

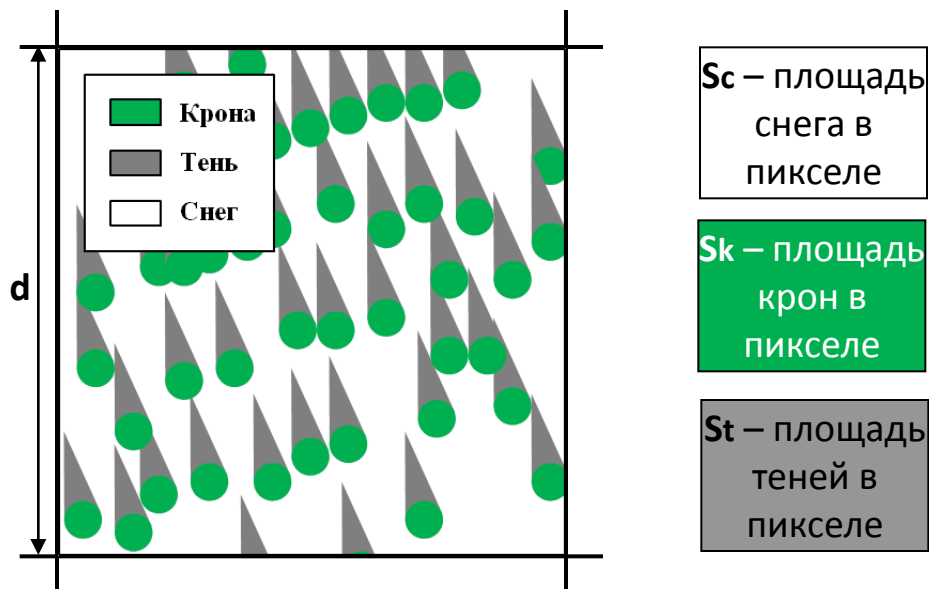
**Исследование возможностей использования данных Sentinel-2,  
полученных в условиях наличия снежного покрова,  
для оценки запаса стволовой древесины в лесах**

*Жарко В.О.<sup>1</sup>, Барталев С.А.<sup>1</sup>, Сидоренков В.М.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Институт космических исследований РАН

<sup>2</sup>Всероссийский НИИ лесоводства и механизации лесного хозяйства

# Оценка запаса на основе измерений КСЯ покрытых снегом лесов



$h$  – высота деревьев;  $n$  – число деревьев

КСЯ пикселя в красном (0,62-0,67 мкм) канале:

$$R = f(S_c, S_k, S_t);$$

$$S_c = d^2 - S_k - S_t,$$

$$S_k = f_1(n), S_t = f_2(n, h),$$

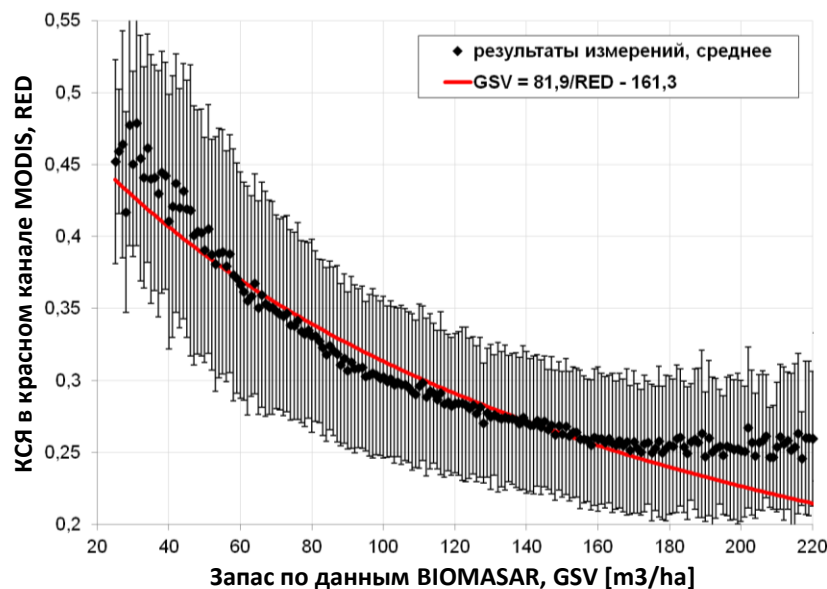
$$R = f_3(n, h);$$

Запас стволовой древесины леса в пикселе:

$$GSV [m^3 / ha] = f_4(n, h)$$

Модель:

$$GSV [m^3 / ha] \sim 1/R$$



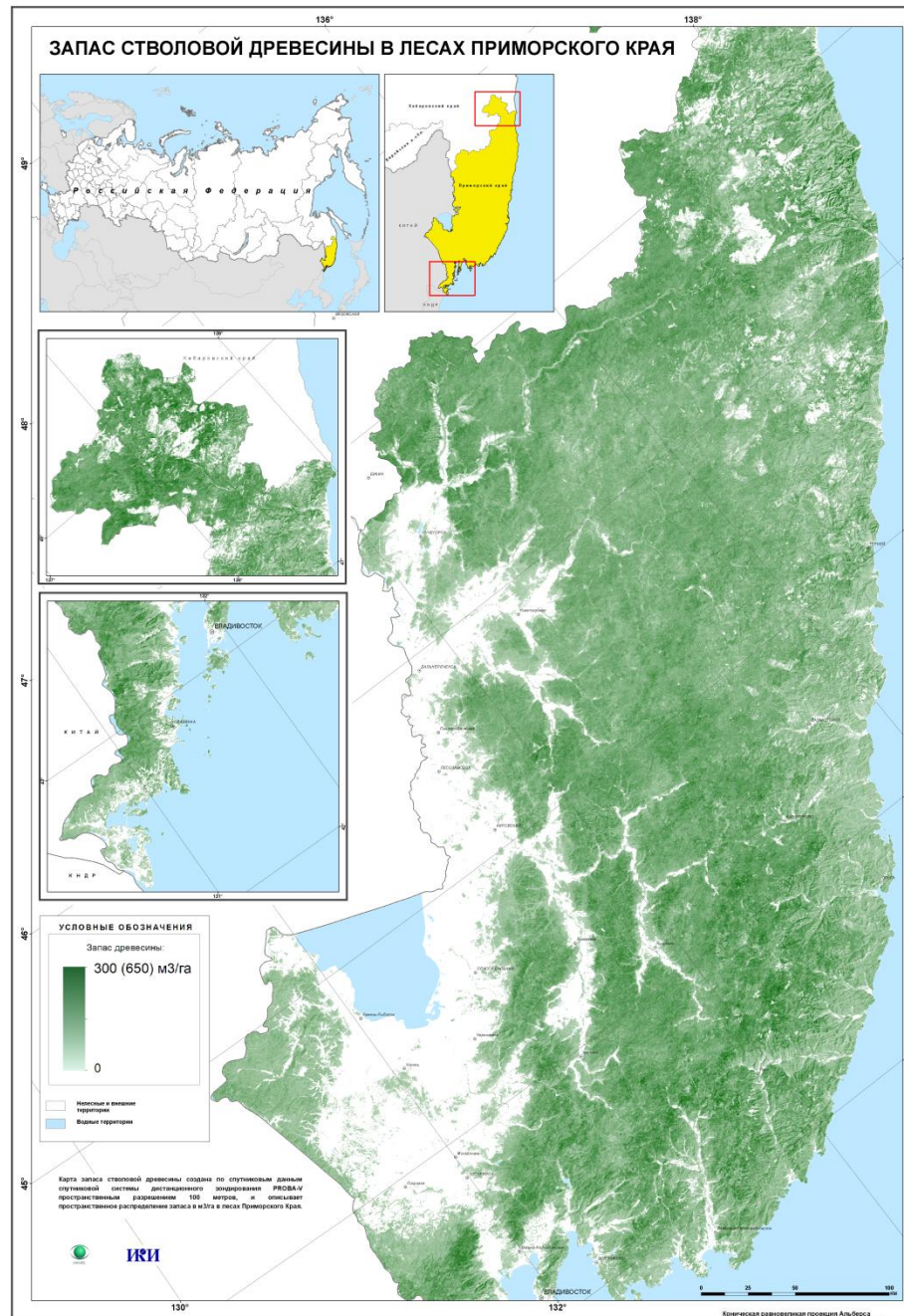
Пример соотношения КСЯ покрытого снегом соснового леса и запаса стволовой древесины по данным BIOMASAR

