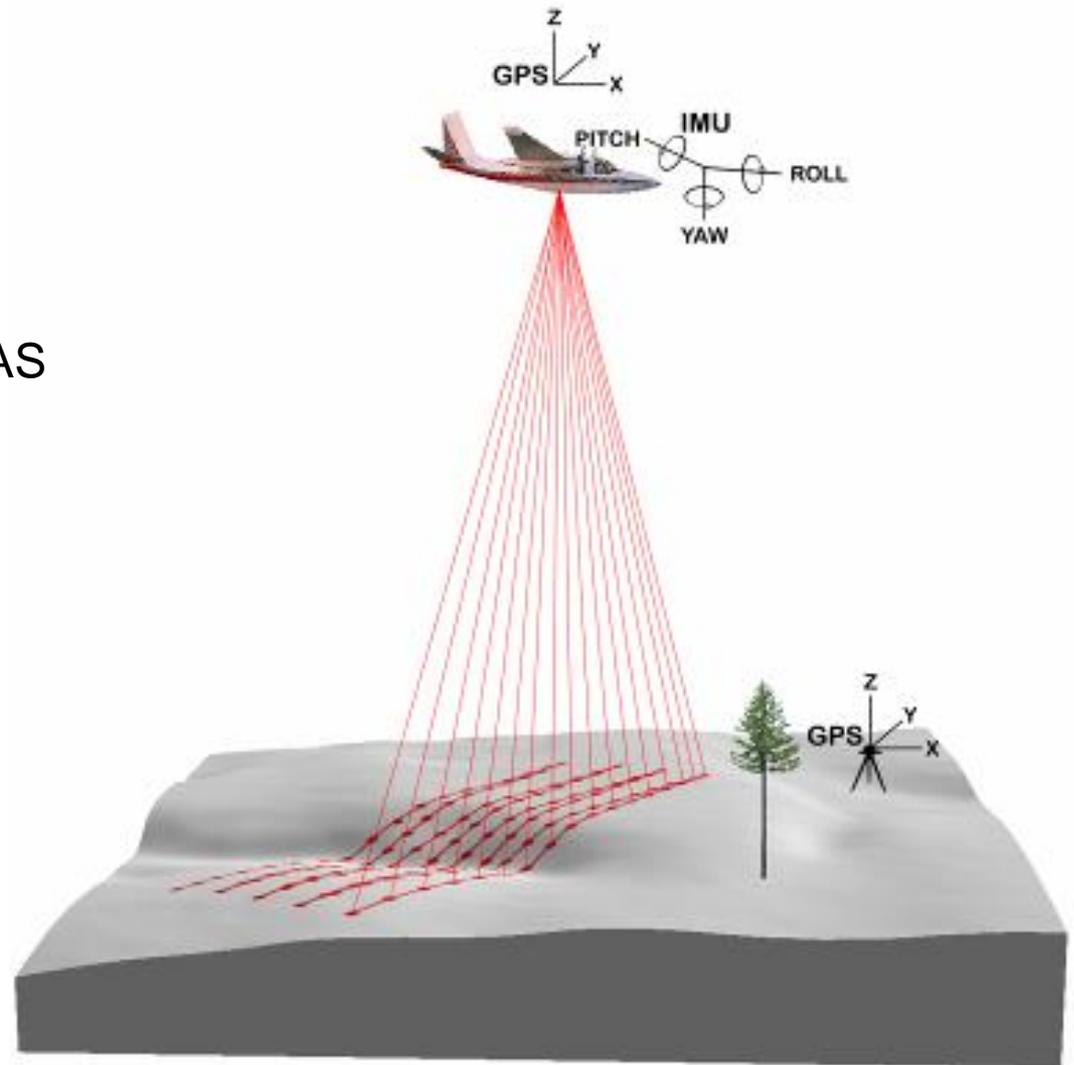
# Принцип работы воздушного лазерного сканера



# Принцип работы воздушного лазерного сканера

Фиксируется 100-500 тысяч  
импульсов в секунду

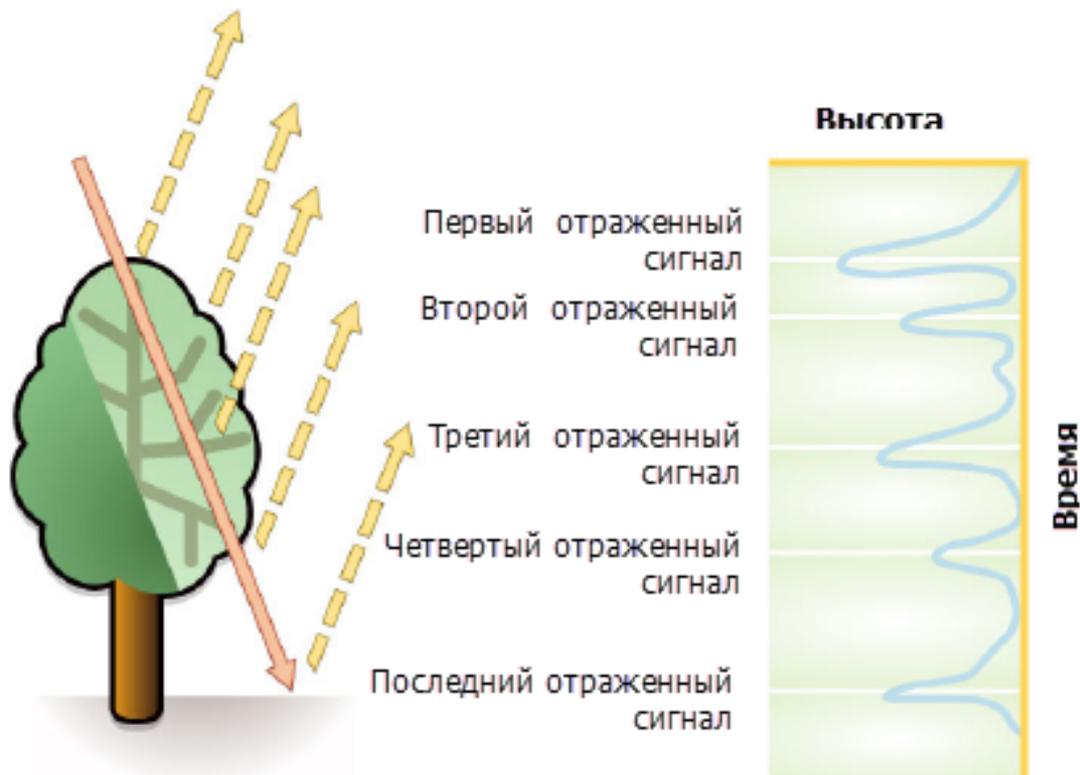
Из измерений формируется  
«облако точек» в формате \*.LAS



# Принцип работы воздушного лазерного сканера

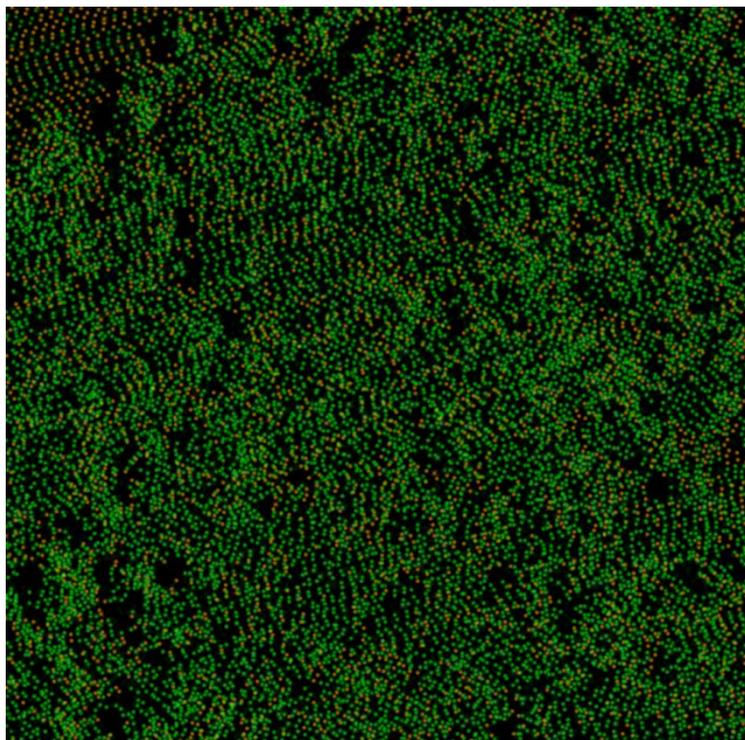
Каждой точке в облаке  
задаётся свой класс:

- земля
- низкорослая  
растительность
- растительность средней  
высоты
- высокая растительность
- здания
- шум
- водные поверхности

