

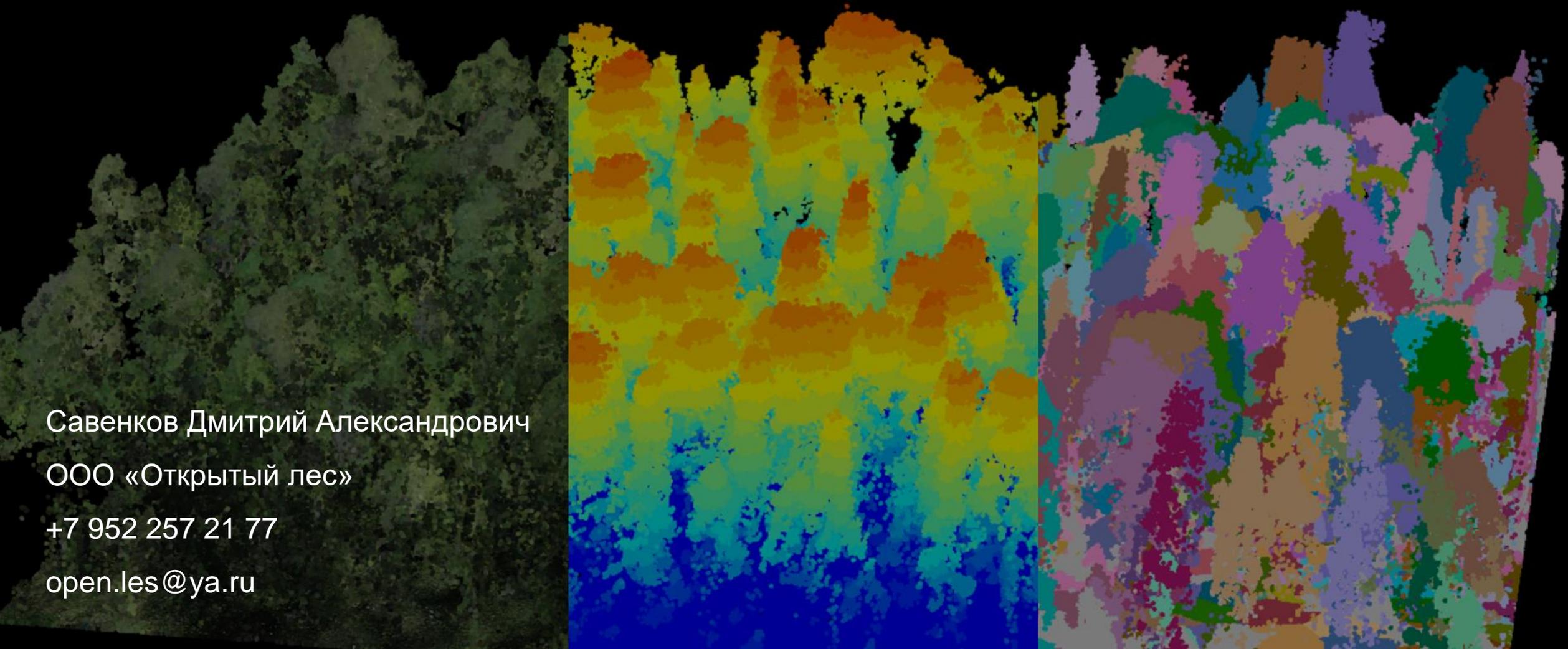
# Лазерная таксация лесов

Савенков Дмитрий Александрович

ООО «Открытый лес»

+7 952 257 21 77

[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 коробочную программу для лазерной таксации «Арборитм»
- Нас включили в реестр российского ПО
- Стали резидентами Сколково 

# Лесозаготовители теряют деньги на ошибках при таксации

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

- Можно точно измерить штабеля, лесовозы, но вся цепочка рухнет 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