# Ежегодная оценка запаса древесины по данным MODIS (250 м)

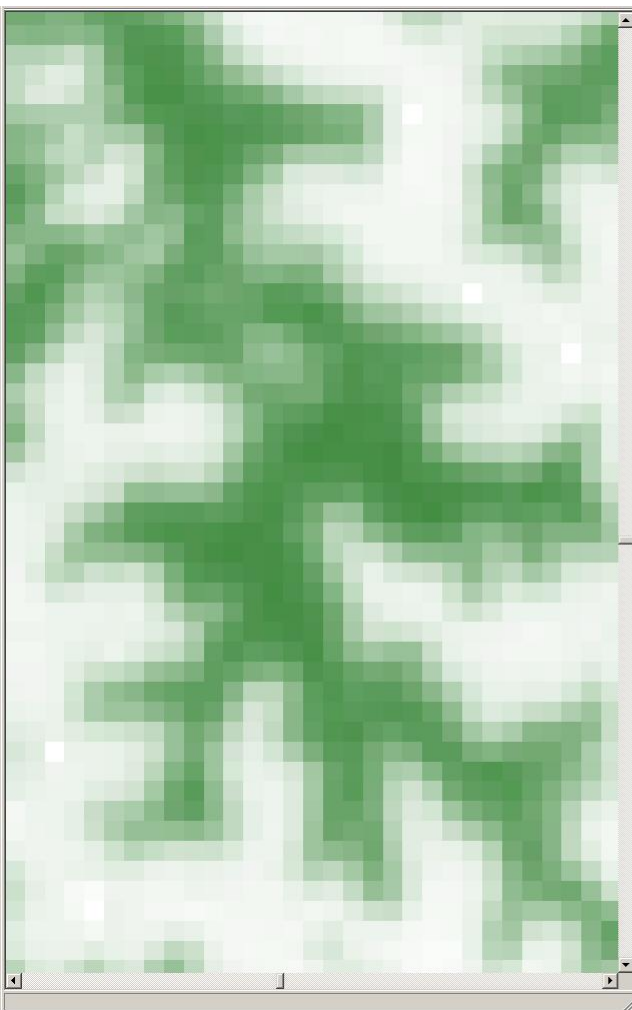




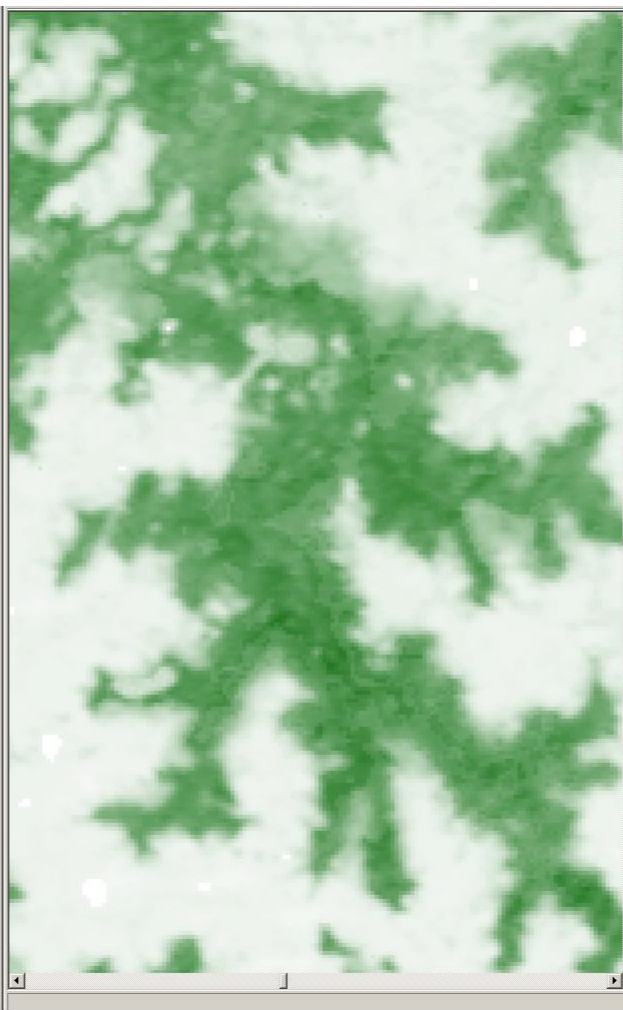
# Оценка запаса древесины по данным Proba-V (100 м)



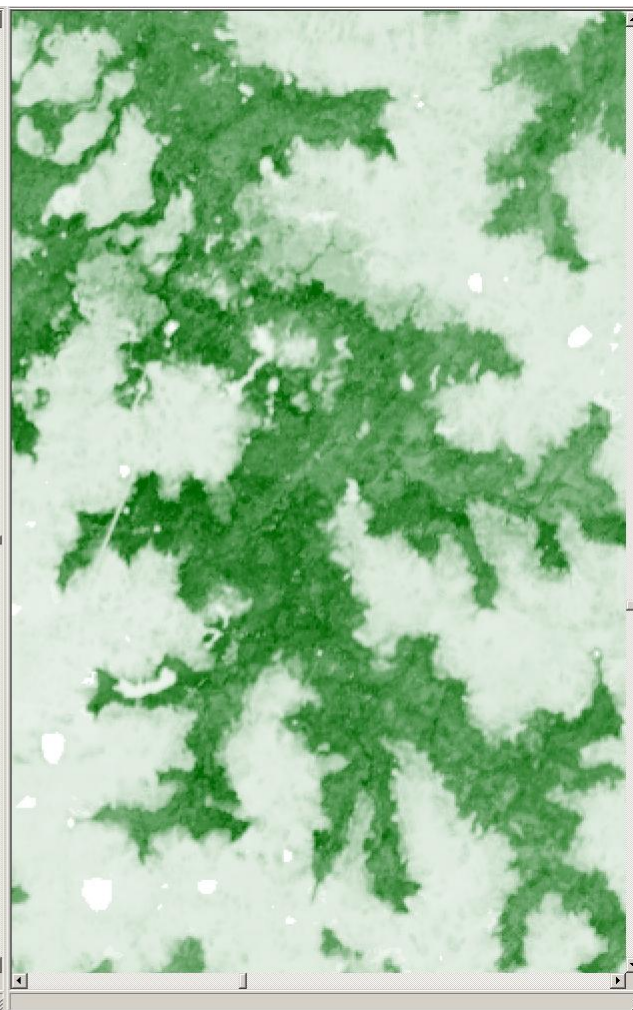
BIOMASAR (1km)



MODIS (250m)



PROBA-V(100m)



Запас ствольной древесины (GSV), м3/га

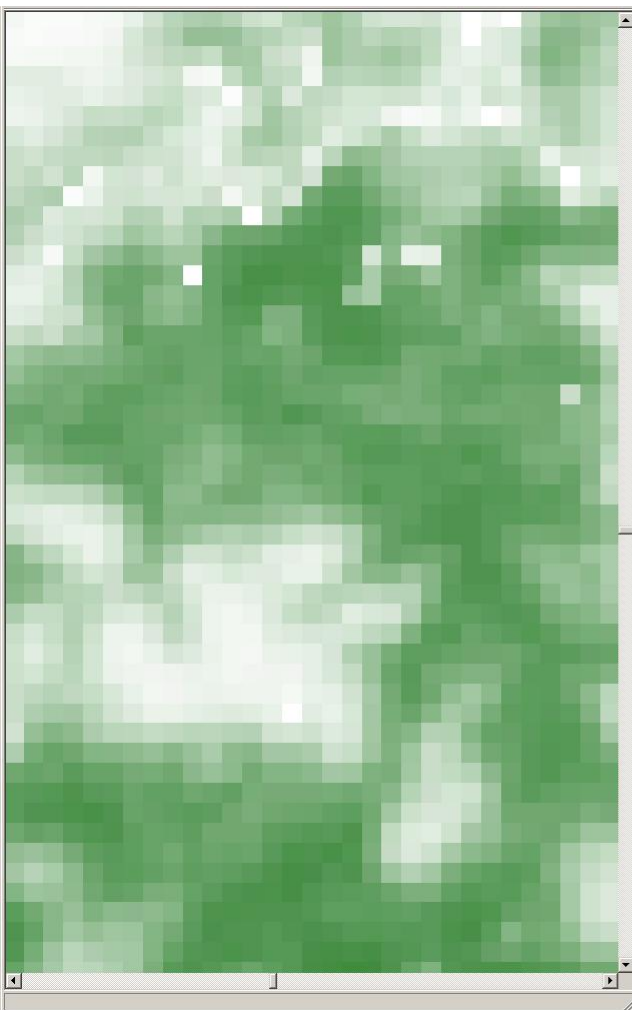


0

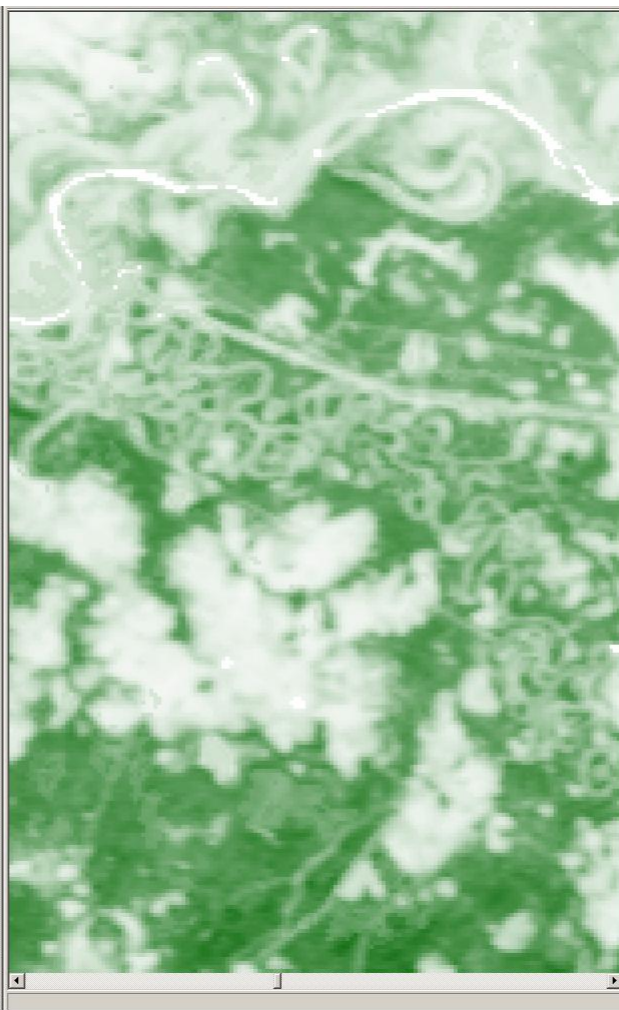
300/650



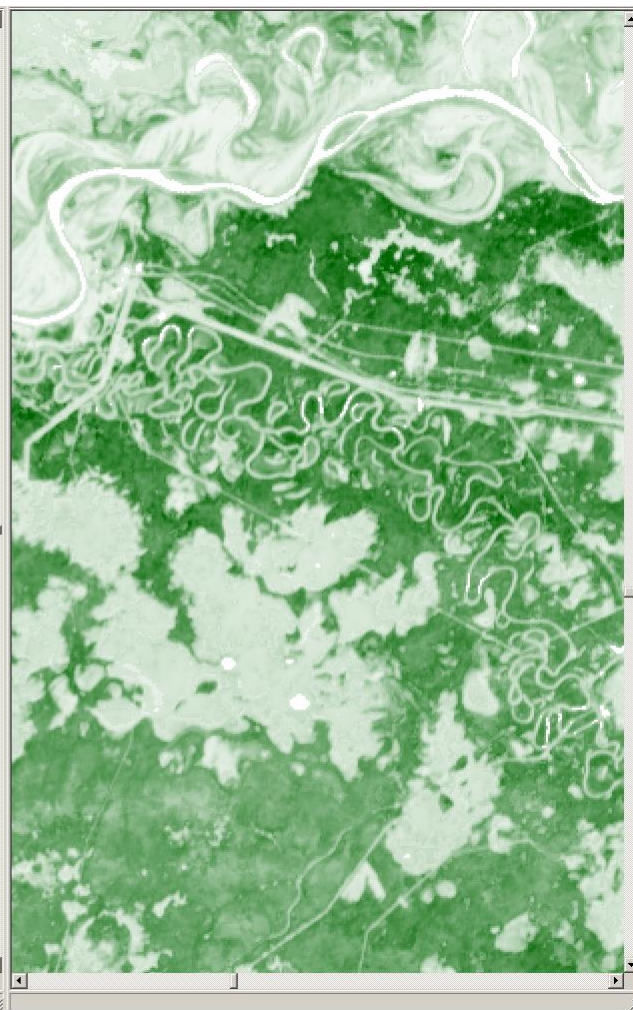
BIOMASAR (1km)