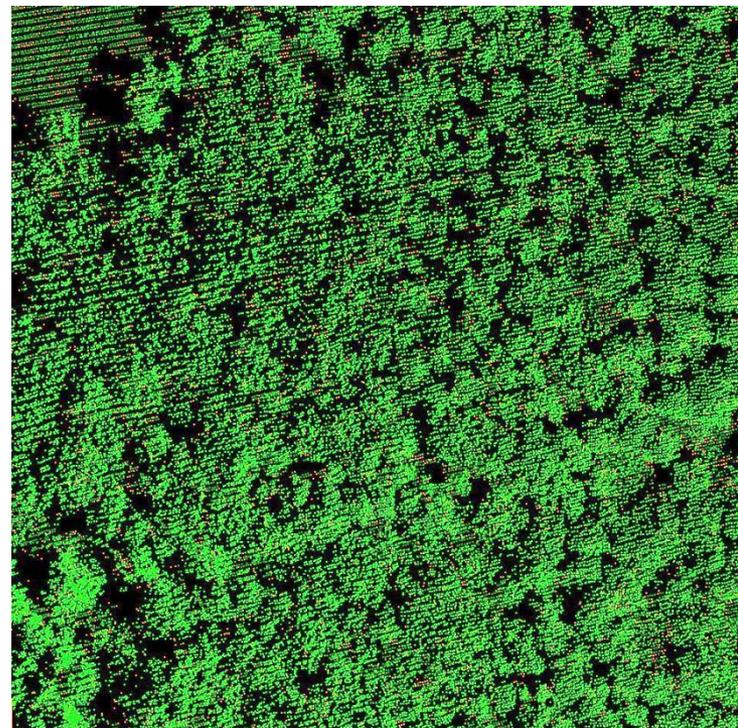


# Данные воздушного лазерного сканирования

1,4 точек/м<sup>2</sup> высота полёта 1500 м



9 точек/м<sup>2</sup> высота полёта 500 м

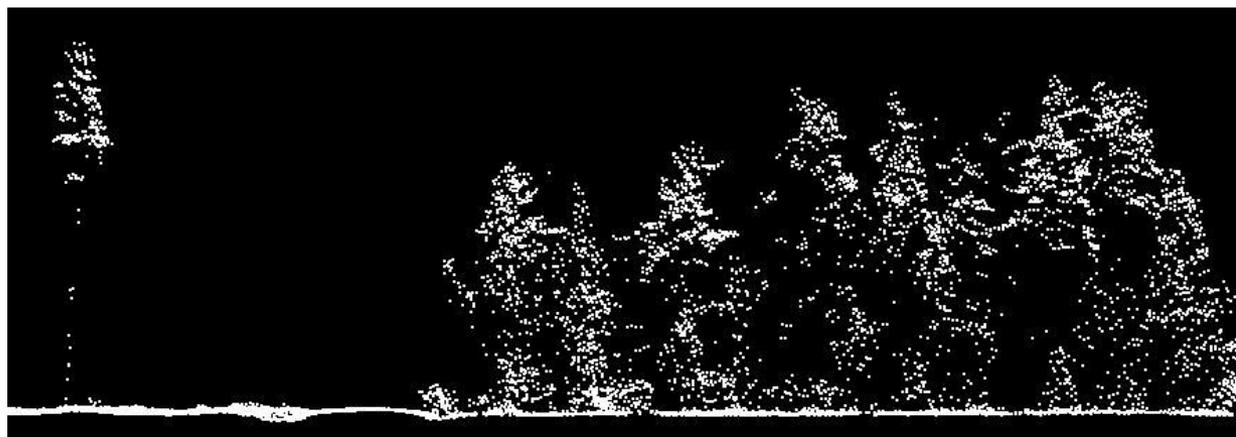


# Данные воздушного лазерного сканирования

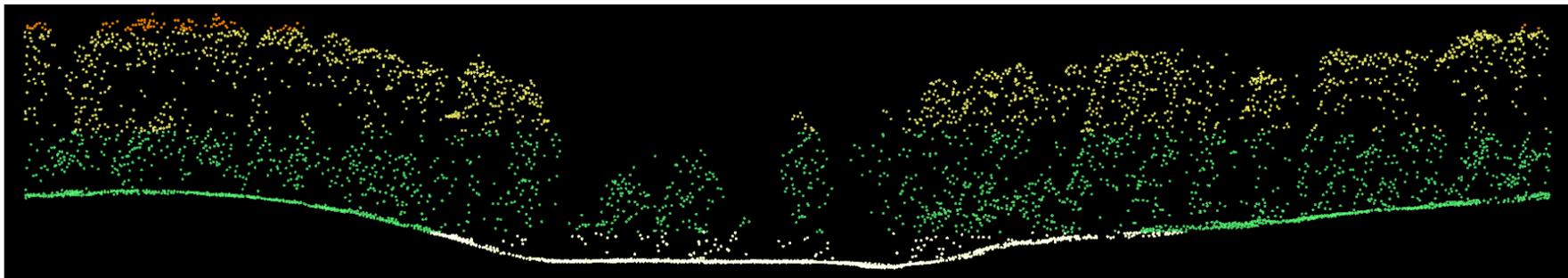
1,4 точек/м<sup>2</sup>  
высота полёта  
1500 м



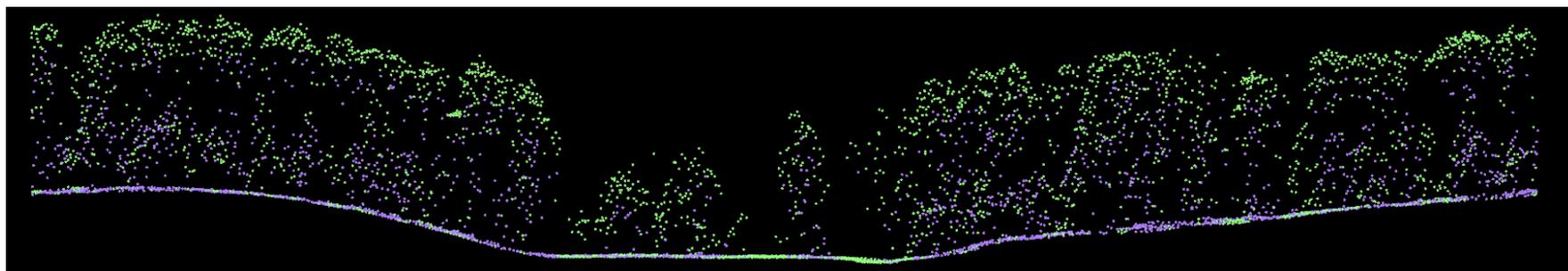
9 точек/м<sup>2</sup>  
высота полёта  
500 м



