



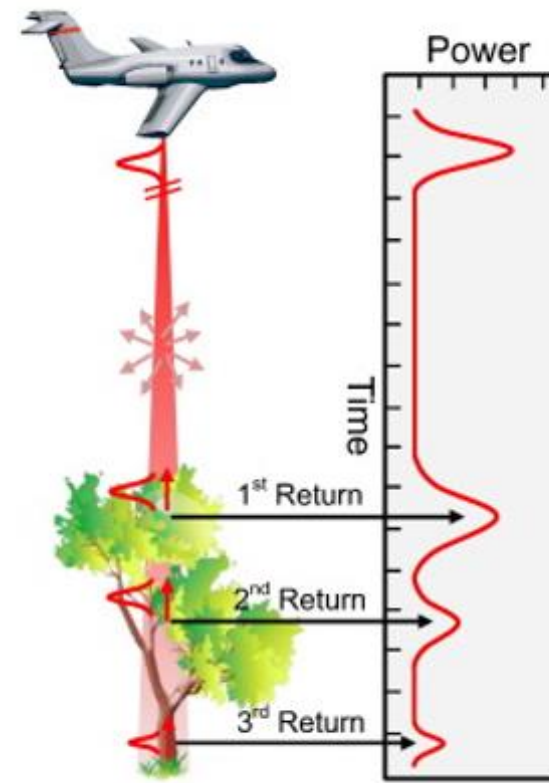
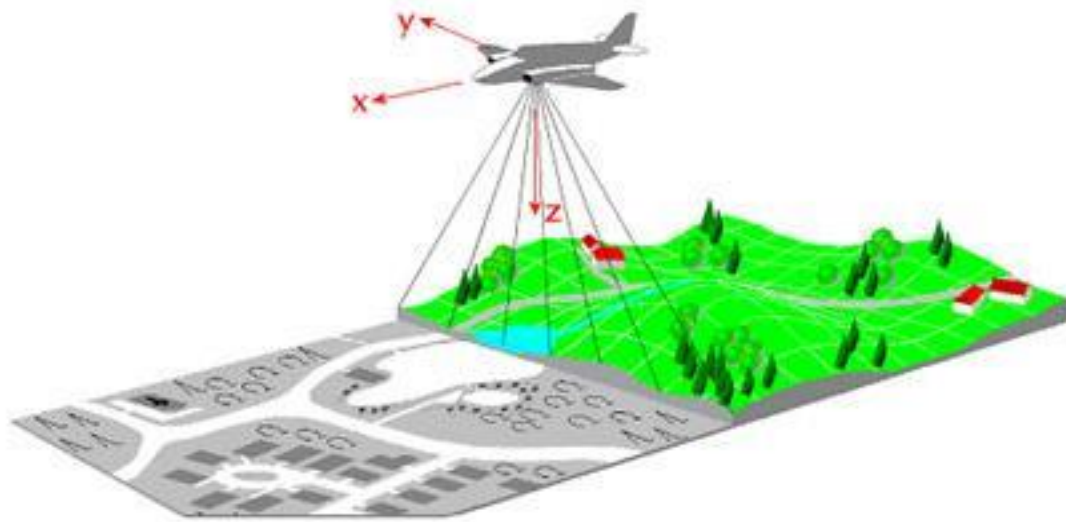
Таксация леса на основе данных воздушного лазерного сканирования, опыт применения в России

Докладчик: **Александр Кедров**,
заместитель директора ООО «ЦКТиУ» (Россия, Пермь)

05.09.2021

Что такое LiDAR?

Дистанционное зондирование методом лазерного сканирования (LiDAR), акроним с английского «Light Detection and Ranging», — это технология получения информации об удаленных объектах с помощью активных оптических систем.



Способы таксации леса

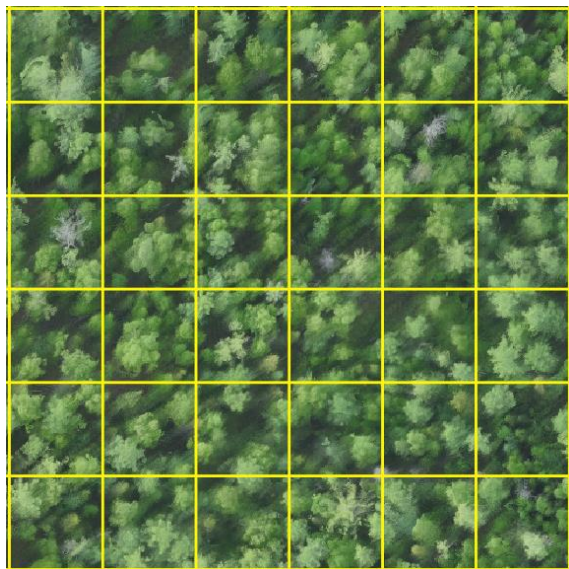
Зональный (АВА):

Единица расчета: площадь или ячейка

Параметры для расчета:

- ВЛС: высота и плотность точек растительности
- Снимки: спектральные характеристики

Расчёты осуществляются на ячейку



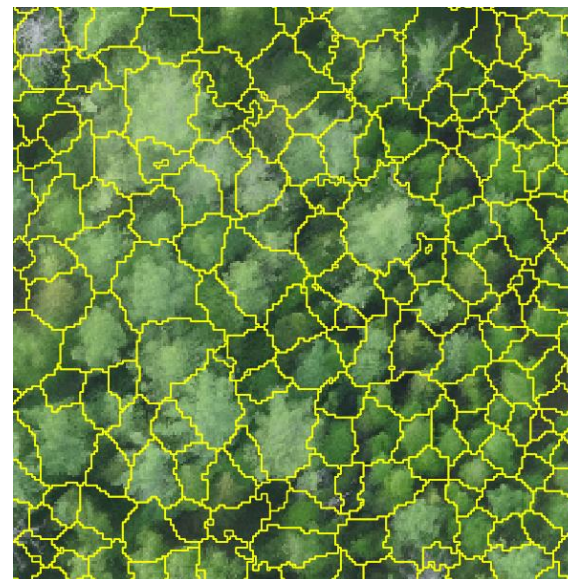
Обнаружение отдельных деревьев (ITD):

Единица расчета: отдельное дерево

Извлечение параметров отдельного дерева: высоты, средний диаметр кроны и т.д.