MODIS (250m)



PROBA-V(100m)



Запас ствольной древесины (GSV), м3/га

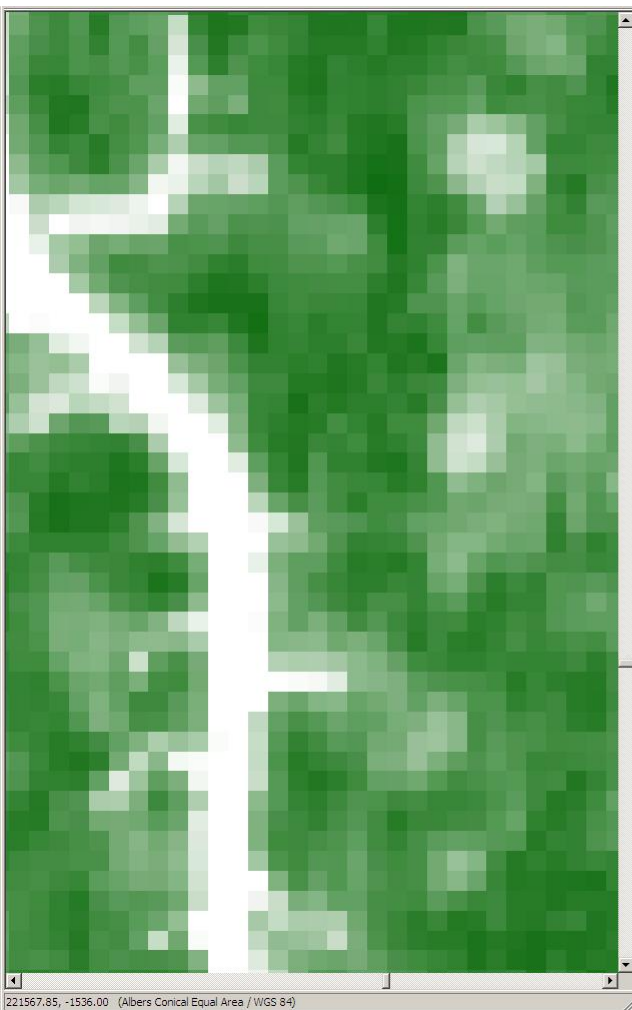


0

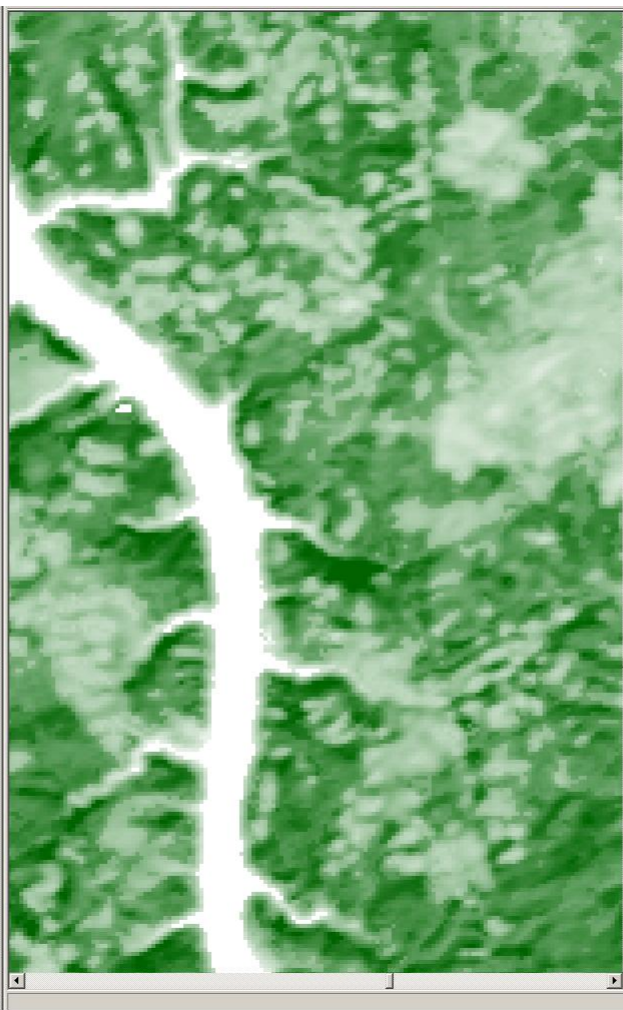
300/650



BIOMASAR (1km)



MODIS (250m)



PROBA-V(100m)



Запас стволной древесины (GSV), м3/га



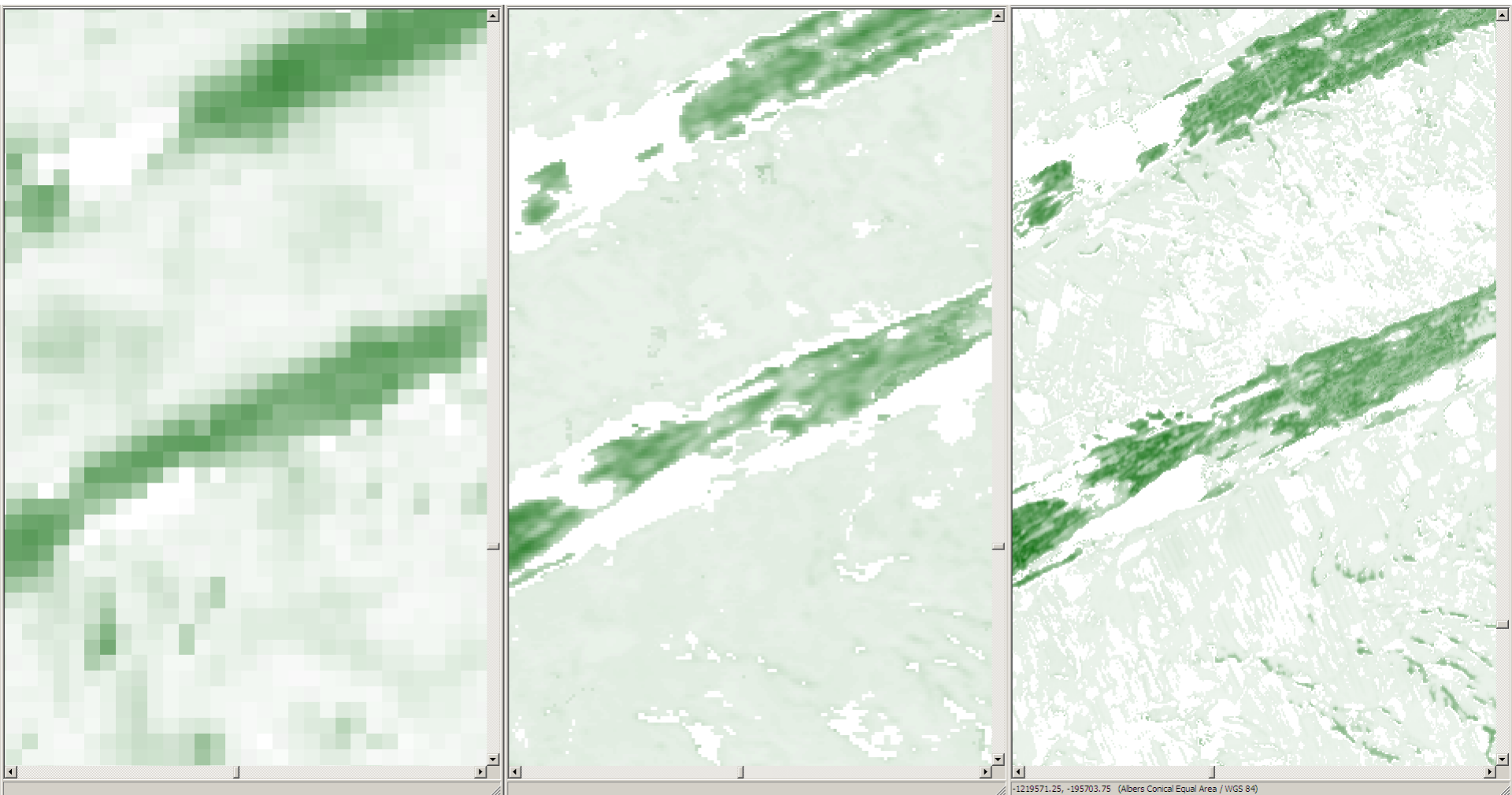
0

300/650

BIOMASAR (1km)

MODIS (250m)

PROBA-V(100m)



Запас стволной древесины (GSV), м<sup>3</sup>/га



0

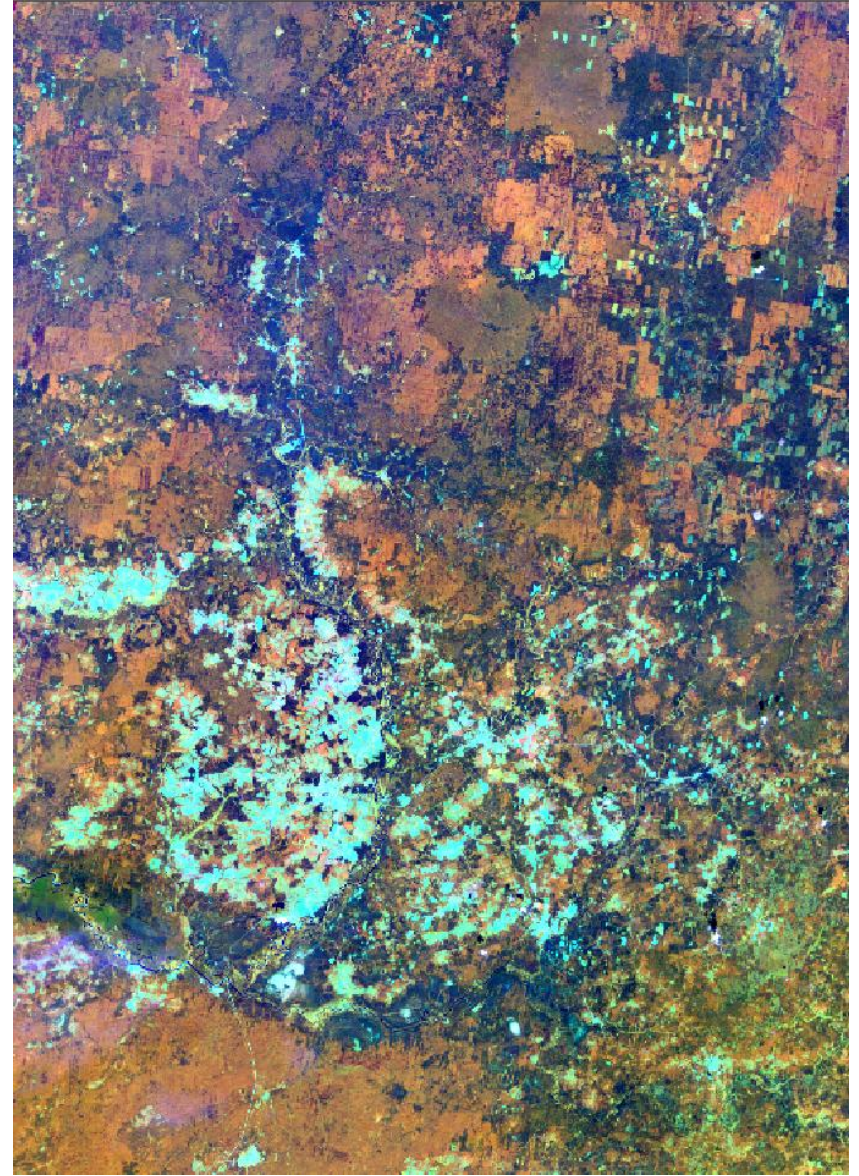
300/650



# Используемые данные Sentinel-2



Сцены за 14 и 24 марта 2016, псевдоцвета:  
R: **красный** G: **ближний ИК** B: **красный**



