

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЛАКА ТОЧЕК ЛИДАРНОЙ СЪЕМКИ В ПОЛОГЕ И ПОД ПОЛОГОМ ДРЕВОСТОЕВ

Целью выполнения исследования является изучение распределения облака точек в пространстве лесного полога в зависимости от угла распространения импульса.

В исследовании использованы материалы лазерного сканирования части лесов Негорельского учебно-опытного лесхоза. Для получения данных использовалось следующее оборудование:

- квадрокоптер;
- воздушный сканер AlphaAir 450. AlphaAir 450 позволяет обеспечивать абсолютную точность от 5 до 10 см. Благодаря передовой технологии калибровки и оптимизации облака точек шум составляет всего 30%, что эффективно повышает точность собранных данных. Мы получаем сканирование на большие расстояния до 450 м с высокой плотностью точек на измеряемой поверхности. На высоте полета 100 м и скорости 5 м/с AlphaAir 450 (AA450) может обеспечивать плотность около 280 точ./м<sup>2</sup>. Встроенная камера с высоким разрешением 24 Мп имеет ту же ширину FOV, что и лидар Livox, что обеспечивает полное покрытие облаков точек с помощью RGB-раскрашивания [1].

В качестве программного обеспечения для обработки материалов исследования использовалась географическая информационная система SAGA (System for Automated Geo-Scientific Analysis). SAGA – компьютерная программа геоинформационной системы (ГИС), используемая для редактирования пространственных данных. SAGA является свободно-распространяемым программным обеспечением (ПО) с открытым исходным кодом, хотя некоторые ее модули и компоненты могут быть проприетарными и оставаться частной собственностью авторов [2].

Для исследования были отобраны:

Сосновые насаждения в возрасте от 61 до 65 лет, черничного, кисличного и орлякового типов леса. IA–I бонитета с полнотой 0,9–1,0, с запасом 360–480 м<sup>3</sup>.

Еловый древостой возрастом 60 лет, черничного типа леса. I класса бонитета с полнотой 0,8 и запасом 350 м<sup>3</sup>.

Чистые черноольховые насаждения в возрасте от 35 до 60 лет, кисличного, крапивного и осокового типов леса. IА–II бонитета с полнотой 0,8–0,9 и запасом 240–290 м<sup>3</sup>. Из общих данных лазерного сканирования произведен случайный отбор. После чего плотность облака точек на 1 м<sup>2</sup> уменьшилась в 28 раз. Средняя плотность до отбора составляет 652 точки на 1 м<sup>2</sup>. После отбора – 23 точки на 1 м<sup>2</sup>. Полученной плотности достаточно для проведения исследования.

Облако точек было обрезано по границам исследуемых объектов. Затем данные были отселектированы. Селектирование дает возможность выбрать те или иные наборы точек, чтобы можно было работать с небольшим количеством информации в определенном диапазоне. Далее были глазомерно определены протяженность полога и расстояние от земли до крон. После чего точки земли, под пологом и в пологе были отклассифицированы с учетом угла проецирования.

В результате получены таблицы, в которых отображено количество точек в определенном диапазоне значений угла проецирования. Также результат можно отобразить в виде гистограммы.

Для отображения полной картины полученные результаты сведены в общую таблицу. При анализе можно сделать выводы о распределении точек в пространстве в зависимости от угла излучаемого импульса. Результаты для сосновых и елового древостоев отображены в таблицах 1 – 4.

**Таблица 1 – Результаты обработки соснового древостоя (47 кв. 5 выд.), %**

	Угол проецирования, °							Итого
	0–5	5–10	10–15	15–20	20–25	25–30	>30	
Земля	1,5	2,1	2,3	1,6	1,6	2,0	2,2	13,2
Под пологом	1,2	1,6	1,7	1,0	1,2	1,4	1,4	9,4
Полог	7,1	7,5	10,3	12,8	11,9	11,2	16,5	77,4
Всего	9,9	11,1	14,3	15,4	14,7	14,6	20,0	100

Распределение точек на поверхности земли и под пологом равномерно. В пологе древостоя преобладают точки с большими углами.

**Таблица 2 – Результаты обработки соснового древостоя (39 кв. 20 выд.), %**

	Угол проецирования, °							Итого
	0–5	5–10	10–15	15–20	20–25	25–30	>30	
Земля	3,0	2,9	2,4	2,4	2,7	2,5	3,7	19,7
Под пологом	5,5	5,1	4,6	5,2	5,7	6,5	8,7	41,2
Полог	3,9	3,5	3,8	4,4	5,3	6,0	12,2	39,0
Всего	12,5	11,5	10,8	11,9	13,7	15,1	24,5	100

В данном насаждении во всем пространстве древостоя преобладают точки с большими углами.

