

# Алгоритмы потоковой обработки данных КМСС КА Метеор-М в обеспечение автоматического формирования сплошного покрытия территории РФ

Васильев А.И., Крылов А.В., Пестряков А.А.,  
Скачков А.М., Мешков М.В., Евлашкин М.А.

XIX Всероссийская ежегодная открытая конференция  
«Современные проблемы дистанционного зондирования  
Земли из космоса» (15-19 ноября 2021 г., г. Москва)



# Съемка территории РФ с использованием КМСС КА типа «Метеор-М»

КМСС КА «Метеор-М» №2 - 2014-н.в.

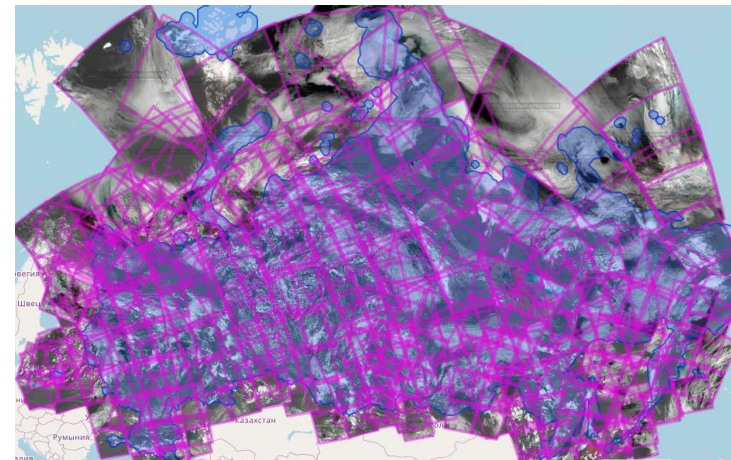
КМСС-2 КА «Метеор-М» №2.2 - 2019-н.в.

GSD – 60м

Захват – 900 км (2x450км)

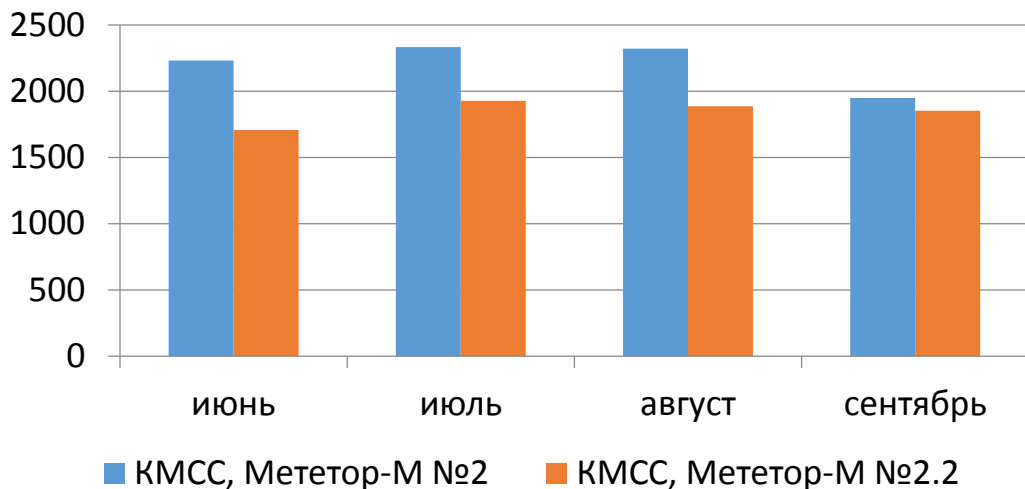
Основные спектральные каналы – NIR,RED,GREEN

Пример покрытия территории РФ за месяц

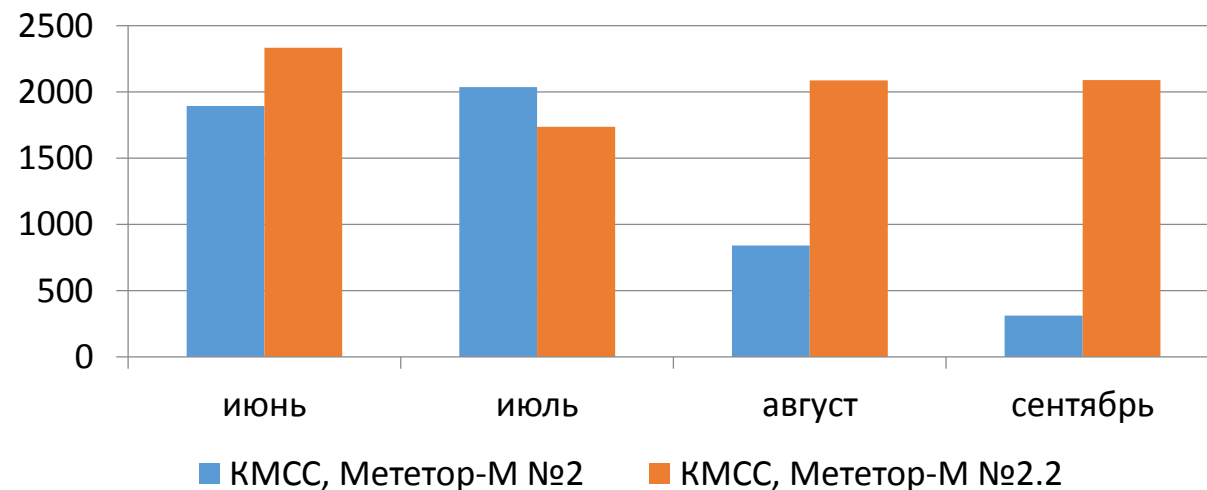


Количество сцен на территорию РФ, зарегистрированных в сервисе «Банк базовых продуктов»

2020г.

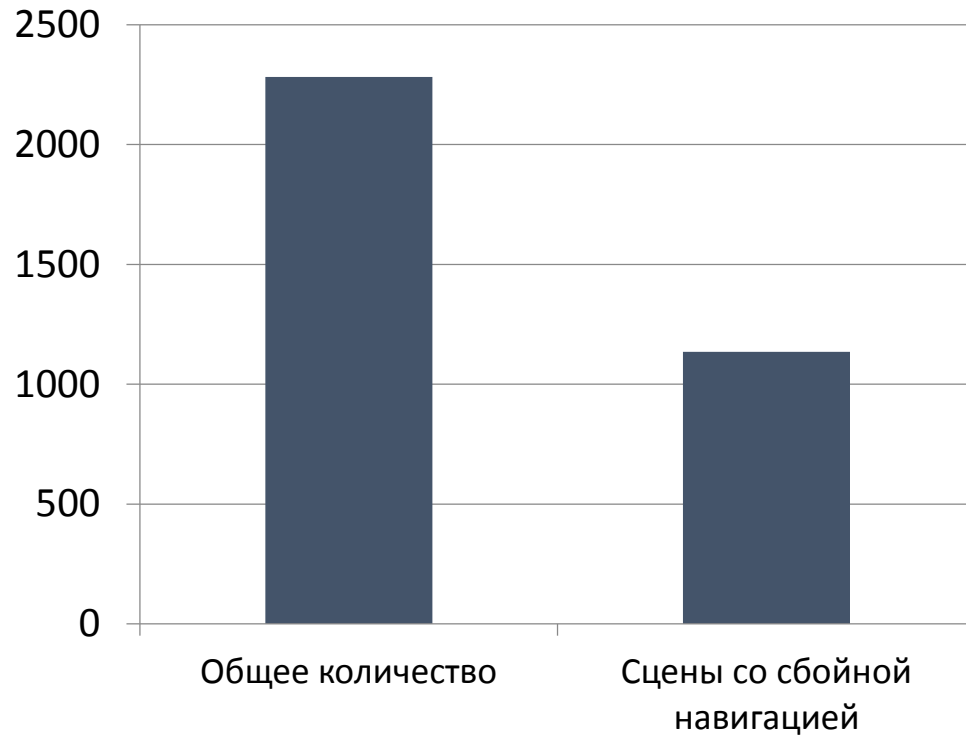


2021г.