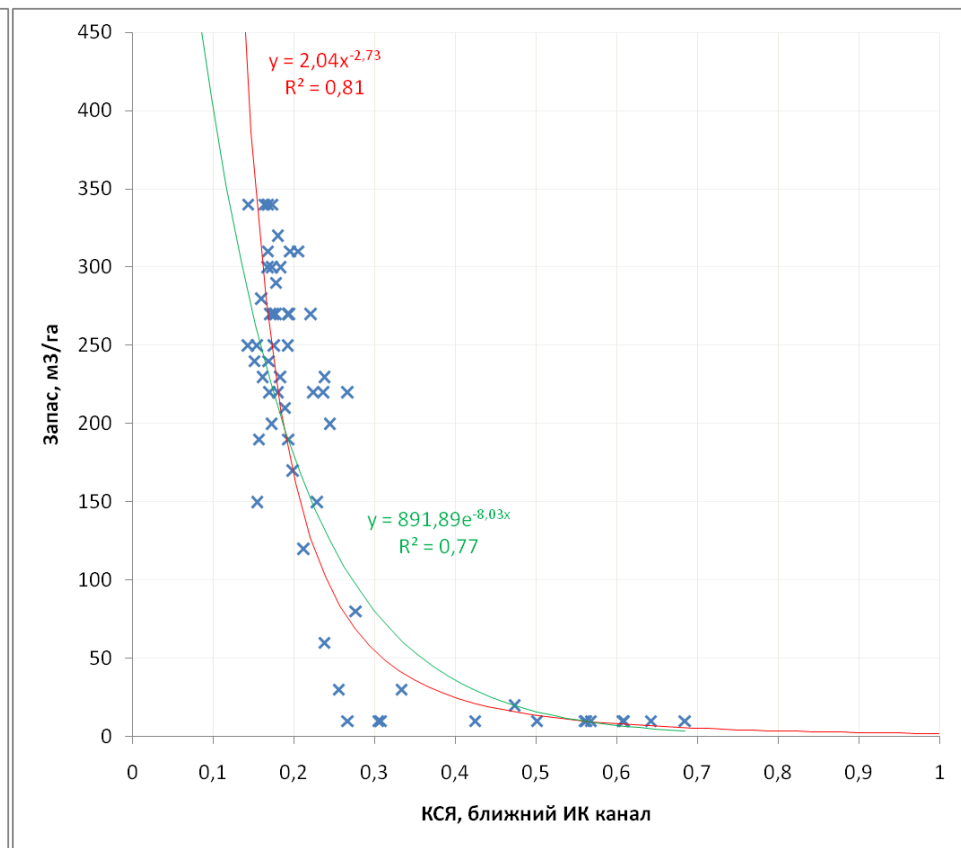
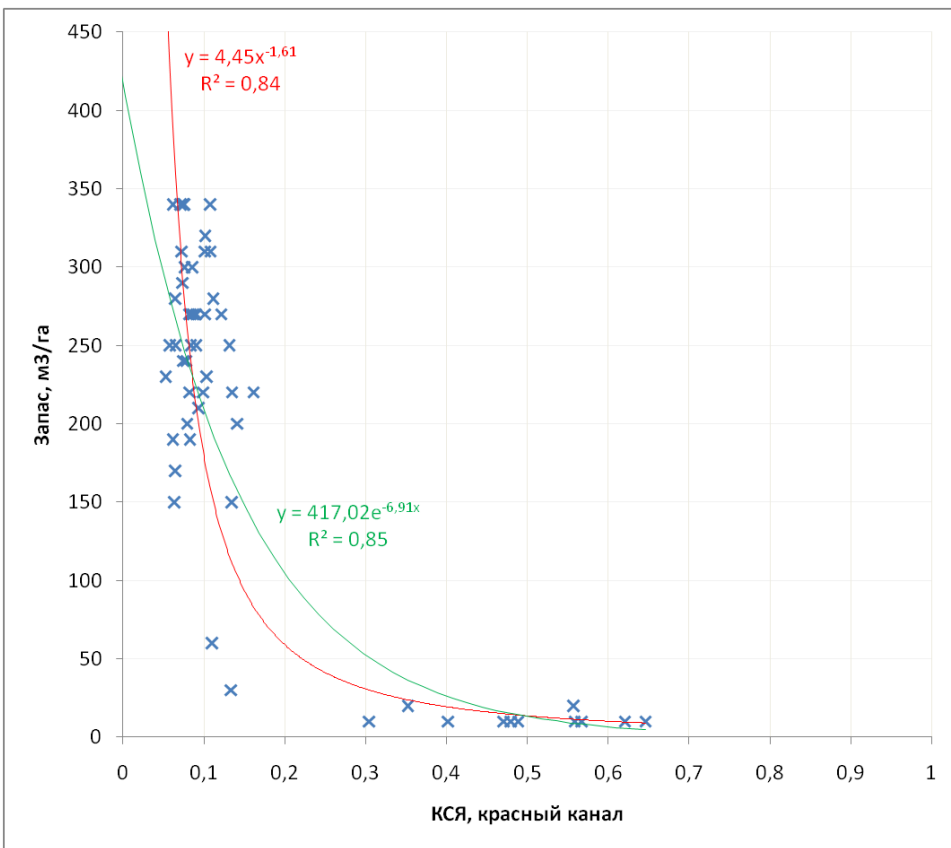
Сцена за 22 июля 2016, псевдоцвета:  
R: **ближний ИК** G: **средний ИК** B: **красный**

# Обработка данных выборочных обследований лесного покрова

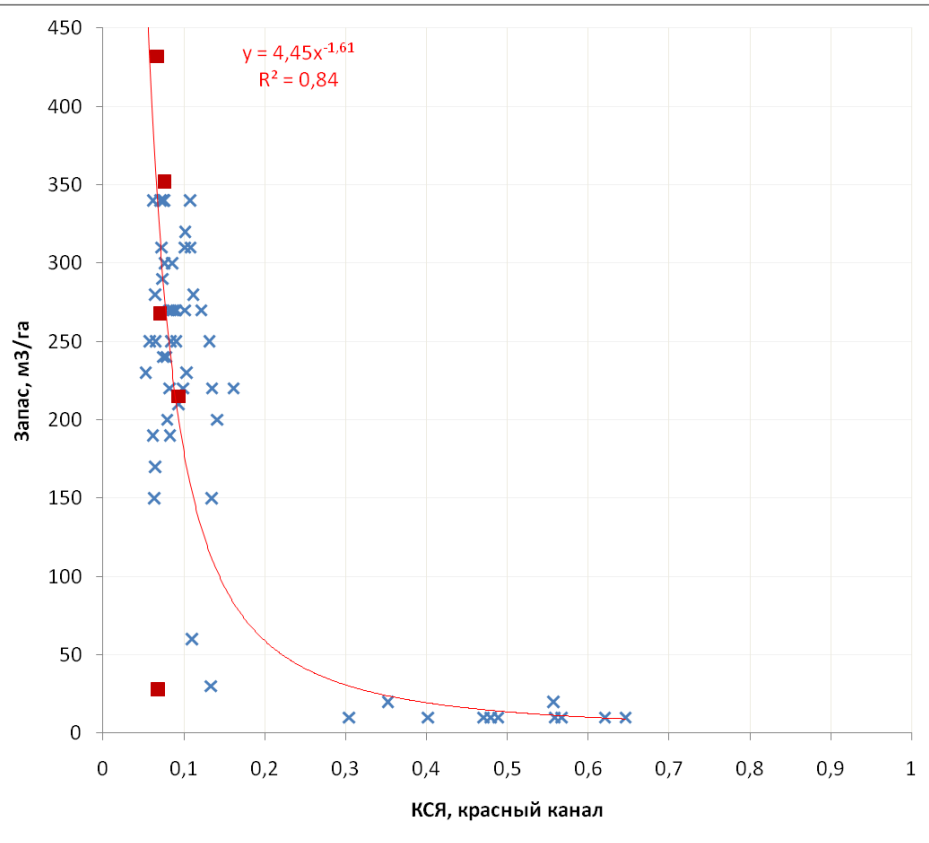
- фильтрация участков с коэффициентом преобладающей породы  $< 9$  или с различными преобладающими породами в разных ярусах;
- фильтрация участков с наличием подроста;
- фильтрация неоднородных участков и участков с недостоверными данными;
- растеризация границ участков с разрешением данных Sentinel-2;
- обработка полученного растрового изображения пространственным фильтром для фильтрации граничных пикселей и учета возможных ошибок положения границ;
- фильтрация участков, содержащих после пространственной обработки менее 3-х пикселей;
- расчет средних и стандартных отклонений значений КСЯ участков для фильтрации участков с высокой вариабельностью спектрально-отражательных характеристик;



