

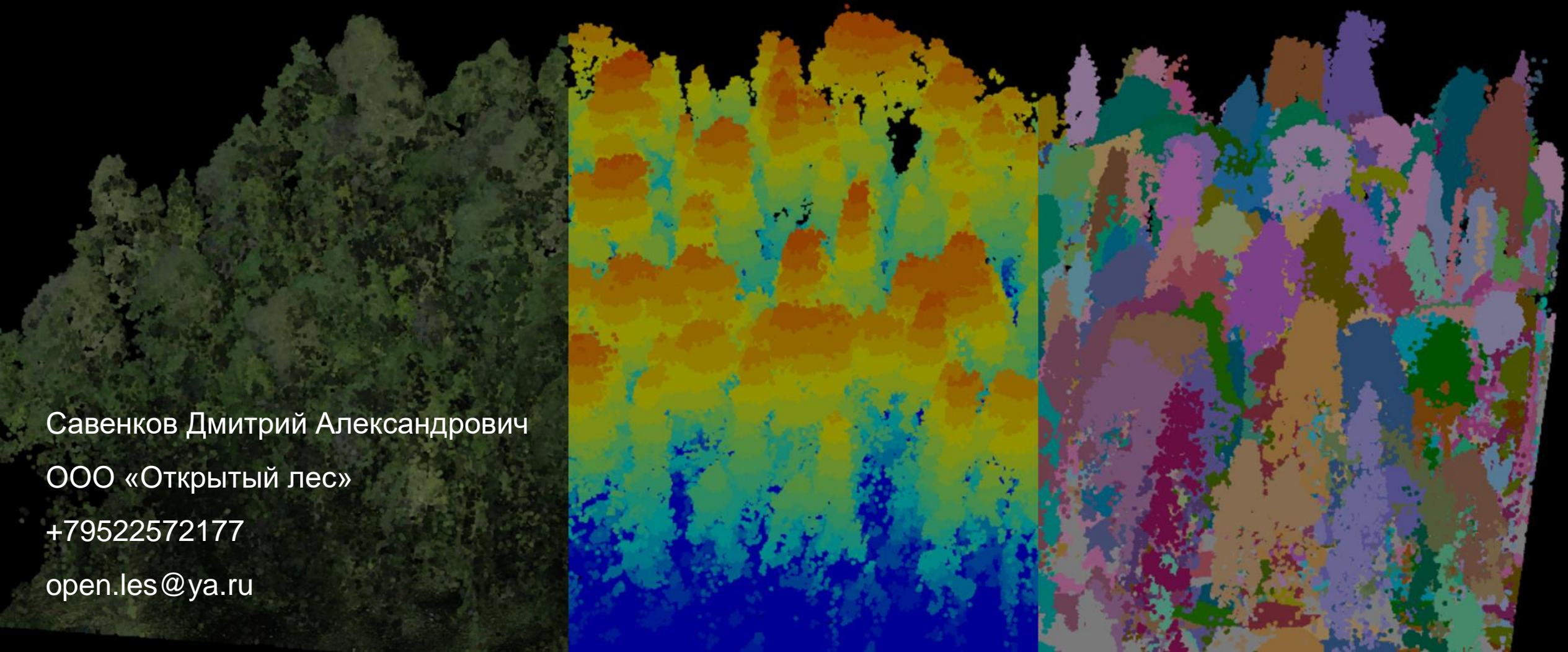
# Лазерная таксация лесов

Савенков Дмитрий Александрович

ООО «Открытый лес»

+79522572177

[open.les@ya.ru](mailto:open.les@ya.ru)



# Мы 3 года на рынке и уже год работаем над новой технологией

Мы уже **давно оказываем полный комплекс услуг** в области лесного хозяйства

- Отвели участки площадью более 10 000 га
- Внедрили ГИС в 3 компаниях (NextGIS, QGIS)
- Составили 500+ лесных деклараций, проектов лесовосстановления, ПОЛ.

Задачи клиентов побудили нас разработать **ПО для автоматизации таксации**

- Получили поддержку ФСИ на проведение НИР
- Используем воздушный лидар для лесной таксации
- Разработали рабочий прототип ПО

ФОНД СОДЕЙСТВИЯ  
ИННОВАЦИЯМ



## Лесозаготовители теряют деньги на ошибках при таксации

**Балансовая модель** требует точного измерения объемов на лесосеке

- Можно точно измерить штабеля, лесовозы, но вся цепочка рушится на этапе таксации
- С 2025 года начнутся штрафы

При отводе и таксации участков подрядчики **допускают ошибки**

- Переписывание данных с таксационного описания
- Низкий уровень квалификации персонала
- Не закладывается достаточного количества пробных площадей

