

Анализ достоверности оценки высоты лесов по данным ICESat-2 с уровнем пространственной детальности 20x14 м на основе сравнения с результатами наземных измерений

^{1,2}Богодухов М.А.

^{1,2}Барталев С.А.

^{1,2}Жарко В.О.

(1) ИКИ РАН

(2) ЦЭПЛ РАН

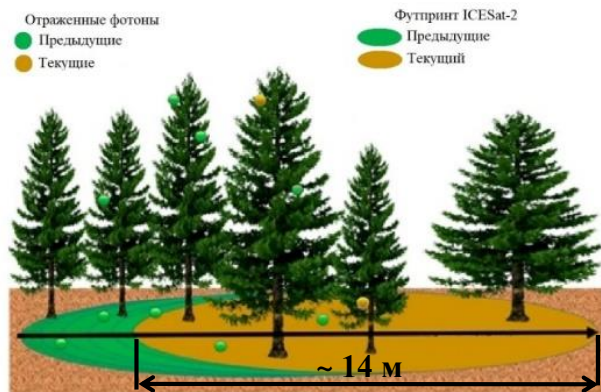
XX международная конференция «СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА (Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов)»

14-18 ноября 2022 г.

Москва, ИКИ РАН

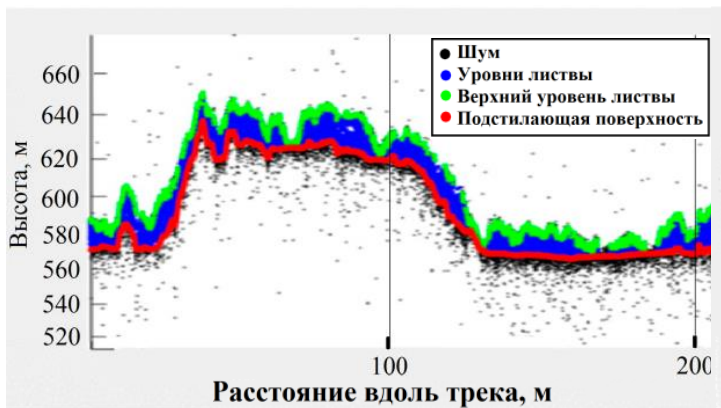
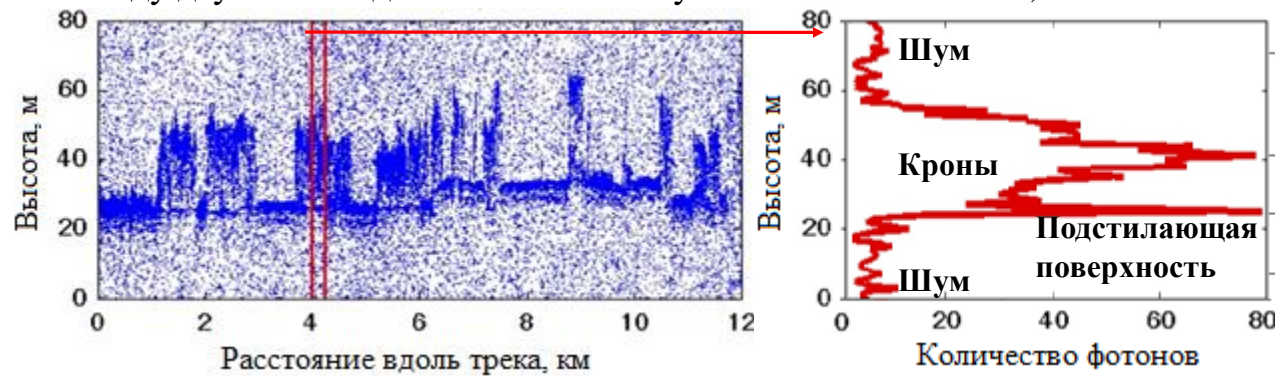
Спутниковые лидарные измерения высоты лесного покрова

Продукт ATL08 данных спутниковой системы лазерного сканирования ATLAS/ICESat-2

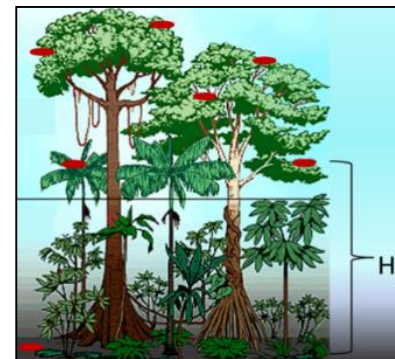


- Совокупность фотонов, детектируемых при выполнении измерений вдоль трека, формирует **облако точек** (координат отражающих объектов) для дальнейшего анализа распределения высот.

- ATLAS испускает лазерные импульсы с высокой частотой и детектирует отдельные отраженные фотоны (**Photon Counting Lidar** – лидар с подсчетом фотонов);
- Измерение времени полета фотона совместно с информацией о положении и ориентации прибора позволяет рассчитать координаты отражающего объекта земной поверхности, включая его высоту;
- Размер футпринта прибора составляет ~ 14 м, смещение футпринтов вдоль трека между двумя последовательными импульсами – около 70 см;

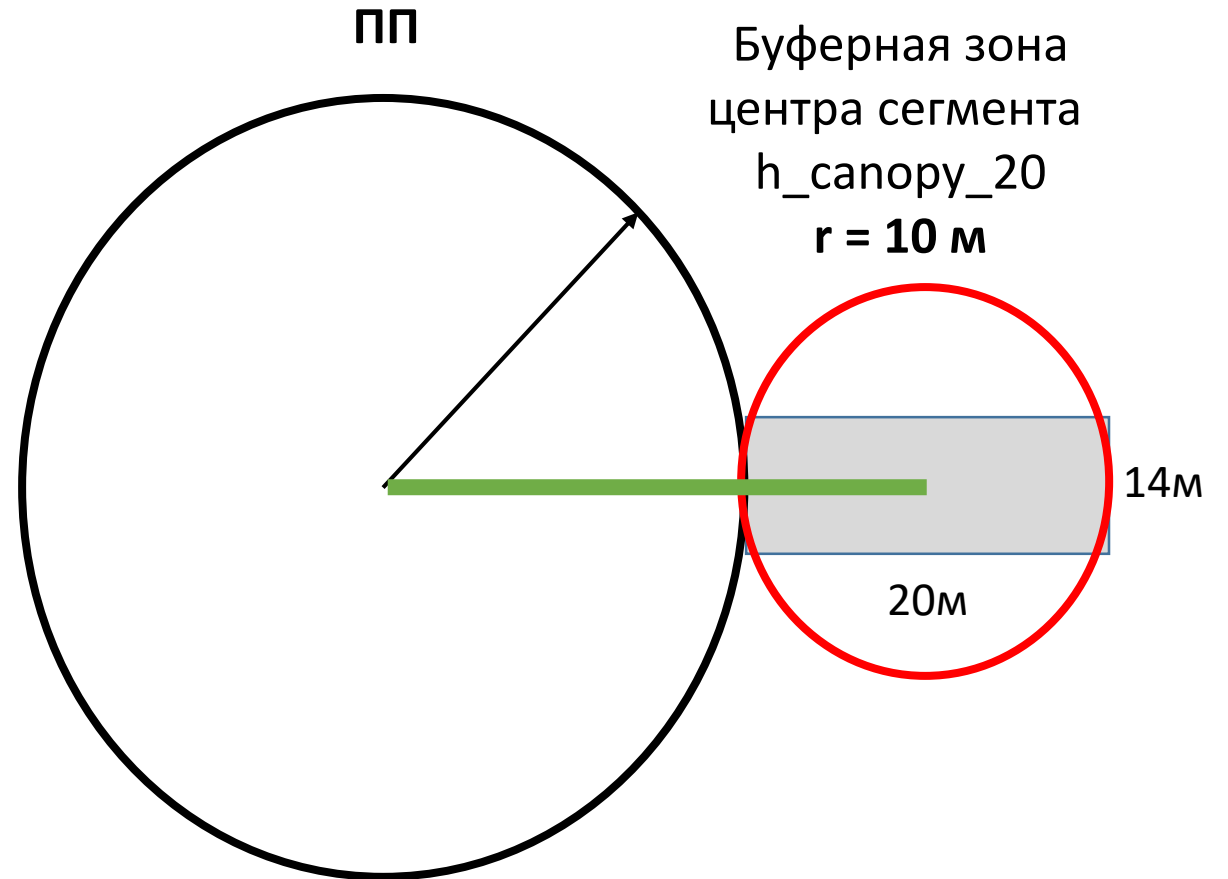


- Облако точек классифицируется на уровни листвы/крон растительности, подстилающую поверхность и шум;
- Непрерывный трек шириной ~ 14 м разбивается на сегменты по 100 м;
- Каждое измерение в наборе данных содержит статистику высот растительности относительно поверхности в пределах участков 100×14 м.



Используемые данные

- Для анализа использовались спутниковые лидарные данные (параметр **h_canopy_20**) и данные наземных измерений на уровне Пробных Площадей (*далее – ПП*);
- Параметр **h_canopy_20** рассматривался в формате буферных зон центров сегментов с **r=10м**;
- Был сформирован набор данных, где каждое измерение – результат пересечения буферных зон центра сегмента (r=10м) и центра ПП;
- Поскольку в ПП может попадать несколько лидарных измерений, то для анализа рассчитывалась их средняя высота **h_canopy_20_m**.



Параметры лидарных измерений и ПП:

Параметры лидарных измерений	Описание
h_canopy	98-й перцентиль высот растительности в пределах сегмента 100×14м (98% всех измерений не превышают данного значения высоты растительности)
h_canopy_uncertainty	Неопределенность оценок относительных высот для параметра h_canopy
h_canopy_20	98-й перцентиль высот растительности в пределах сегмента 20×14м (98% всех измерений не превышают данного значения высоты растительности)
h_canopy_20_m	Среднее значение h_canopy_20 в пределах ПП
night_flag	Индикатор проведения лидарных измерений в ночное время
msw_flag	Индикатор наличия атмосферных эффектов во время проведения измерений: облачности на различных высотах и ветрового переноса снега над снежным покровом (позёмка)
segment_snowcover	Индикатор наличия снежного покрова
Date	Дата проведения измерения (YYYY:MM:DD)
Area	Площадь пересечения буферных зон центров сегмента и ПП.
Параметр ПП	Описание
Mean_Height	Средняя высота леса в ПП
Date	Дата проведения измерения (YYYY:MM:DD)

Распределение средних лидарных высот в пределах ПП

Ось X – Средняя высота ПП (**Mean_Height**);