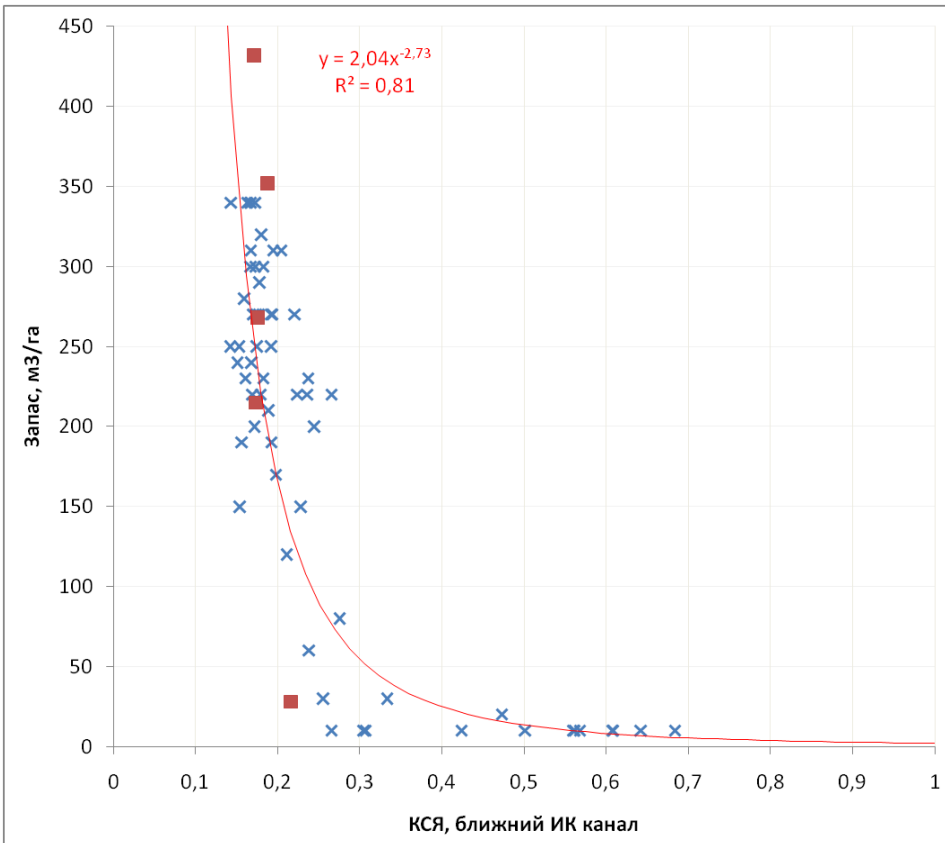
# Соотношение КСЯ покрытого снегом темнохвойного леса по данным Sentinel-2 и удельного запаса ствольной древесины



# Анализ точности оценки запаса по измерениям КСЯ покрытого снегом темнохвойного леса на основе полученных зависимостей



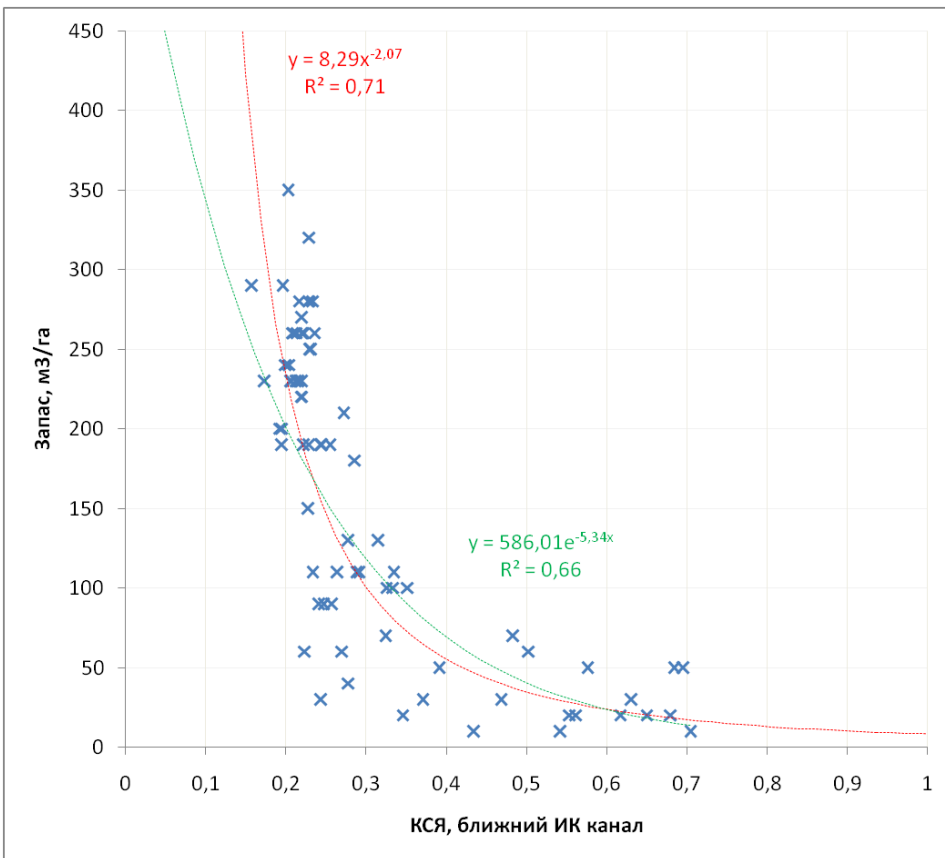
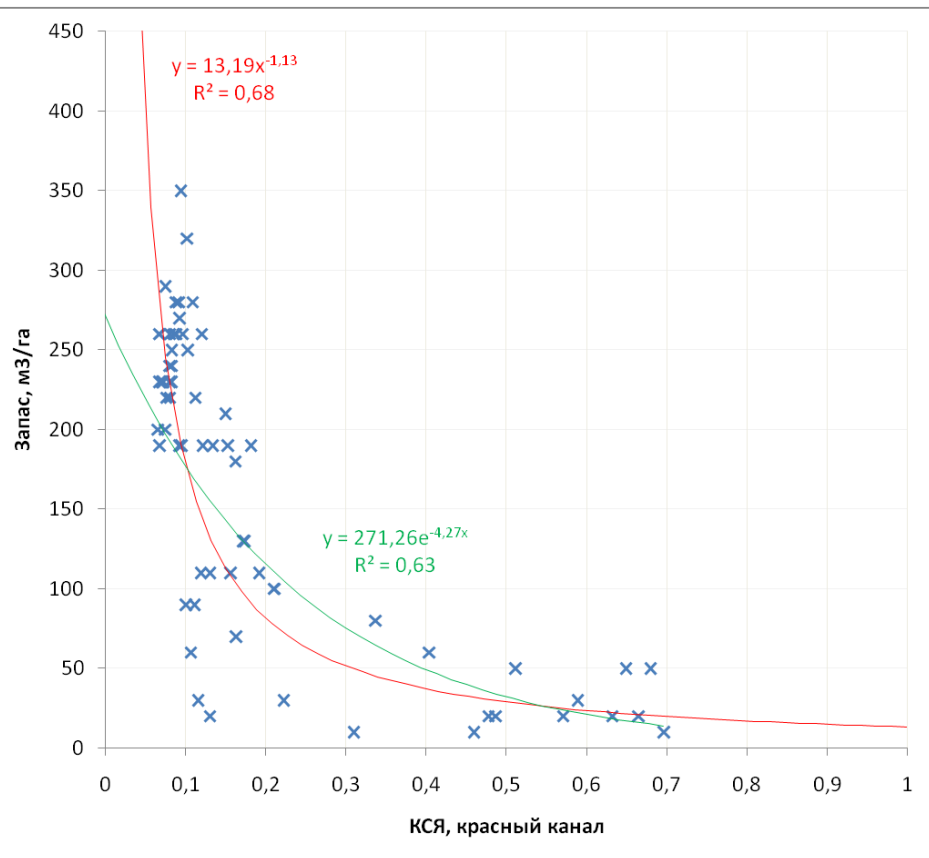
**Среднее относительное отклонение: 16,1%**  
**(без молодняков)**



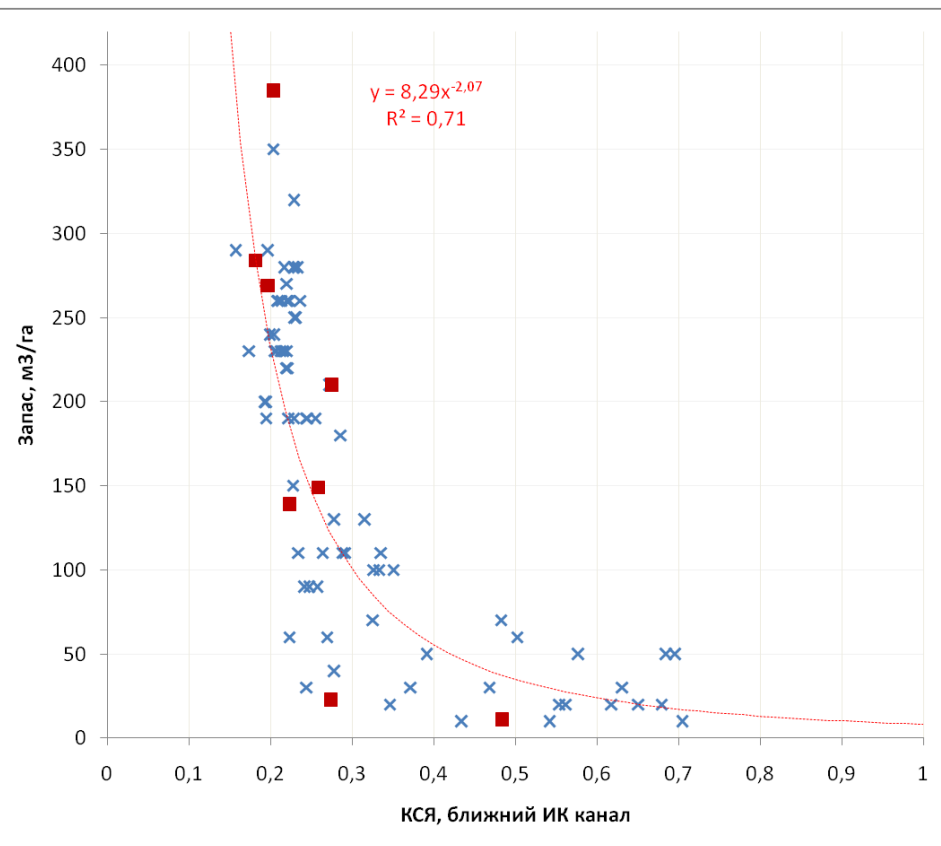
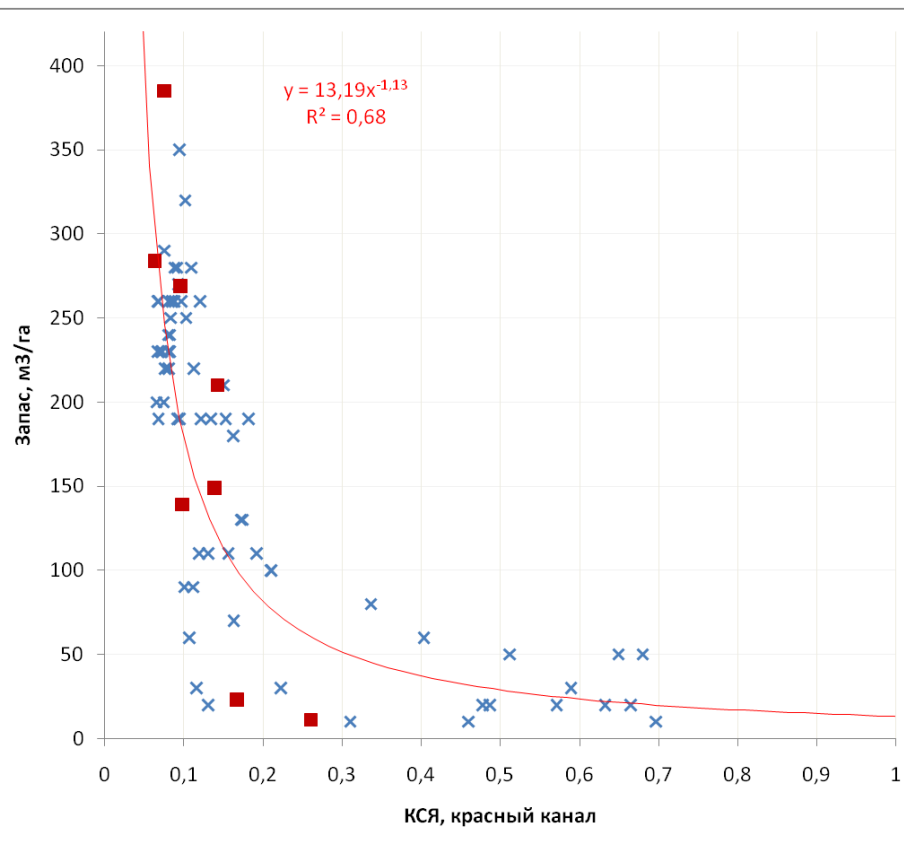
**Среднее относительное отклонение: 28%**  
**(без молодняков)**