**Таблица 3 – Результаты обработки соснового древостоя (39 кв. 27 выд.), %**

	Угол проецирования, °							Итого
	0–5	5–10	10–15	15–20	20–25	25–30	>30	
Земля	2,1	1,8	2,2	2,2	1,2	0,7	0,3	10,6
Под пологом	6,1	5,5	5,3	6,1	5,0	3,8	2,8	34,6
Полог	6,3	5,1	6,2	9,0	10,0	8,6	9,6	54,8
Всего	14,6	12,4	13,7	17,3	16,1	13,1	12,8	100

При оценке полученных результатов можно сделать вывод, что распределение точек по поверхности земли в сосновых насаждениях почти равномерно. Под пологом зависимость между количеством точек и углом проецирования не наблюдается. В пологе сосновых древостоев наибольшему значению угла проецирования соответствует наибольшее количество точек.

**Таблица 4 – Результаты обработки елового древостоя (47 кв. 2 выд.), %**

	Угол проецирования, °							Итого
	0–5	5–10	10–15	15–20	20–25	25–30	>30	
Земля	2,0	1,6	1,7	1,6	1,4	0,8	0,8	9,9
Под пологом	3,2	3,1	3,1	2,7	2,5	1,7	1,2	17,4
Полог	10,6	10,2	10,1	9,9	9,9	9,8	12,3	72,7
Всего	15,8	14,9	14,9	14,2	13,8	12,2	14,2	100

В еловом насаждении наблюдается уменьшение количества точек на поверхности земли и под пологом с увеличением угла проецирования. В пологе древостоя распределение точек почти равномерно, однако с углом  $>30^\circ$  их количество незначительно больше. Результаты обработки данных черноольшаников отображены в таблицах 5 – 7.

**Таблица 5 – Результаты обработки черноольхового древостоя (39 кв. 25 выд.), %**

	Угол проецирования, °							Итого
	0–5	5–10	10–15	15–20	20–25	25–30	>30	
Земля	2,2	2,0	1,7	1,5	1,2	0,7	1,5	10,8
Под пологом	2,3	2,0	1,3	0,9	1,1	0,6	1,4	9,7
Полог	17,8	13,6	12,1	10,8	8,6	7,4	9,2	79,6
Всего	22,3	17,7	15,1	13,2	10,8	8,7	12,1	100

В данном черноольховом насаждении в пространстве древостоя наблюдается преобладание точек с меньшими углами.

**Таблица 6 – Результаты обработки черноольхового древостоя (39 кв. 10 выд.), %**

	Угол проецирования, °							Итого
	0–5	5–10	10–15	15–20	20–25	25–30	>30	
Земля	2,1	2,4	2,2	2,6	2,5	2,0	5,1	19,0
Под пологом	3,4	3,1	2,3	1,7	1,8	2,1	1,5	15,9
Полог	14,4	10,6	9,7	7,6	6,3	6,1	10,4	65,1
Всего	19,9	16,1	14,2	11,9	10,6	10,2	17,0	100

Как и в предыдущем насаждении наблюдается уменьшение количества точек с увеличением угла проецирования.

**Таблица 7 – Результаты обработки черноольхового древостоя  
(47 кв. 3 выд.), %**

	Угол проецирования, °							Итого
	0–5	5–10	10–15	15–20	20–25	25–30	>30	
Земля	4,2	4,7	7,0	5,2	3,9	3,0	3,7	31,8
Под пологом	2,0	2,8	4,7	2,7	2,2	1,5	2,2	18,0
Полог	6,2	7,6	11,8	8,0	6,2	4,6	6,0	50,3
Всего	12,3	15,0	23,5	15,9	12,3	9,1	11,9	100

При анализе данных можно сделать вывод, что в черноольховых насаждениях точек с меньшими углами (до 15°) попадает на поверхность земли и под полог больше. В пологе древостоев наименьшее количество точек приходится на интервал значений угла от 20 до 30°.

В результате исследования можно заметить некоторую закономерность в распределении точек в пространстве древостоя в зависимости от угла излучаемого импульса. Также на полученные результаты влияют такие факторы как состав насаждения, возраст и полнота.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Воздушный сканер AlphaAir 450 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.chcnv.by/product-page/alphaair-450> – Дата доступа: 31.01.2023.

2. Системы приема и обработки данных дистанционного зондирования. Лабораторный практикум: учеб.-метод. Пособие для студентов специальности 1-75 01 01 «Лесное хозяйство» / И. В. Толкач. – Минск: БГТУ, 2016. – 65 с.