Автоматическое определение контура крон

Расчёты осуществляются для каждого дерева



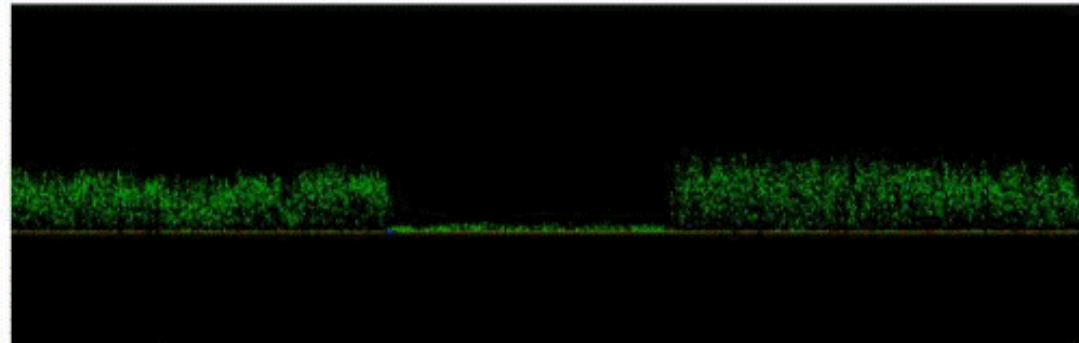
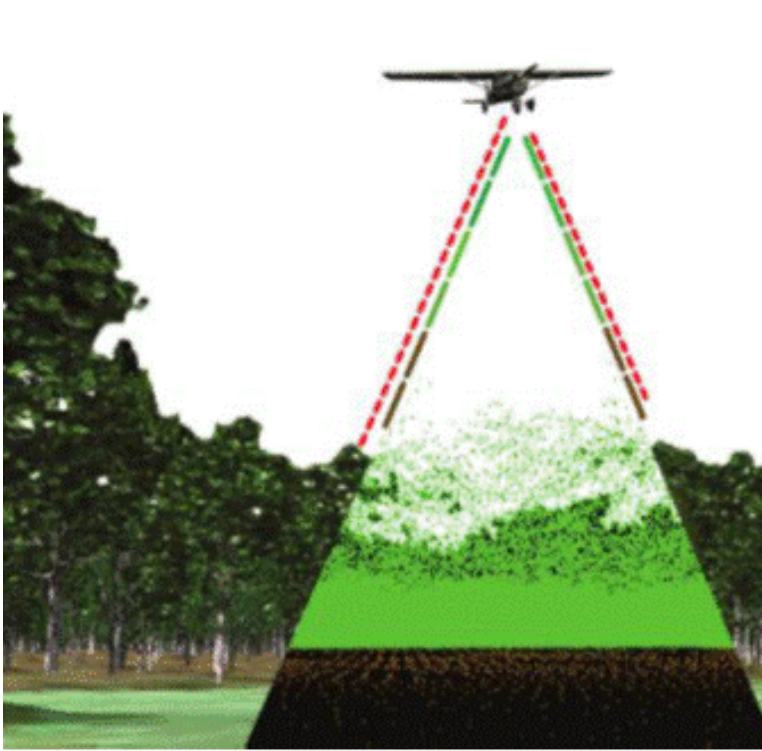
Данные дистанционного зондирования

Лазерные данные:

- облако точек 3D (x, y, z координаты) - плотность точек от 0.5 до 100 на м²

Аэрофотоснимки/спутниковые изображения:

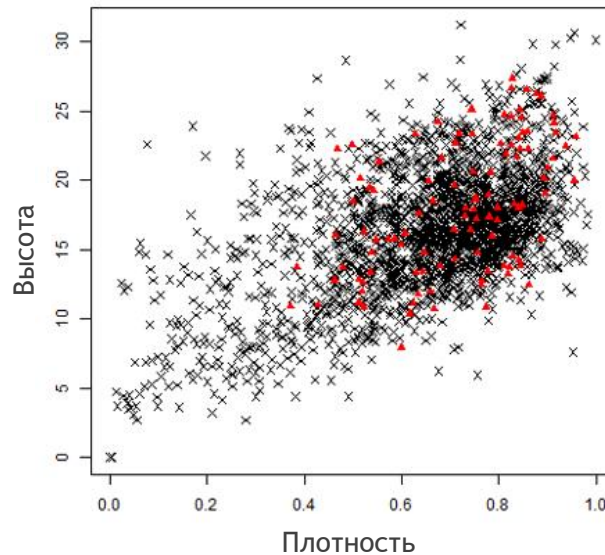
- Комбинации спектральных каналов (RGB, NIR, SWIR и т.д.)



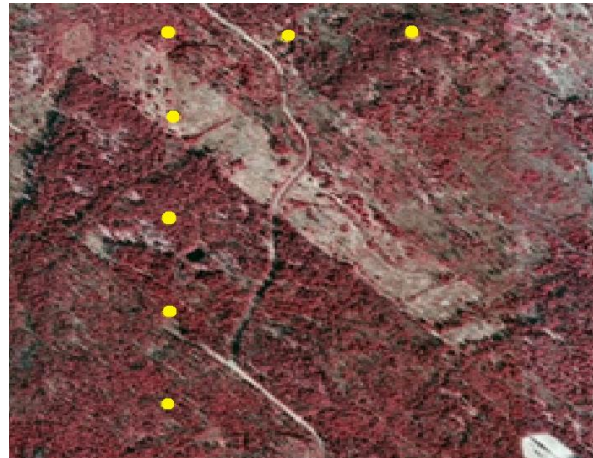
Полевые данные

- Калибровочные пробные площади для математического моделирования от 500 до 1000 шт
- Создание проекта закладки пробных площадей на основе данных лазерного сканирования для их равномерного распределения в каждой страте

