

Детектирование облачности и теней на монохроматических изображениях приборов серии КМСС с использованием свёрточной нейронной сети U-Net

Колбудаев П.А., Плотников Д.Е., Матвеев А.М.



Метеор-М №2: общие характеристики



**Тип спутника —
метеорологический**

Запуск — 8 июля 2014

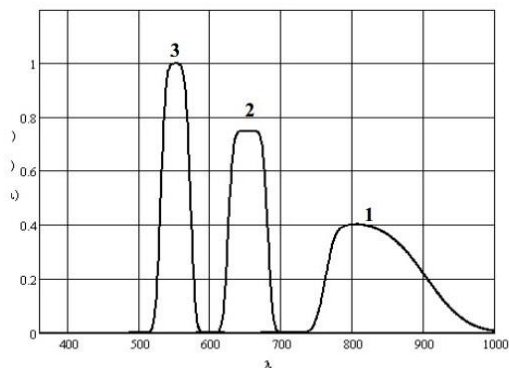
**Обита КА —
круговая, солнечно-
синхронная, утренняя (9:30)**

**высота: 825 км
наклонение: 98,8°
период обращения: 101,41
мин**

Основные технические характеристики аппаратуры КМСС-М/МСУ-100М



Внешний вид аппаратуры КМСС-М.



Относительная спектральная чувствительность каналов МСУ-100М
(цифры у кривых обозначают номер канала)

Скорость подспутниковой точки – 6.8 км/с

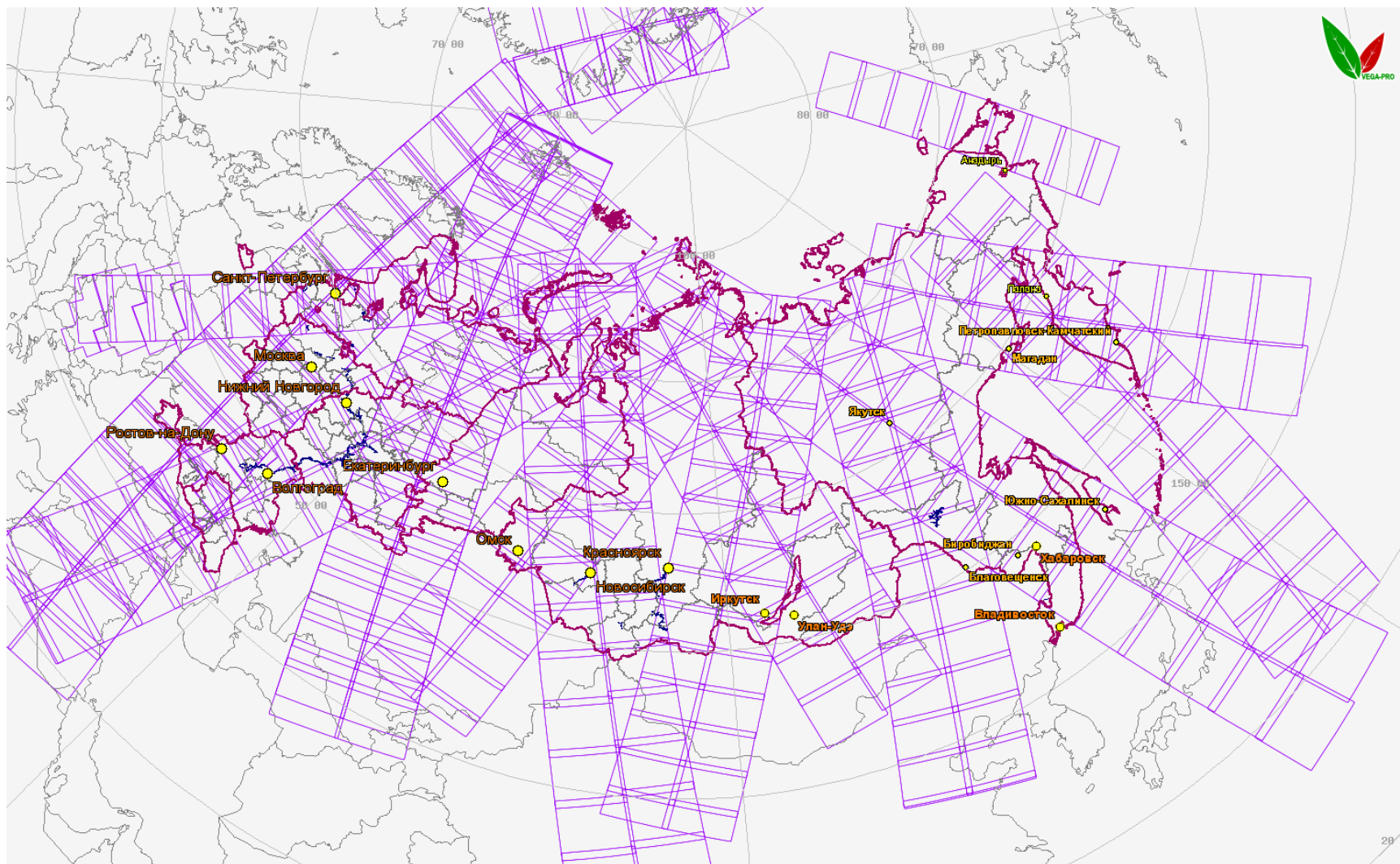
Формируемая полоса обзора – 960 км (2 камеры)