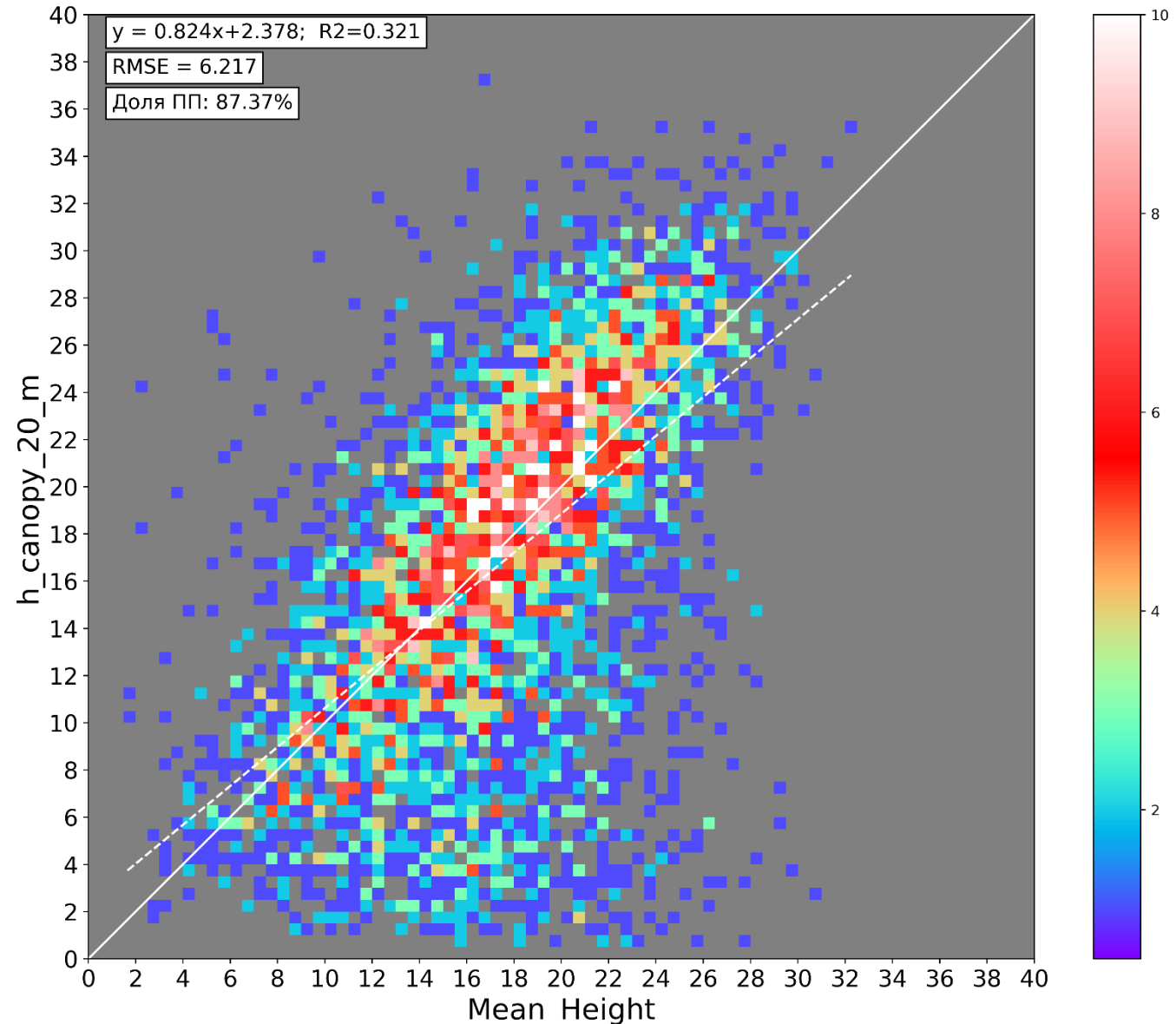
Ось Y – Средняя высота $h_{\text{canopy_20_m}}$ по лидарным данным параметра $h_{\text{canopy_20}}$ (**$h_{\text{canopy_20_m}}$**).

На начальном этапе из набора исключались измерения, у которых отсутствовали значения (<Fill Value>) на этапе формирования ATL08.

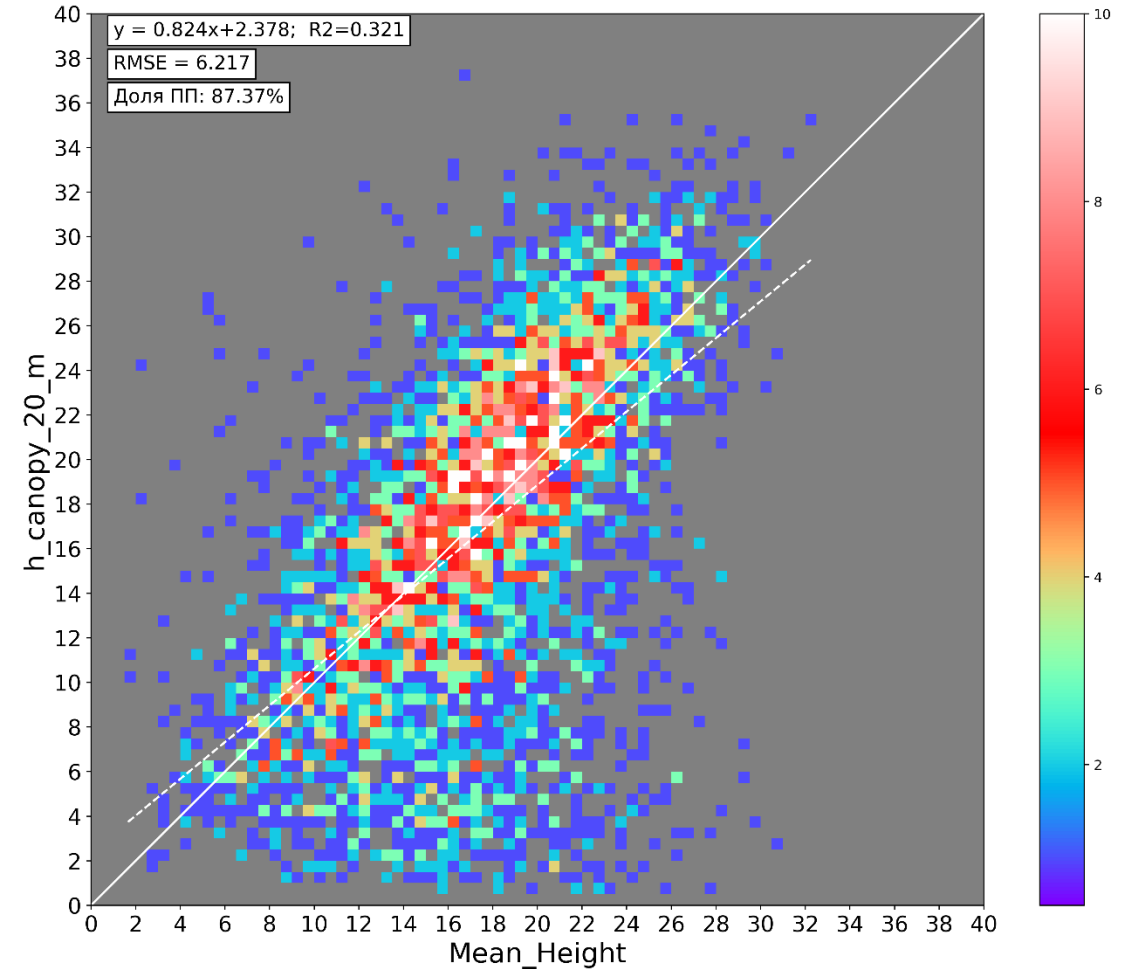
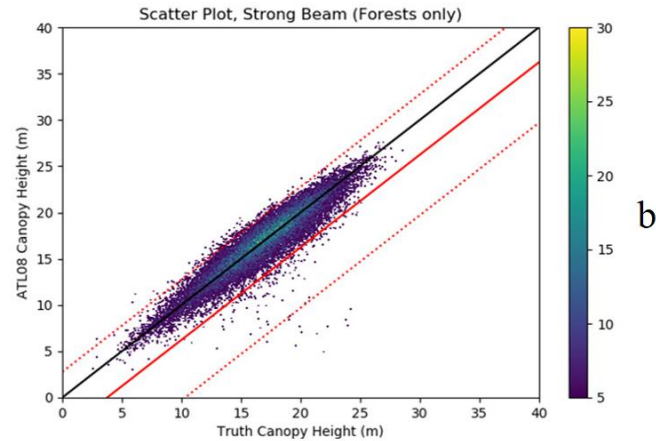
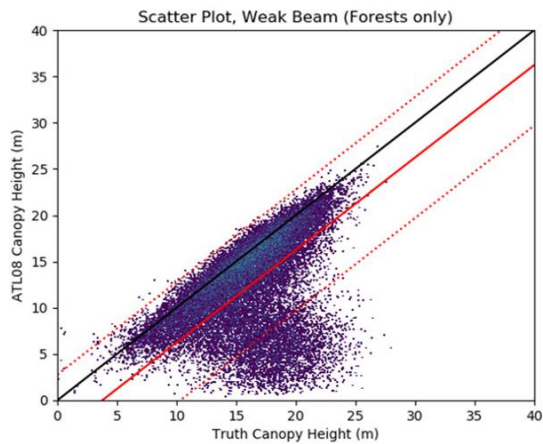
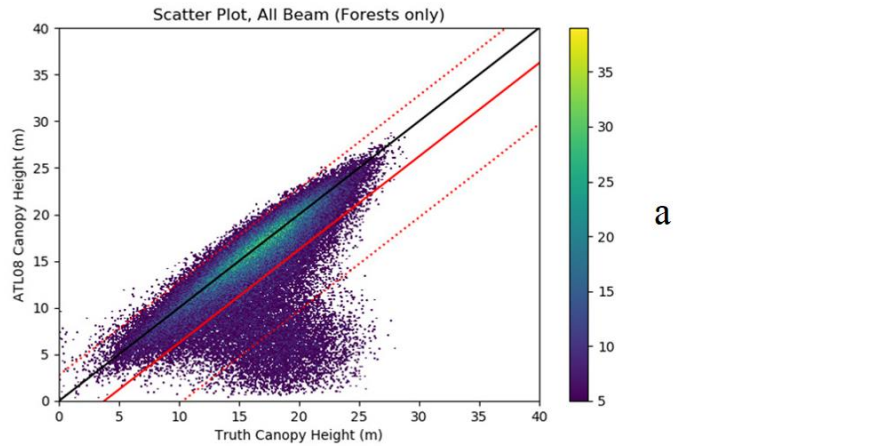
Например, при недостаточном количестве отдельно отраженных фотонов для оценки высоты в пределах сегмента 100×14 м, для сегмента 20×14 м, - фотонов может быть достаточно.

Таким образом, исключены измерения по следующим критериям:

- $h_{\text{canopy_20}} > 40\text{м}$
- $h_{\text{canopy}} = \text{<Fill Value>}$;
- $h_{\text{canopy_uncertainty}} = \text{<Fill Value>}$;
- Измерения, где наблюдались изменения лесного покрова*



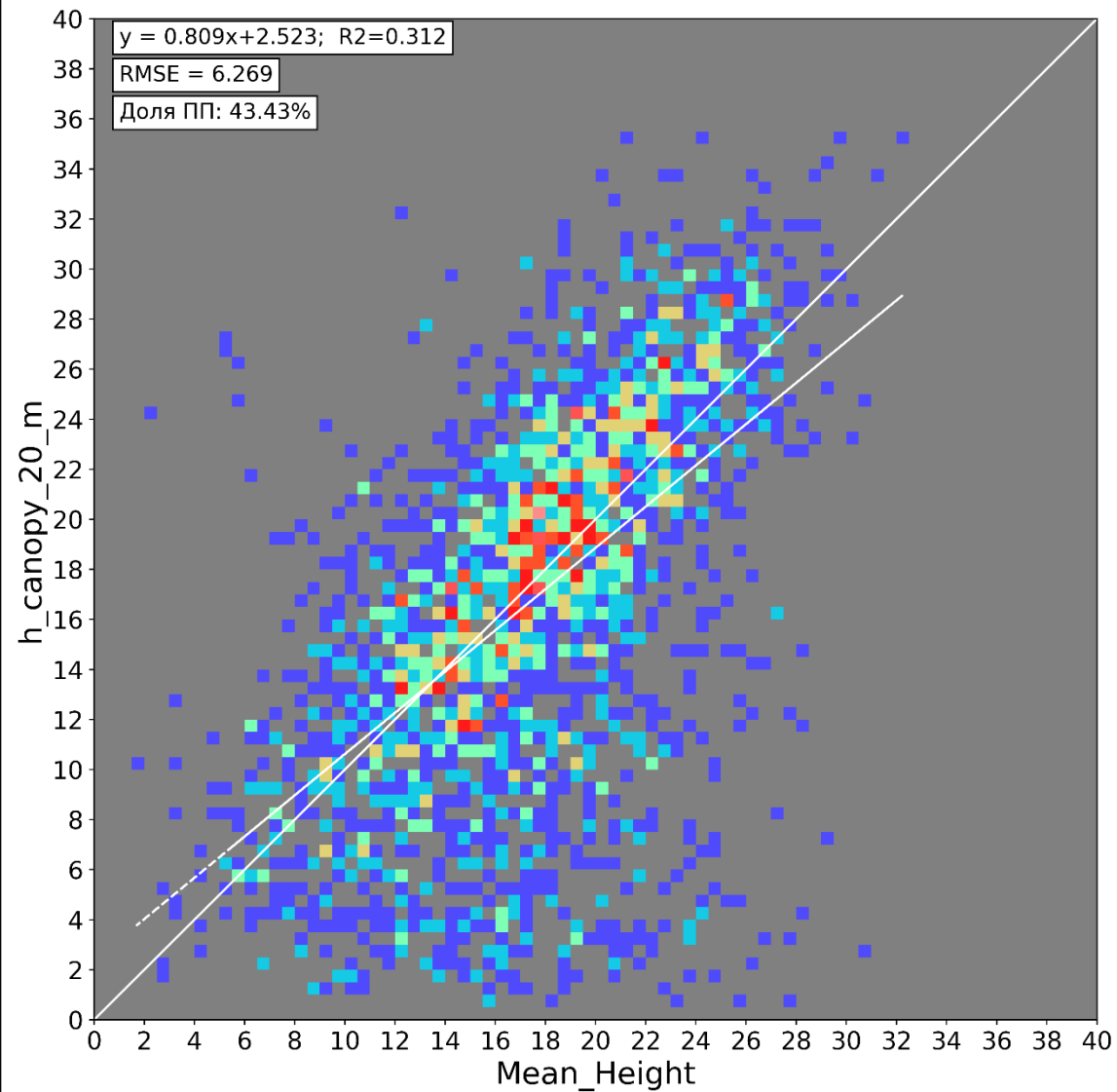
Распределение средних лидарных высот в пределах ПП