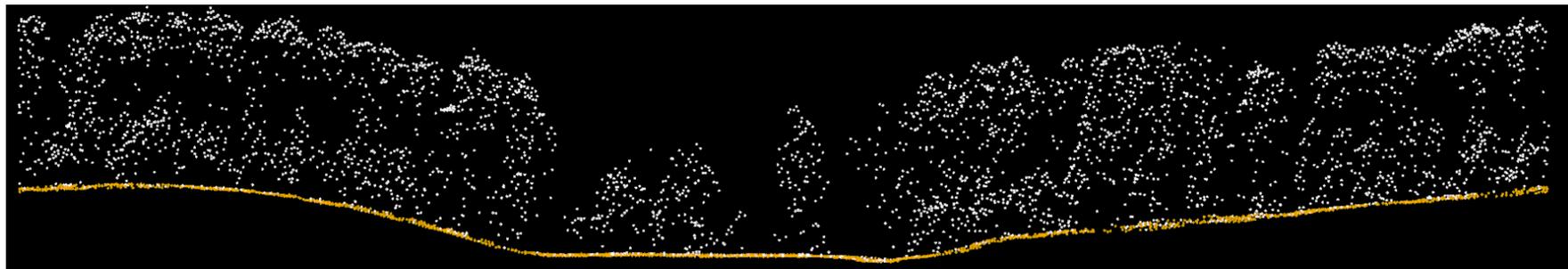
По высоте



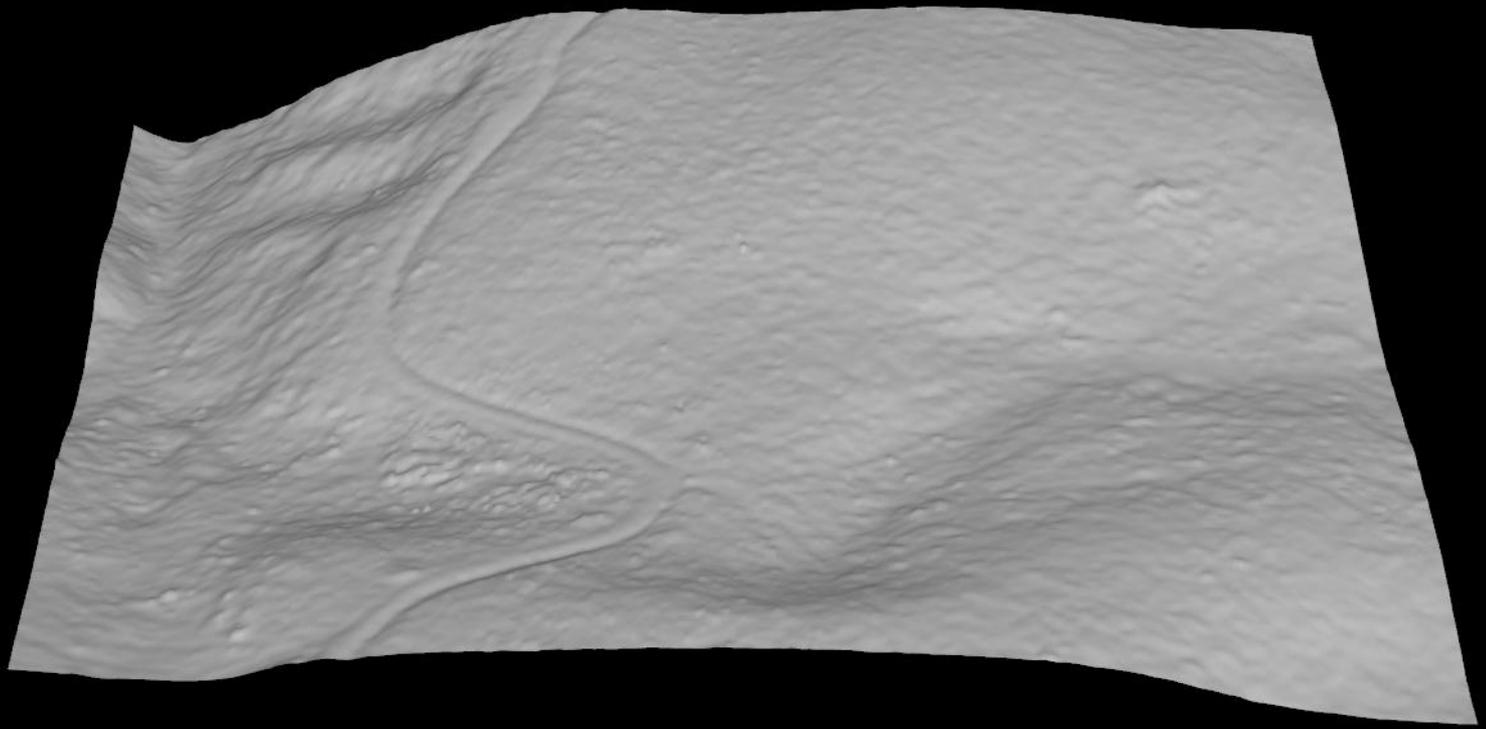
По месту отражения



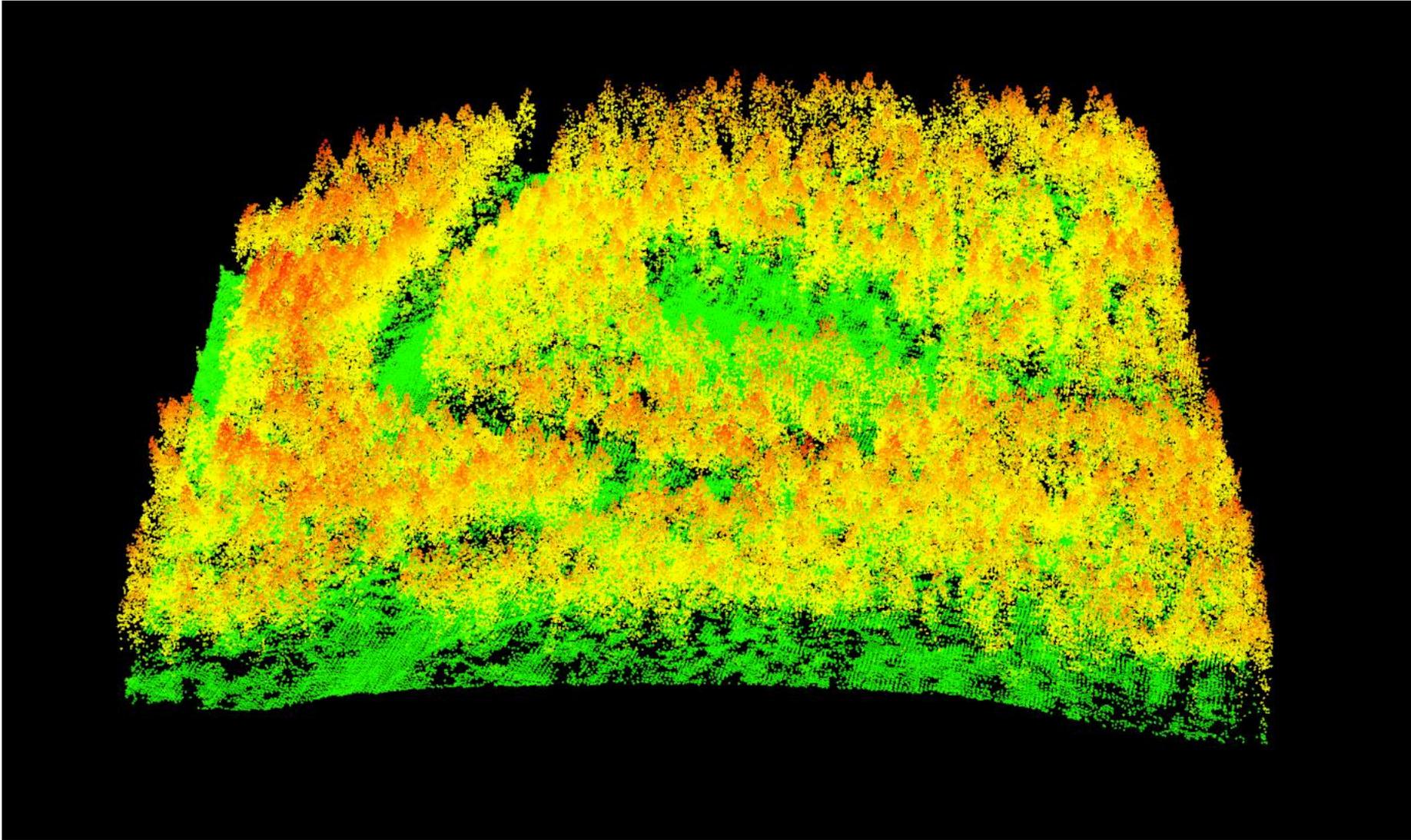
По классу поверхности



# Цифровая модель рельефа



# Визуализация облака точек, окраска по высоте



# Аэрофотосъёмка и получение ортофотопланов



# **Таксация насаждений с использованием данных LiDAR**

# Принципы таксации на основе данных LiDAR

- Полученная высота из данных LiDAR коррелирует со средней высотой дерева/размером дерева.
- Густота растительного слоя коррелирует с количеством стволов/поперечным сечением/размером дерева.
- Измерения LiDAR калибруются полевыми измерениями.

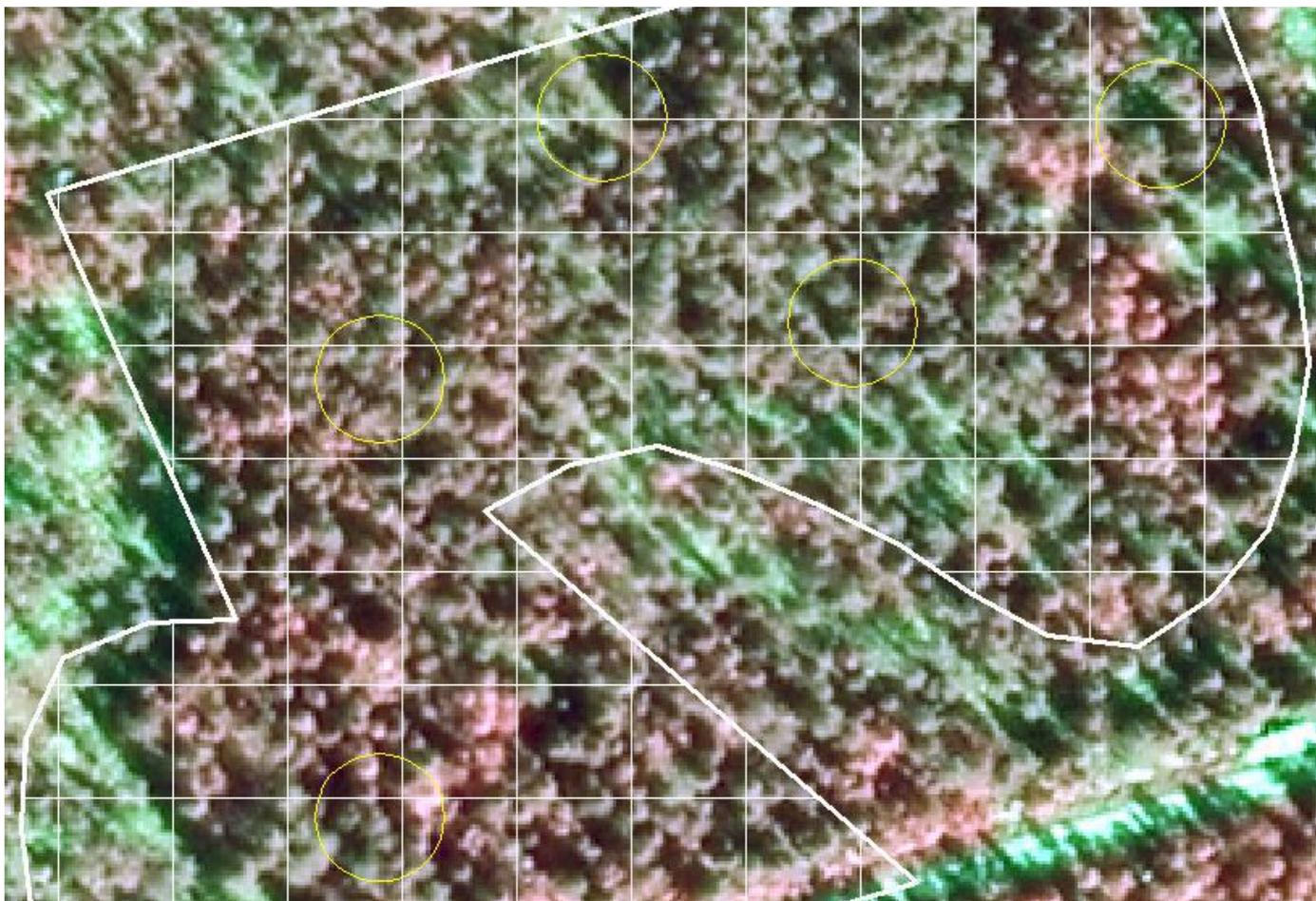
# Основные подходы к таксации с использованием LiDAR

- Зональный метод (Area Base Approach - ABA)
- Метод отдельных деревьев (Individual Tree Detection – ITD)

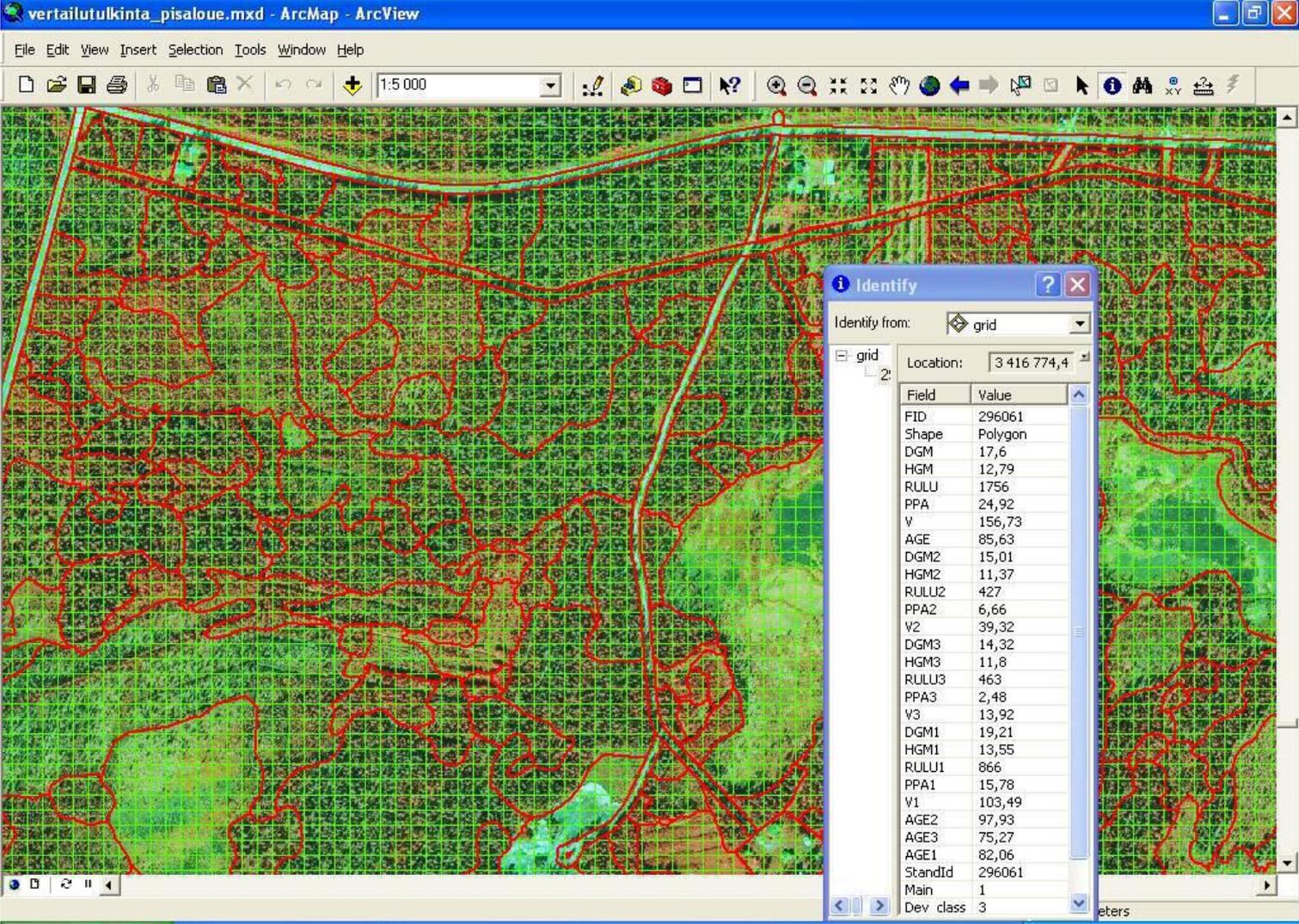
# Зональный метод (АВА)