**Проблема:** объем фактически заготовленной древесины часто отличается от задекларированного

# Мы уменьшаем ошибки при помощи лазерной таксации

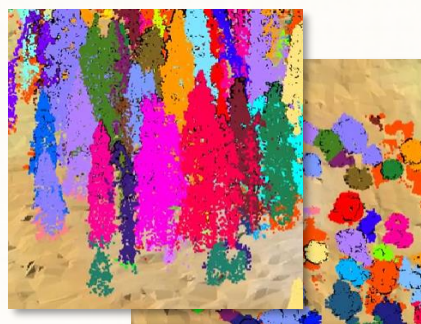
## Собираем данные дронами



Строим 3D-карту участка с помощью лазерного сканирования

# 300 га/день

## Извлекаем параметры деревьев



Автоматически обнаруживаем кроны, определяем высоты и породы деревьев:

- Обработка 100 га занимает 15 минут

## Формируем таксационное описание

Таксационное описание лесовки № 1															
Лесничество Пинежское Архангельская область, участковое лесничество Келдинокское,															
Участок Келдинокское, квартал 102															
№ Выдела	Площадь выдела, га	Состав лесного насаждения	Ярус	Высота яруса, м	Порода	Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см	Бонитет	Полнота	Запас вырастающего леса, м3			Класс товарности	
											на 1 га	Общий на выделе	В том числе по древесным породам		
1	2	4	5	8	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
9	23,0	7	1	14	С	170	14	17	5	0,4	85	143,9	94,8	3	
		2			Е	180	13	17					32,7		
		1			Б	120	16	18					16,4		
		0			Лц	0	0	0,0							
Всего по выделу		х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	143,9	191,8	х	
14	41,0	1	1	16	С	170	18	19	5	0,5	107	1487,1	724,9	3	
		5			Е	180	16	24					489,5		
		3			Б	120	17	21					0,0		
		0			Лц	0	0	0,0							
Всего по выделу		х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	1487,1	1214,4	х	
Итого по лесовке		х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	1611,02	1416,2	х	

Используем лесотаксационные формулы:

- Полная автоматизация
- Масштабируемость

## Сами выезжаем и собираем данные

- Собираем данные своим дроном DJI Matrice 300 с лидаром Zenmuse L1.
- Можем использовать другие лидары, другие дроны (например, Геоскана, АГМ и т.п.)
- **Требуемая плотность точек – 1000 тчк/м<sup>2</sup>**

Производительность сбора данных

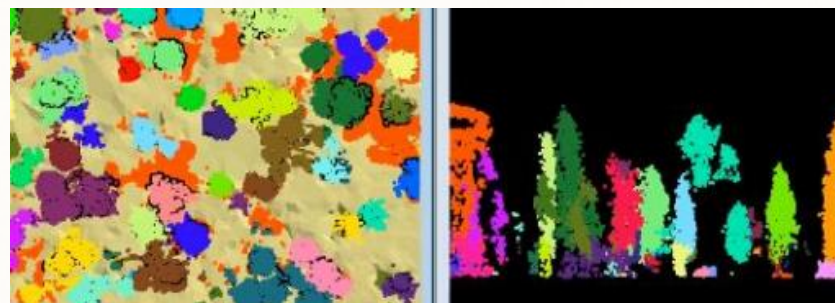
до **300 га/день**



Выполнение  
полевых работ



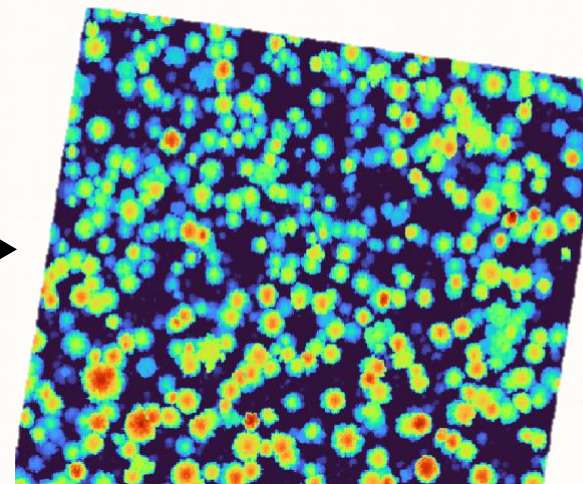
Результаты  
съемки  
исследуемого  
участка



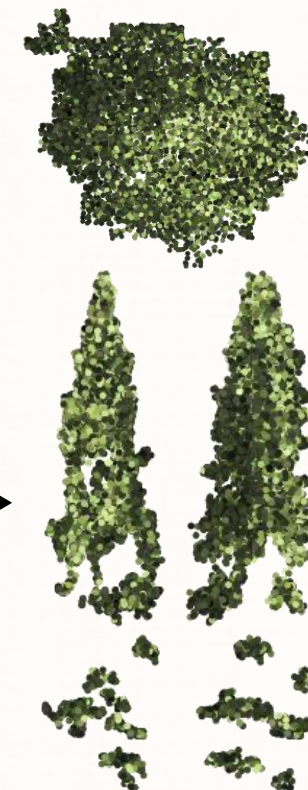
Результаты  
обработки  
данных

# Используем классический алгоритм, адаптированный к СЗФО

1. Выделяем исследуемый участок
2. Классифицируем землю
3. Нормализуем облако точек
4. **Строим растровую карту высот крон**
5. Применяем фильтр сглаживания
6. Обнаруживаем потенциальные вершины деревьев
7. Фильтруем потенциальные вершины
8. Сегментируем деревья от вершин вниз
9. **Проецируем каждое дерево по оси X, Y и Z**
10. Классифицируем деревья по проекциям
11. Формируем список деревьев с высотами, породами
12. Автоматически подбираем разряд на основе 90-го перцентиля высот
13. Алгоритм считает запас каждого дерева
14. Готовим сводную таблицу