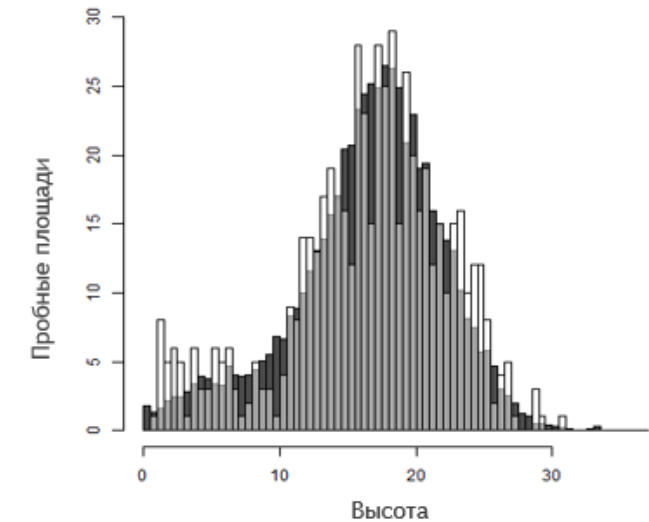
LiDAR высота/плотность



Кластер пробных площадей



Высота LiDAR



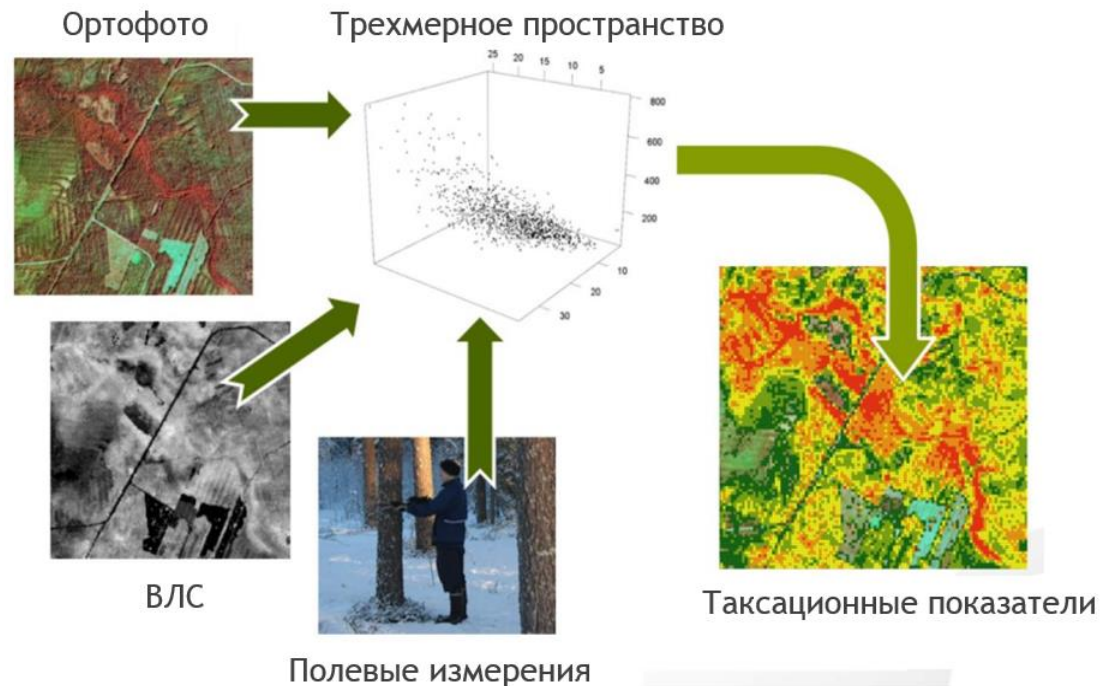
Моделирование

Прогнозирование таксационных показателей происходит с использованием статистических моделей:

- Линейная регрессия: метод наименьших квадратов
- Метод ближайших k-соседей: k-MSN

В модели инвентаризации:

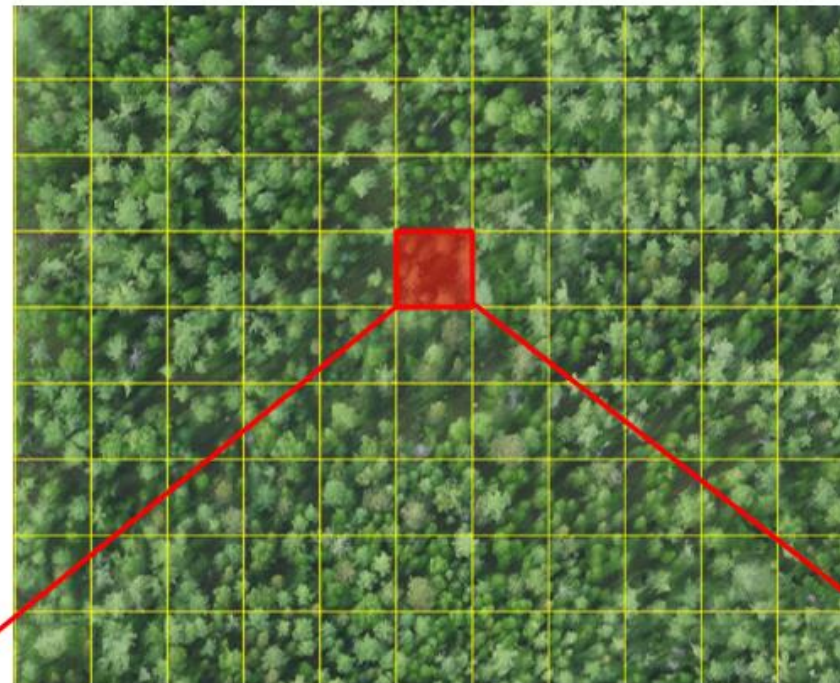
- Переменные лазерного сканирования
- Переменные аэросъемки/спутниковых данных
- Доп. переменные (напр. данные лесоустройства)



Расчётные показатели

Расчет таксационных показателей в разрезе пород для каждой ячейки сетки:

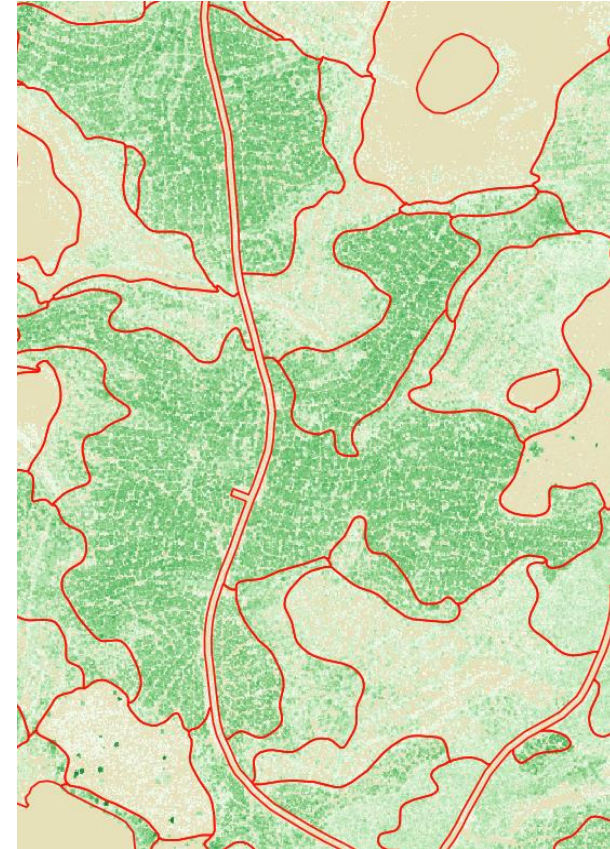
- Средний запас, м3/га
- Сумма площадей сечений, м2/га
- Средний диаметр, см
- Средняя высота, м
- Количество деревьев, шт/га
- Средний возраст, лет



	OBJECTID *	Shape *	LASER_H	V	V1	V2	V3	V4	V8	V10	G	G1	G2	G3	G4	G8	G10
	4	Polygon	22.75	301.7	78.6	0.5	215.1	0	0	7.5	33.3	9.3	0.1	22.9	0	0	1
	5	Polygon	22.74	381.2	136.4	1	243.6	0	0	0.3	39.8	14.8	0.2	24.8	0	0	0
	6	Polygon	21.82	270.8	26.8	0	235.2	0	8.6	0.2	31.5	5.1	0	25.6	0	0.8	0
	7	Polygon	21.39	321.9	92.3	12.8	202.1	0	11.8	3	36.7	11.4	1.4	22.5	0	1.1	0.4