# Наше ПО «Арборитм» определяет запас по данным с дрона



1. Сделать воздушное лазерное сканирование

2. Запустить программу

	birch			spruce					
Стволов	64			475					
Ср. высота	15,38			15,5					
Запас	20,18			179,99			200,17		
Стволов на га	77,14			572,52			649,66		
Запас на га	24,32			216,94			241,26		
Разряд	5			4					
	Число	Высота	Запас	Число	Высота	Запас	Число	Высота	Объем
6	4	8,02	0,05	18	6,24	0,17	22	14,26	0,22
8	4	11,08	0,11	30	7,76	0,68	34	18,84	0,79
10	6	12,3	0,29	45	10	1,93	51	22,3	2,22
12	12	13,62	0,9	26	11,62	1,83	38	25,24	2,73
14	8	14,44	0,86	46	13,14	4,86	54	27,58	5,72
16	3	15,38	0,45	46	14,34	6,85	49	29,72	7,3
18	6	15,94	1,17	46	15,21	9,18	52	31,15	10,35
20	6	16,55	1,5	36	16,46	9,46	42	33,01	10,96
22	3	16,98	0,93	32	17,49	10,73	35	34,47	11,66
24	1	17,41	0,38	23	18,49	9,61	24	35,9	9,99
26	2	17,66	0,9	29	19,3	14,81	31	36,96	15,71
28	0	0	0	26	20,23	16,02	26	20,23	16,02
30	0	0	0	8	21,3	5,9	8	21,3	5,9
32	0	0	0	17	21,76	14,57	17	21,76	14,57
34	0	0	0	16	22,46	15,88	16	22,46	15,88
36	0	0	0	10	23,18	11,45	10	23,18	11,45
38	0	0	0	5	23,71	6,5	5	23,71	6,5
40	9	21,8	12,64	3	24,45	4,44	12	46,25	17,08
42	0	0	0	2	25,01	3,33	2	25,01	3,33
44	0	0	0	1	25,34	1,85	1	25,34	1,85
46	0	0	0	3	25,6	6,11	3	25,6	6,11
48	0	0	0	2	25,96	4,49	2	25,96	4,49

3. Получить сводную таблицу по запасам

# 1. Лазерное сканирование может сделать заказчик, либо мы сами

## Требуются только данные с лидара

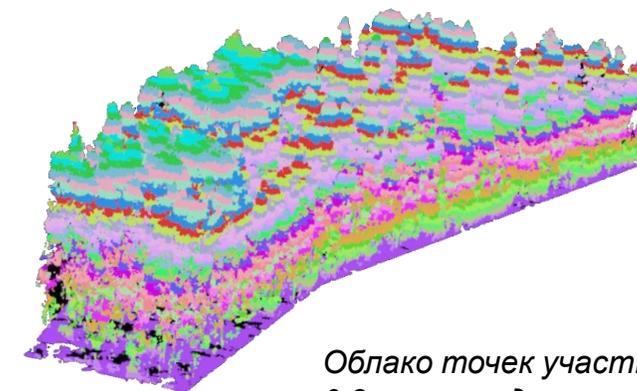
- Требуемая плотность облака точек – 700 точек на м<sup>2</sup>
- Облако должно быть раскрашено
- Подходят лидары: DJI Zenmuse L1, L2, Прин AlphaAir 450 и другие
- Подходят дроны: DJI Matrice 250, 300, Геоскан 401 и другие

Один дрон выполняет 5-10 полетов в день



Выполнение полевых работ

Производительность 1 дрона 50-200 га/день в зависимости от лесосек и модели дрона



Облако точек участка 0.2 га выглядит примерно так

## 2. После сбора данных нужно только запустить «Арборитм»

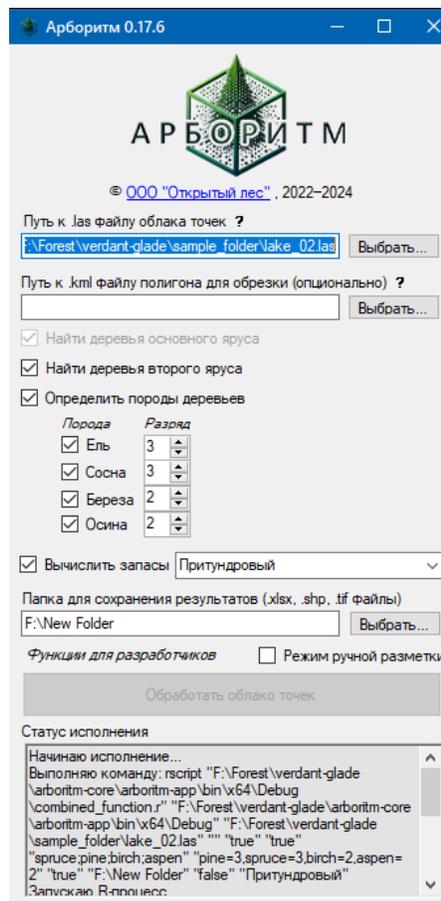
Программа автоматически обработает данные и выгрузит результаты в Эксель. Работаем над интеграцией с МДОЛ