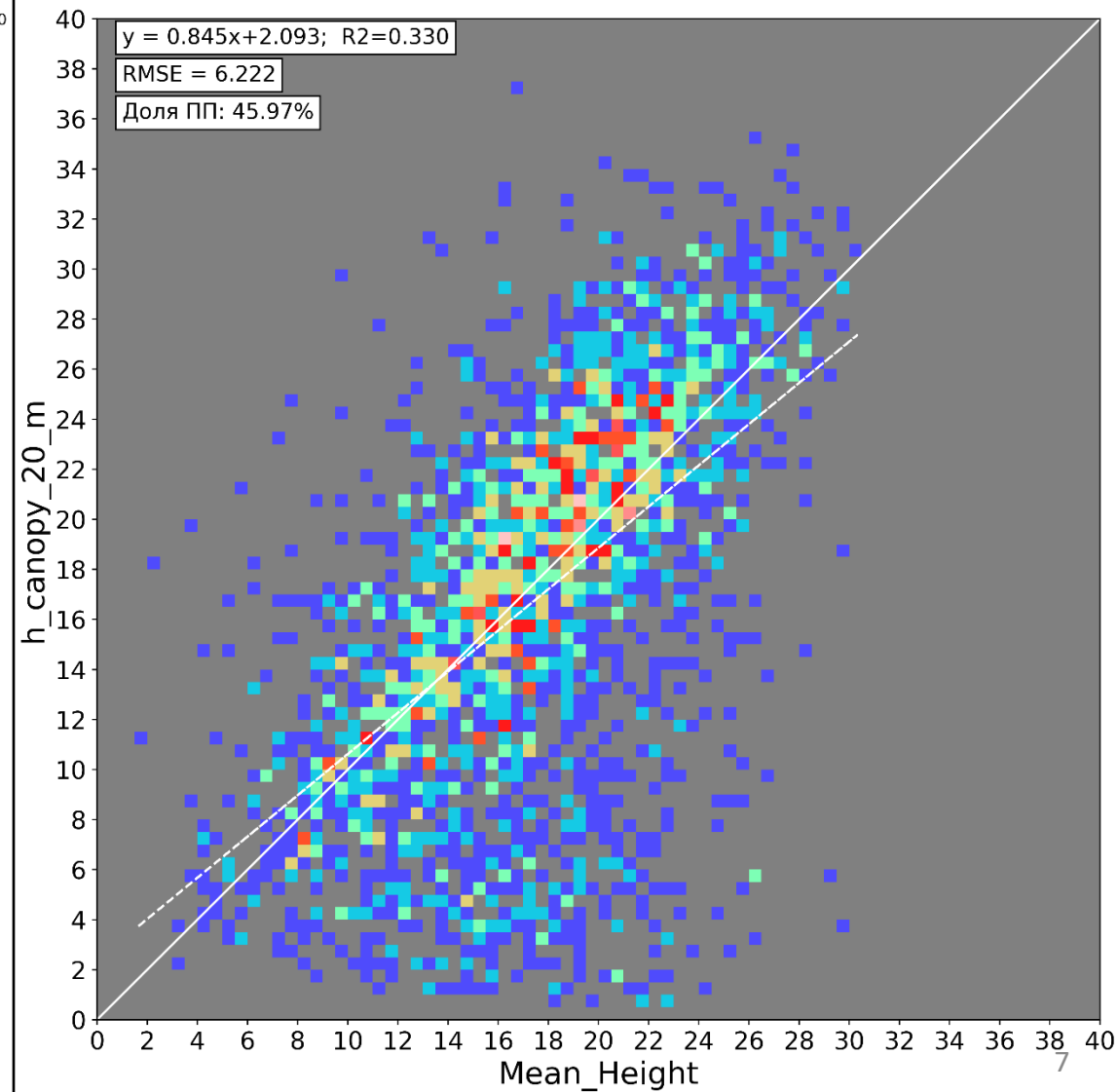
*Density plots of canopy height estimates for all beams (a); strong beams (b); and weak beams (c).

Влияние различных параметров на результат: разделение на сильный и слабый лучи (beam)

Strong

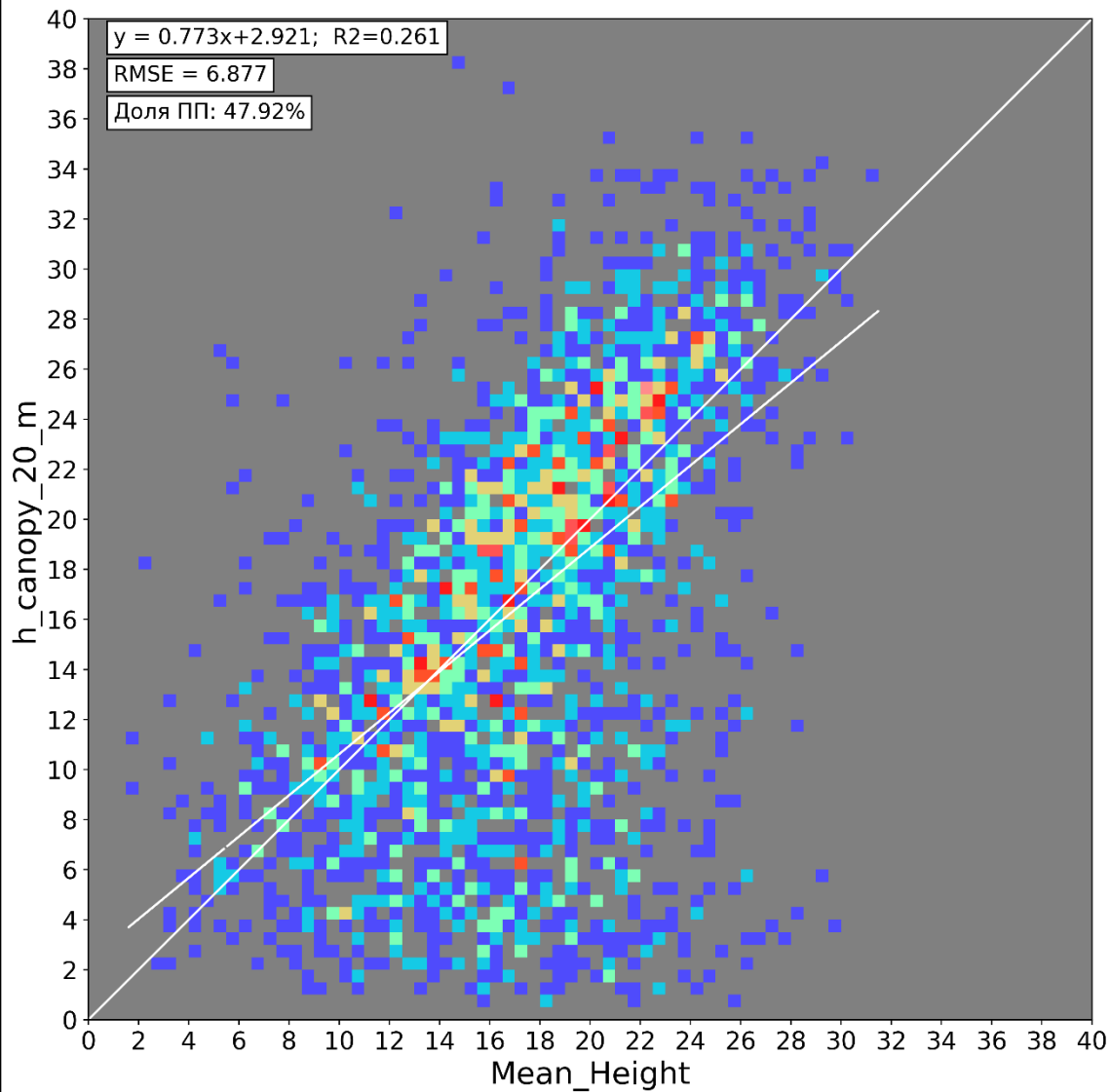


Weak

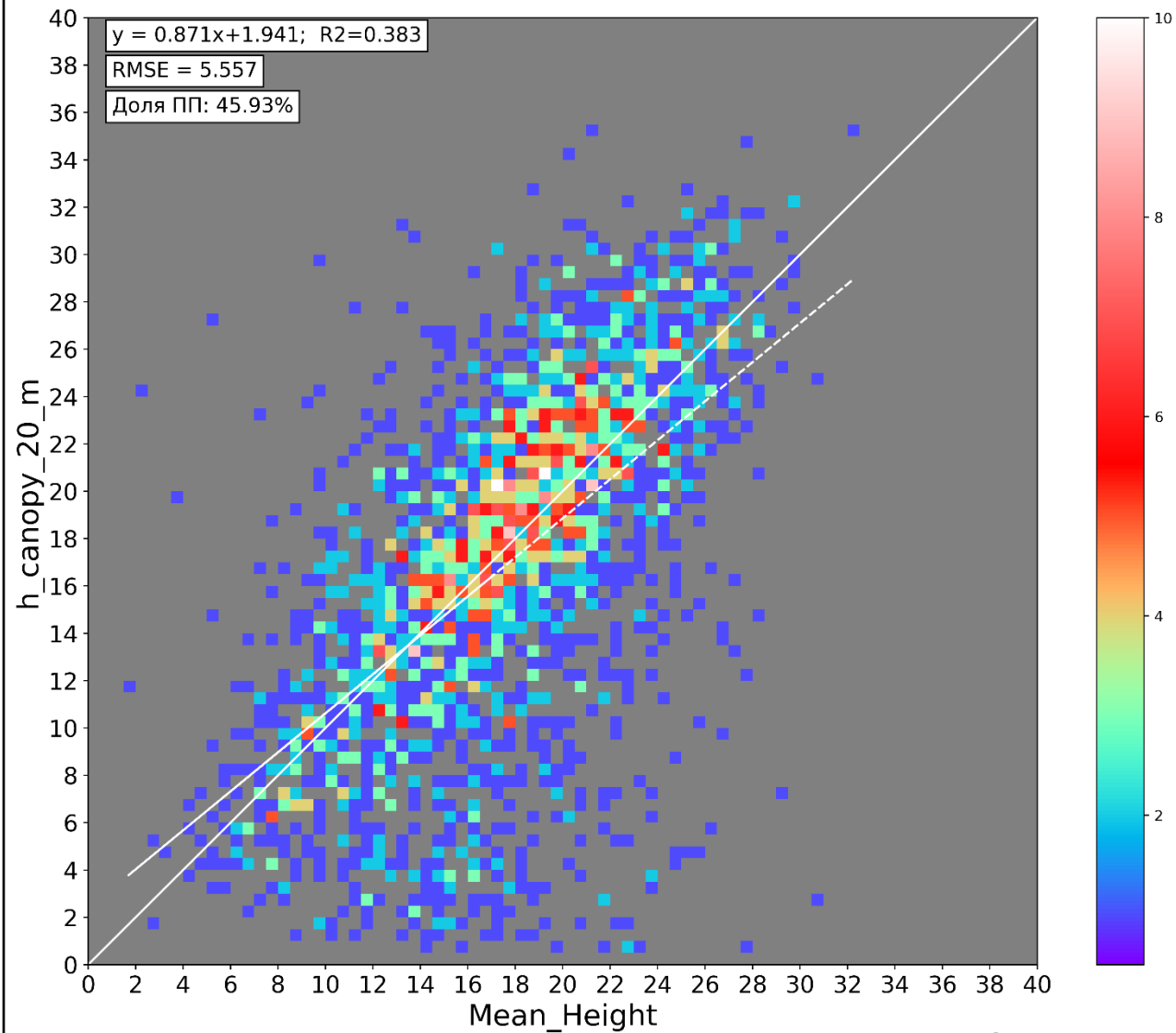


Влияние различных параметров на результат: время проведения измерений (night_flag)