Формирование границ лесотаксационных выделов (сегментация)

- Разгачивание выделов: высота (LiDAR), полнота (LiDAR), породный состав (спутниковые/аэрофото снимки)
- Формирование лесотаксационных выделов можно регулировать по параметрам заказчика
- Корректировка существующих границ лесотаксационных выделов





Адаптация методологии в России



Article

Airborne Laser Scanning Based Forest Inventory: Comparison of Experimental Results for the Perm Region, Russia and Prior Results from Finland

Tuomo Kauranne ^{1,2}, Sergey Pyankov ³, Virpi Junttila ^{1,*}, Alexander Kedrov ³,
Andrey Tarasov ³, Anton Kuzmin ⁴, Jussi Peuhkurinen ², Maria Villikka ²,
Ville-Matti Vartio ² and Sanna Sirparanta ²

¹ LUT School of Engineering Science, Lappeenranta University of Technology, FI-53851 Lappeenranta, Finland; tuomo.kauranne@lut.fi

² Arbonaut Ltd., Kaislakatu 2, FI-80130 Joensuu, Finland; jussi.peuhkurinen@arbonaut.com (J.P.); maria.villikka@arbonaut.com (M.V.); ville-matti.vartio@arbonaut.com (V.-M.V.); sanna.sirparanta@arbonaut.com (S.S.)

³ Department of Cartography and Geoinformatics, Perm State University, RU-614990 Perm, Russia; pyankovsv@gmail.com (S.P.); kedalex@gmail.com (A.K.); andrew.tarasov1993@gmail.com (A.T.)

⁴ Faculty of Science and Forestry, University of Eastern Finland, FI-80101 Joensuu, Finland; anton.kuzmin@arbonaut.com

* Correspondence: virpi.junttila@lut.fi; Tel.: +35-850-323-8926

Academic Editors: Joanne C. White and Timothy A. Martin


Received: 9 December 2016; Accepted: 1 March 2017; Published: 7 March 2017

<https://www.mdpi.com/1999-4907/8/3/72>



Article

Predicting Tree Diameter Distributions from Airborne Laser Scanning, SPOT 5 Satellite, and Field Sample Data in the Perm Region, Russia

Jussi Peuhkurinen ^{1,*}, Timo Tokola ², Kseniia Plevak ¹, Sanna Sirparanta ¹, Alexander Kedrov ³
and Sergey Pyankov ³ 

¹ Arbonaut Ltd., FI-80130 Joensuu, Finland; Kseniia.plevak@arbonaut.com (K.P.); sanna.sirparanta@arbonaut.com (S.S.)

² Faculty of Science and Forestry, University of Eastern Finland, FI-80101 Joensuu, Finland; timo.tokola@uef.fi

³ Department of Cartography and Geoinformatics, Perm State University, RU-614990 Perm, Russia; kedalex@gmail.com (A.K.); pyankovsv@gmail.com (S.P.)

* Correspondence: jussi.peuhkurinen@arbonaut.com; Tel.: +358-505-87-5585

<https://www.mdpi.com/1999-4907/9/10/639>



arbonaut



Perm
State
University

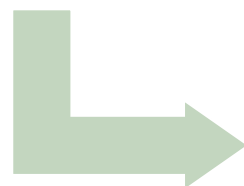




Этапы проведения работ:

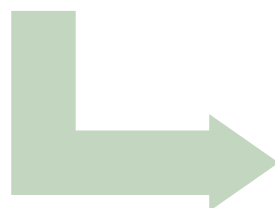
Подготовительные работы

- Сбор исходной информации об объекте
- Сбор и обработка данных АФС и ВЛС
- Подготовка проекта сети калибровочных пробных площадей



Полевые работы

- Измерительные работы на калибровочных пробных площадях
- Геодезическая съемка центров круговых площадок постоянного радиуса



Камеральные работы

- Обработка данных полевых измерений
- Вычисление зависимостей таксационных характеристик, получение математической модели
- Вычисление таксационных показателей для сетки
- Сегментация и расчет таксационных характеристик для сегментов
- Оформление документации

Опыт использования технологии в России

- Красноборское лесничество Архангельской области
- Площадь лесного участка: 43 560 га
- Количество пробных площадей: 609 шт.
- Данные ВЛС с плотностью 4-6 точек/кв.м (съёмка 2018 года)
- Данные АФС с инфракрасным каналом (съёмка 2017 и 2018 года)