Облако точек  
отснятого участка



Границы таксации  
(опционально)



Сводная таблица  
по запасу каждой породы



Ведомость сплошного  
перечета



Координаты всех вершин  
с указанием объема



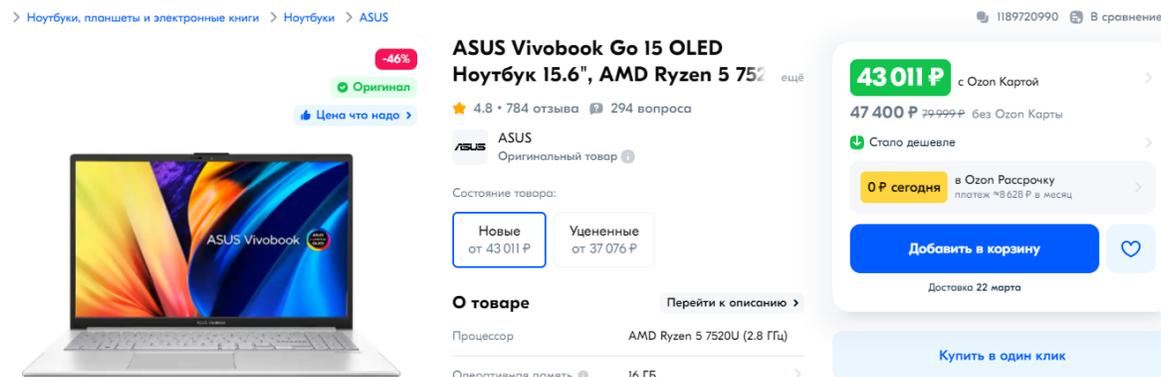
Топография  
участка

### 3. Обработка 10 га занимает порядка 12 минут на ноутбуке

Мы хотим, чтобы программой пользовались в том числе наши клиенты, поэтому она максимально оптимизирована



- Главное требование – оперативная память. Чем меньше – тем медленнее обработка. **Рекомендуется 16 Гб**
- Подключение к Интернету не требуется – можно работать в лесу.
- Программа работает на Виндоуз 7, 8, 10, 11 и на Линуксе, веб-версия в разработке
- Арборитм поддерживает видеокарты NVIDIA и работает с ними быстрее, но *не требует их*



На таком ноутбуке за 43 тысячи программа будет работать безупречно

## 4. После завершения разработки программа сохраняет отчеты

**Результат** – ведомость перечета деревьев для составления таксационного описания лесосеки

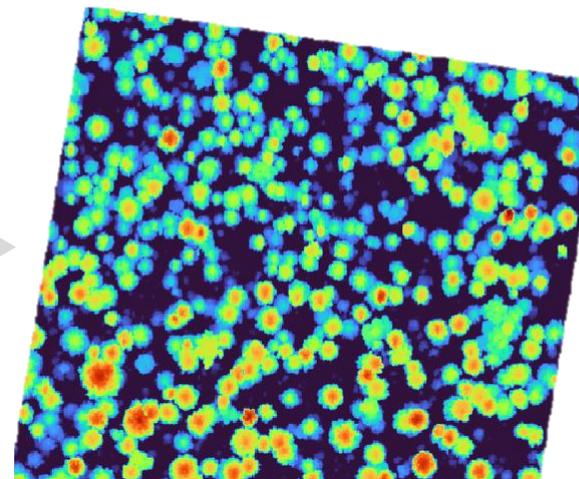
- Количество стволов на гектаре
- Высоты деревьев
- Запас древесины на гектаре
- Количество деревьев каждой породы по ступеням толщины