Day

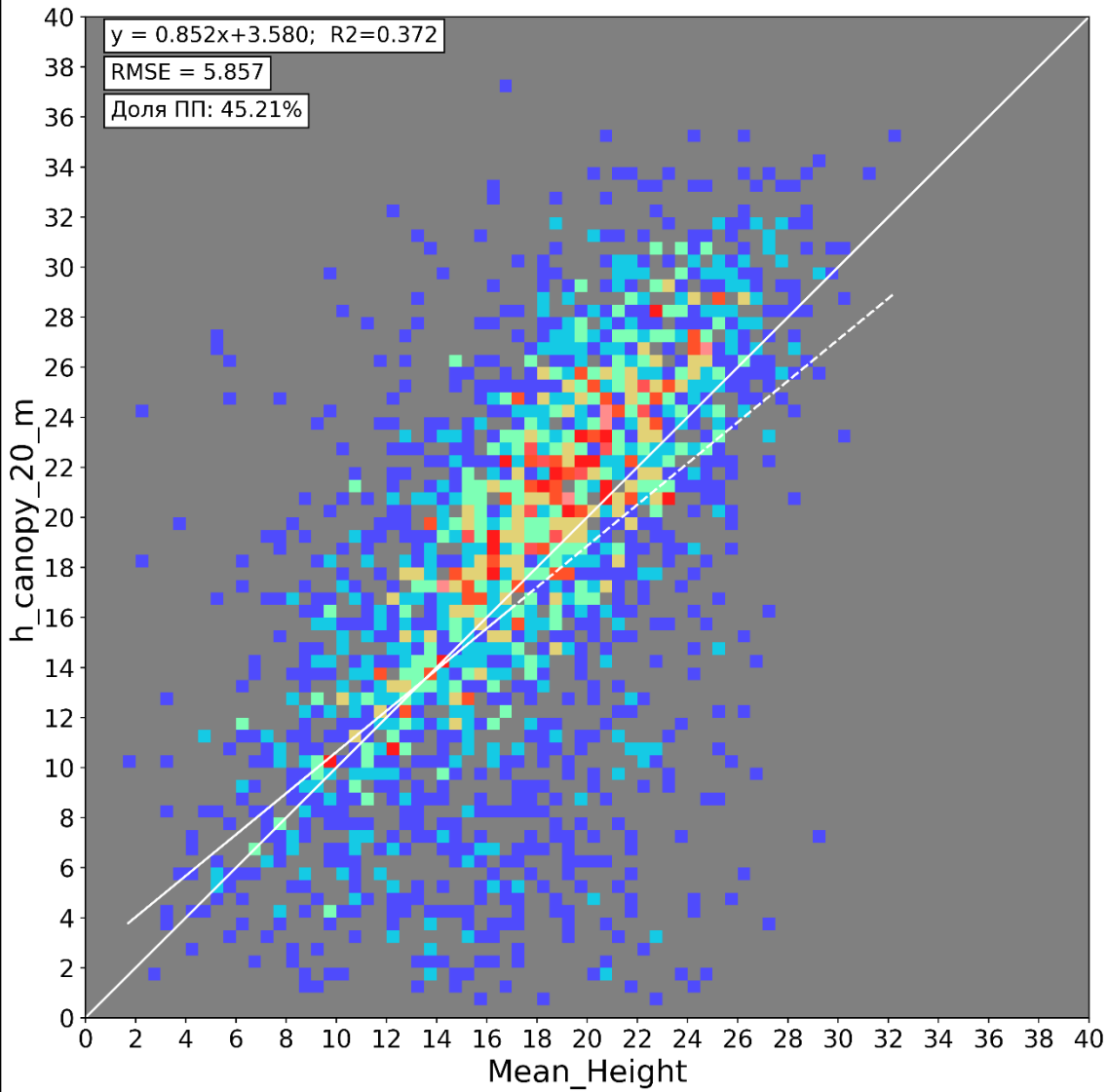


Night

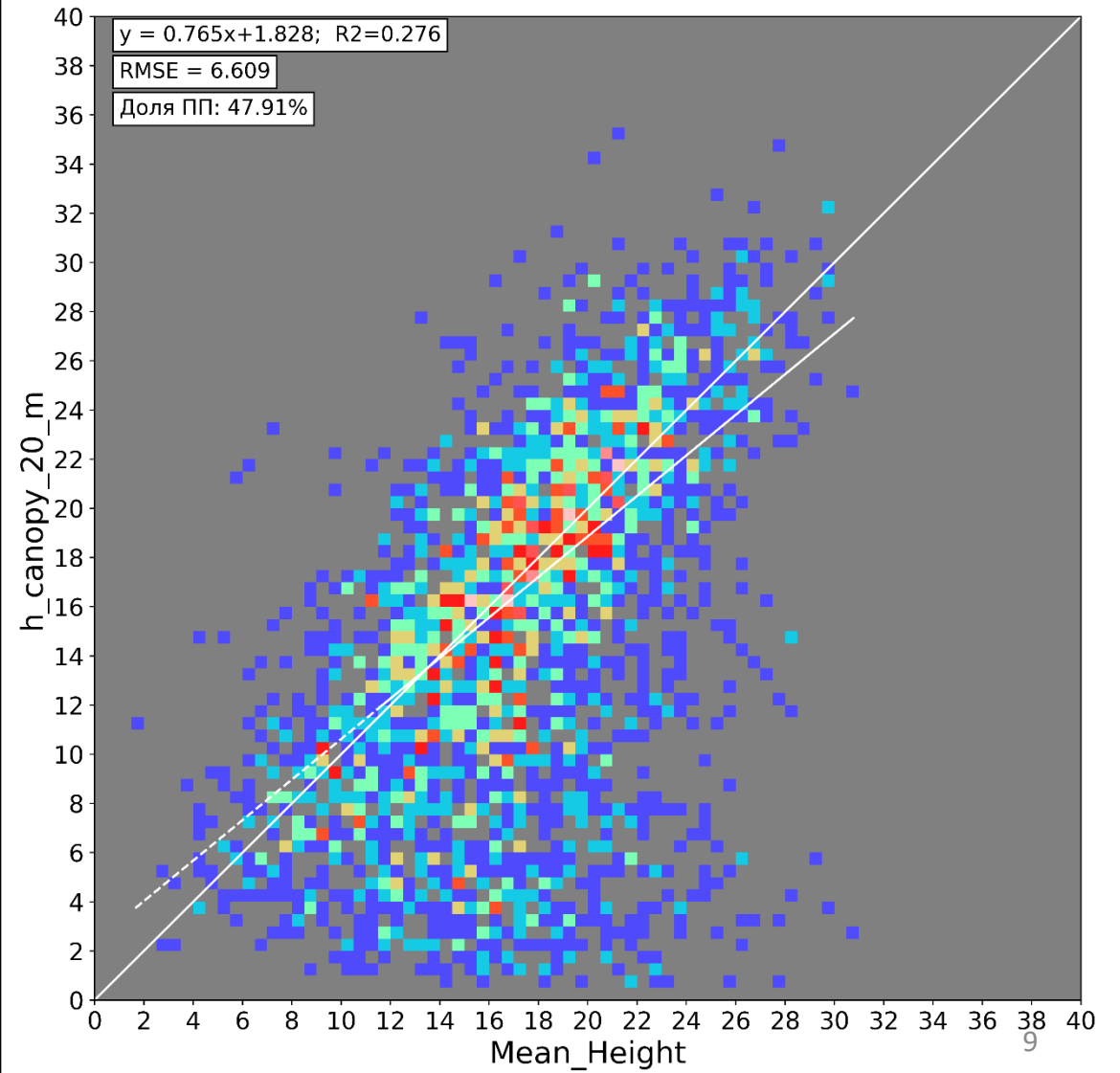


Влияние различных параметров на результат: наличие снега (segment_snowcover)

No Snow



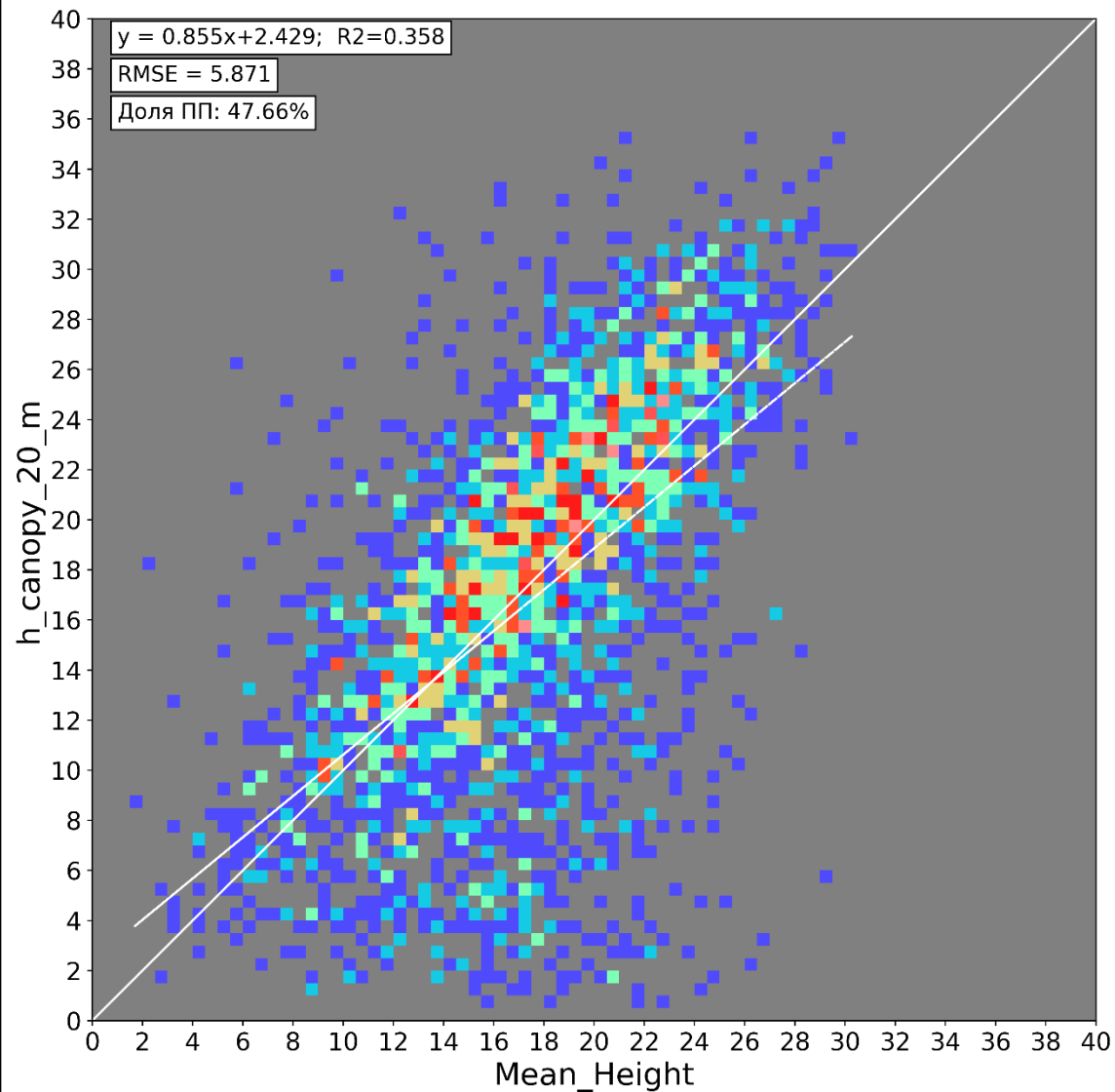
Snow



Влияние различных параметров на результат: атмосферное влияние(msw_flag)