- Единица расчёта – площадь или ячейка
- Параметры для расчета:
  - ВЛС: высота и плотность
  - АФС: тон и текстура
- Расчеты для участка осуществлены по породному составу и средним показателям для каждой породы.
- Моделирование на основе полевых измерений и ЛидАР

# Зональный метод (АВА)



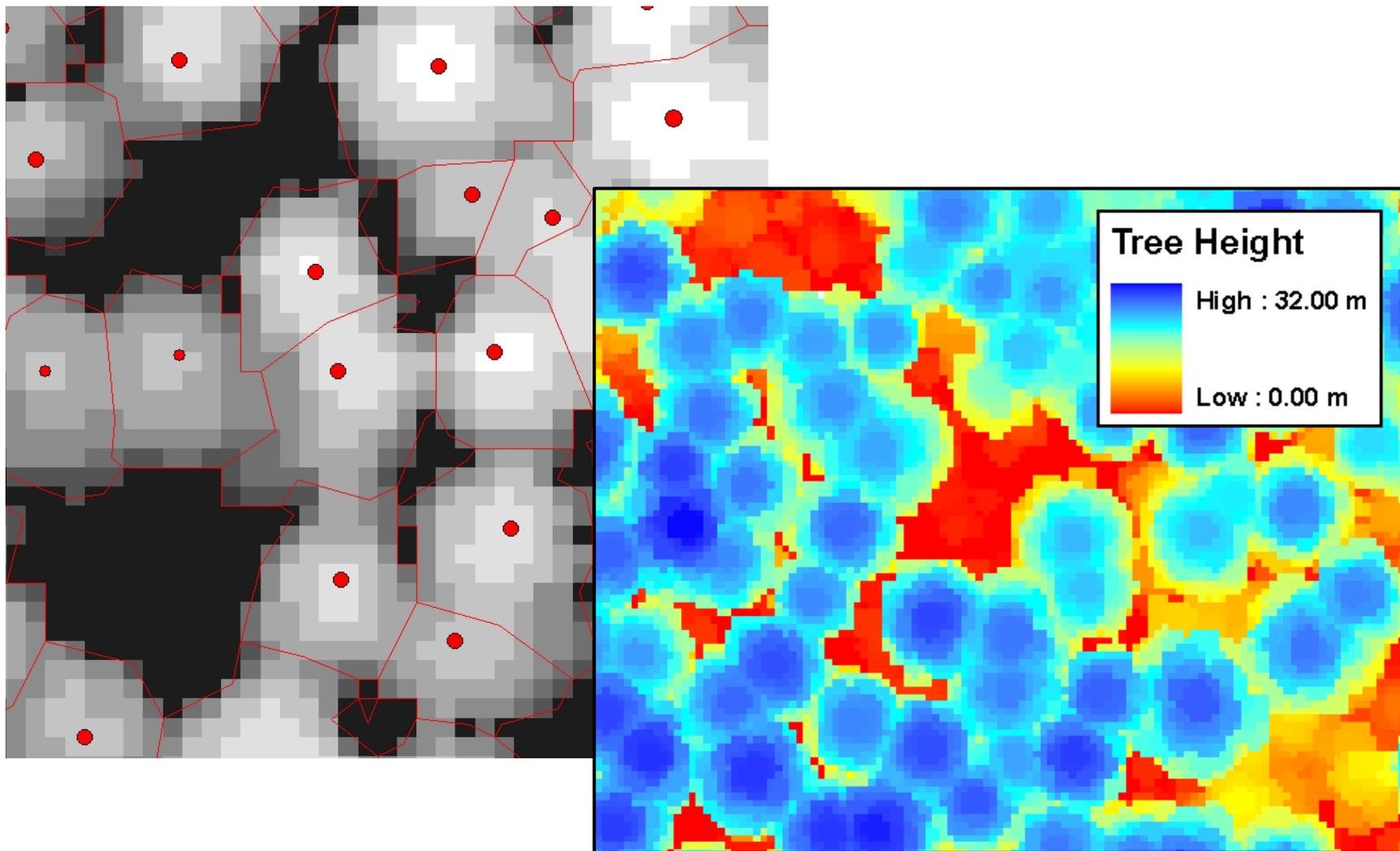
# Зональный метод (АВА)



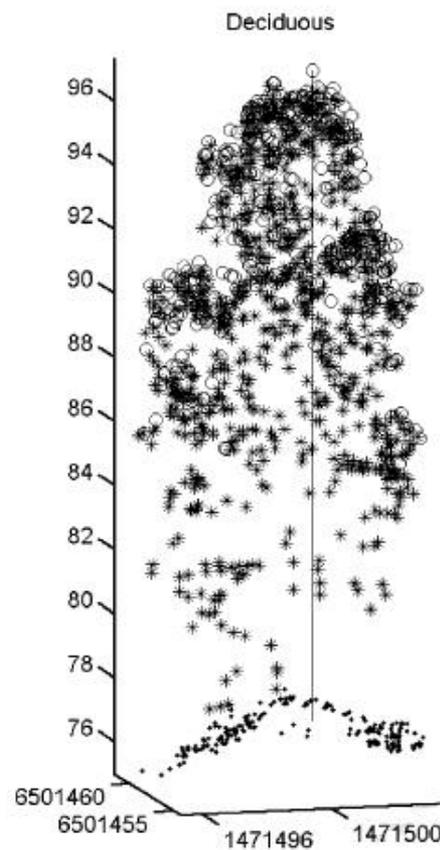
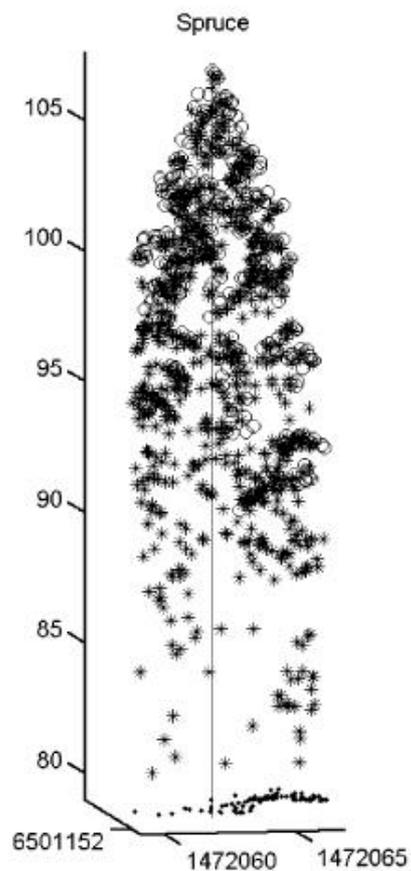
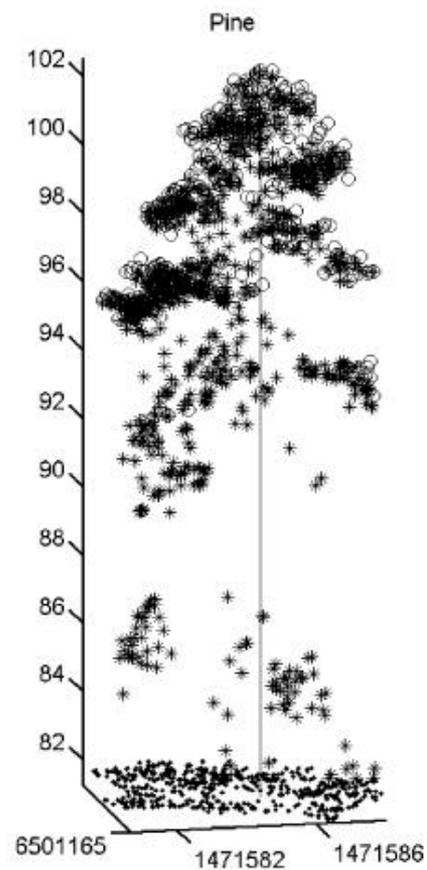
# Метод отдельных деревьев (ITD)

- Создание цифровой модели крон по первым отраженным импульсам.
- Автоматическое обнаружение местных пиков - вершин деревьев.
- Автоматическое оконтуривание крон.
- Высота дерева и размеры кроны служат основой для расчета других параметров.

# Метод отдельных деревьев (ITD)



# Метод отдельных деревьев (ITD)



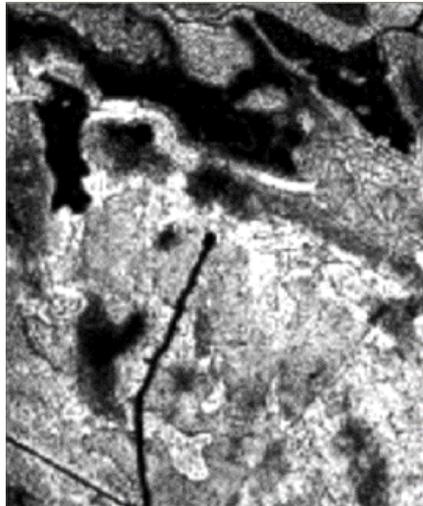
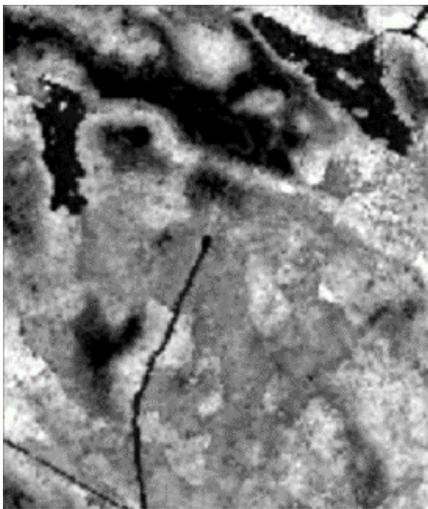
# Сравнение методов

	<b>АВА</b>	<b>ITD</b>
Единица расчета	Ячейка (200-500 кв.м)	Дерево
Данные ЛидАР	Низкая плотность (0.5-1 шт./кв.м)	Высокая плотность (>4 шт./кв.м)
Другие ДДЗ	Аэрофотосъемка или космоснимки ВР	Аэрофотосъемка для улучшения пород
Полевые данные	Пробные площади GNSS, 100-1000/проект	Пробные площади GNSS, 100-1000/проект
Распознавание по породам	На основе оптических данных	На основе форм кроны и оптических данных
Точность определения среднего запаса	<10%	<10%