	birch			spruce			Итог			
Стволов	64			475			539			
Ср. высота	15,38			15,5			30,88			
Запас	20,18			179,99			200,17			
Стволов на га	77,14			572,52			649,66			
Запас на га	24,32			216,94			241,26			
Разряд	5			4						
	Число	Высота	Запас	Число	Высота	Запас	Число	Высота	Объем	
	6	4	8,02	0,05	18	6,24	0,17	22	14,26	0,22
	8	4	11,08	0,11	30	7,76	0,68	34	18,84	0,79
	10	6	12,3	0,29	45	10	1,93	51	22,3	2,22
	12	12	13,62	0,9	26	11,62	1,83	38	25,24	2,73
	14	8	14,44	0,86	46	13,14	4,86	54	27,58	5,72
	16	3	15,38	0,45	46	14,34	6,85	49	29,72	7,3
	18	6	15,94	1,17	46	15,21	9,18	52	31,15	10,35
	20	6	16,55	1,5	36	16,46	9,46	42	33,01	10,96
	22	3	16,98	0,93	32	17,49	10,73	35	34,47	11,66
	24	1	17,41	0,38	23	18,49	9,61	24	35,9	9,99
	26	2	17,66	0,9	29	19,3	14,81	31	36,96	15,71

Такой отчет выдает система. Далее обрабатываем вручную

# Программа использует алгоритм нашей собственной разработки

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
7. Сегментируем деревья от вершин вниз
8. Проверяем волны плотности отражений в деревьях
9. Отделяем второй ярус по волнам плотности
10. *Проецируем каждое дерево по оси X, Y и Z*
11. Классифицируем деревья по проекциям
12. *Формируем список деревьев с высотами, породами*
13. Рассчитываем объем каждого дерева
14. Готовим перечетную ведомость



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

# Проверили технологию на 12 участках сплошного перечета в АО



- ✓ **5.15%** средняя абсолютная ошибка по числу стволов (1 ярус, полнота  $\leq 0.9$ )
- ✓ **85.3%** точность определения породы каждого отдельного дерева (4 породы на участке)
- ✓ **8.9 %** средняя абсолютная ошибка по запасу по каждой породе (кроме пород с  $n$  деревьев на участке  $< 30$ )
- ✓ **8.1%** средняя ошибка по общему запасу на участке

# Проведем пилот за себестоимость, далее в коммерции

## 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



## Комплекс услуг по таксации:

*тарификация за гектар*

1. Собираем данные сами или с субподрядчиками
2. Обрабатываем с помощью ПО
3. Готовим полный пакет документов

## Продажа лицензии на ПО:

*ежегодная лицензия на ПО на компанию*

1. Продаем оборудование для сбора данных
2. Проводим обучение
3. Собираете данные самостоятельно
4. Обрабатываете с помощью нашего ПО



## Планируемые улучшения



## Хватит платить за лес, которого нет!

*Запланировать пилот:*



**Генеральный директор  
Дмитрий Савенков**



**+7 952 257 21 77**

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

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

## Часто задаваемые вопросы

### Как вы определяете объемы?

1. **Ручное указание** разряда высот и автоматический расчет по таблицам
2. **Автоматический подбор** разряда высот на основе мат. анализа распределения высот на участке

### Где уже применили технологию?

Провели **4 пилотных проекта** в крупных лесозаготовительных предприятиях СЗФО

### Какие породы определяете?

Модель обучена на распознавание **4 основных пород**, ведем работы по увеличению датасета

### Как проверяли результаты?

Результаты работы алгоритмов сравниваются с данными **сплошных перечетов** деревьев в соответствии порядком отвода и таксации лесосек приказ Минприроды России от 17.10.2022 г. № 688.

### Какое оборудование используете?

Алгоритм работает с **любым типами БВС и лидарами**. Единственное требование- требуемая плотность точек **700- 1000 тчк. м2**

### Вы используете аэрофотосъемку?

**Нет**, для сегментации и классификации деревьев используем **только лазерное сканирование**.

Спасибо за внимание!

# Открытый лес

Савенков Дмитрий Александрович

+7 952 257 21 77

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