Угол установки относительно местной вертикали
– ± 14 град.

Размер проекции элемента разрешения на
земную поверхность (в направлении оптической
оси прибора) – 60 метров.

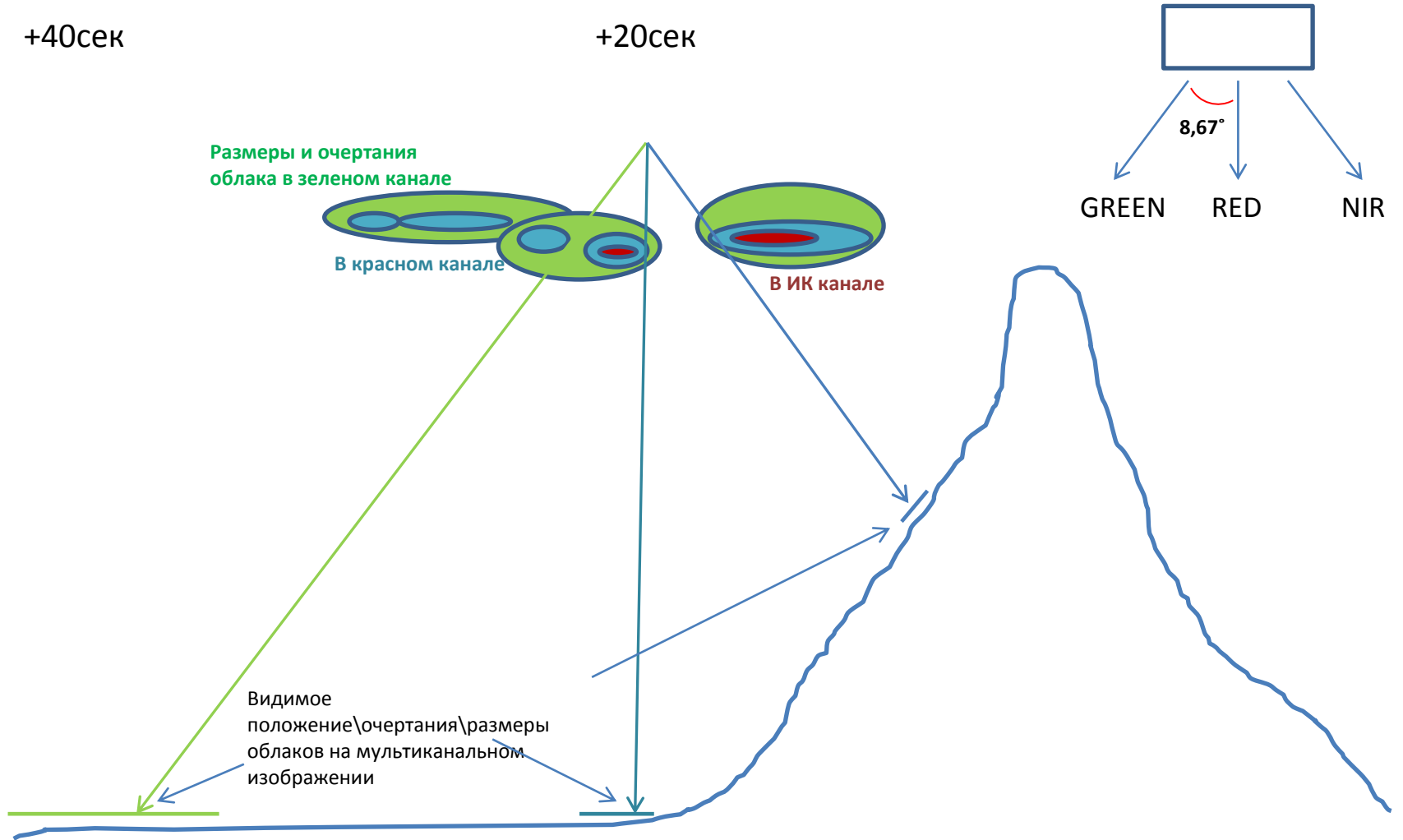
Спектральные зоны – 535-575 нм, 630-680 нм,
760-900 нм. (Межканальный параллакс $\sim 9^\circ$)