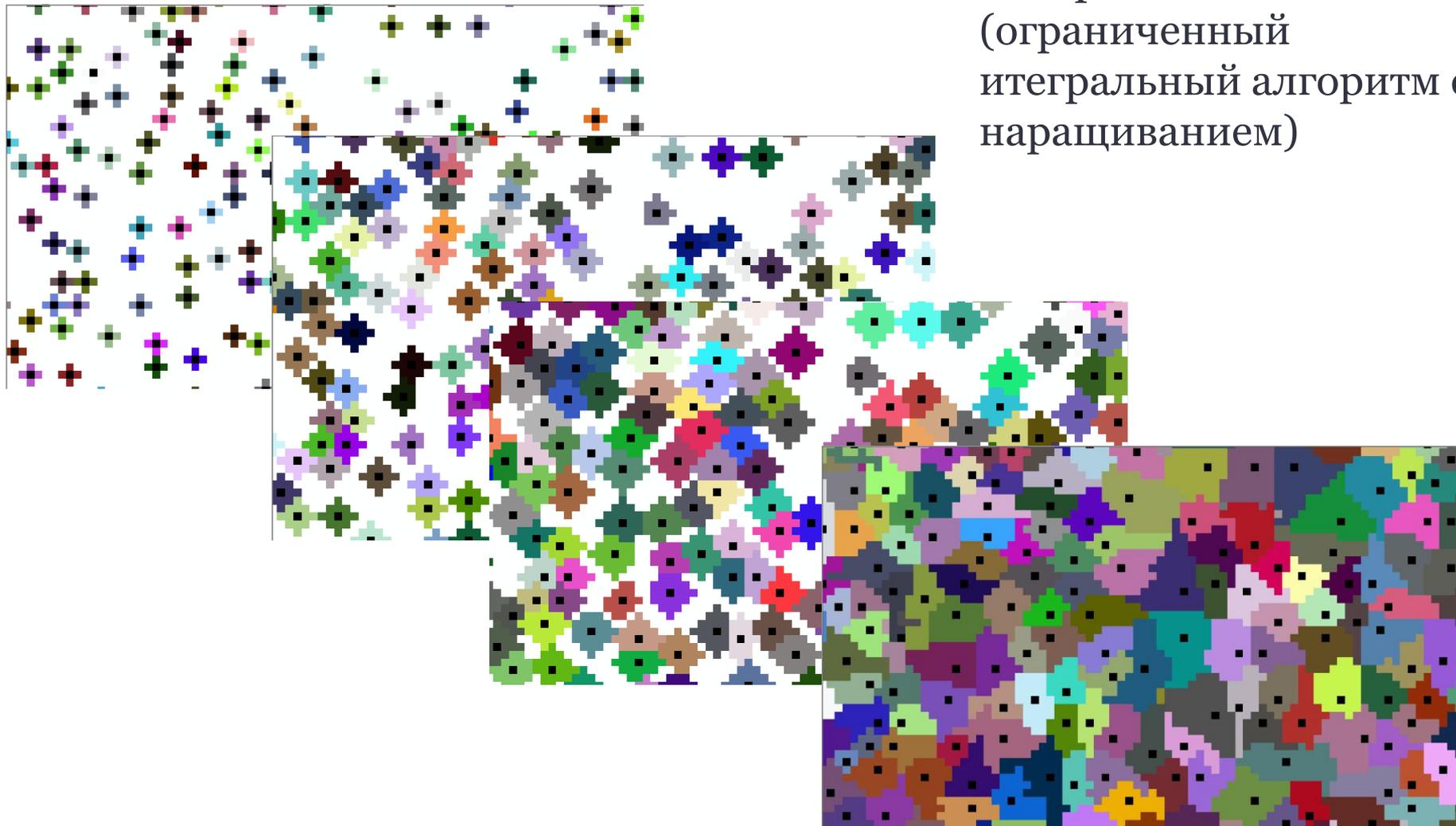
# Сегментация

## ВХОДНЫЕ ДАННЫЕ

- Высота и плотность деревьев – данные LiDAR,
- Породно-возрастная структура – оптические данные АФС и КС
- Настройка алгоритма разграничения выделов для сегментации территории на однородные участки
- Прочая информация (границы кварталов, участковых лесничеств, лесничеств, защитных лесов, линейных объектов и т.д.)

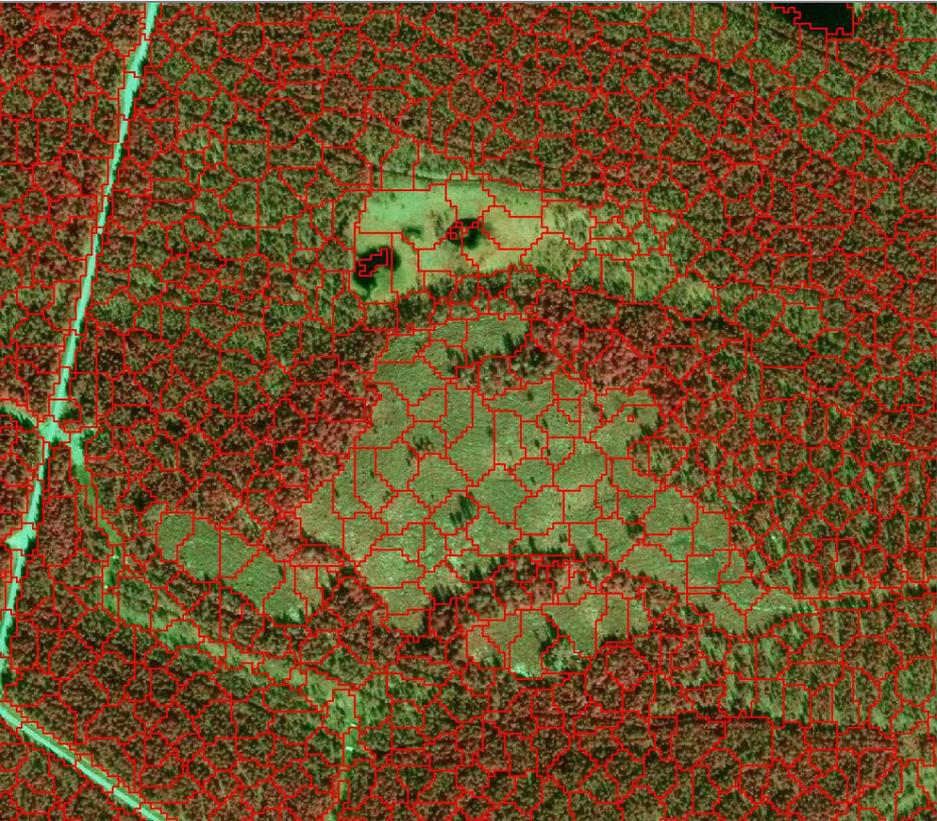
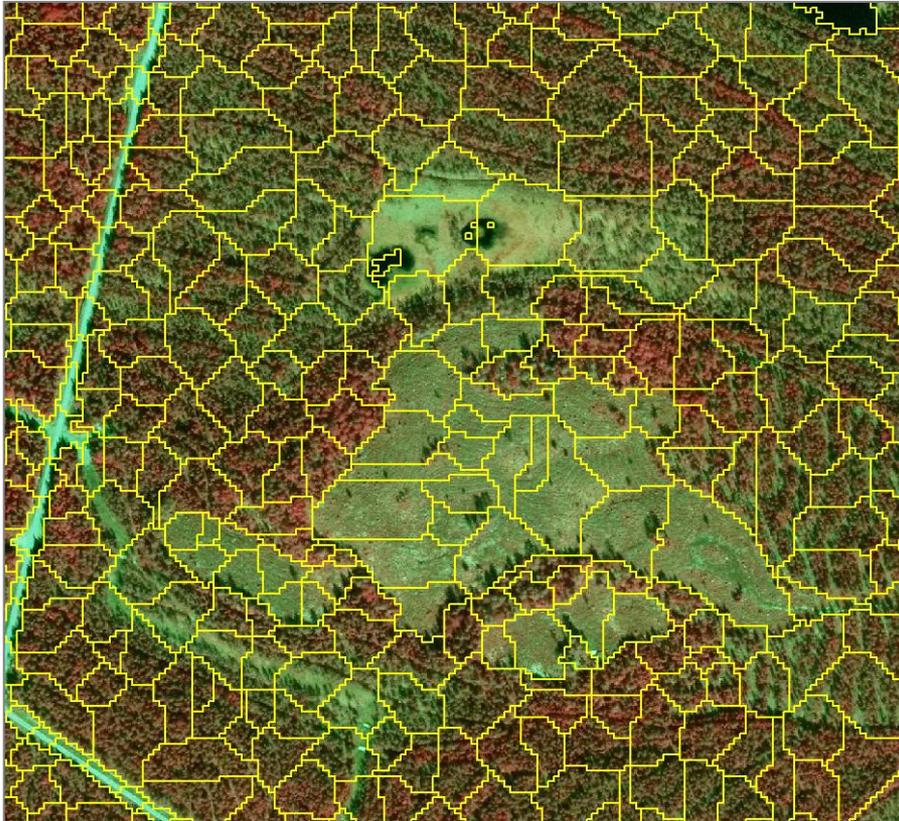


# Сегментация наращивание областей



Алгоритм 'LIRGA'  
(ограниченный  
интегральный алгоритм с  
наращиванием)