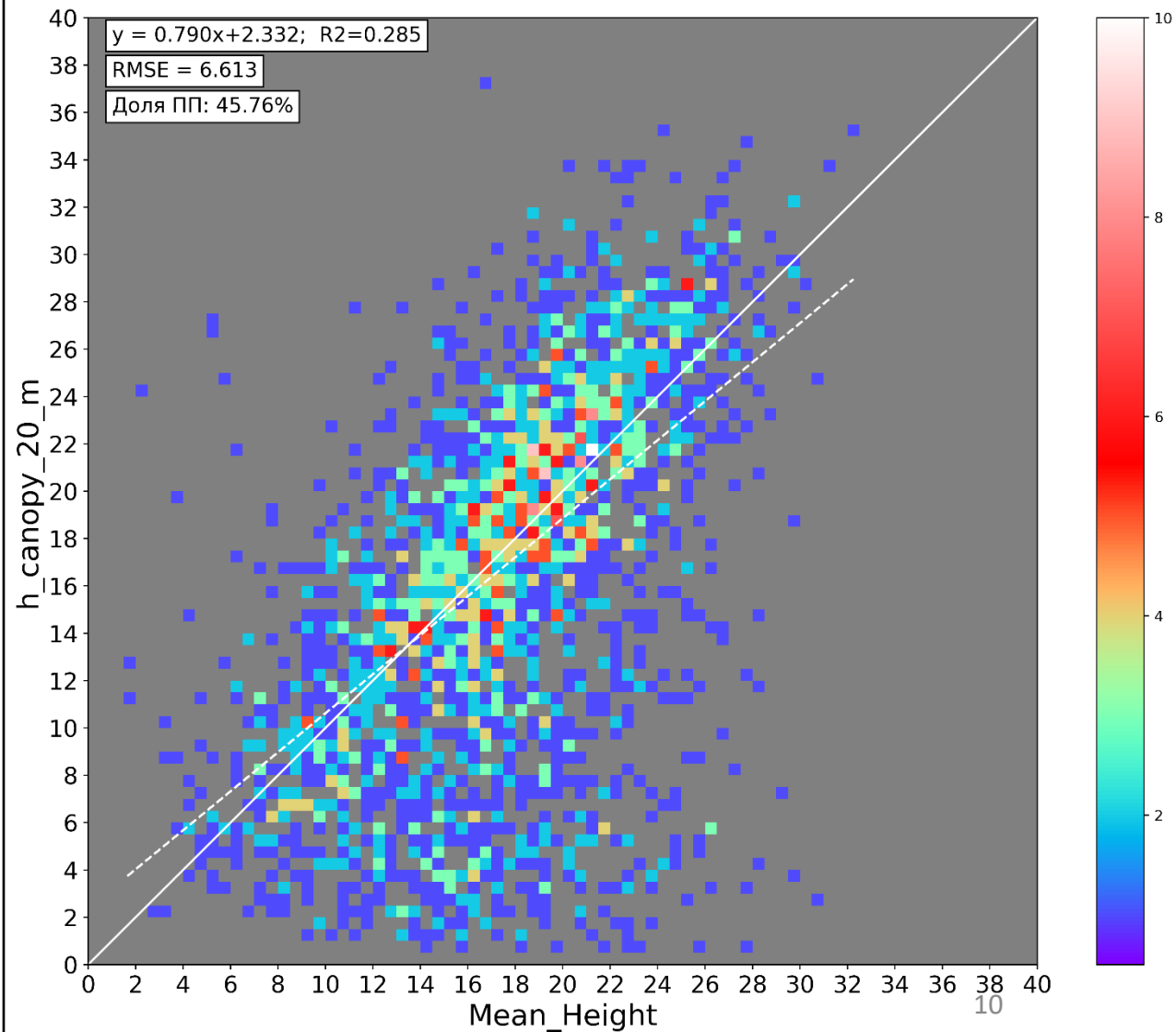
msw_flag = 0

Отсутствует атмосферное влияние



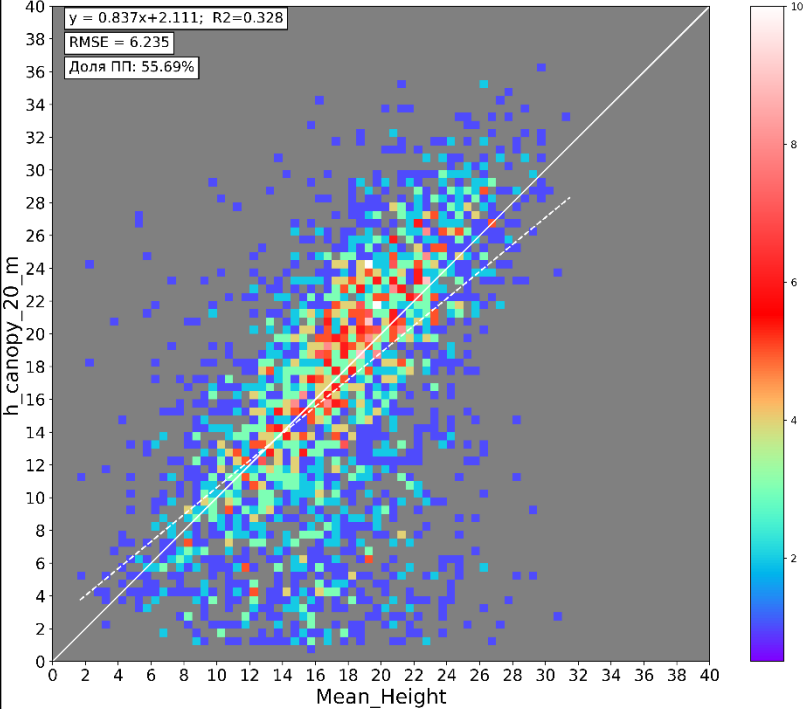
Msw_flag != 0

Присутствует атмосферное влияние

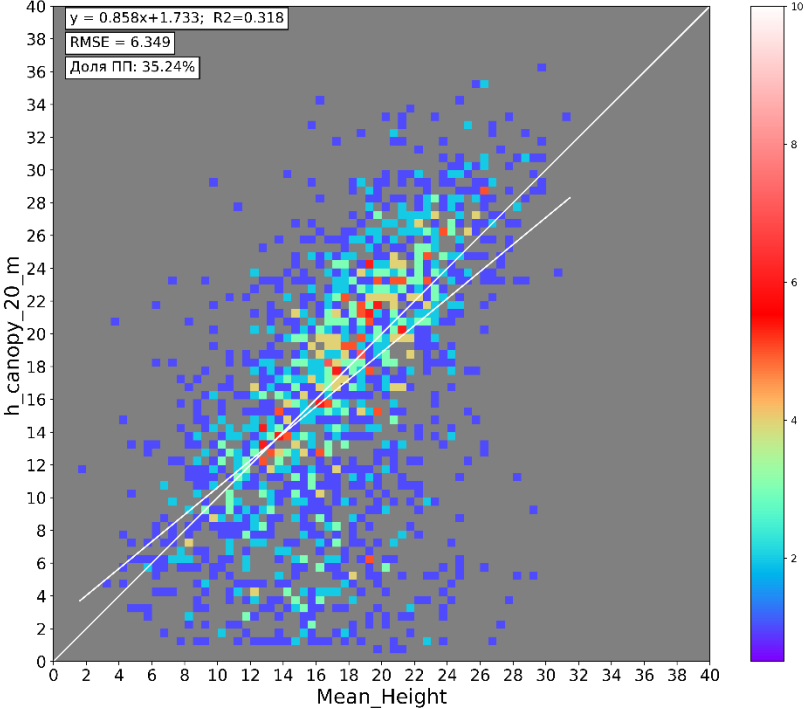


Влияние различных параметров на результат: Степень пересечения буферных зон ПП и лидара