Высокие показатели повторяемости съемки КМСС

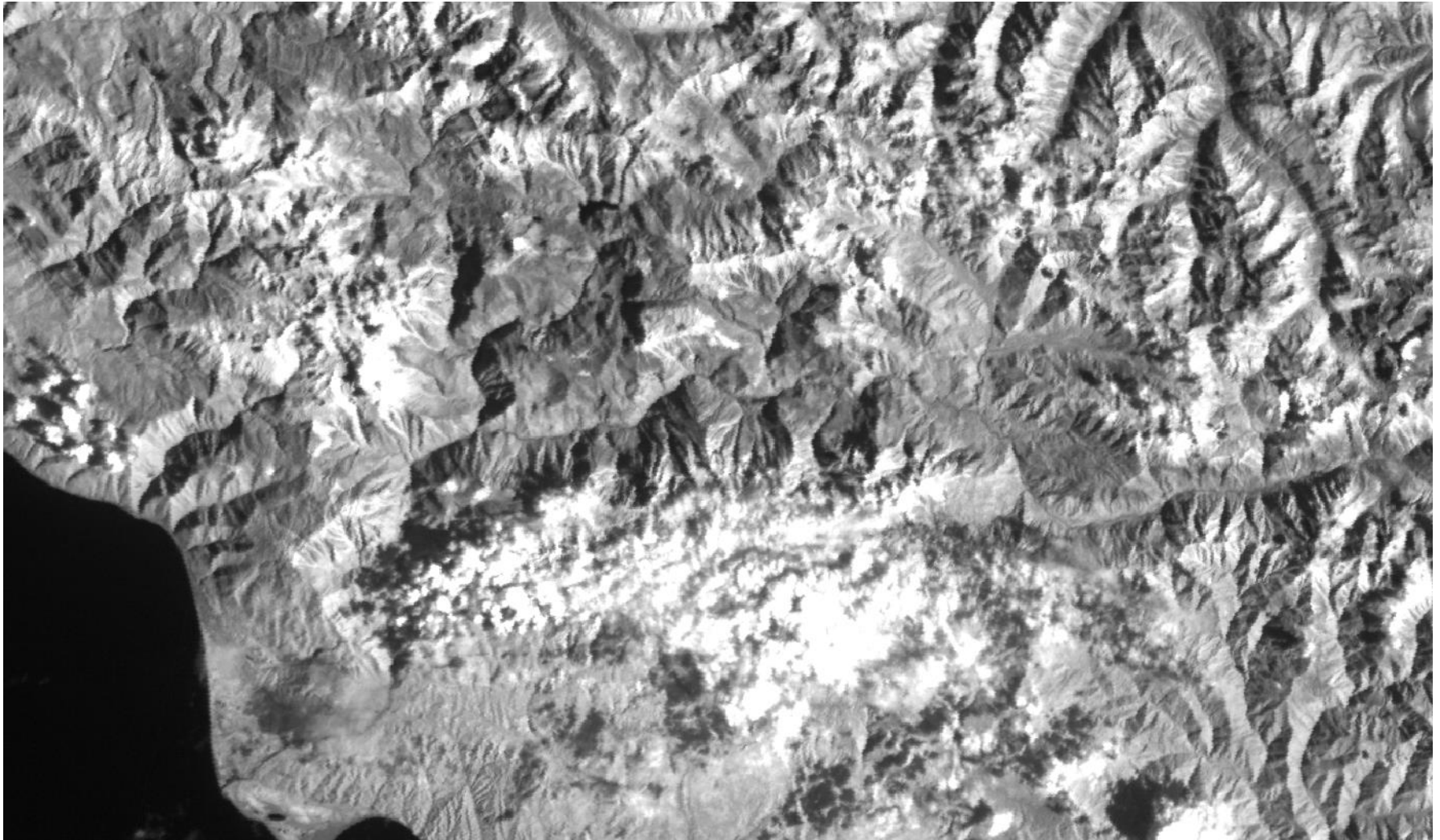


Покрытие изображениями МСУ с **двух** спутников Метеор-М №2 и Метеор-М № 2.2 на **один** день (6 июля 2020 г.)