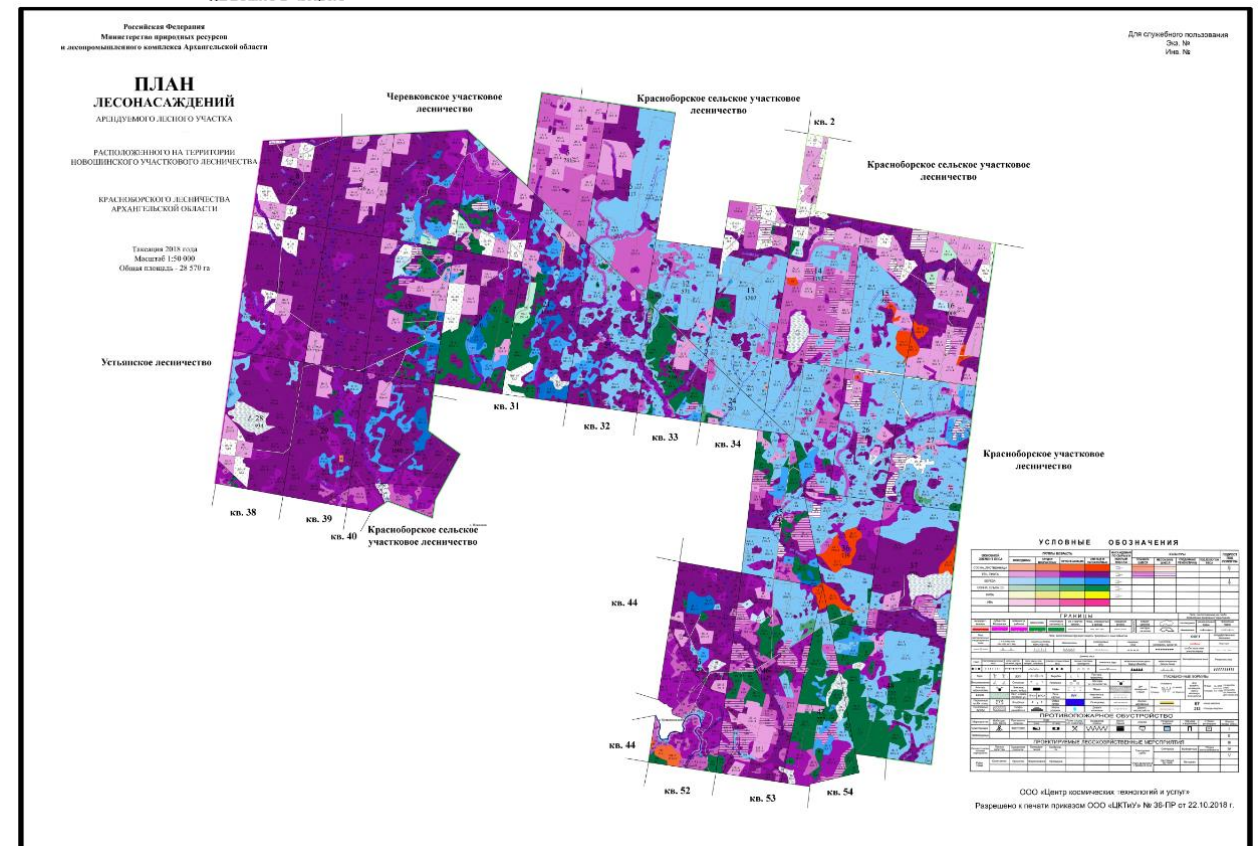
Преимущества метода

Особенности	Метод ВЛС	Таксация стандартными методами
1. Объем полевых работ при площади объекта 100 000 га	500-700 круговых площадок постоянного радиуса (9 м) со сплошным пересчетом и обмером модельных деревьев	≈25 000 круговых реласкопических площадок (при S выдела 20 га) с обмером модельных деревьев и ≈1500 км таксационного хода
2. Информация о высоте древостоя	Точная цифровая модель высоты растительности на всю территорию объекта работ	Выборочное измерение модельных деревьев на пунктах таксации
3. Информация о рельефе	Точная цифровая модель рельефа	Топографические карты 1:25 000
4. Разграничение выделов	Автоматическое (сегментация)	Полностью ручное

Квартал 144

:	N	:	Пло-	:	Состав.	Подр.	Подл.	:	Я:	Вы-	:	Эле-	:	Воз:	Вы-	:	Ди:	Кл.	Гр.	Бо:	Тип	:	Полн:	Запас сырораств.	:	Кл.	Запас на выделе,	куб.м	:												
:	гвы-	:	шадь,	:	Покров,	почва,	ре-	:	P:	Со-	:	мент:	:	:	ам:	во:	но:	ни:	:	:	:	:	ота	:	леса,	куб. м	:	то:-	-----	:											
:	де-	:	:	:	льфе,	особ.	вид.	:	Про:	У:	га	:	:	ра	:	со-	ет:	эргизире:	:	леса	:	:	:	-----	:	ва:	су-	:	ре-	еди-	захламлен-	:									
:	ла	:	га	:	:	исхожд.	кат.	:	земель:	Sr:	:	эле-	:	:	r	:	ас:	аст	:	:	:	:	Сумм:	:	на	:	общий:	по	:	ри:	хо-	:	нич:-	-----	:						
:	:	:	:	:	:	Хар.	лесн.	:	культуры:	yс	:	sa	:	ст	:	ta	:	та:	та:	:	:	:	:	a	пл:	1	:	на	:	соста:	осстой:	дин	:	ныч-	общий:	лик-	:				
:	:	:	:	:	:	Кадастров.	оценка	:	ta	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	сец.:	га	:	выдел:	вляющ:	ти:	стар.	:	дер.:	:	вида:	:						
:	1	:	2	:	3	:	4:	5	:	6	:	7	:	8	:	9:	10:	11:	12:	13	:	14	:	15	:	16	:	17	:	18:	19	:	20	:	21	:	22	:	23	:	24

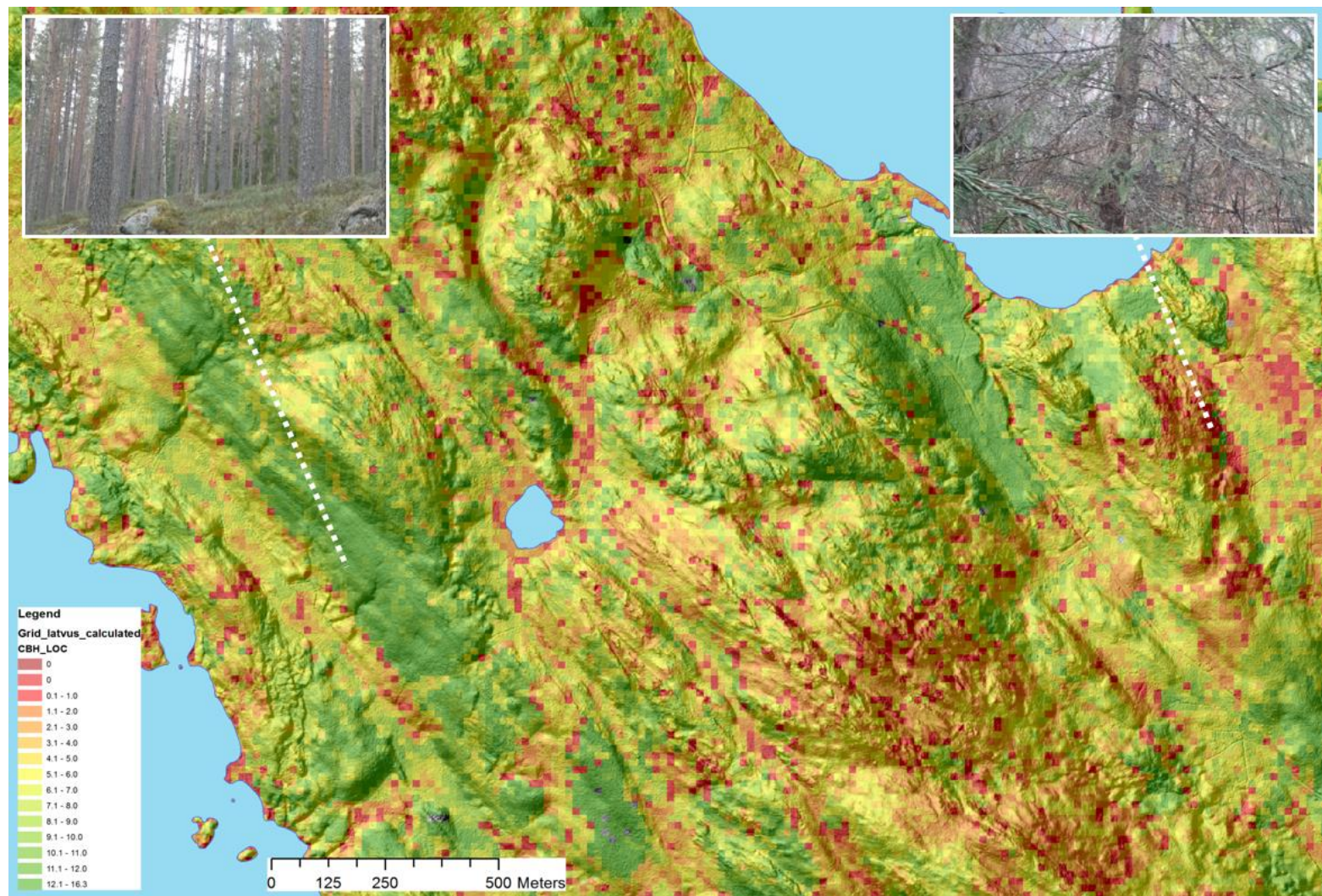
64	7.1	7Е1П2Б		1	18	Е П Б	100 75 15	19 15 20	24 18 20	5 4 3	З Е ДМ ЧБ	0.9	305	2165	1516 217 433	2 3 3
		подрост:	9Е1П (20)	1.0 м,	3.0	тыс.шт/га,	благонадежный									
65	44	Вырубка				С					2 Е ЧЕР ЧС					
		год вырубки	18													
66	7.7	8Е1П1Б		1	18	Е П Б	120 75 90	19 14 19	24 16 24	6 4 4	З Е ДМ ЧБ	0.6	235	1809	1448 181 181	2 3 3
		подрост:	8Е2П (20)	1.0 м,	4.5	тыс.шт/га,	благонадежный									
67	16.3	6Б4Е		1	17	Е Б	55 60	18 15	20 20	6 3	2 Е ЧЕР ЧС	1	305	4971	2982 1989	2 1
		подрост:	9Е1П (20)	1.0 м,	3.0	тыс.шт/га,	благонадежный									
68	2.9	8Е1П1Б		1	17	Е П Б	100 70 80	17 14 18	24 20 24	5 4 3	З Е ДМ ЧБ	0.5	185	536	428 54 54	1 3 3
		подрост:	8Е2П (15)	1.0 м,	4.5	тыс.шт/га,	благонадежный									
69	4.1	5Е1П4Б		1	16	Е П Б	60 65 45	16 14 16	20 16 16	3 2 2	2 Е ЧЕР ЧС	1	280	1148	574 115 459	1 2 2
		подрост:	8Е2П (20)	1.0 м,	2.5	тыс.шт/га,	благонадежный									
70	10	8Е1П1Б		1	19	Е П Б	100 75 65	20 15 17	24 20 20	5 4 3	З Е ДМ ЧБ	0.8	305	3050	2440 305 305	1 3 3
		подрост:	8Е2П (15)	1.0 м,	4.0	тыс.шт/га,	благонадежный									
		ОЗУ: Водоохранная зона														
71	5.1	5Е5Б		1	16	Е Б	60 50	15 16	20 16	3 2	3 Е ЧЕР ЧС	0.9	270	1377	688 689	1 3
		подрост:	9Е1П (20)	1.0 м,	2.5	тыс.шт/га,	благонадежный									