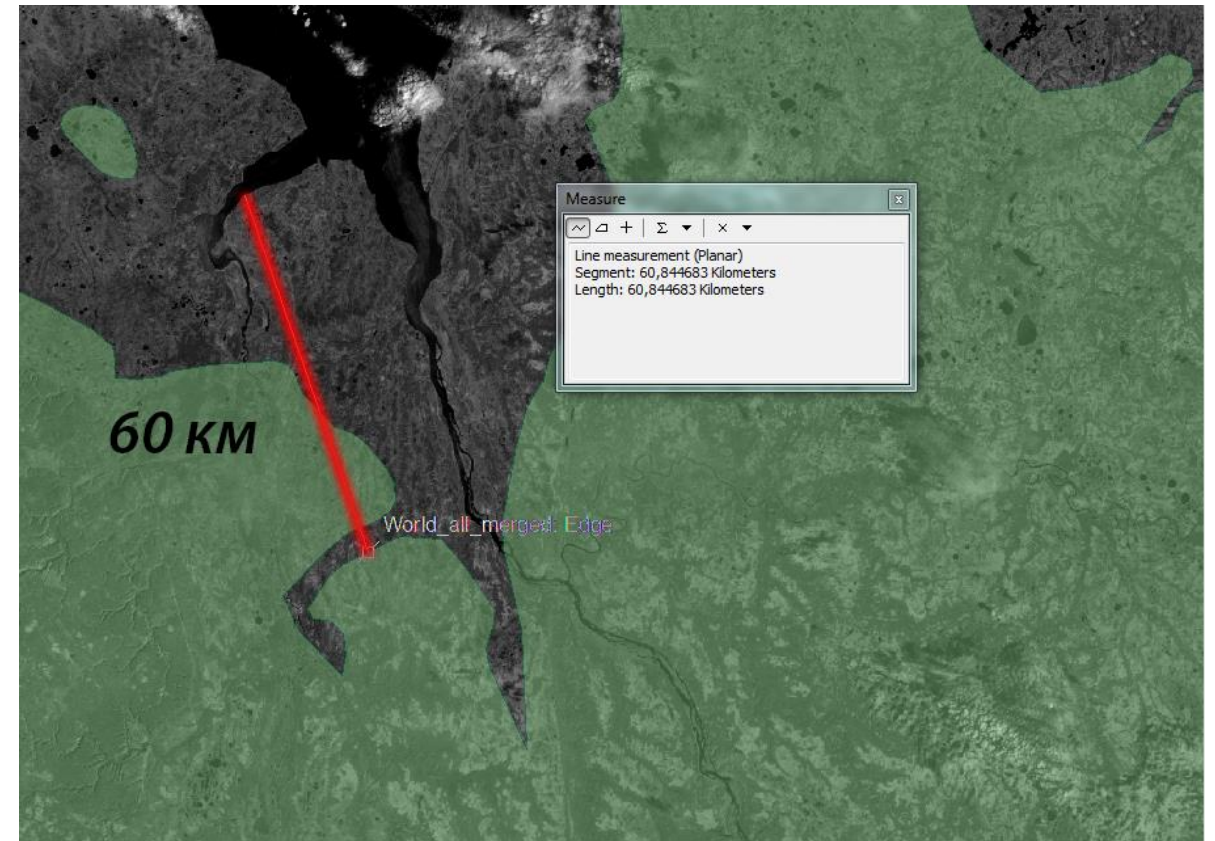


# Ошибки геопроецирования L1В-данных КМСС «Метеор-М» №2 (НКПОР) при сбойной навигации

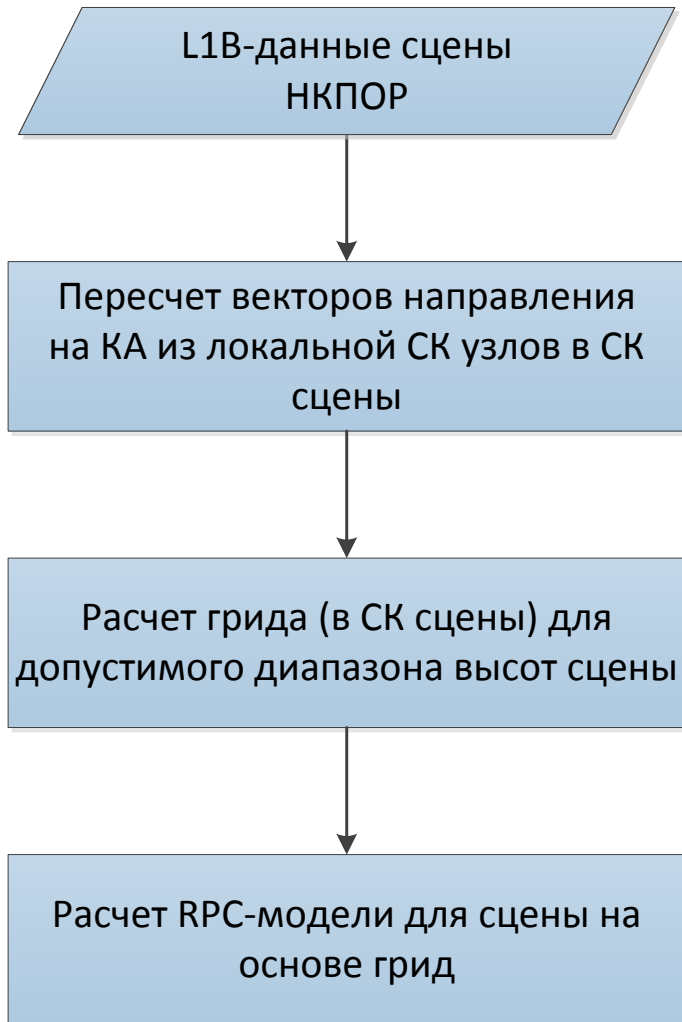
Статистика поступления в НКПОР сцен со сбойной навигацией за сентябрь 2021г.



Результаты геопроецирования сцены на основе сбойной навигации



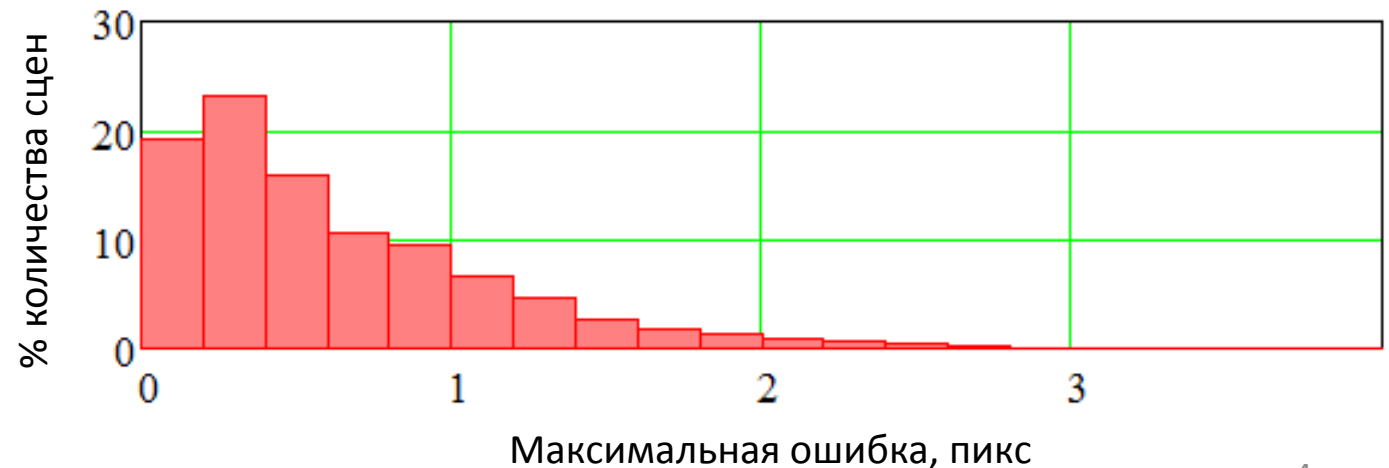
# Алгоритм RPC-аппроксимации L1B-данных КМСС