# Сегментация варианты с различными настройками



# Сегментация итоговые границы выделов



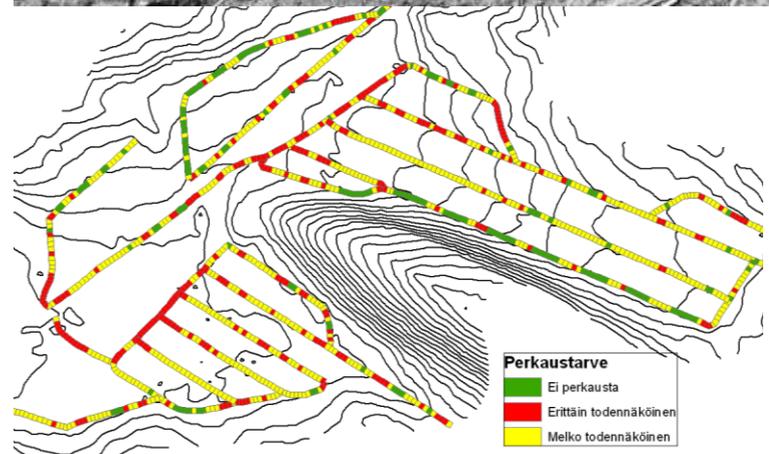
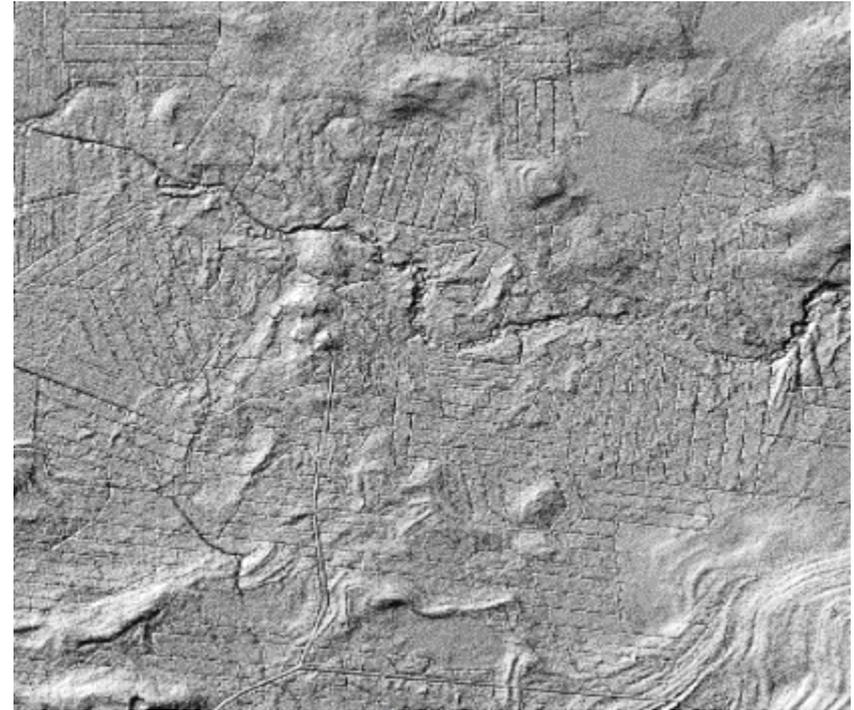
# Пример точности измерений

Проект А					
Параметр	Оценка, средняя	Измерено, среднее	Отклонение	Отклонение%	Норматив по действующей л/у инструкции
Запас, куб.м/га	194,9	199,2	-4,4	-2,2 %	15 %
Площадь поперечного сечения кв.м/га	24,8	25,0	-0,3	-1,2 %	15 %
Средний диаметр, см	18,9	19,7	-0,8	-3,9 %	10 %
Средняя высота, м	15,8	16,1	-0,3	-1,8 %	8 %

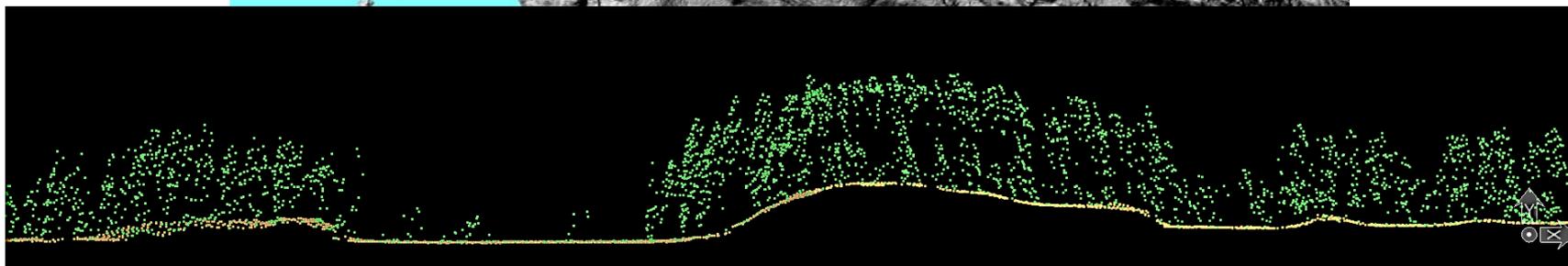
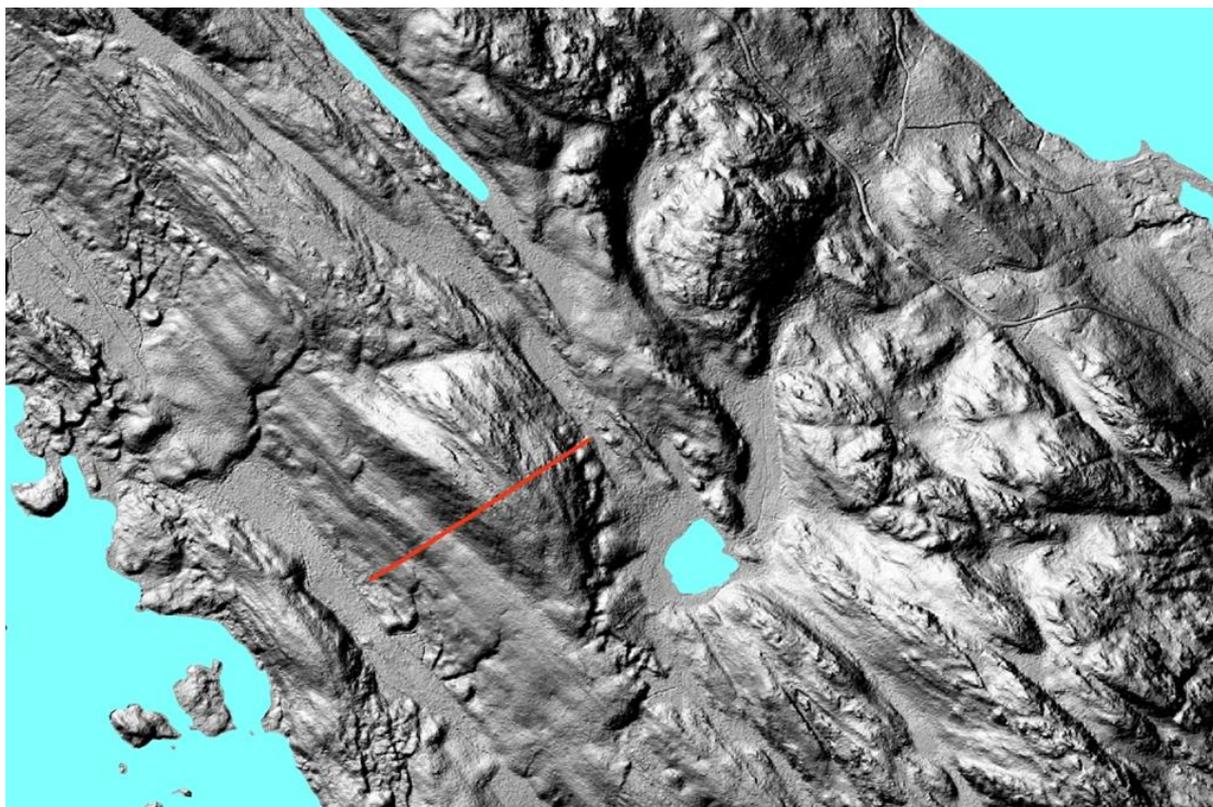
Проект Б					
Параметр	Оценка, средняя	Измерено, среднее	Отклонение	Отклонение%	Норматив по действующей л/у инструкции
Запас, куб.м/га	222,7	219,4	3,3	1,5%	15 %
Площадь поперечного сечения кв.м/га	23,7	22,6	1	4,6%	15 %
Средний диаметр, см	22,5	22,3	0,3	1,2%	10 %
Средняя высота, м	18,9	19,4	-0,5	-2,5%	8 %

# Дополнительная информация

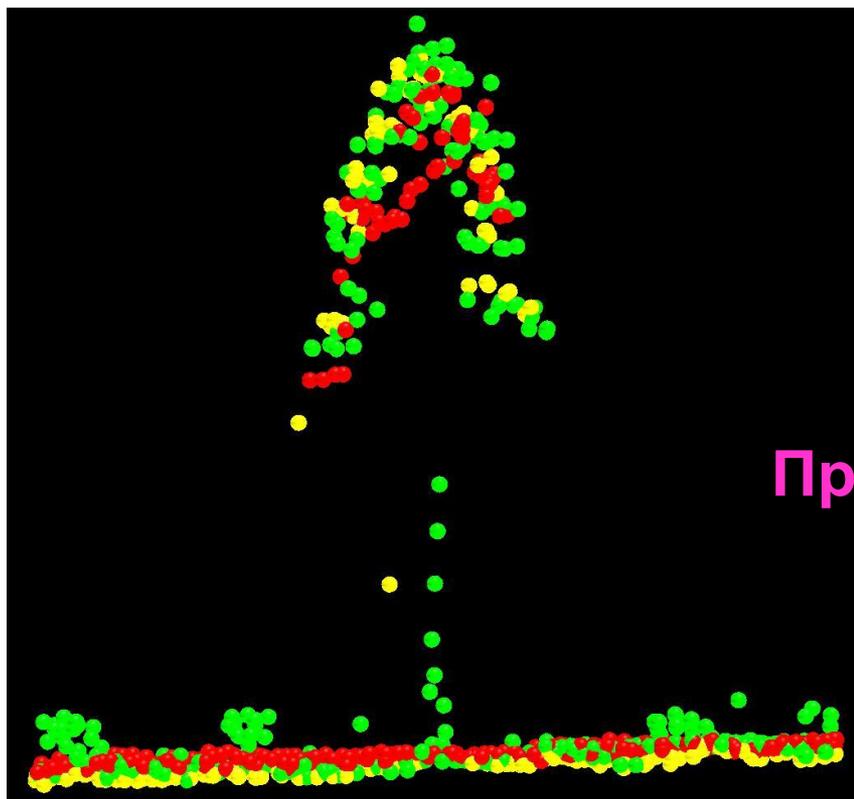
- Проектирование лесных дорог
- Силуэтное изображение рельефа отмывкой
- Модель высоты крон (СНМ)
- Цифровая модель местности
- Цифровая модель рельефа