Проверка точности результатов

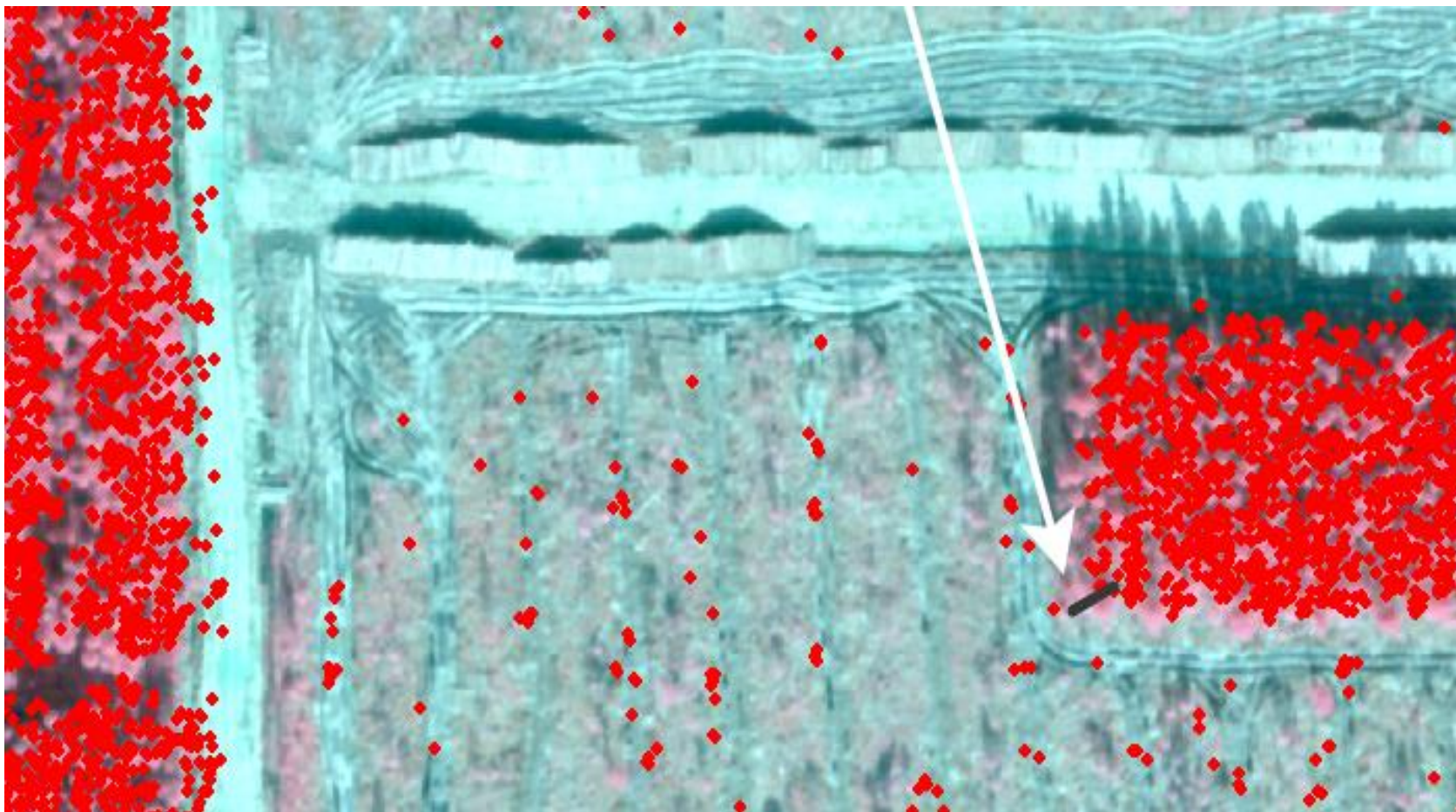
Показатель	Тип ошибки	Величина ошибки в зависимости от способа таксации лесов				
		Нормативная (по лесоустроительной инструкции)			ВЛС (по итогам полевой проверки)	ВЛС (по факту заготовки)
		Глазомерно-измерительный	Глазомерный	Дешифровочный		
Высота, %	Случайная (при вероятности 0,68)	±8	±10	±15	+3,5	-
Диаметр, %		±10	±12	±20	+0,9	-
Запас на 1 га, %		±15	±20	±30	+9,3	±8
Возраст, лет <40		±5	±10	±15	±5	-
41-100		±10	±15	±20	±10	
>100		±10	±25	±35	±10	
Полнота		±0,1	±0,1	±0,2	+0,1	-
Коэффициент состава преобладающей породы		±1,0	±1,5	±2,0	+1,0	±0,4
Запас, %	Систематическая	±5	±5	±10	+9	±4,2