Карта высот крон



3 проекции дерева

treeID	Z	convhull_area	species
1	30.92	8.239	spruce
2	30.05	3.493	spruce
3	28.87	9.645	spruce
4	28.84	14.285	spruce
5	28.5	19.77	spruce
6	28.35	16.068	spruce

Список деревьев с высотами

## Используем классический алгоритм, адаптированный к СЗФО

1. Выделяем исследуемый участок
2. Классифицируем землю
3. Нормализуем облако точек
4. Строим растровую карту высот крон

5. **Применяем фильтр сглаживания**
6. Обнаруживаем потенциальные вершины деревьев

7. **Фильтруем потенциальные вершины**
8. Сегментируем деревья от вершин вниз
9. Проецируем каждое дерево по оси X, Y и Z

10. **Классифицируем деревья по проекциям**
11. Формируем список деревьев с высотами, породами

12. **Автоматически подбираем разряд на основе 90-го перцентиля высот**

13. Алгоритм считает запас каждого дерева
14. Готовим сводную таблицу

Мы взяли алгоритм, который используют канадцы и финны, реализовали его **с нуля** и адаптировали под наши леса и практики:

- ✓ Подобрали подходящий механизм сглаживания, который сохраняет только реальные вершины
- ✓ Выработали фильтр вершин по евклидовому расстоянию, чтобы не получать ложных вершин в лиственных кронах
- ✓ Обучили собственный классификатор на ~4000 вручную размеченных деревьях
- ✓ Убрали ручные расчеты разрядов и запаковали все в алгоритм

## У алгоритма осталась часть проблем зарубежного предка

Мы пробовали много разных подходов, и остановились на том, у которого **меньше всего недостатков**. Тем не менее, они есть и их важно иметь в виду:

- ❖ Требуется плотность облака **1000 тчк/м<sup>2</sup>**, что возможно **только с дрона**
- ❖ Определяем только **ель, сосну, березу, осину** и сухостой
- ❖ **Плохо учитываем 2-й ярус** при высоком перекрытии
- ❖ **Не находим подрост**



# Проверили технологию на 8 участках сплошного перечета в АО



- ✓ **3.15%** средняя абсолютная ошибка по числу стволов (1 ярус, полнота  $\leq 0.9$ )
- ✓ **80.3%** точность определения породы каждого отдельного дерева (4 породы на участке)
- ✓ **4.8%** средняя абсолютная ошибка по запасу по каждой породе (кроме пород с  $n$  деревьев на участке  $< 30$ )
- ✓ **2.1%** средняя ошибка по общему запасу на участке

## Отдаем результаты на следующий день после сбора данных

**Результат** – отчет об участке леса для составления таксационного описания лесосеки

- Количество деревьев по каждой породе
- Высоты каждого дерева
- Породный состав
- Запас древесины на гектаре

Species	Z	Closest Z	Corr d	Volume
spruce	24.98	24.9	42	1.66324
spruce	25.3	25.4	44	1.845699
spruce	24.96	24.9	42	1.662084
birch	16.63	16.75	10	0.063988
birch	19.99	20.75	14	0.148711
birch	17.09	16.75	10	0.065705

*Такой отчет выдает система. Далее обрабатываем вручную*

# Проведем пилот за себестоимость, далее цена за гектар

## 1

Показываем точность  
на **пилотном проекте**

1. Выезжаем на выбранную заказчиком делянку
2. Собираем данные дронами
3. Проводим оценку
4. Сравниваем с оценкой заказчика
5. Доказываем точность работы решения

## 2

Работаем в коммерции  
по СЗФО

- Окончательная цена зависит от объема работ, транспортной доступности участков
- Минимальная площадь обработки для одного выезда от 100 гектар
- Формируем полный отчет по участкам
- Предоставляем картографические материалы

# Постепенное внедряем технологию с проверкой качества

1 этап

## Проверка лесоустройства

Небольшие участки, сравнение результатов с данными лесоустройства, отработка технологии, минимизация ошибок

3 этап

## Комплексное исследование участков

Крупные перспективные, неразработанные участки для оценки потенциала

## Пилотный проект

Доказываем работоспособность системы, точность определения.

2 этап

## Проверка работы подрядных организаций

Выборочная проверка, таксации отведенных участков и проверка натуральных измерений

Этап 4

## Хватит платить за лес, которого нет!

*Запланируй пилот:*



**Генеральный директор  
Дмитрий Савенков**



**+7 952 257 21 77**

**[open.les@ya.ru](mailto:open.les@ya.ru)**

**[openles.ru](http://openles.ru)**

Спасибо за внимание!

# Открытый лес

Савенков Дмитрий Александрович

+79522572177

[open.les@ya.ru](mailto:open.les@ya.ru)