# Соотношение КСЯ покрытого снегом соснового леса по данным Sentinel-2 и удельного запаса стволовой древесины



# Анализ точности оценки запаса по измерениям КСЯ покрытого снегом соснового леса на основе полученных зависимостей

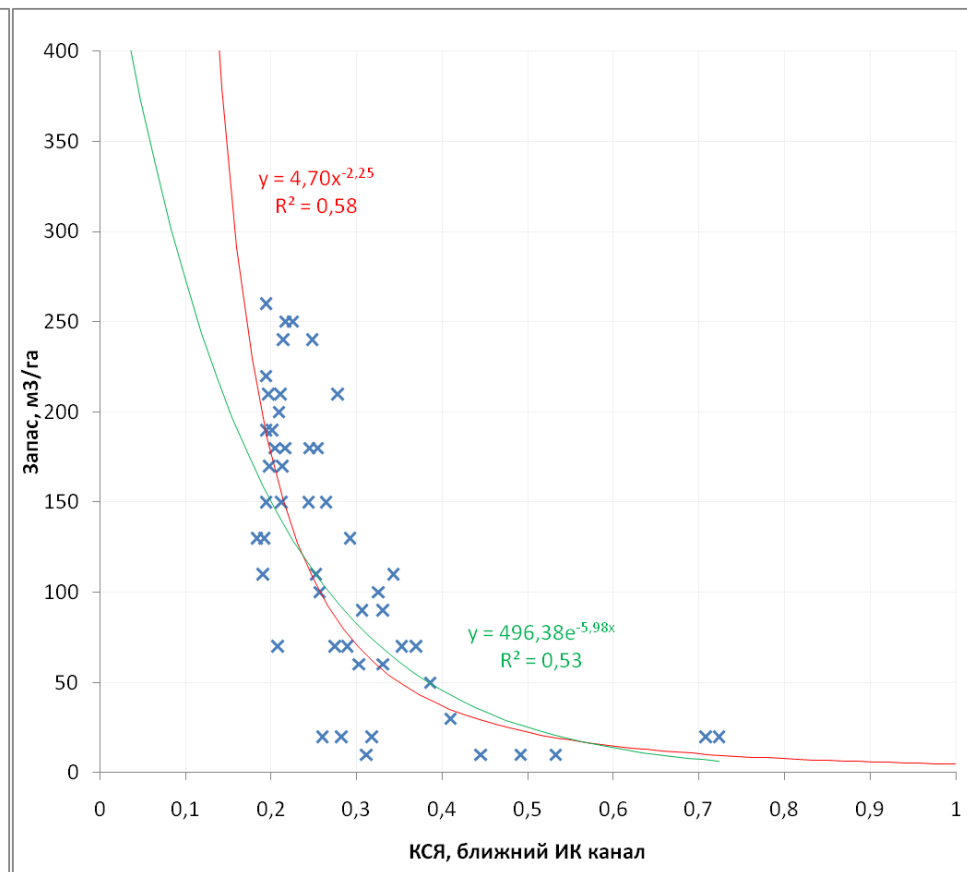
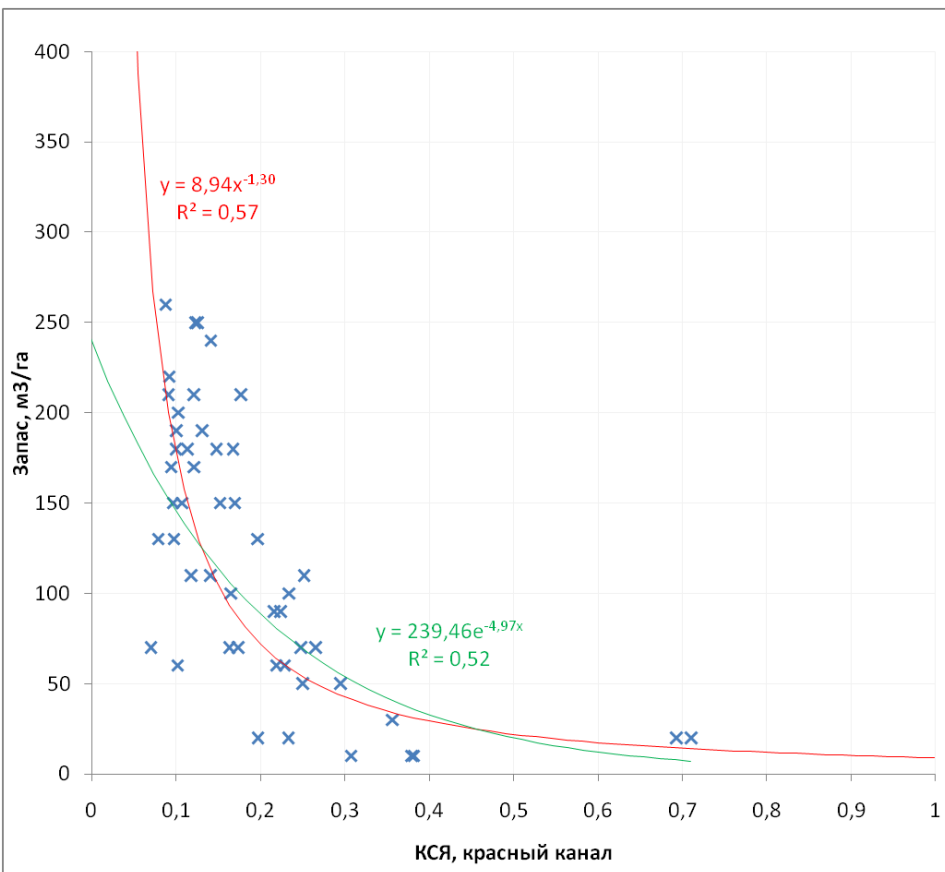