Оценка рисков распространения лесных пожаров



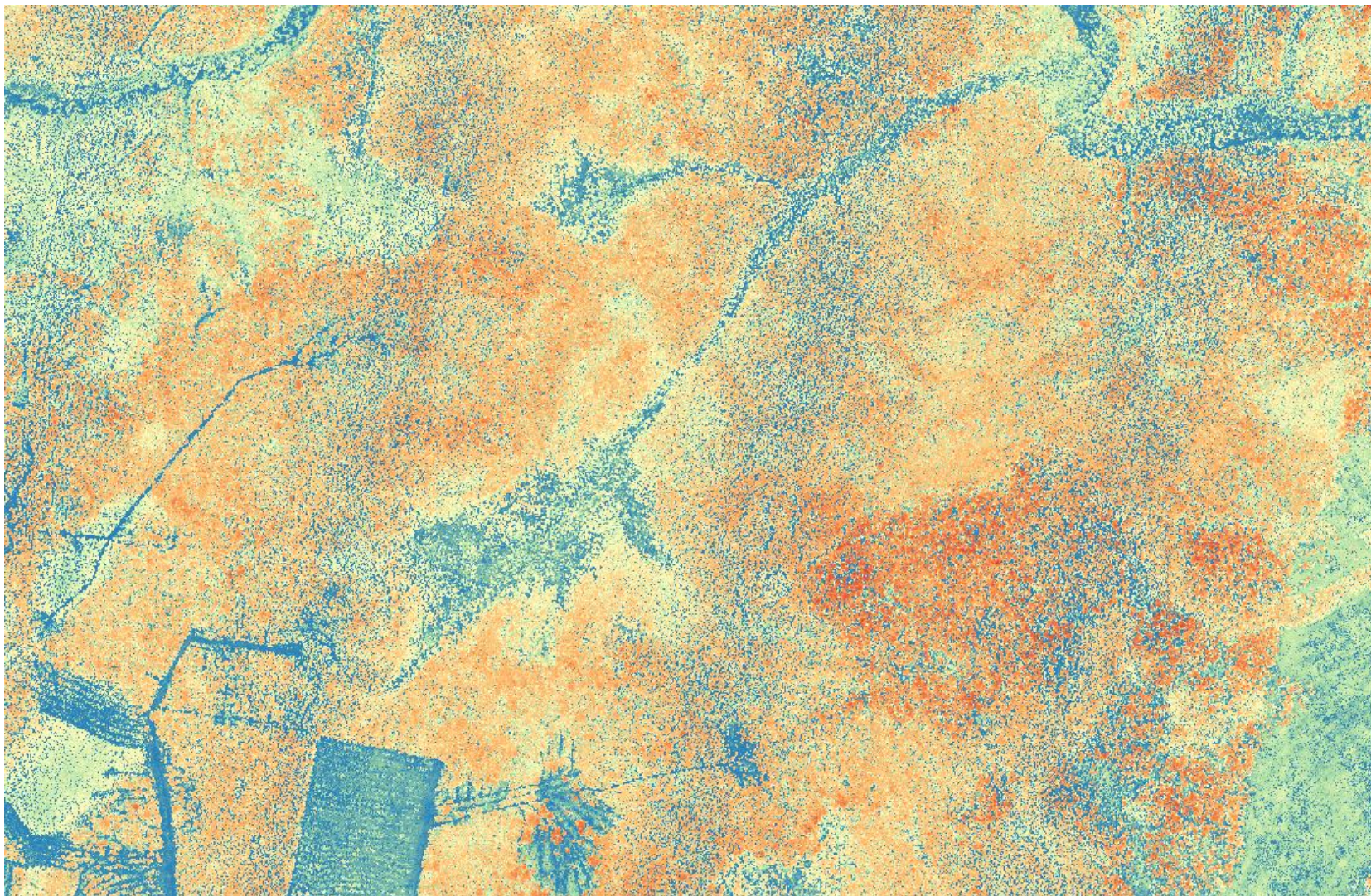


Использование различных систем координат





Неравномерная плотность точек в данных сканирования





Съёмка в период начала вегетации и во время листопада





Спасибо за внимание!