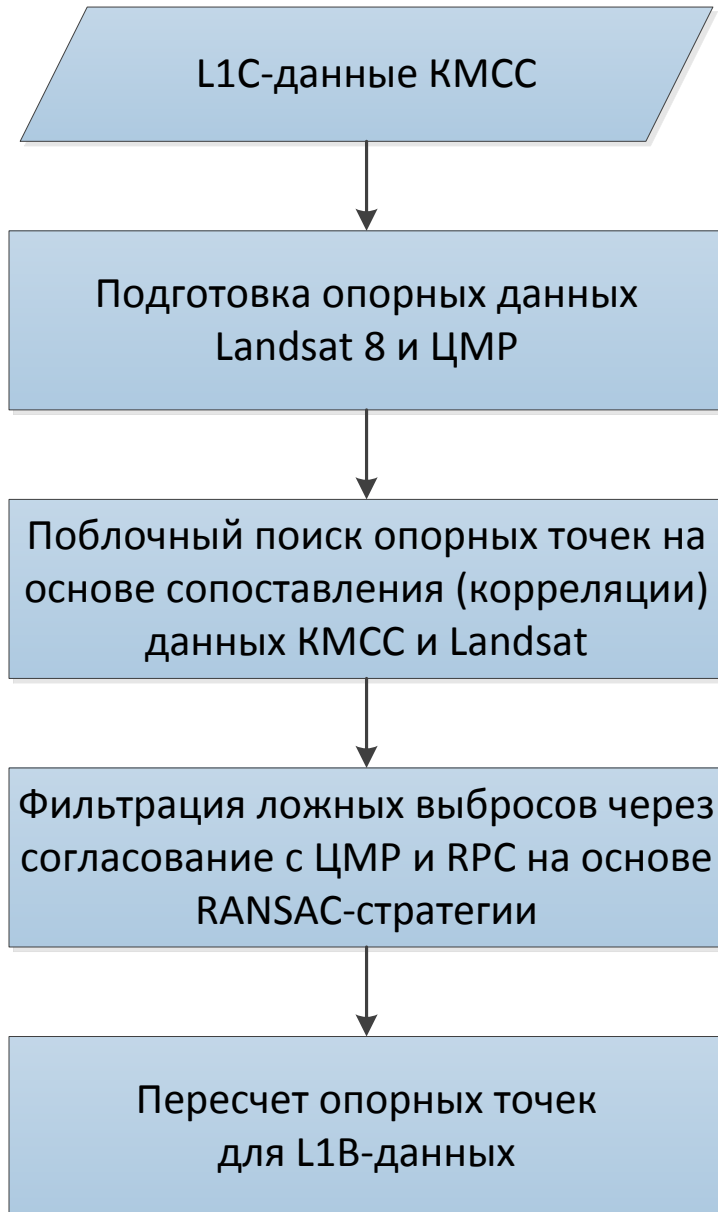
Маршрут L1B-данных КМСС (НКПОР) фрагментирован на условные кадры/сцены, каждая из которых включает:

1. Изображения спектральных каналов (в орбитальной СК)
2. Матрица географических координат на эллипсоиде для заданных пиксельных координат
3. Матрица углов направления на КА (для тех же пикселей)
4. Матрица углов направления на Солнце (для тех же пикселей)

Статистика качества аппроксимации RPC-моделью (на основе обработки более 1000 сцен)



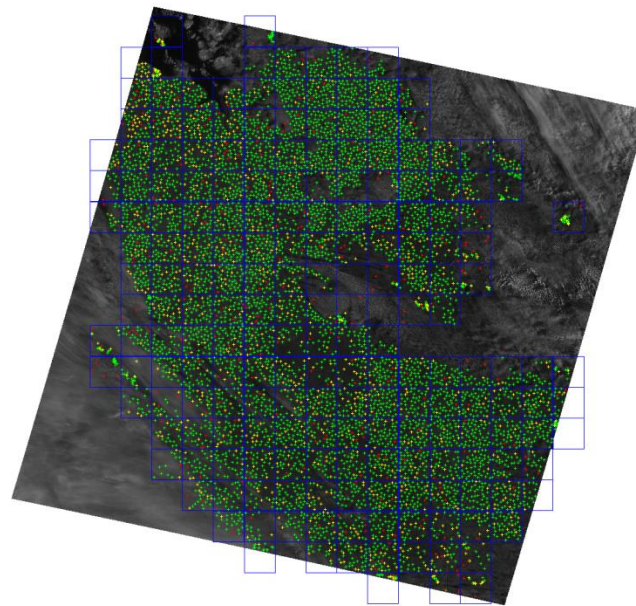
# Алгоритм автоматического поиска опорных точек



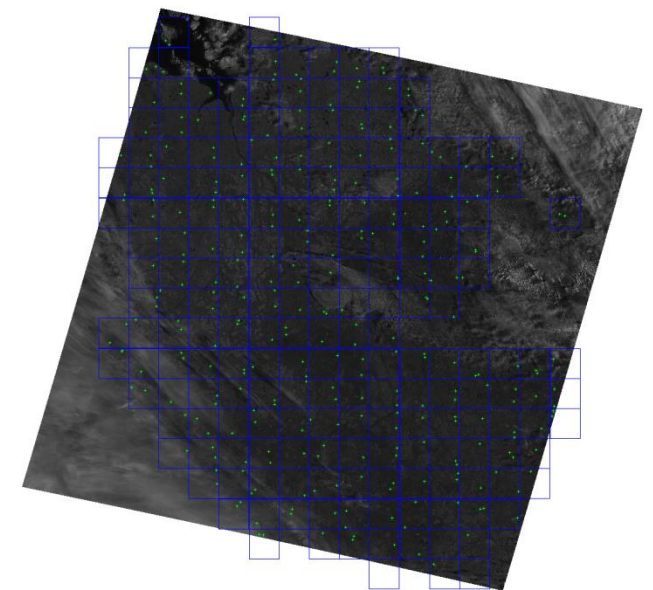
L1C-данные КМСС включают:

1. Изображения спектральных каналов (трансформированы на среднюю высоту)
2. RPC-коэффициенты для каждого канала