Геометрия съемки КМСС-М

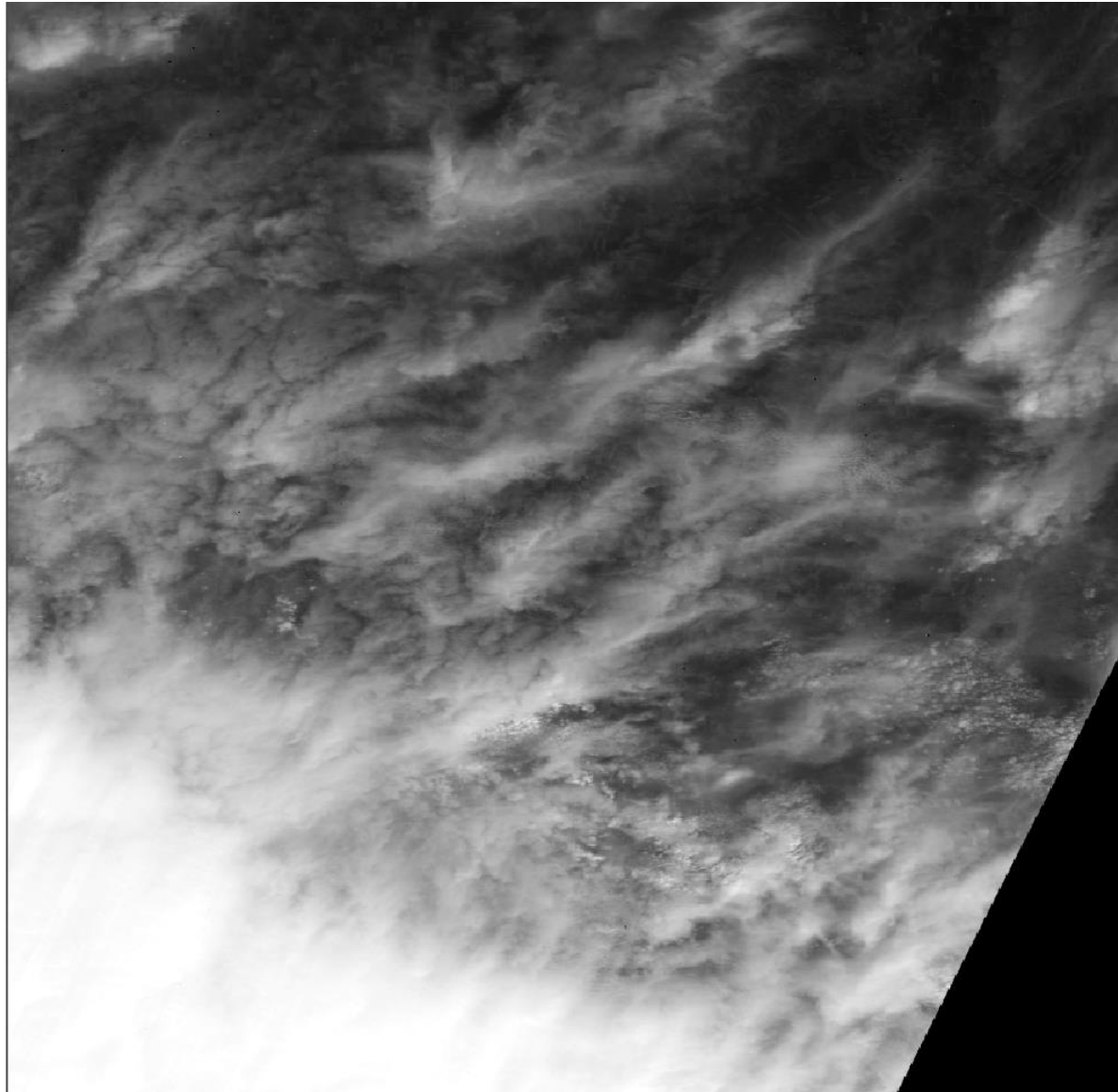


Облачность и горы в разноканальных изображениях