Кедров Александр - kedalex@gmail.com
+7 902 83 83 199



Формирование цены

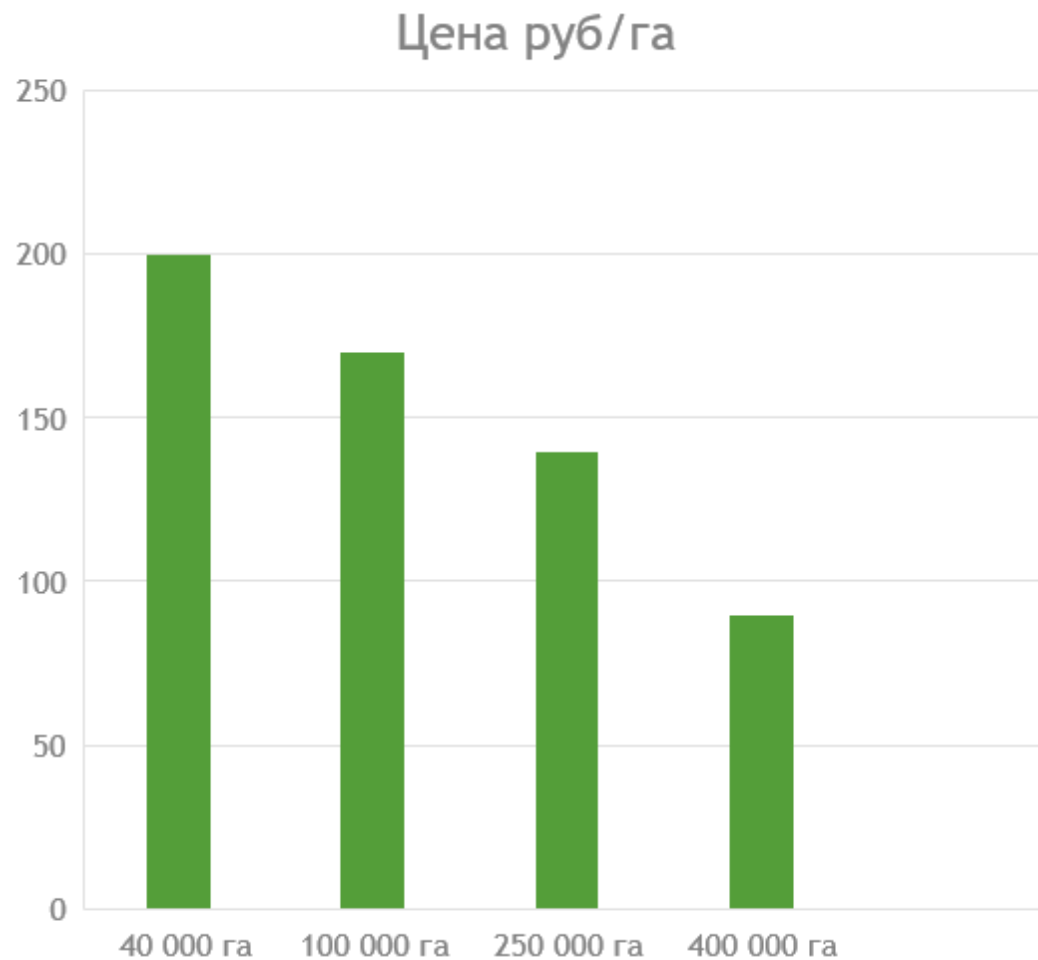
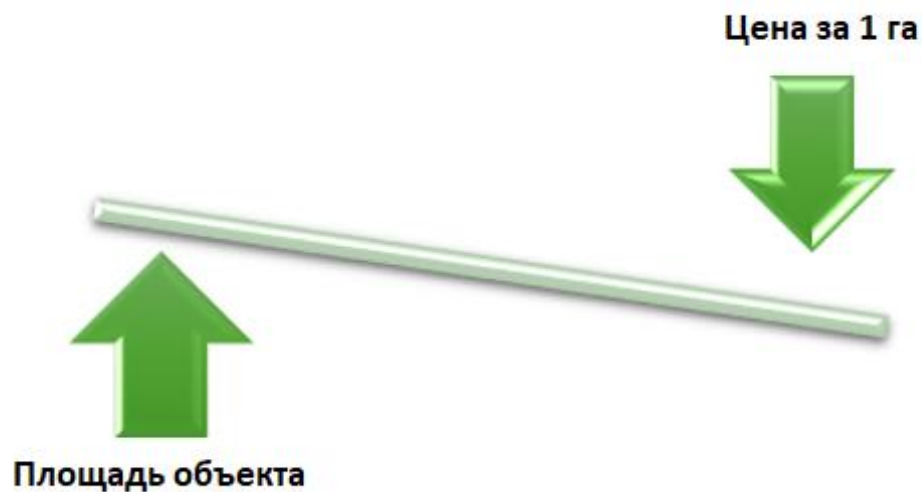
Факторы:

Полевые пробные площади:

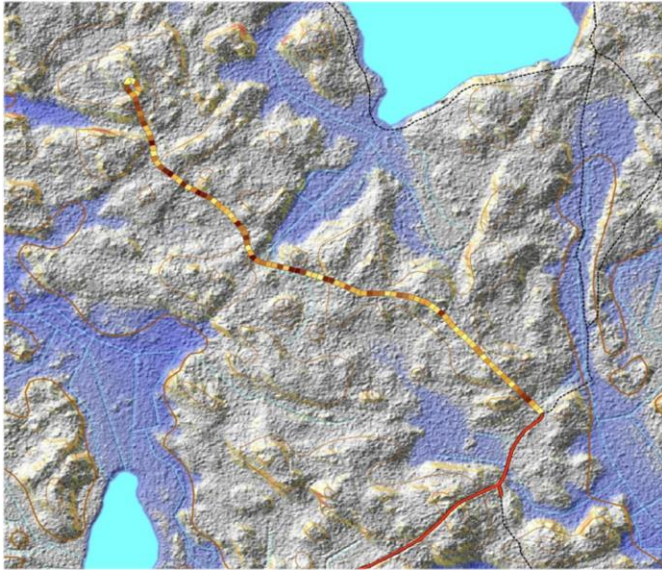
- разнообразие лесорастительных условий
- инфраструктура и доступность участков

Съемка территории:

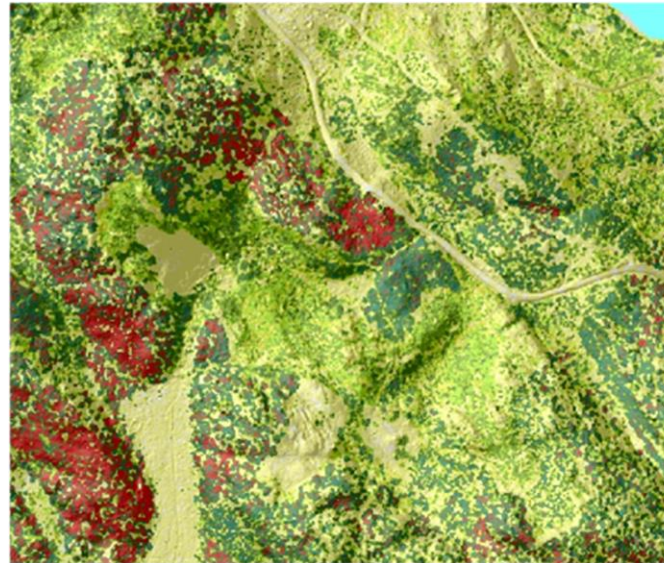
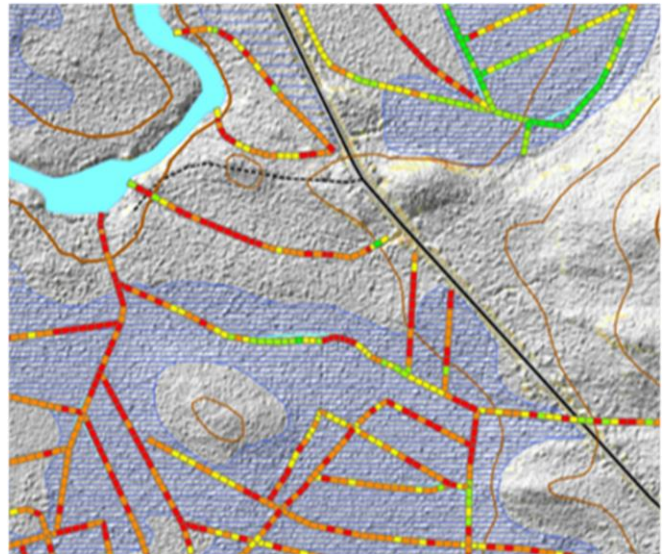
- удаленность от посадочной площадки
- компактность участков съемки



Дополнительные данные



- Цифровая модель рельефа (ЦМР)
- Проектирование лесных дорог
- Проектирование гидромелиоративной сети
- Расчет индекса заболоченности
- Модель высоты крон (СНМ)



Работы в 2020 году

- Падунское лесничество Иркутской области
- Площадь лесного участка: 75 560 га
- Количество пробных площадей: 896 шт.
- Данные ВЛС с плотностью 4 точки/кв.м (съёмка 2020 года)
- Данные АФС с инфракрасным каналом (съёмка 2020 года)