Результат поиска опорных точек

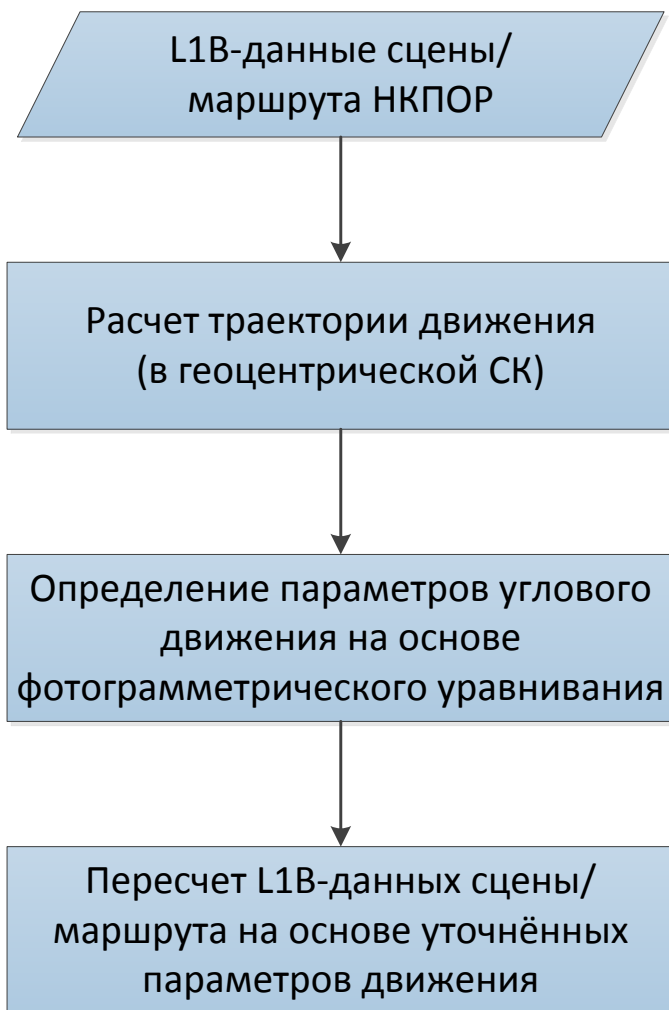


Все найденные соответствия



Отобранные соответствия

# Алгоритм ориентирования сцены/маршрута на основе опорных точек



Уравнение связи географических и пиксельных координат опорных точек в зависимости от положения КА

$$\vec{R}_k = \vec{R}_S(t) + m \cdot A(\vec{\theta}(t)) \cdot \vec{n}_k$$

$\vec{R}_k$  - географические координаты k-й опорной точки

$\vec{n}_k$  - проецирующий вектор в СК камеры для пиксельных координат  $(u_k, v_k)$  k-й опорной точки

$\vec{R}_S(t), \vec{\theta}(t)$  - линейное и угловое положение КА,  $A$  - матрица поворотов  
 $m$  - масштабный множитель

$$\sum_k \left( \begin{bmatrix} u_k \\ v_k \end{bmatrix} - Proj(\vec{X}, \vec{R}_k) \right)^2 \rightarrow \min$$

$Proj$  – оператор проецирования в зависимости от вектора параметров ориентирования  $\vec{X}$  (например, параметров углового движения  $\vec{\theta}$ )

Результаты уравнивания на основе опорных точек

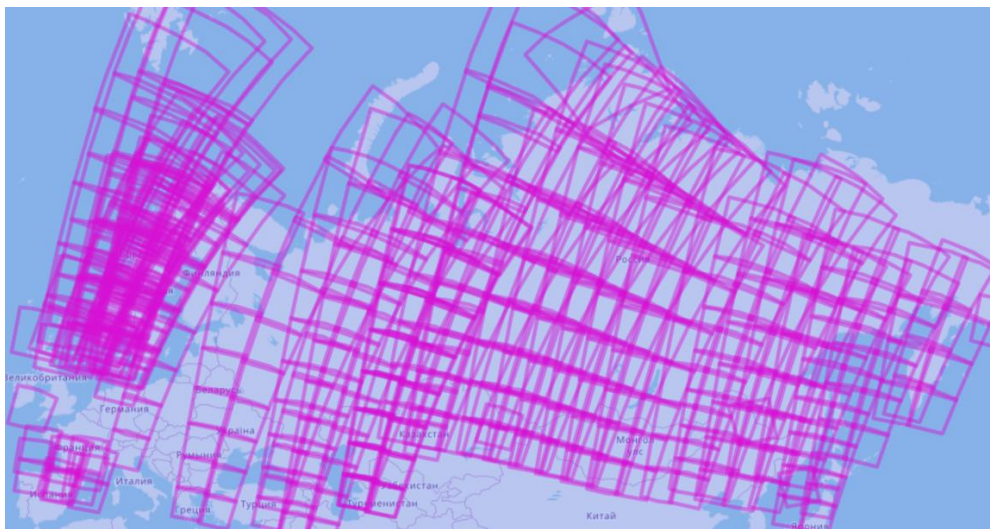
Алгоритм	NIR: $\sigma_x/\sigma_y$	RED: $\sigma_x/\sigma_y$	GREEN: $\sigma_x/\sigma_y$
Систематическая (аффинная) поправка к RPC	0.62/0.51	0.64/ 0.6	0.65/0.64
Уточнение углов (полином 3й степени)	1.22/2.18	1.39/1.65	0.85/1.50

# Опытная обработка данных КМСС КА «Метеор-М» №2

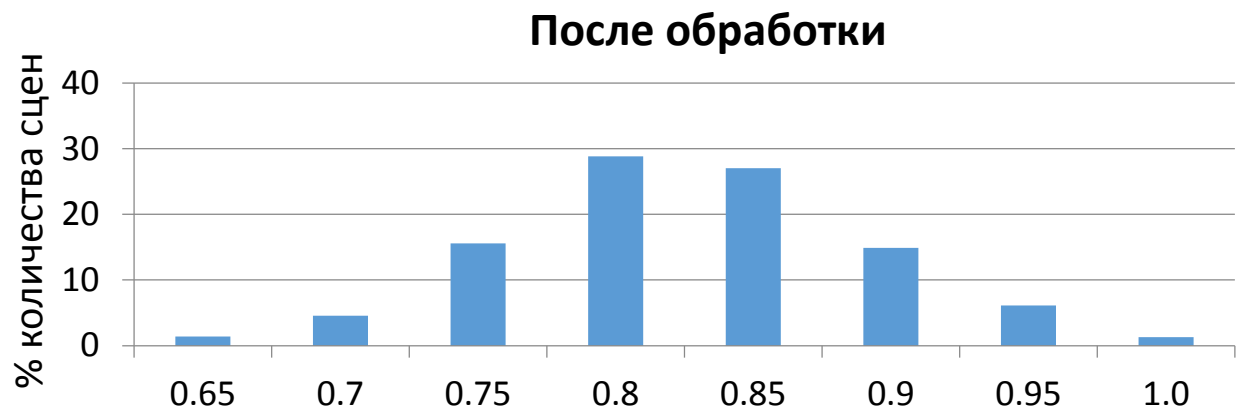
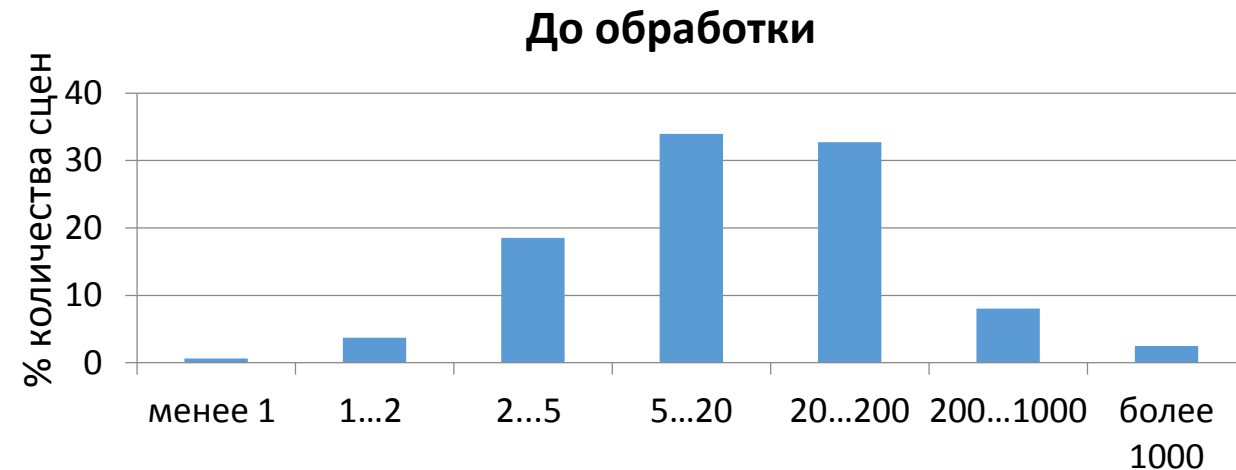
Результаты обработки данных за период август 2020г.