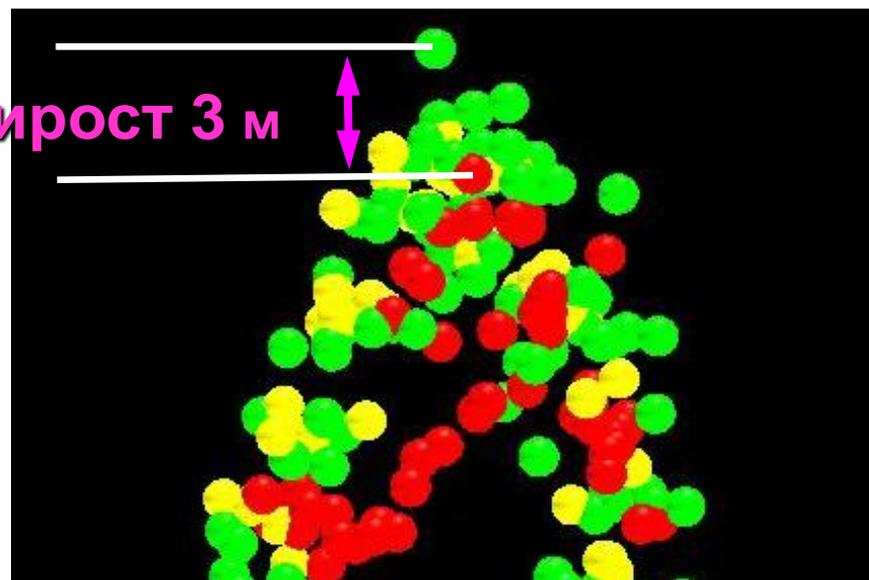
# Дополнительная информация



# Удешевление работ при последующих турах лесоустройства



Прирост 3 м



# Преимущества технологии с использованием данных LiDAR

1. Объективно точные данные на весь объект лесоустройства
2. Площадь объекта работ за один сезон до 1 000 000 га
3. Меньший объем полевых работ
4. Экономия времени
5. Удешевление работ
6. Простое управление базами данных
7. Прозрачный процесс сбора и обработки данных
8. Дополнительные преимущества

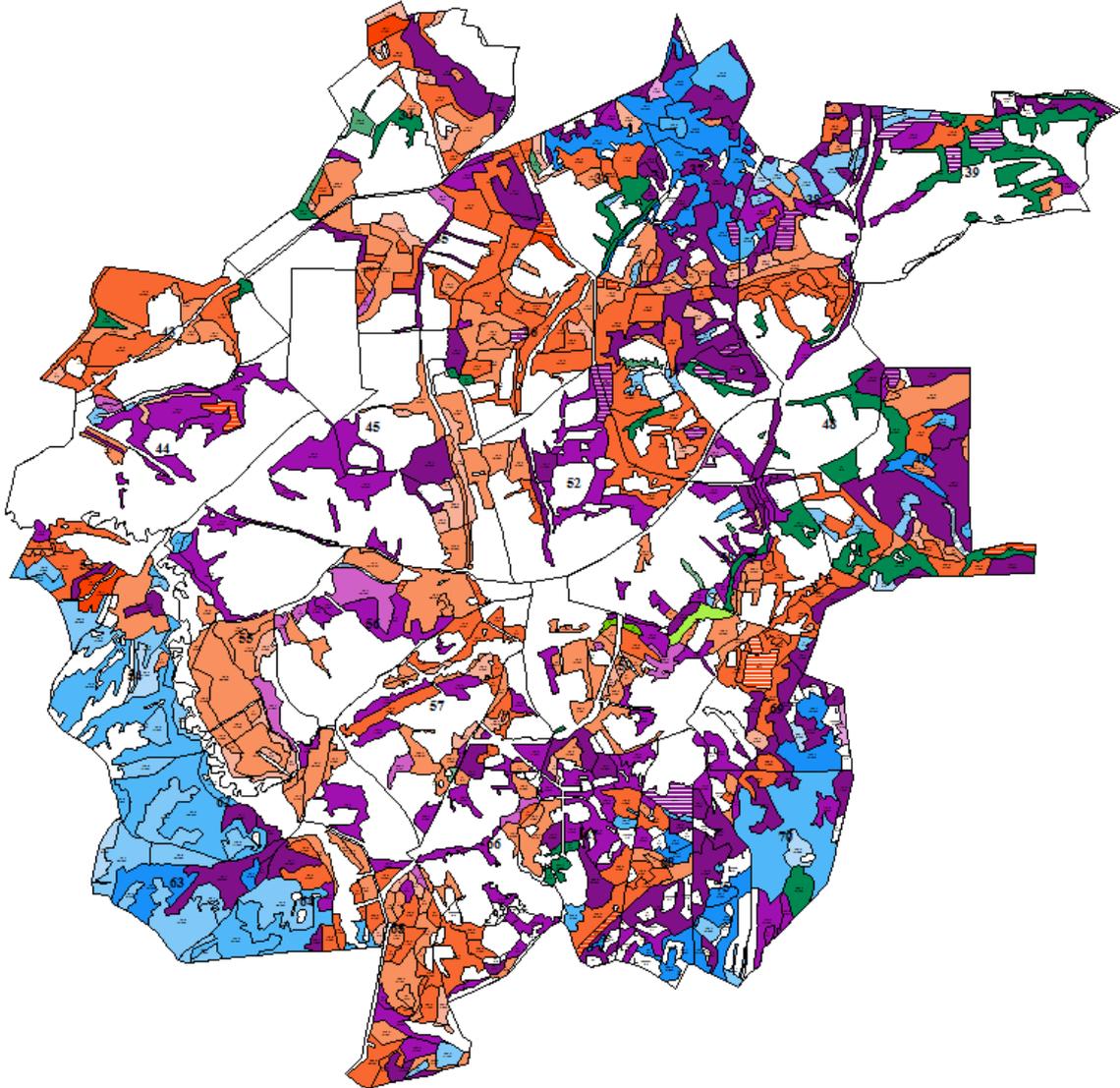
**Реализация международного  
исследовательского проекта  
(Россия-Финляндия) на территории  
Пермского края**

# Местоположение исследуемого участка

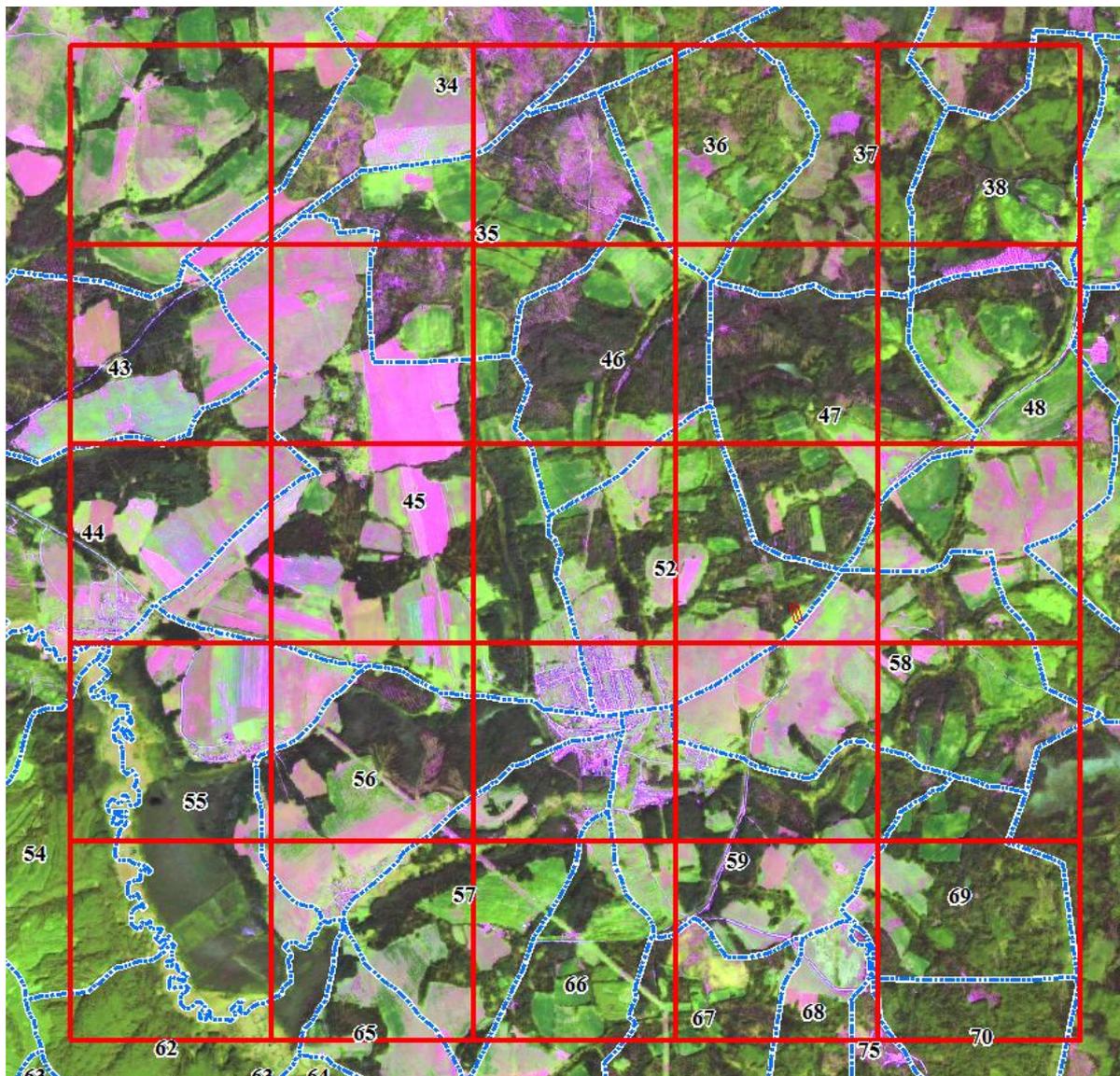
- Соликамское лесничество
- Соликамское участковое (бывш. Половодовское)
- Форма - квадрат 10x10 км
- Площадь лесного фонда 4752 га
- Количество пробных площадей 309 шт.