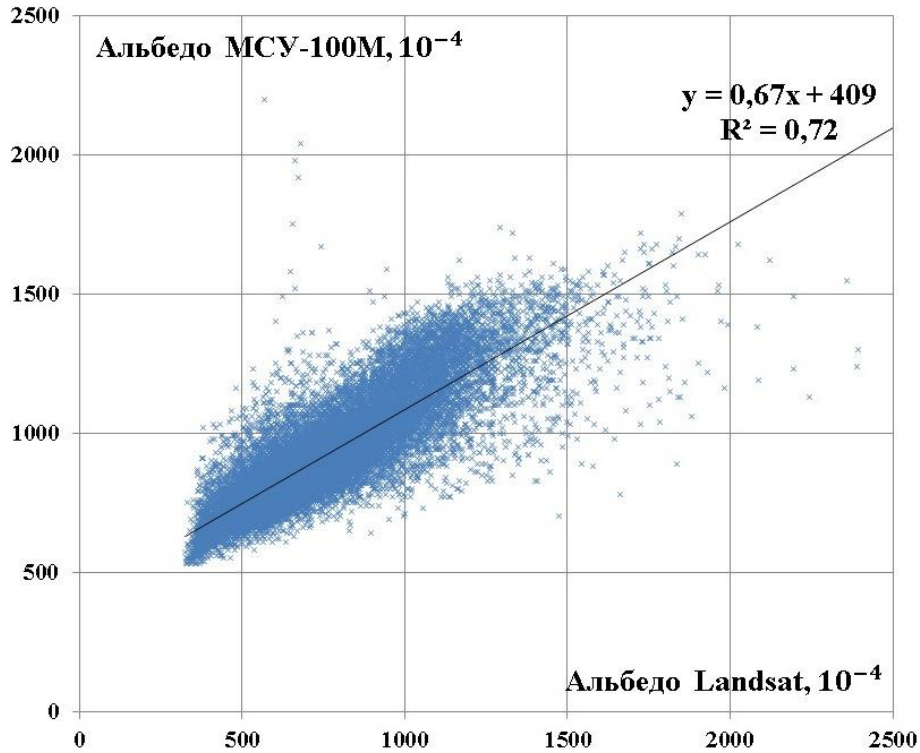


Часть сцены МСУ-100М за 15 августа 2020 года (красный-БИК)
Наблюдается смещение облачности и вершин гор