Показатель	Количество
Количество маршрутов	104
Количество сцен	1087
Количество обработанных сцен	532
Количество обработанных сцен по RPC	407

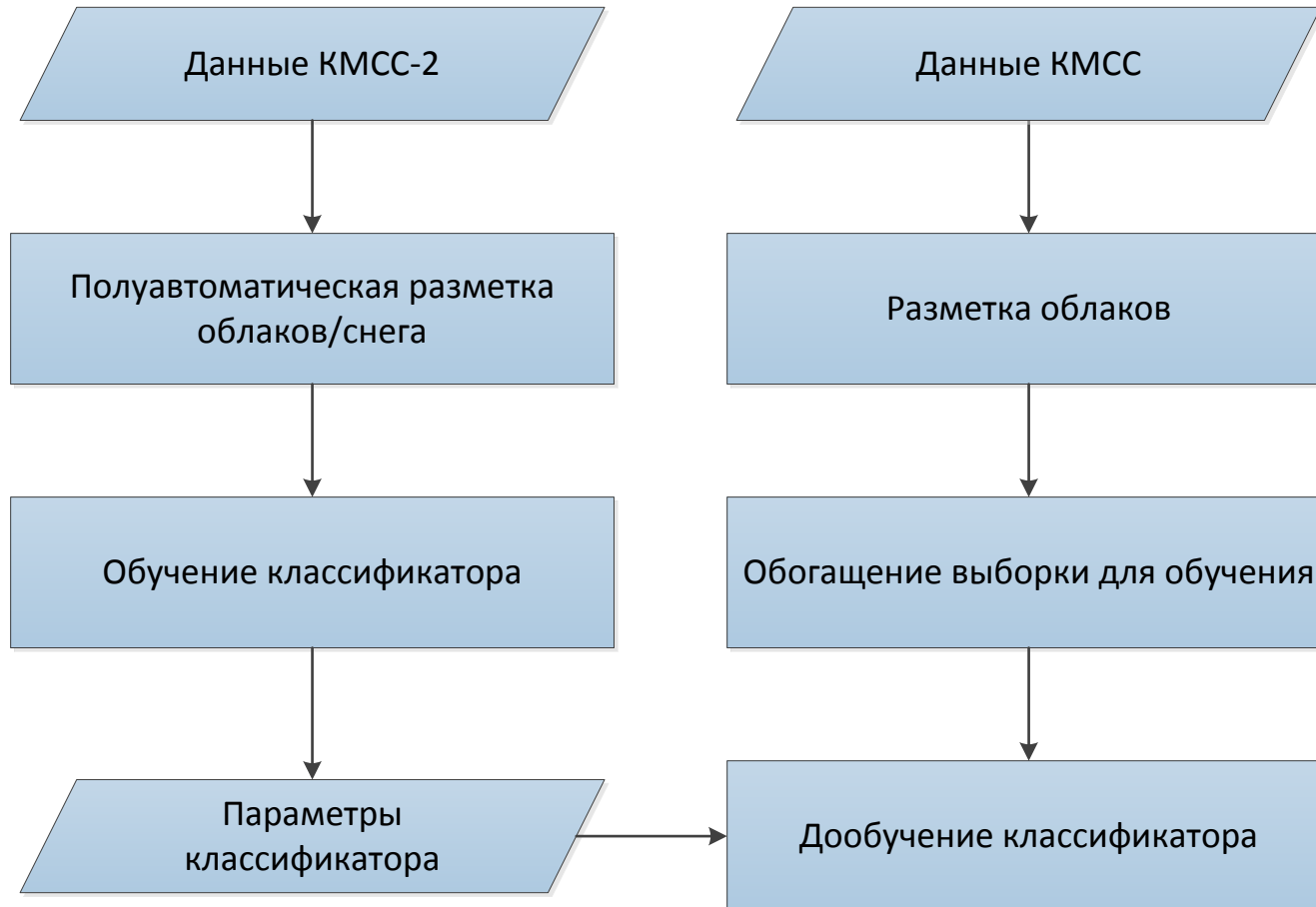
Отображение обработанных сцен



Распределение количества сцен в зависимости от ошибок геопривязки

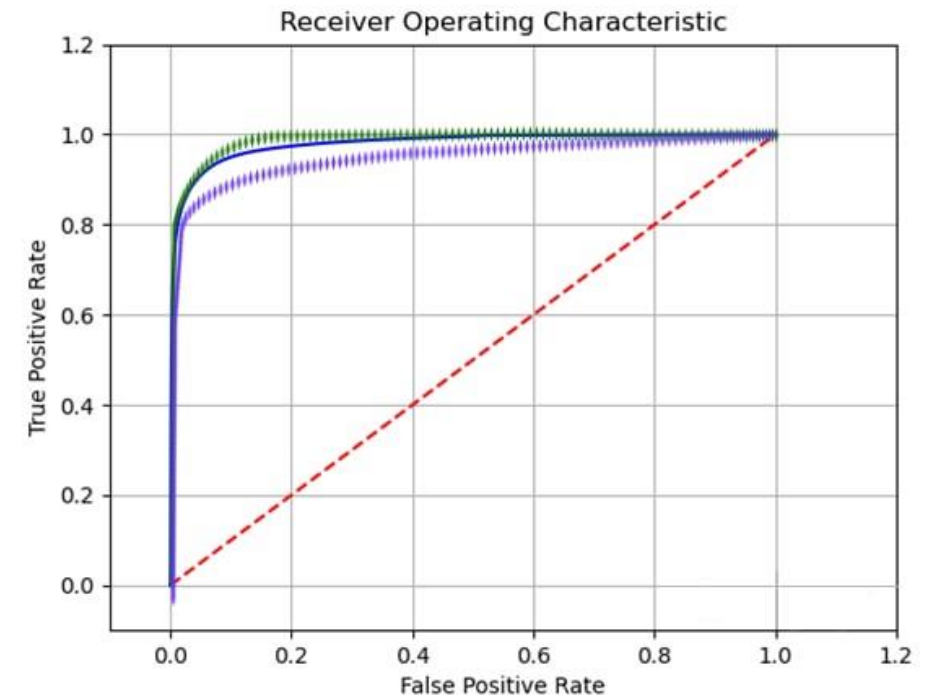


# Алгоритм построения маски облачности



В качестве классификатора использовалась CNN с архитектурой Fuse-Net

## Оценки классификаторов



Зеленый – классификатор облаков КМСС  
Синий – классификатор облаков КМСС-2  
Фиолетовый – классификатор снега КМСС-2