**Среднее относительное отклонение: 27,4%**  
**(без молодняков)**

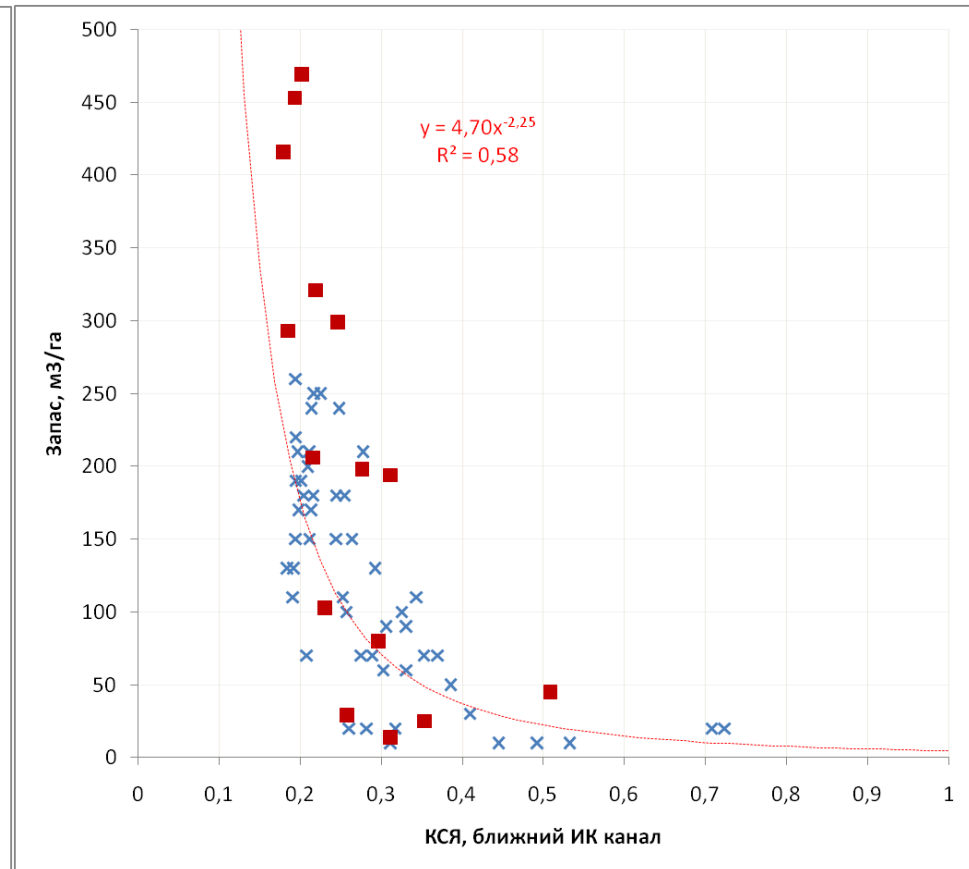
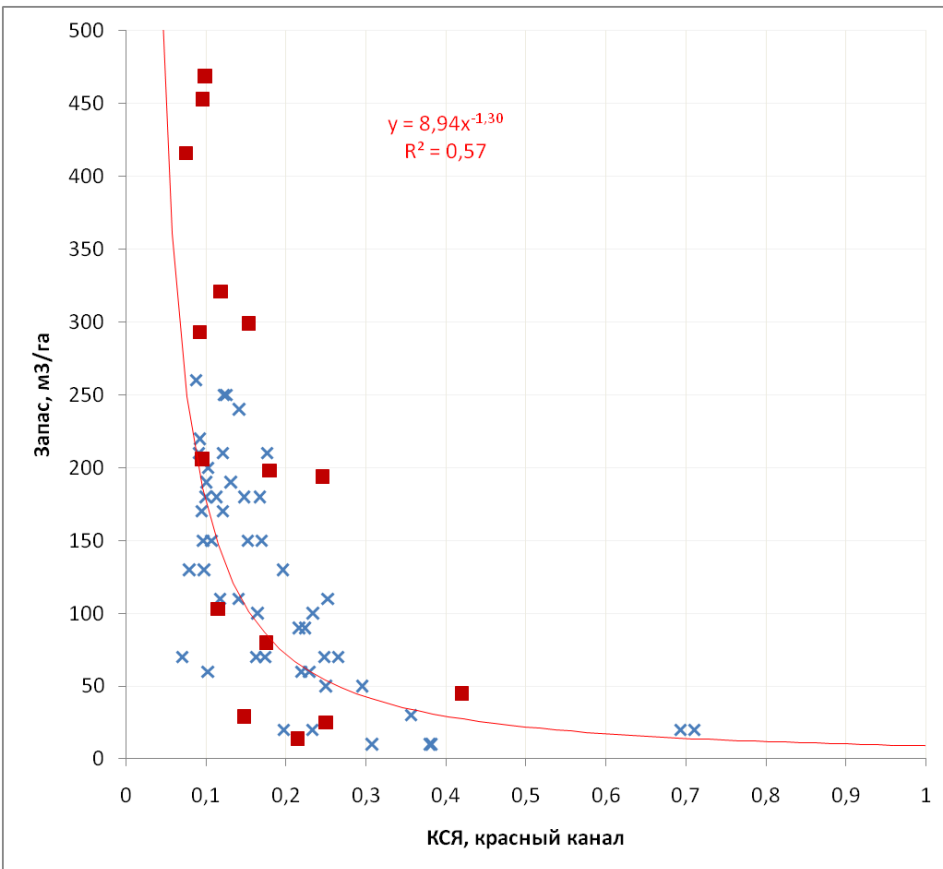
**Среднее относительное отклонение: 22,8%**  
**(без молодняков)**



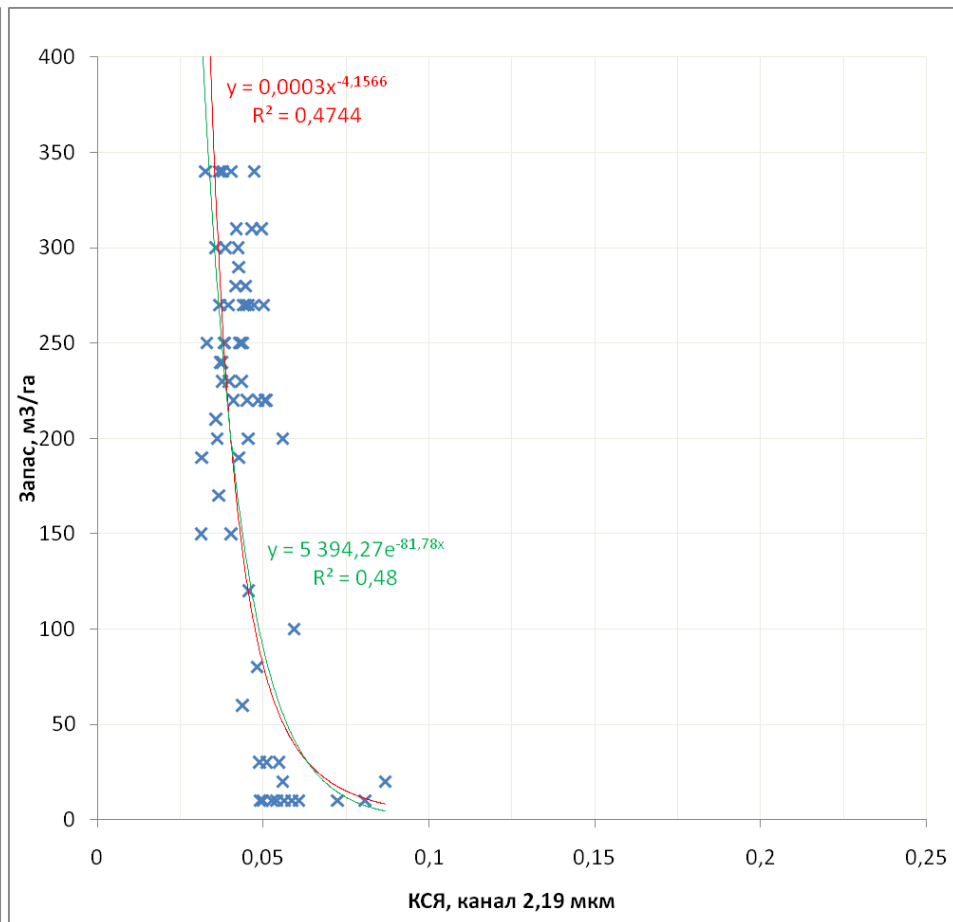
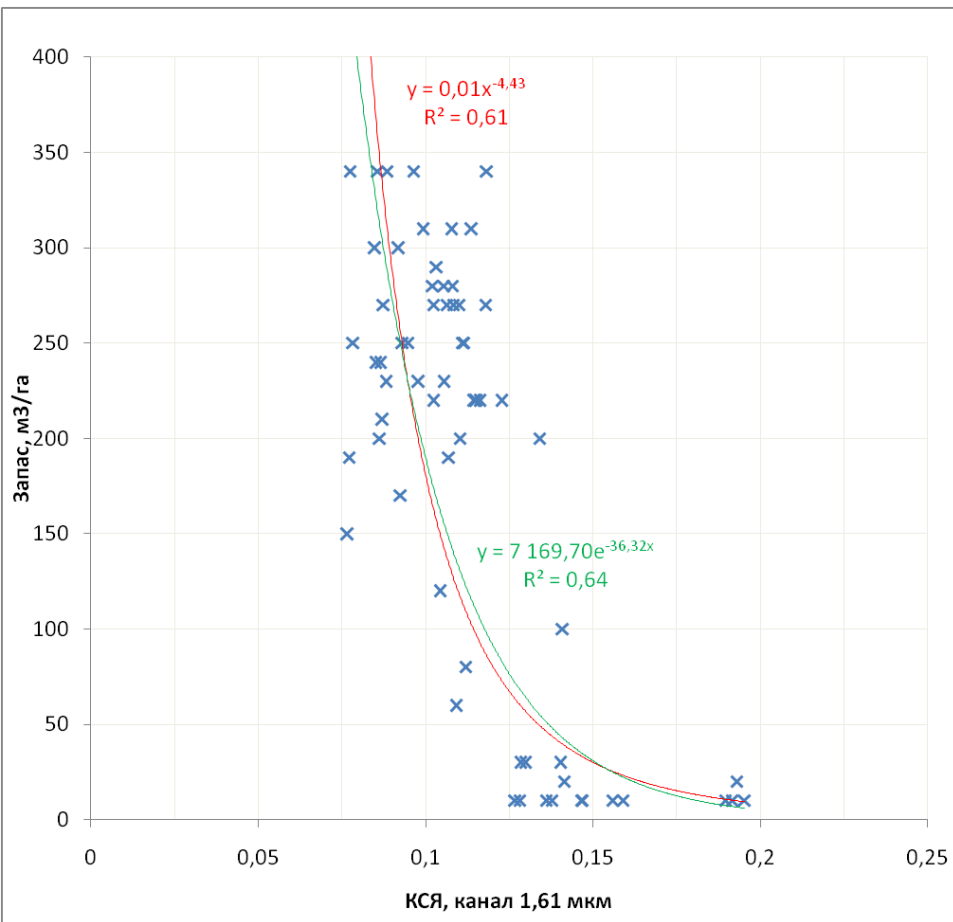
# Соотношение КСЯ покрытого снегом лиственного леса по данным Sentinel-2 и удельного запаса ствольной древесины