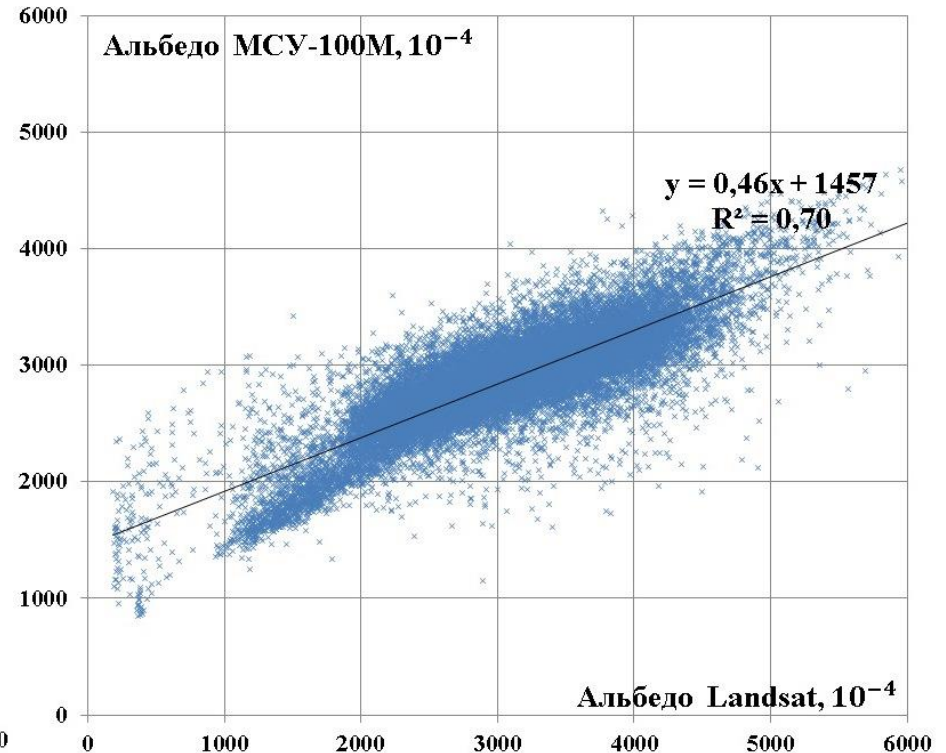
Облачность в разноканальных изображениях



Сравнение калиброванных измерений МСУ-100М с Landsat (ТОА)