# Примеры работы построения маскирования облаков

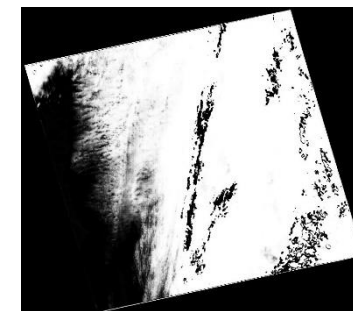
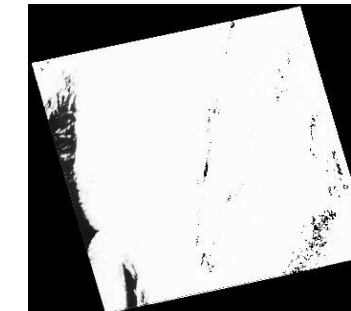
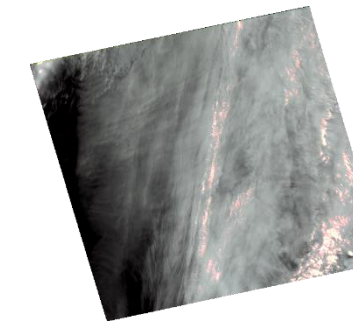
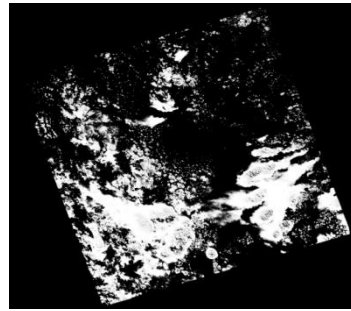
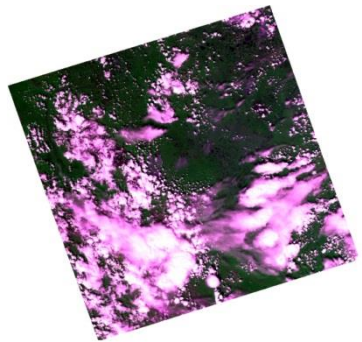
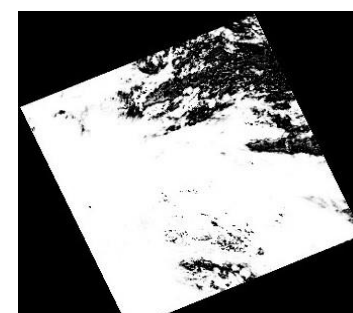
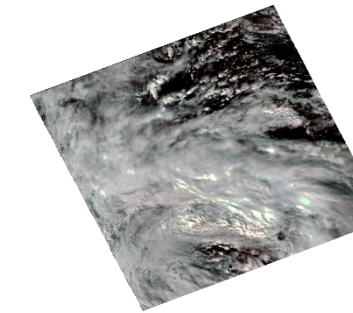
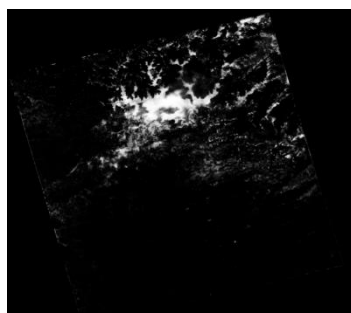
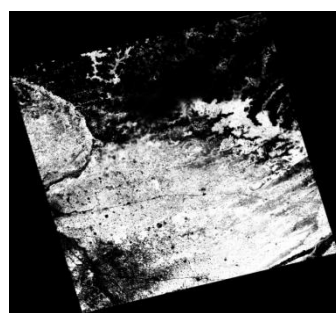
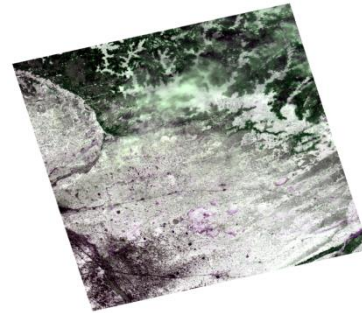
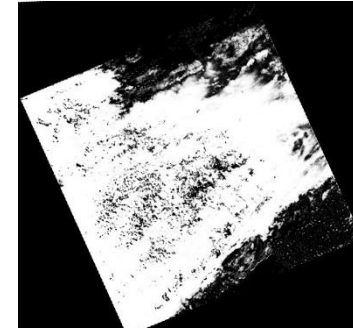
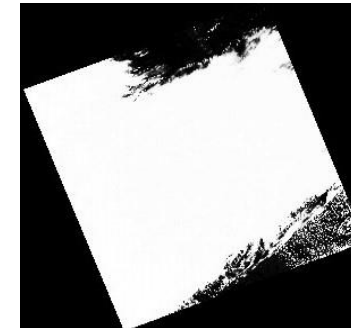
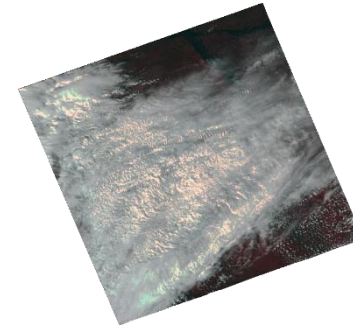
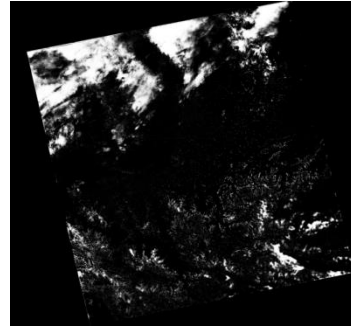
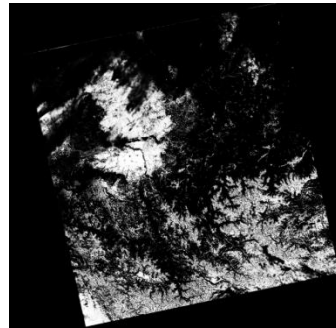
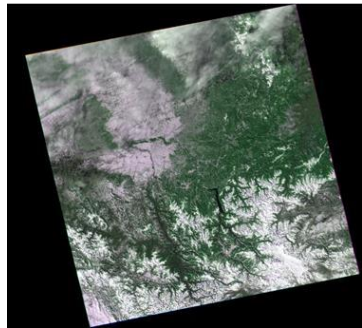
КМСС-2 Метеор-М №2.2