# Анализ точности оценки запаса по измерениям КСЯ покрытого снегом лиственного леса на основе полученных зависимостей

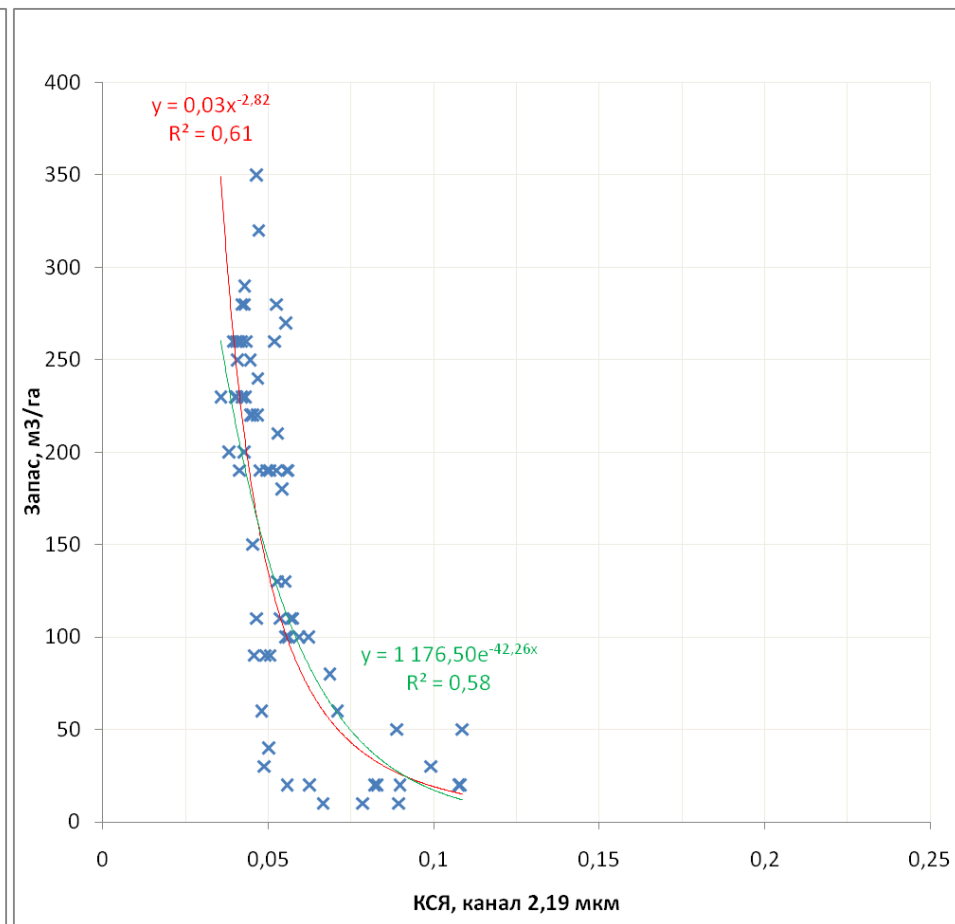
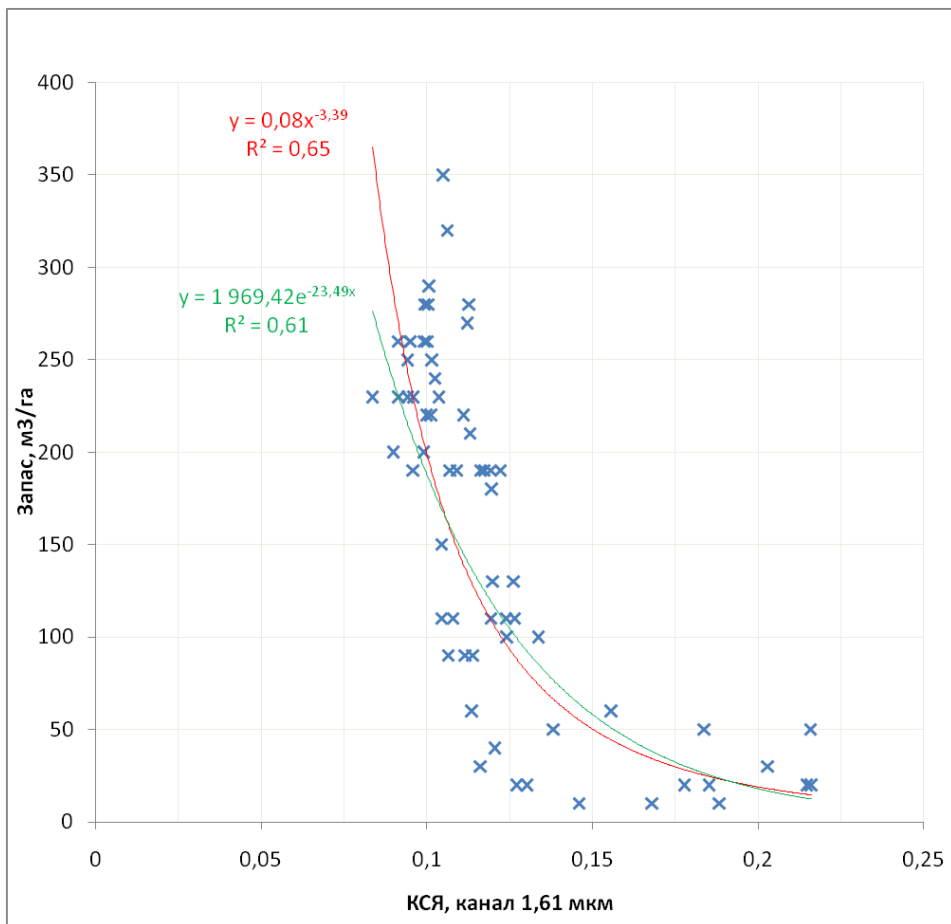


# Соотношение КСЯ темнохвойного леса в среднем ИК диапазоне по летним данным Sentinel-2 и запаса стволовой древесины

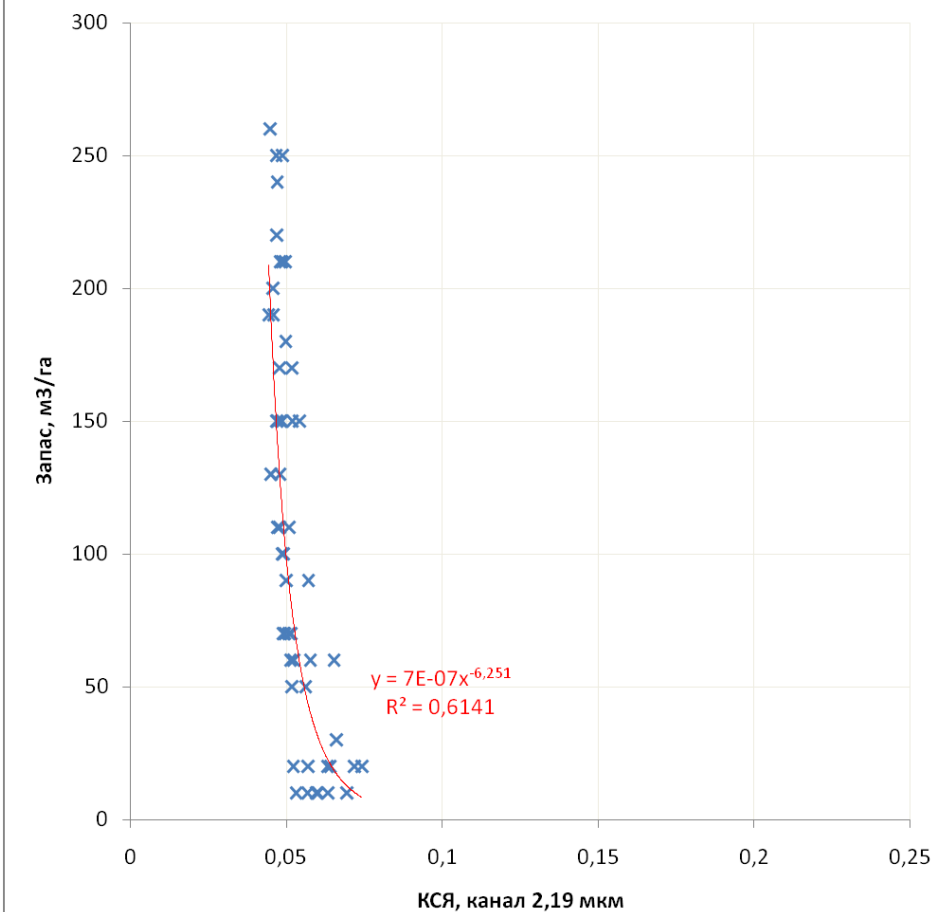
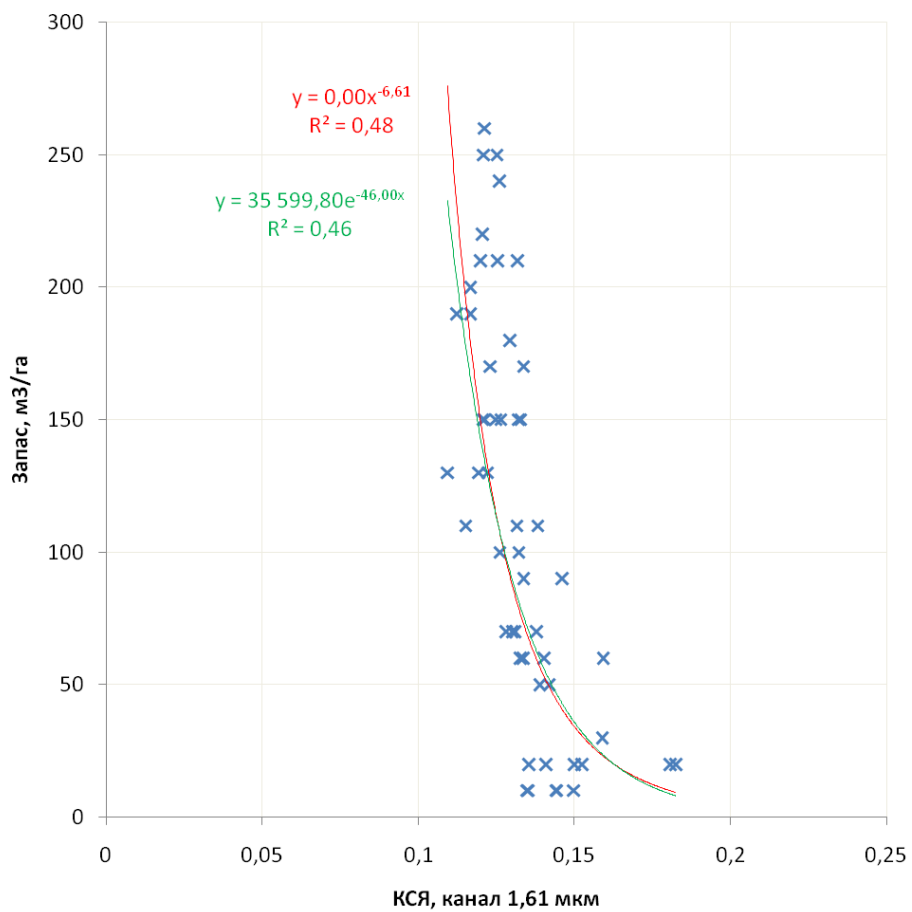




# Соотношение КСЯ соснового леса в среднем ИК диапазоне по летним данным Sentinel-2 и запаса стволовой древесины



# Соотношение КСЯ лиственного леса в среднем ИК диапазоне по летним данным Sentinel-2 и запаса стволовой древесины



## Направления дальнейших исследований:

- использование непараметрических методов оценки (random forest regression);
- атмосферная коррекция используемых оптических данных ДЗЗ;
- использование дополнительных данных, информативных при оценке запаса – радиолокационные данные (sentinel-1, мозаики PALSAR), информация о рельефе по данным ЦМР;
- использование для обучения глобальных карт древесной биомассы/запаса Globbiomass в отсутствии опорных данных при использовании метода на больших территориях.



**Спасибо за внимание!**