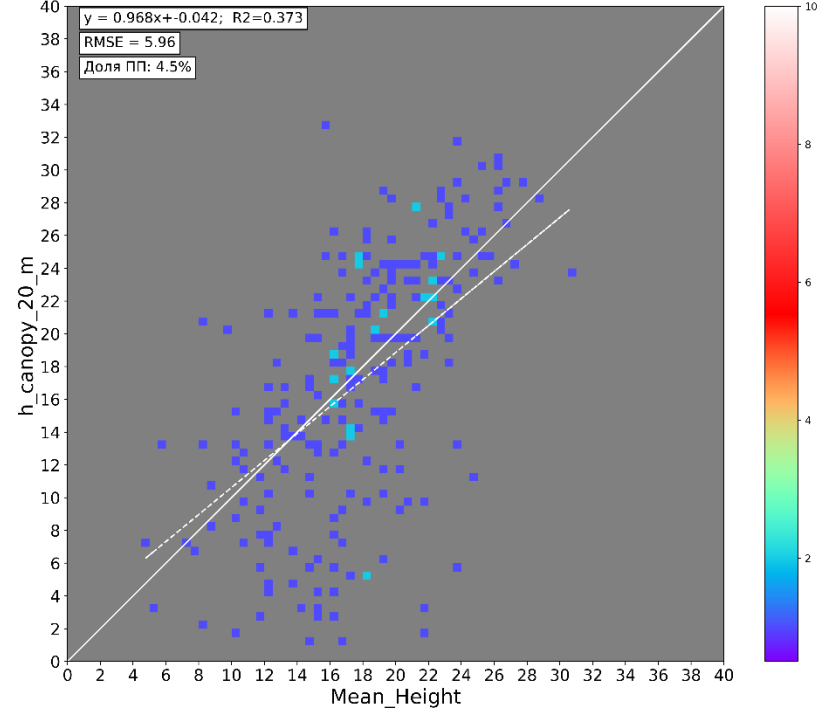
Area $\geq 25\%$



Area $\geq 50\%$

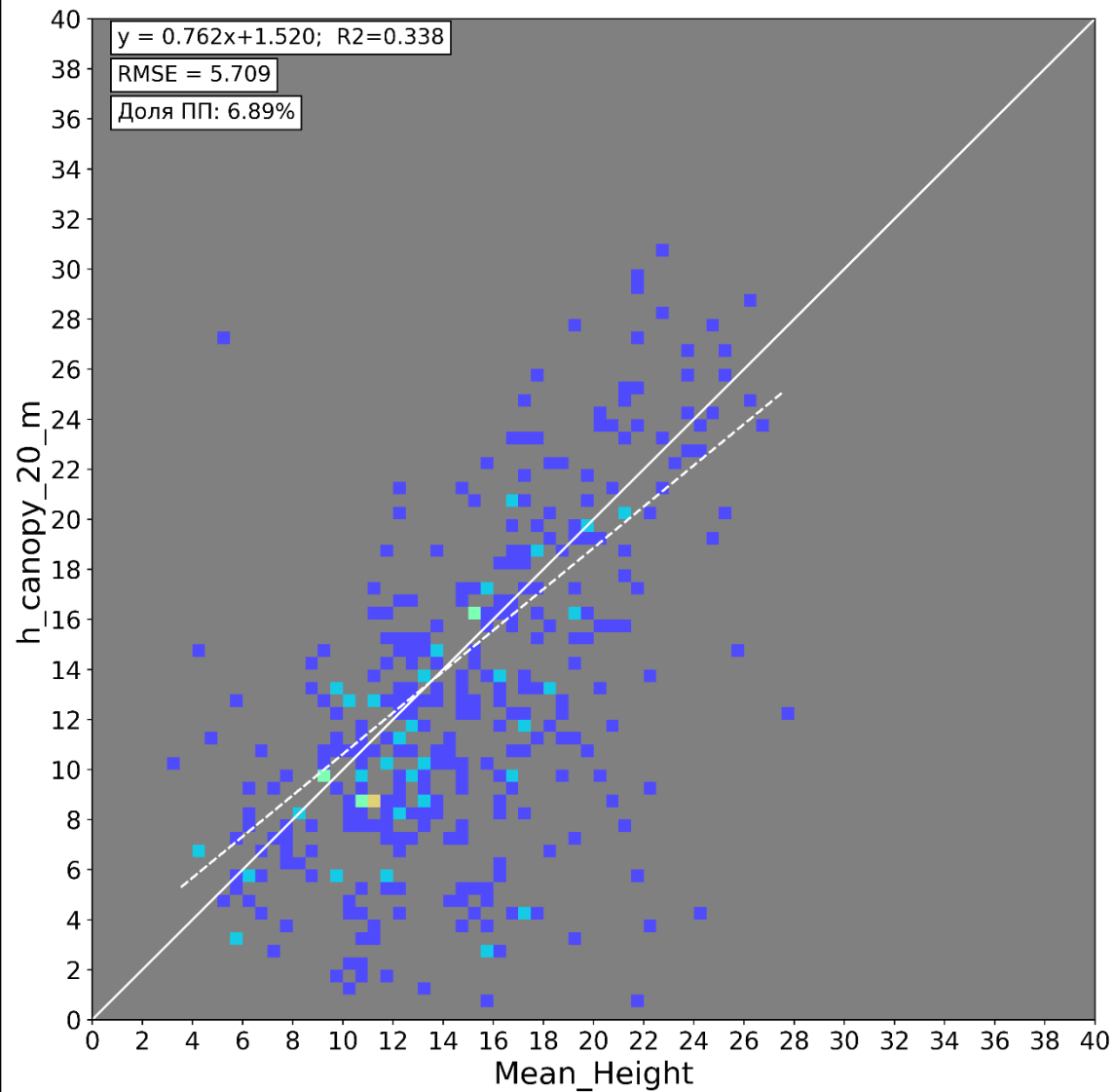


Area $\geq 95\%$

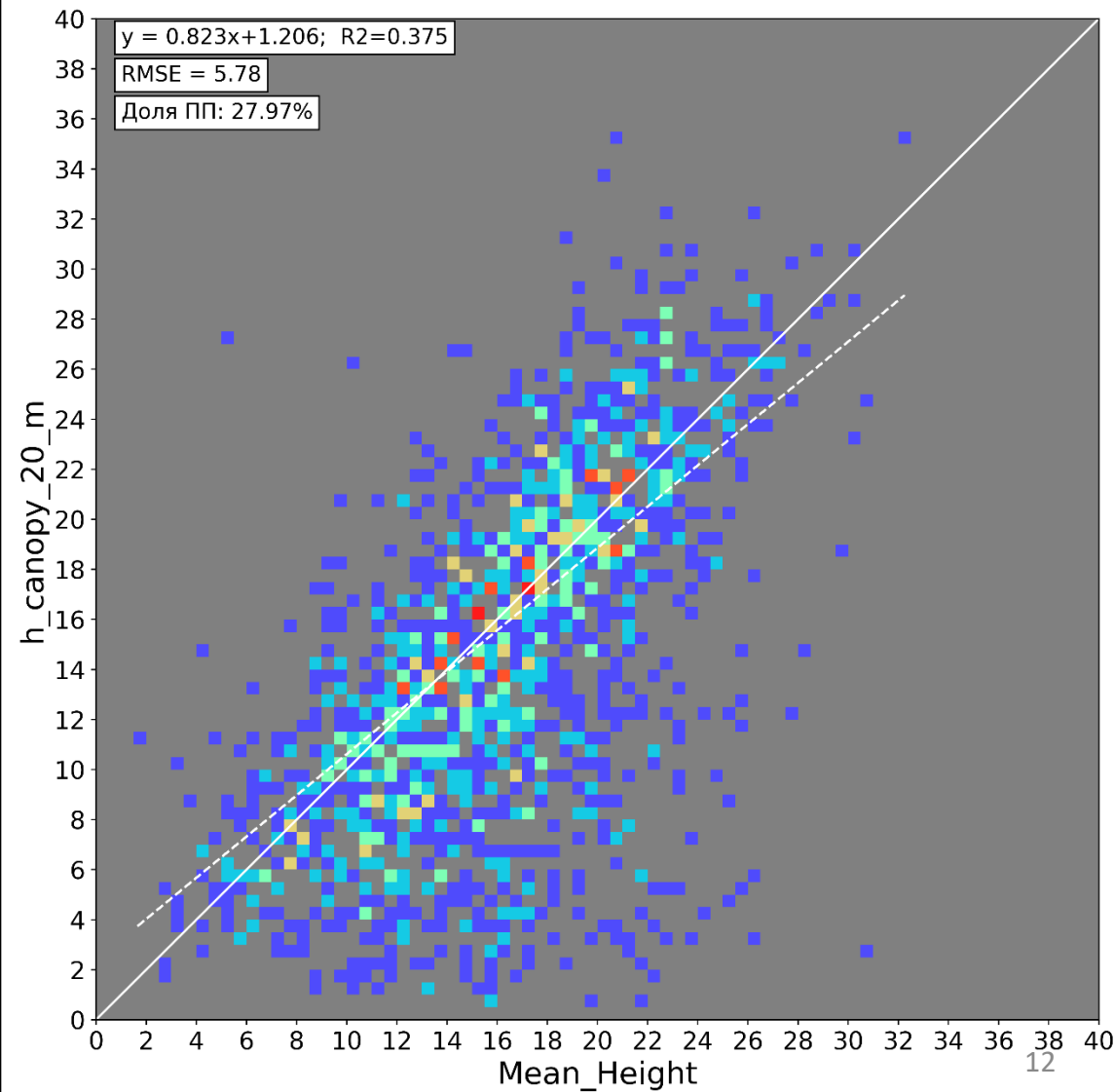


Влияние различных параметров на результат: количество дней между измерениями ПП и лидара