Маска снега

Маска облаков

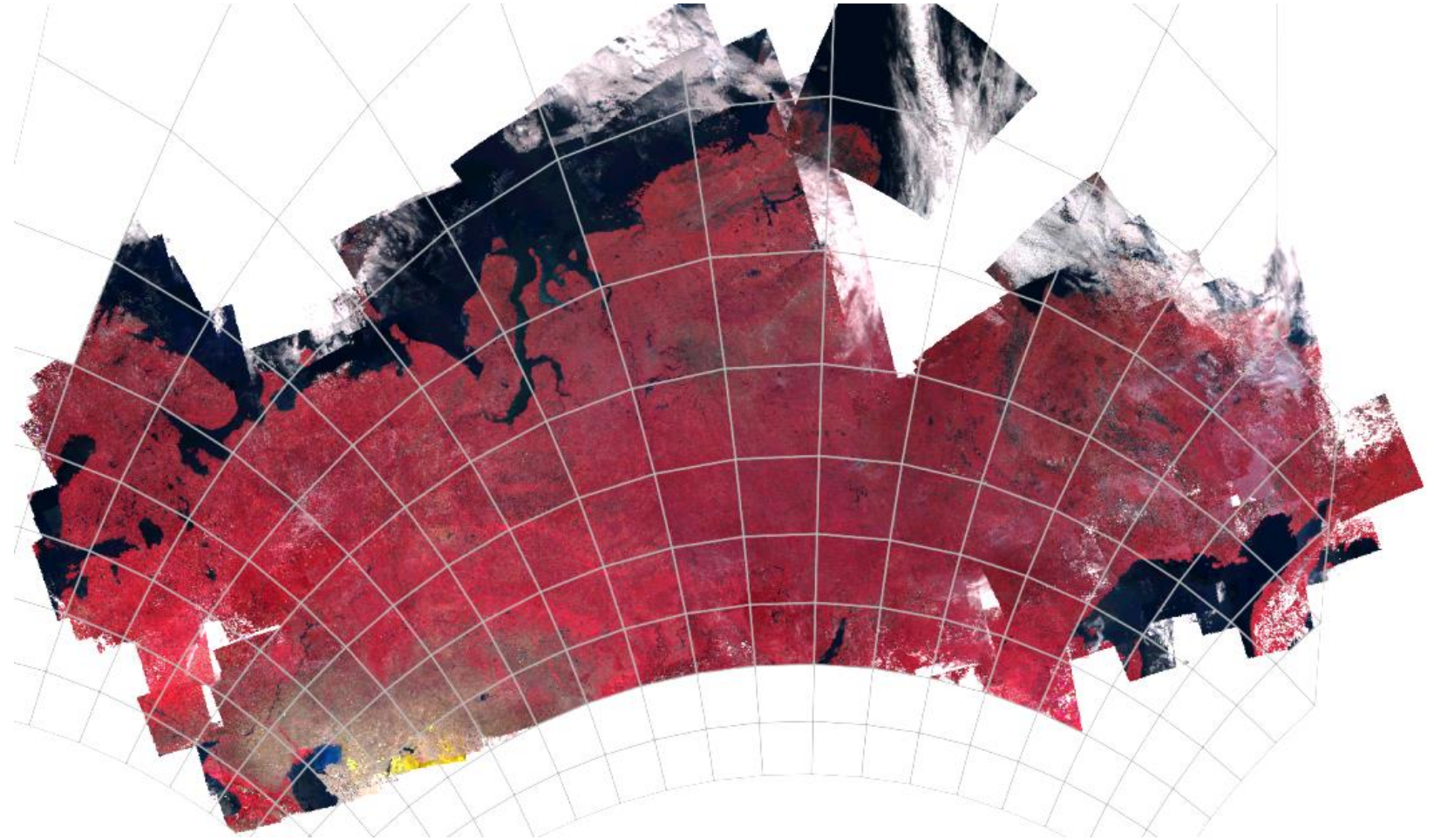
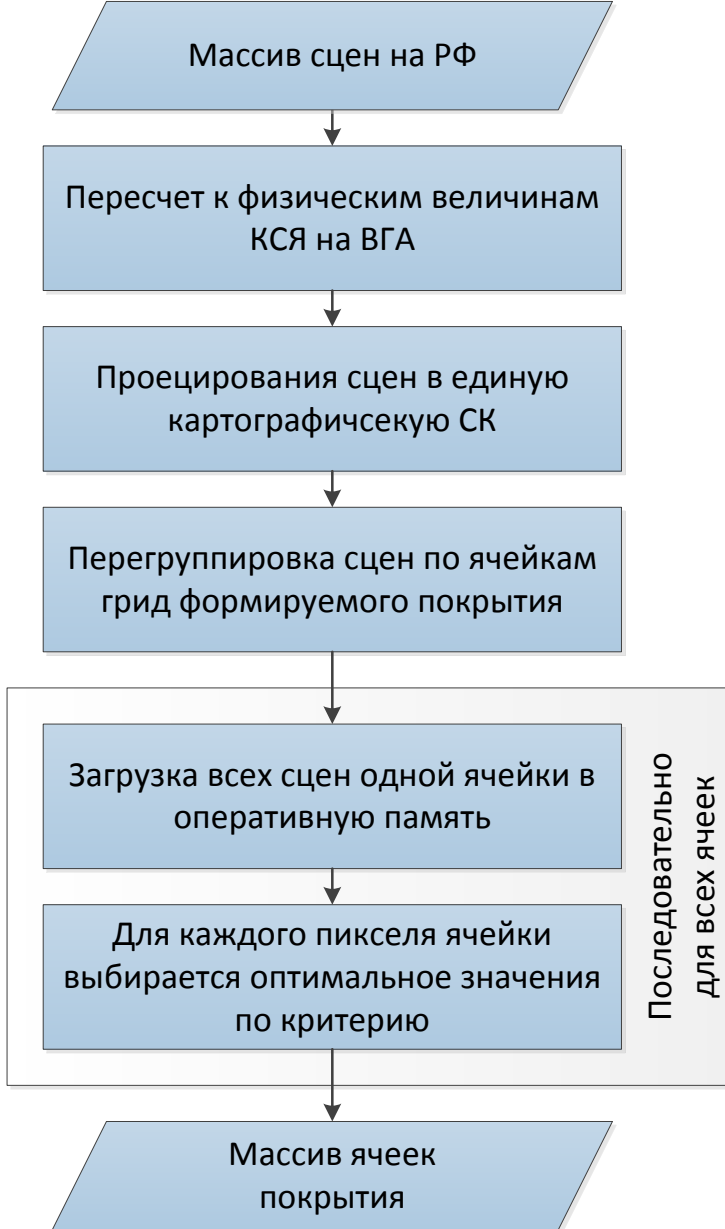
КМСС Метеор-М №2

Маска облаков  
без дообучения с дообучением



# Алгоритм композитного сплошного покрытия

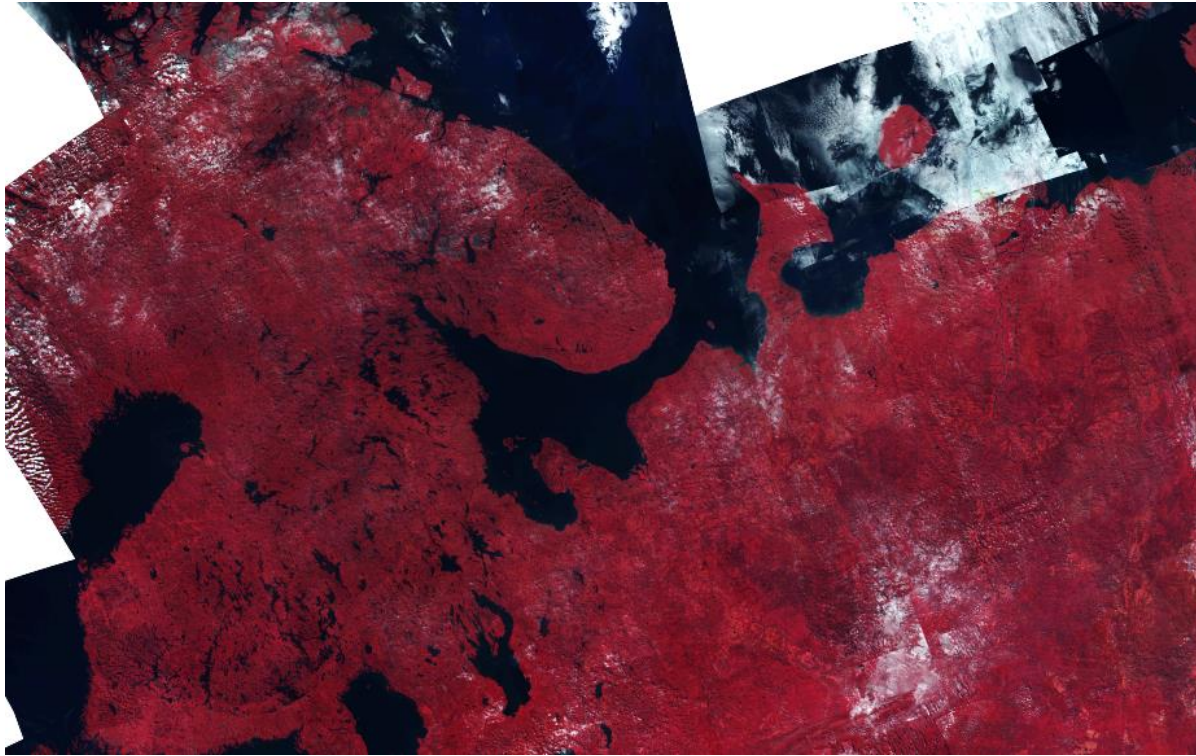
Пример композитного покрытия на территорию РФ по данным КМСС-2 «Метеор-М» №2.2 за август 2020г. (1872 сцены)