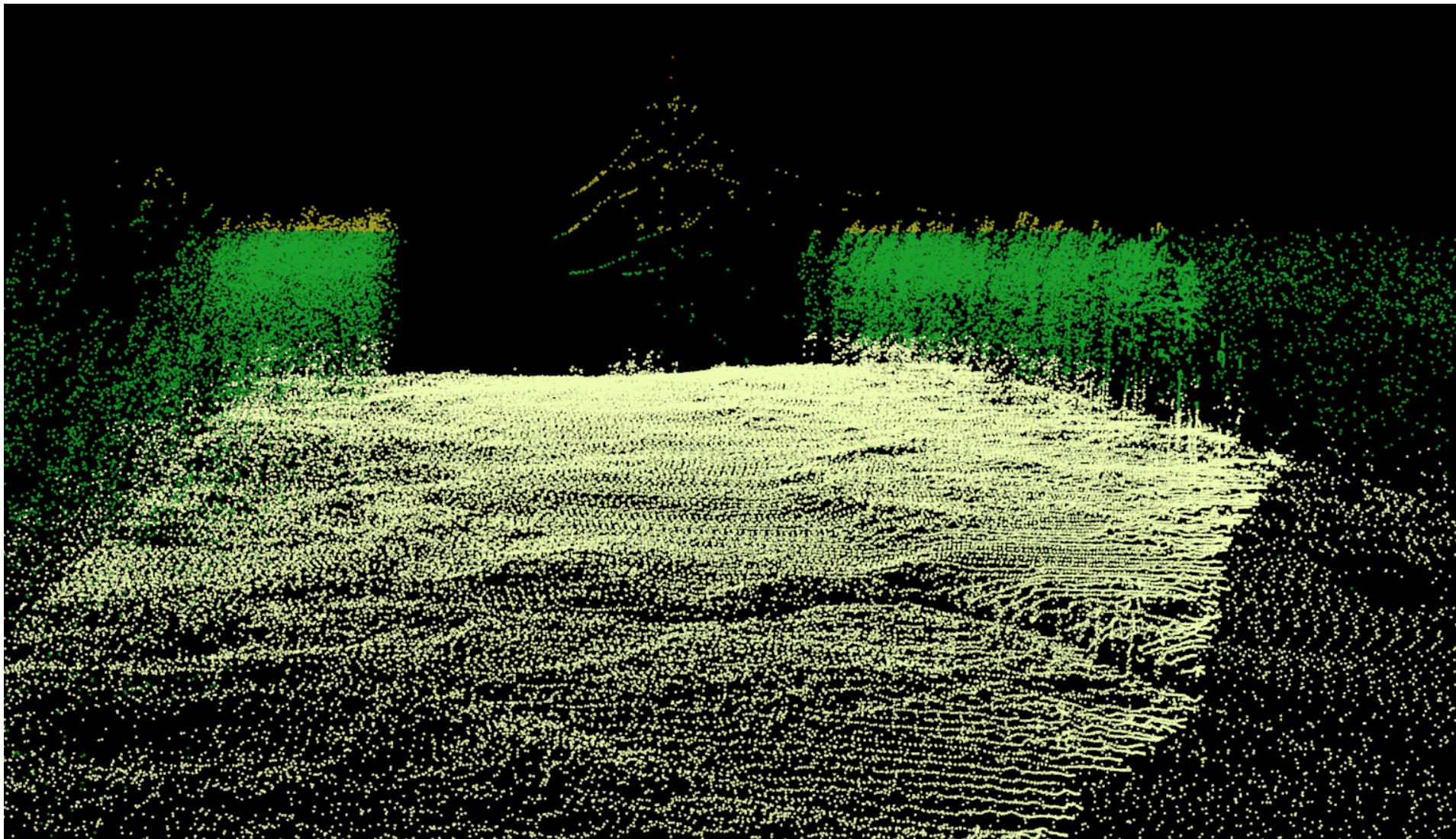
# Повыдельная база данных



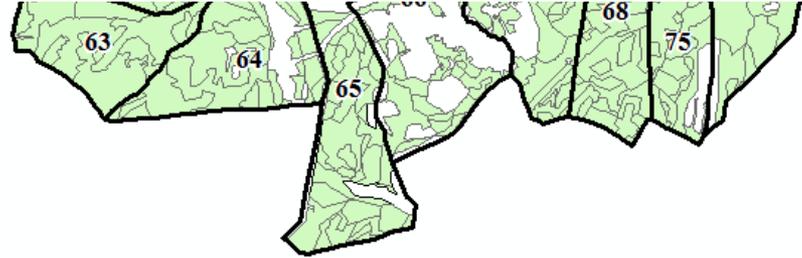
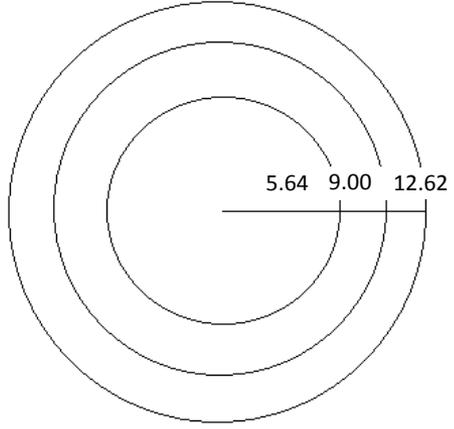
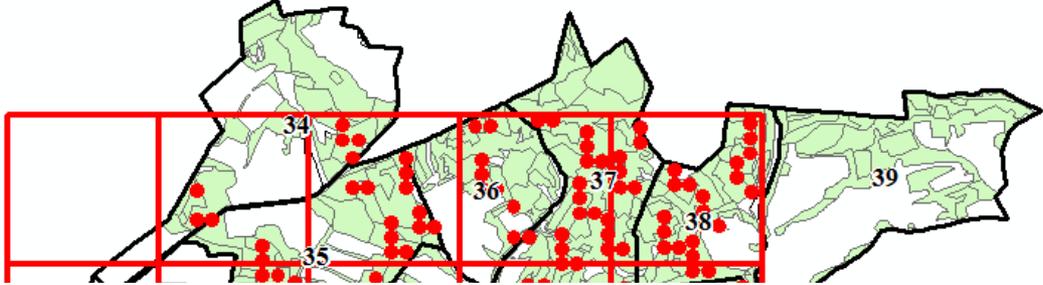
# Данные спутника SPOT-5



# Данные LiDAR



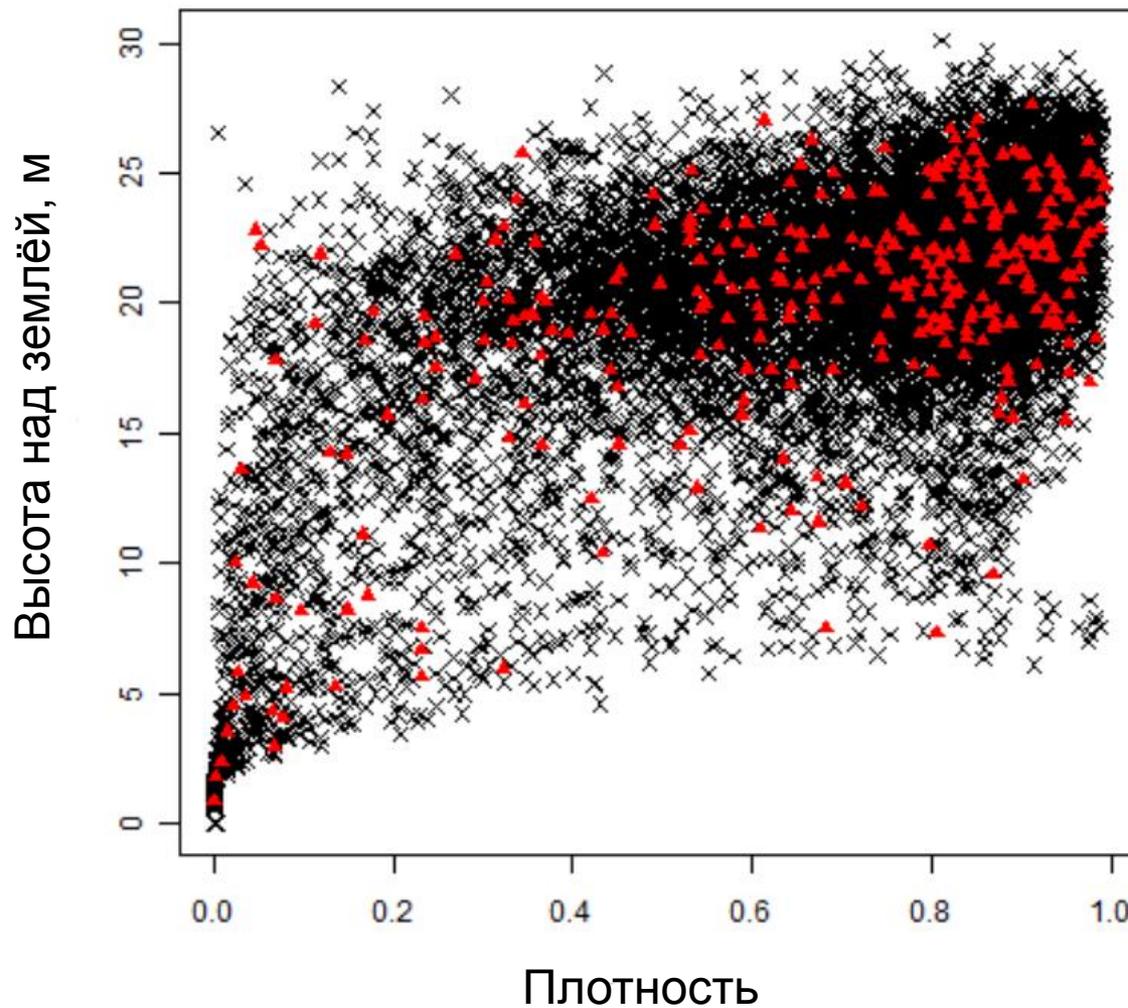
# Расположение 309 пробных площадей



# Группировка типов леса

GROUP	Forest type	Category	Description	Area HA
1	СДМ	A4	Pinetum polytrichosum	6
	СОСФ	A5	Pinetum caricoso-sphagnosum	24
	СОХВ	A5	Pinetum caricosum	143
	ССФ	A5	Pinetum sphagnosum	3
	СЧ	B3	Pinetum myrtillosum	40
				<b>217</b>
2	СК	C2	Pinetum oxalidosum	344
				<b>344</b>
3	СБР	A2	Pinetum vaccinosum	1
	СЗМ	B2	Pinetum hylocomiosa	1795
				<b>1796</b>
4	ЕЗМ	B2	Piceetum hylocomiosa	833
	ЕЧ	B3	Piceetum myrtillosum	491
				<b>1324</b>
5	ЕЛП	C2	Piceetum tiliosum	9
	ЕК	C2	Piceetum oxalidosum	783
	ЕТР	C3	Piceetum herbosum	172
				<b>964</b>
6	ЕОХВ	B4	Piceetum caricosum	1
	ЕДМ	B4	Piceetum polytrichosum	21
	ЕЛГ	C4	Piceetum fontinale-herbosum	58
				<b>80</b>
7	ОЛТВ	C4	Alnetum filipendulosum	5
	БПМ	C4	Betuletum fontinale	22
				<b>27</b>
			<b>SUM</b>	<b>4752</b>

# Распределение высоты и плотности



**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**

**Кедров Александр**  
заместитель директора

**ООО «Малое инновационное предприятие  
«Центр космических технологий и услуг»  
614000, г. Пермь, ул. Букирева, 15  
e-mail: kedalex@gmail.com      тел. 89028383199**