Days ≤ 360

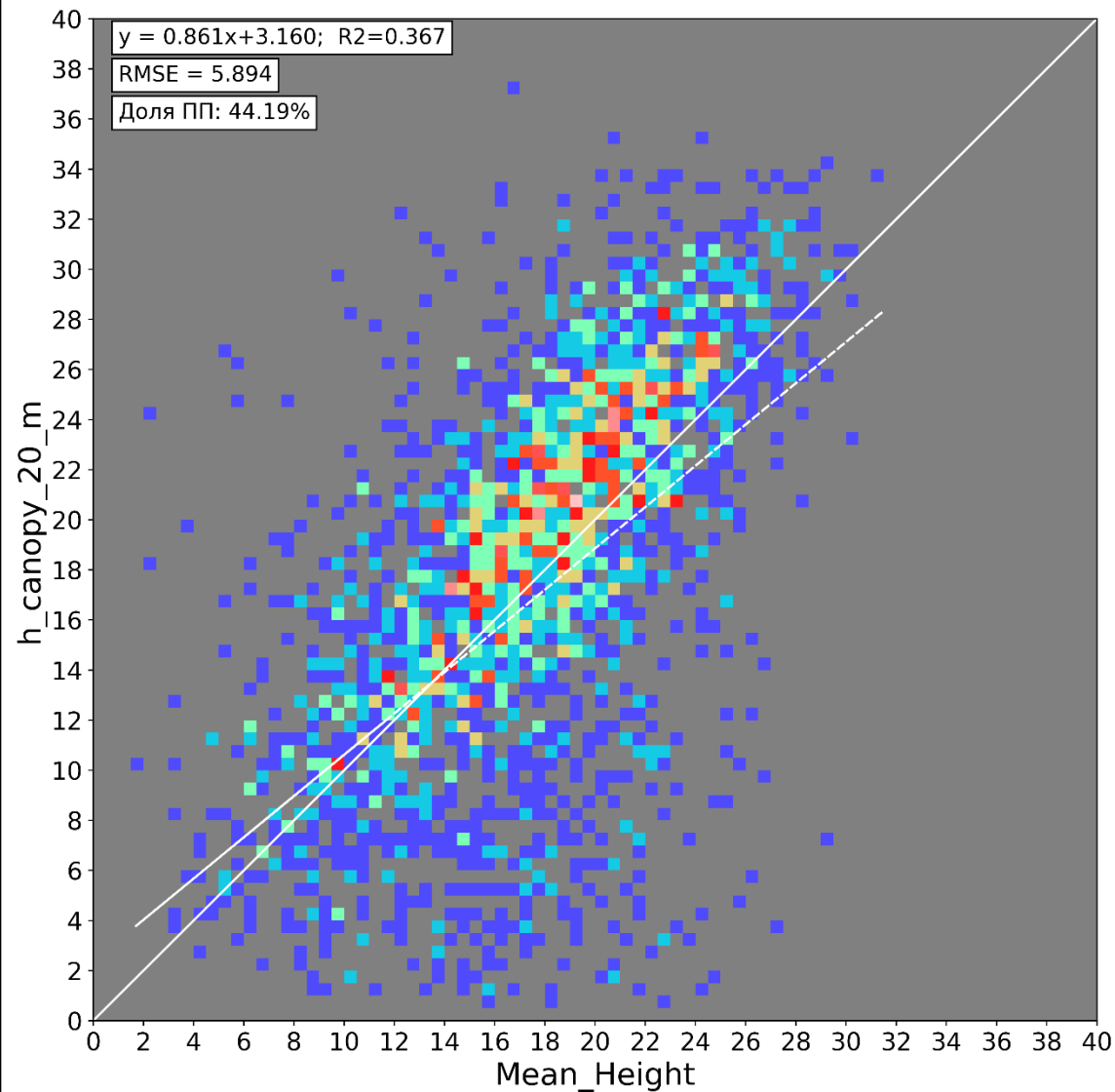


Days ≤ 1440

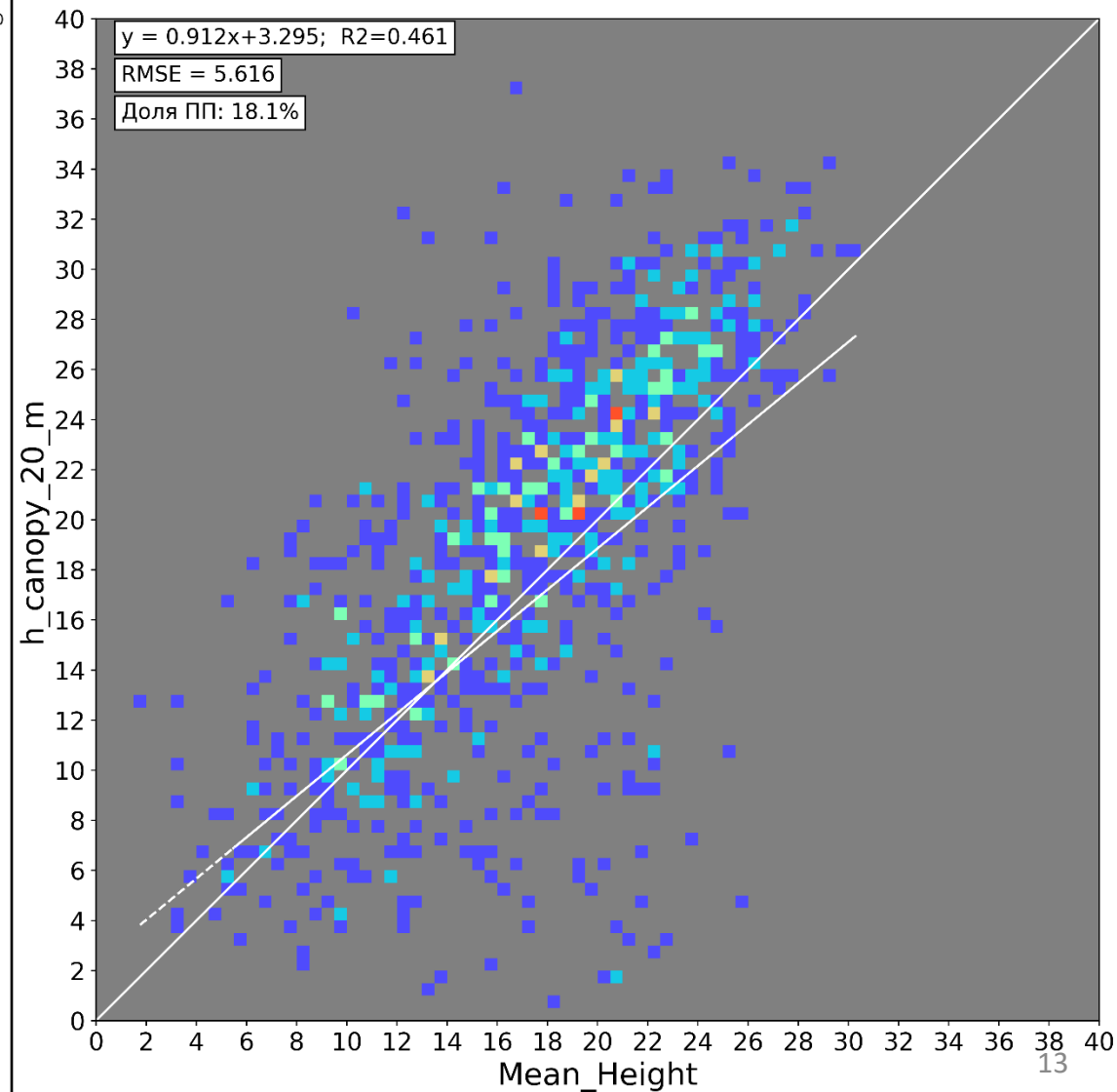


Влияние различных параметров на результат: сезон проведения измерений лидара

Апрель - Октябрь

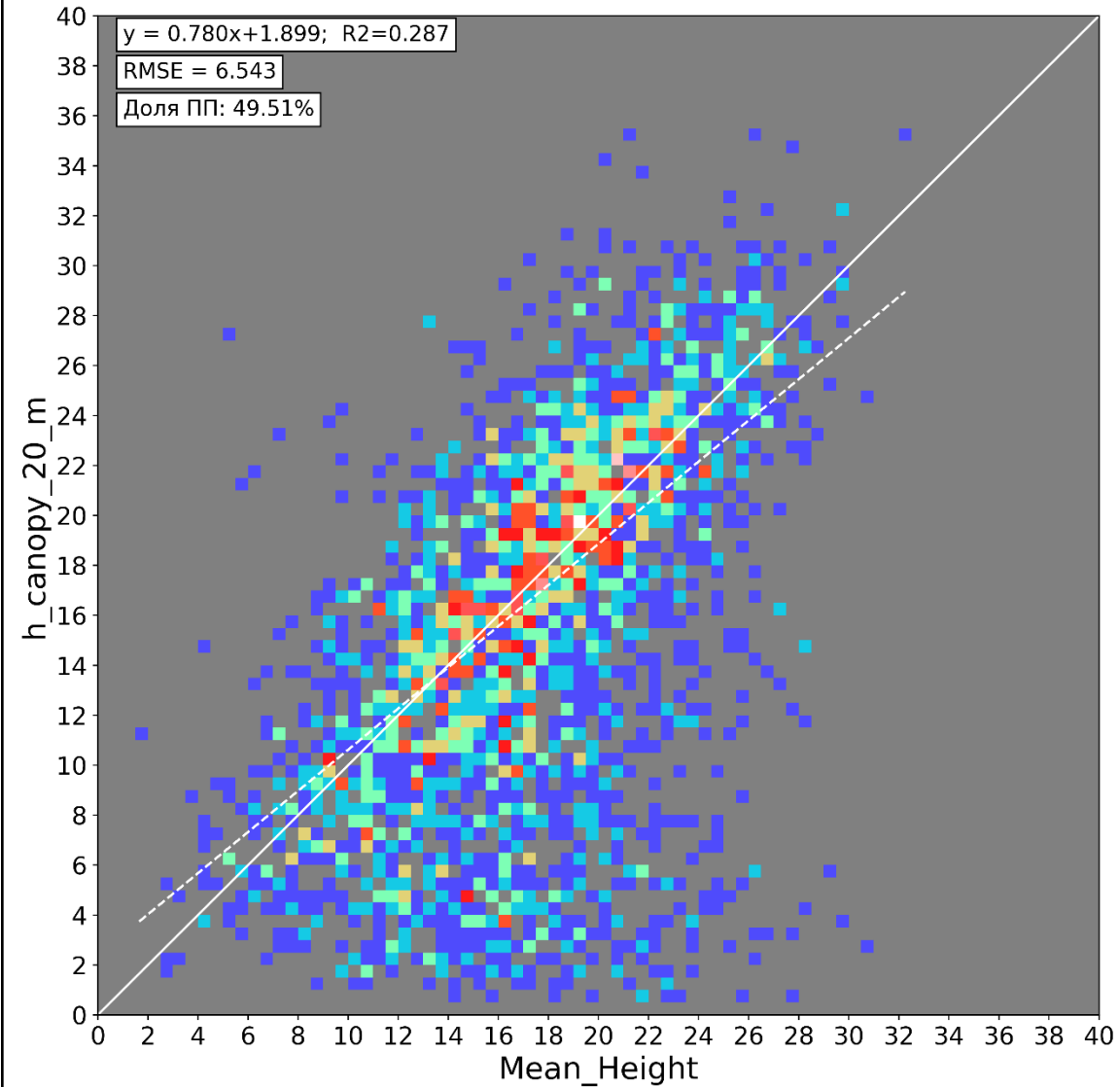


Июнь - Август

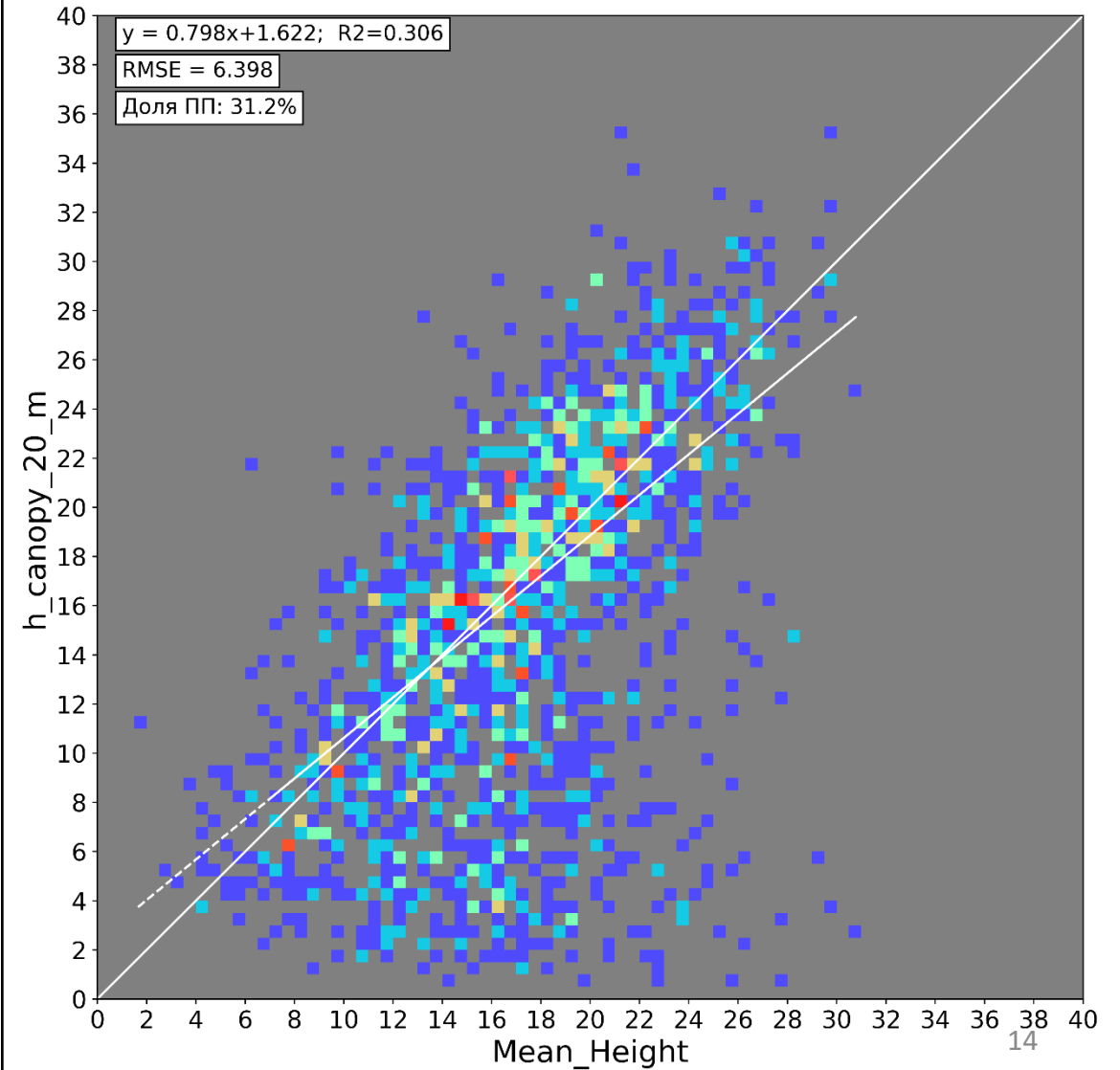


Влияние различных параметров на результат: сезон проведения измерений лидара

Ноябрь - Март

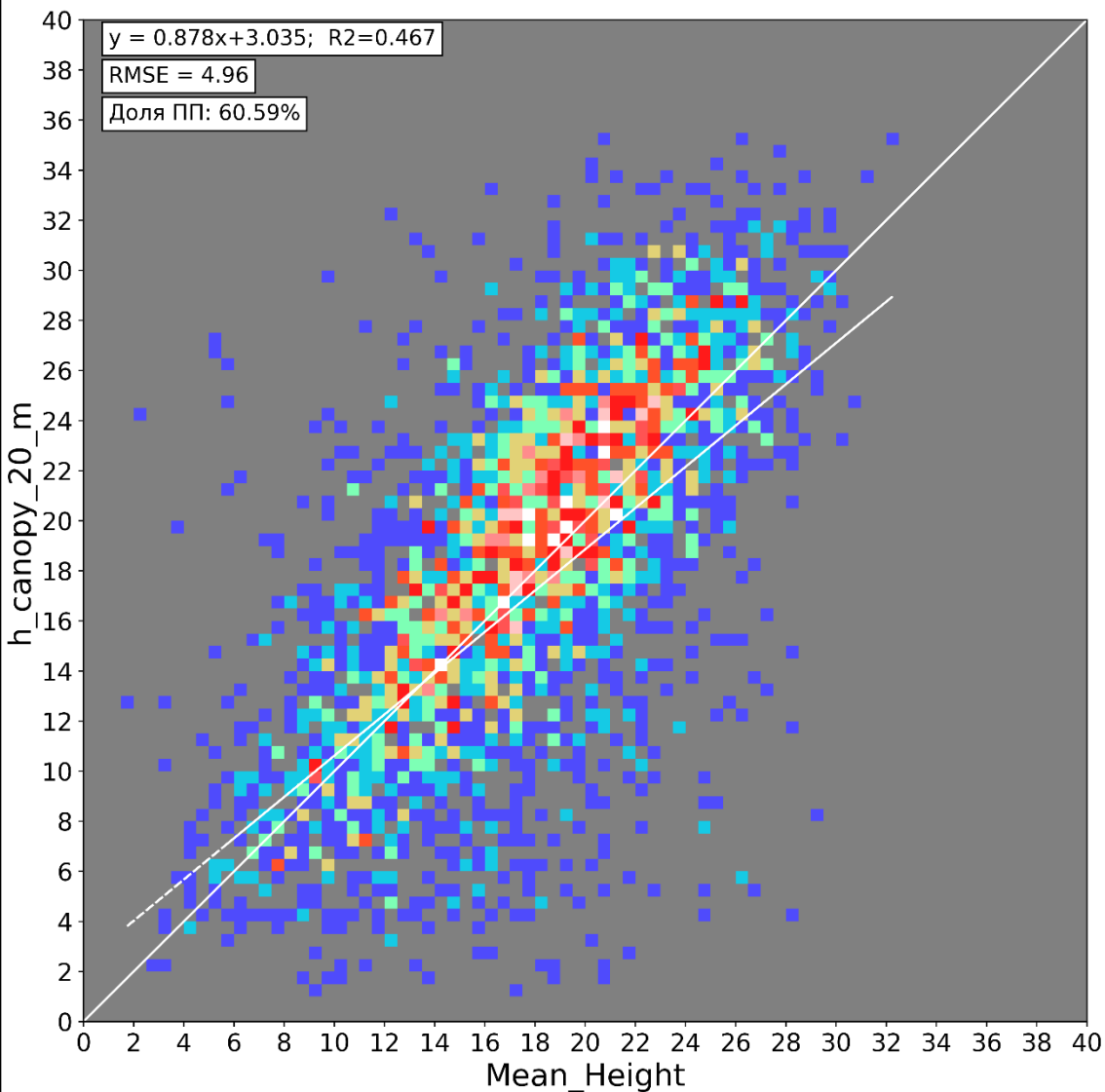


Декабрь - Февраль

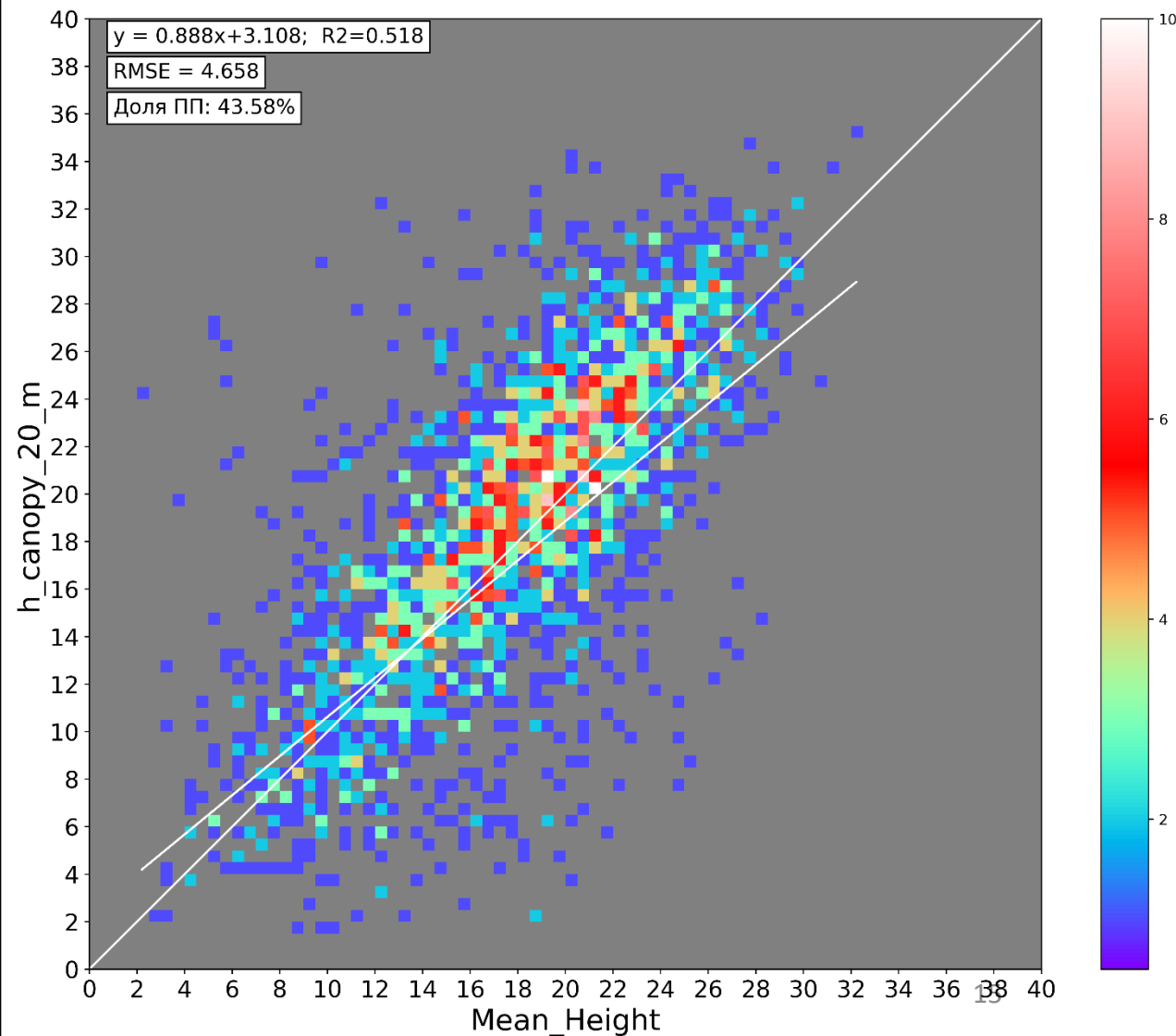


Влияние различных параметров на результат: неопределенность лидарных измерений

$$\frac{h_canopy_uncertainty}{h_canopy_20} \leq 0.3$$

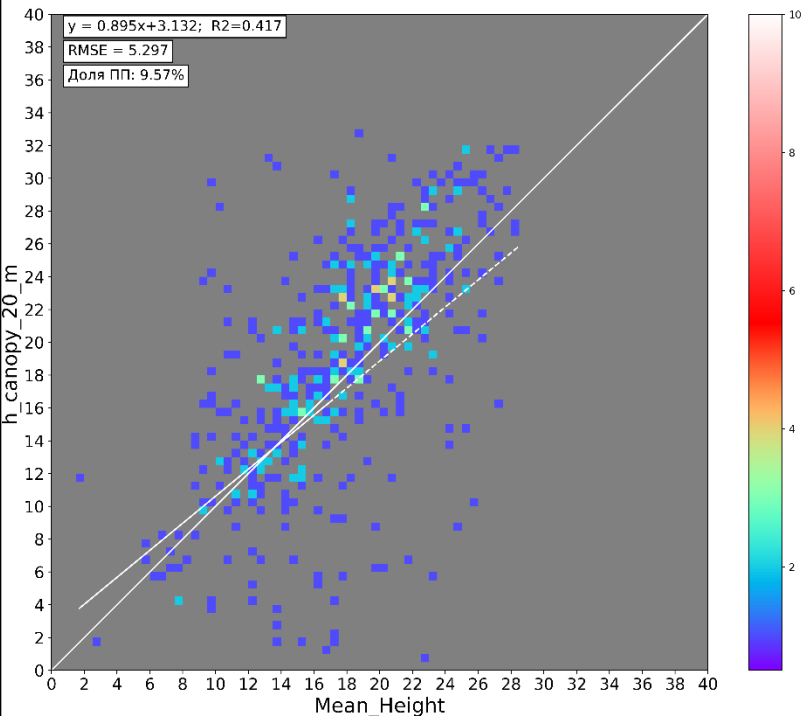


$$\frac{h_canopy_uncertainty}{h_canopy_20} \leq 0.15$$