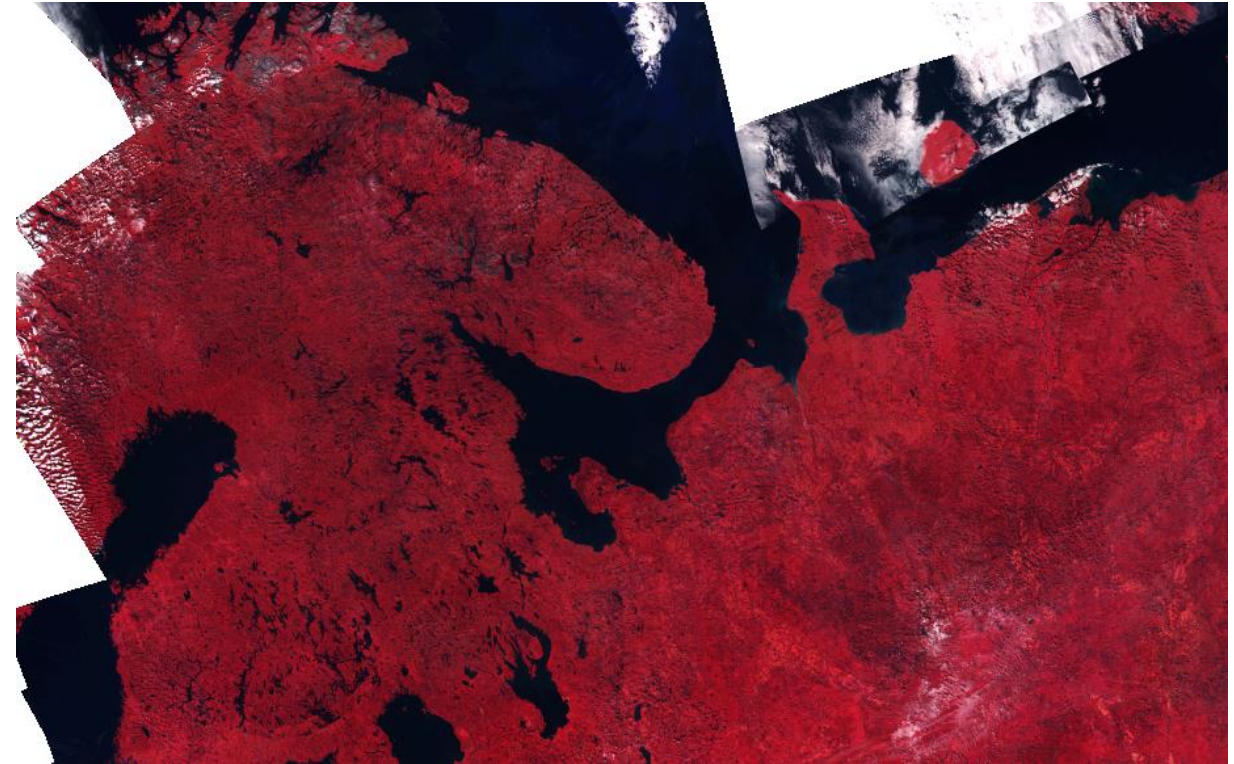
критерий – медиана, учитывается маска облачности

# Пример использования маски облаков при формировании покрытия

Фрагмент композитного покрытия на территорию РФ по данным КМСС-2 «Метеор-М»  
№2.2 за август 2020г. (1872 сцены для всей мозаики, критерий - первая квартиль)



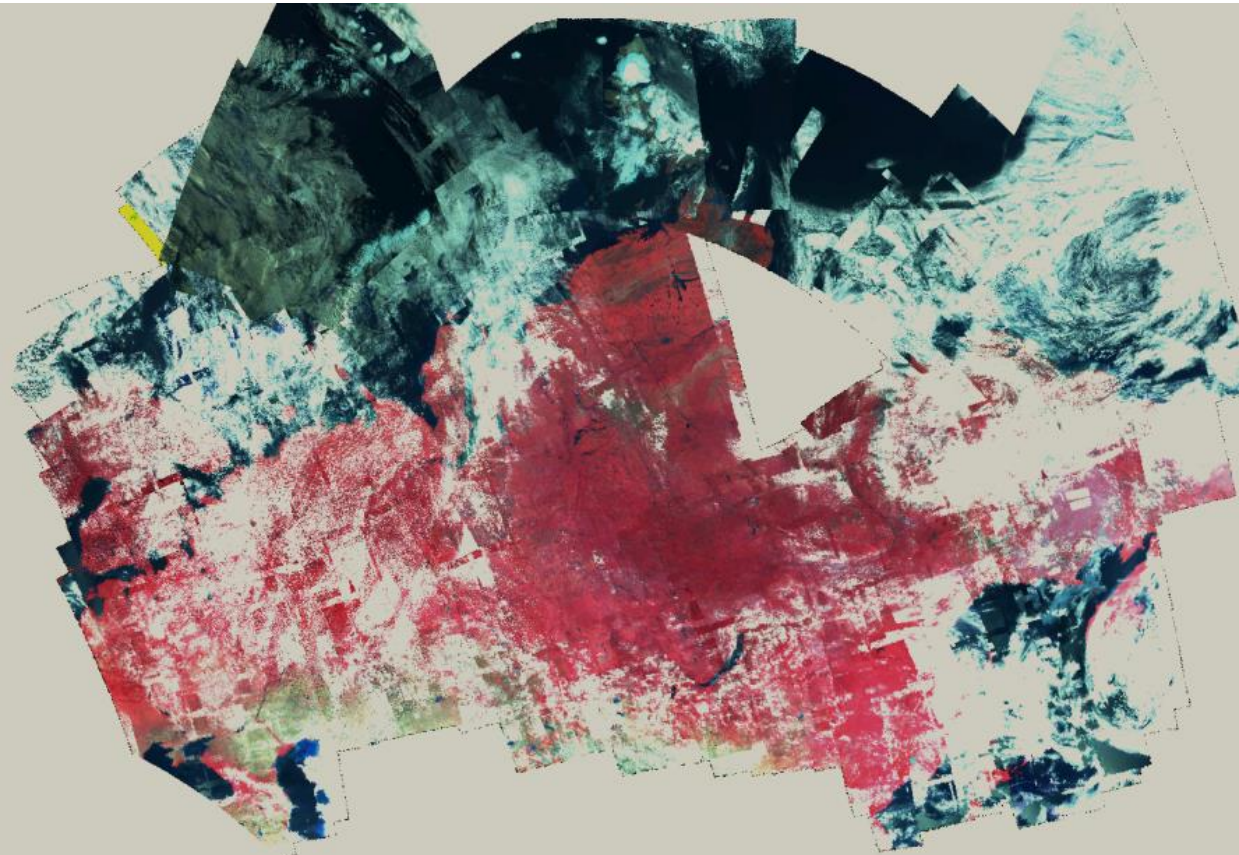
Без использования маски облаков



С использованием маски облаков

# Пример формирования покрытия по данным группировки КА «Метеор-М»

Композитное 7дневного покрытия на территорию РФ за период 3-9 августа 2020г.  
(критерий – первая квартиль)



По данным KMSS-2 «Метеор-М» №2.2 (532 сцены)



По данным KMSS «Метеор-М» № 2 (300 сцен)  
и KMSS-2 «Метеор-М» №2.2 (532 сцены)

**Спасибо за внимание!**