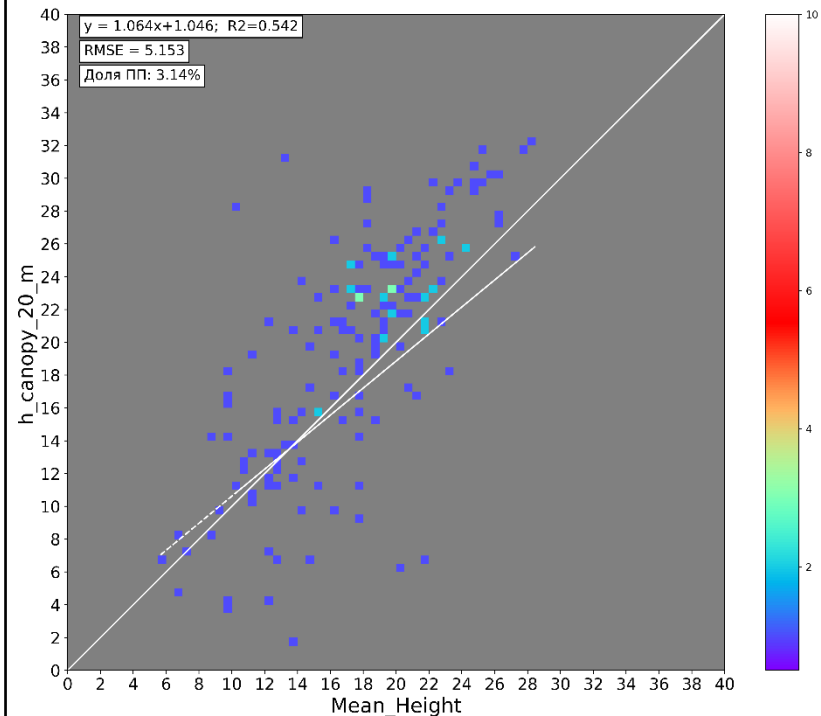


Результаты

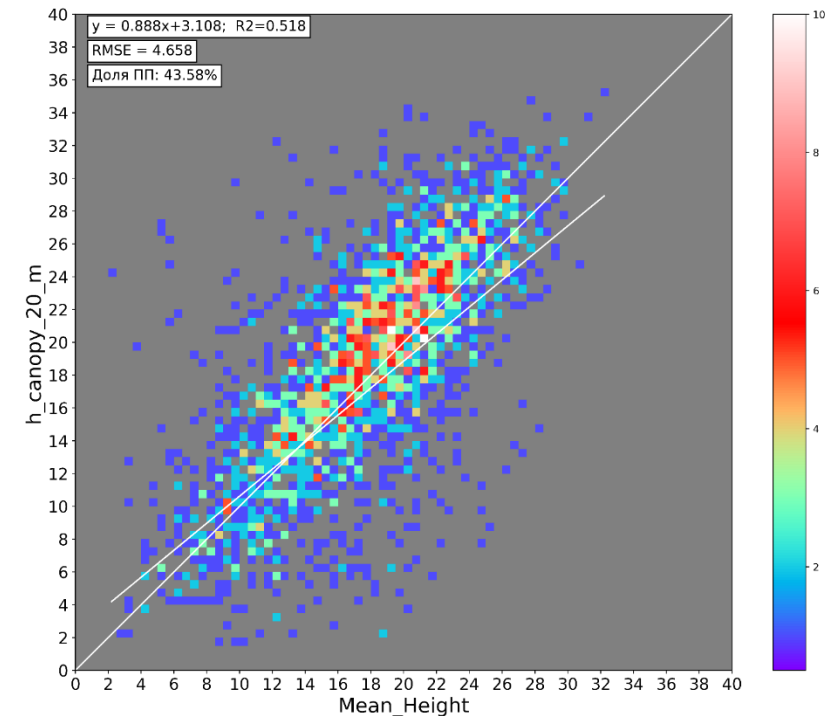
Night + No Snow + msw=0



Night + No Snow + msw=0 + июнь-август



$\frac{h_{canopy_uncertainty}}{h_{canopy_20}} \leq 0.15$



Результаты

В рамках данной работы не обнаружено зависимости улучшения точности :

- При разделении набора данных на сильный и слабый луч;
- При фильтрации по степени пересечения буферных зон центра сегмента ($r=10\text{м}$) и центра ПП

Улучшение результата	Ухудшение результата
<ul style="list-style-type: none">• Измерения, проведенные в ночное время;• Измерения в летний период;• Измерения, у которых отсутствует атмосферное влияние	<ul style="list-style-type: none">• Измерения, проведенные с наличием снежного покрова