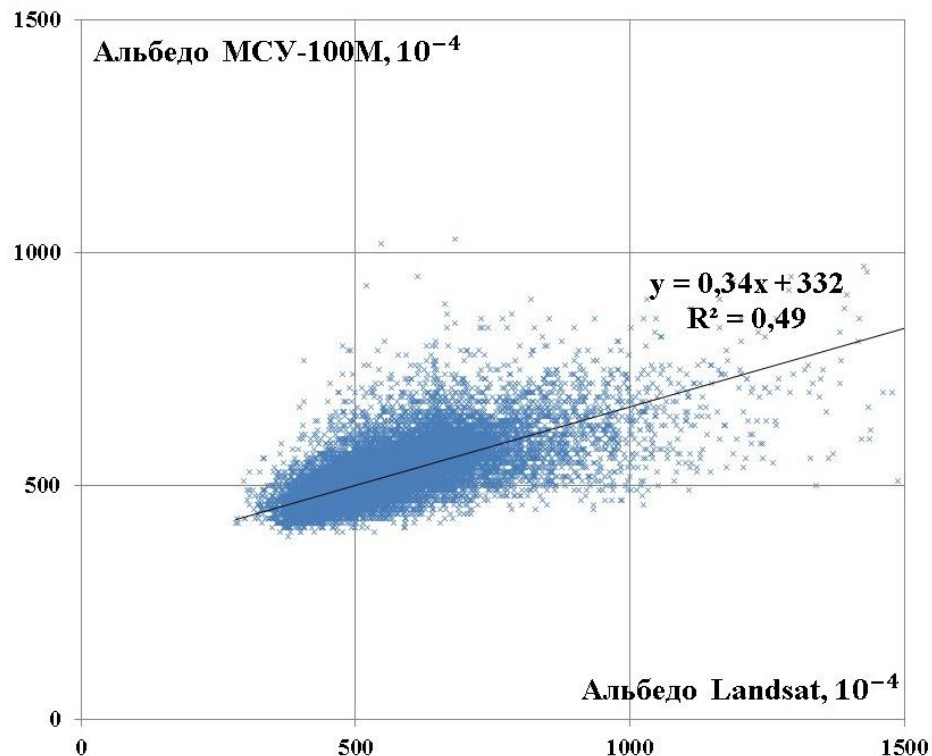
Красный канал



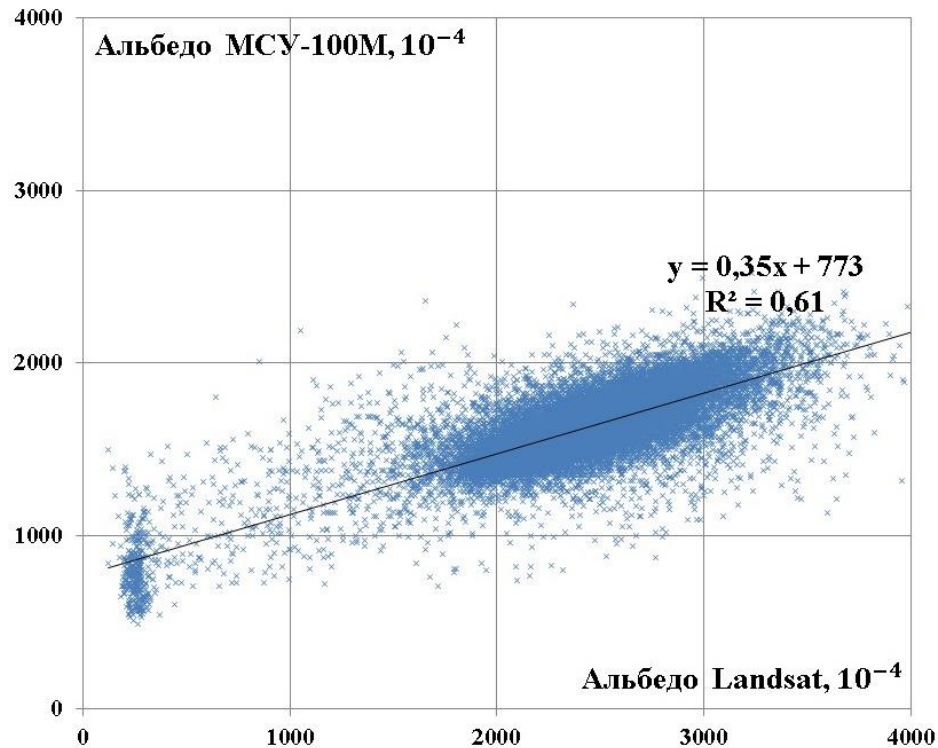
БИК канал

Сравнение данных за 13 июля 2016, область с центром с координатами долгота 54,35 и широта 45,52

Сравнение калиброванных измерений МСУ-100М с Landsat (ТОА)



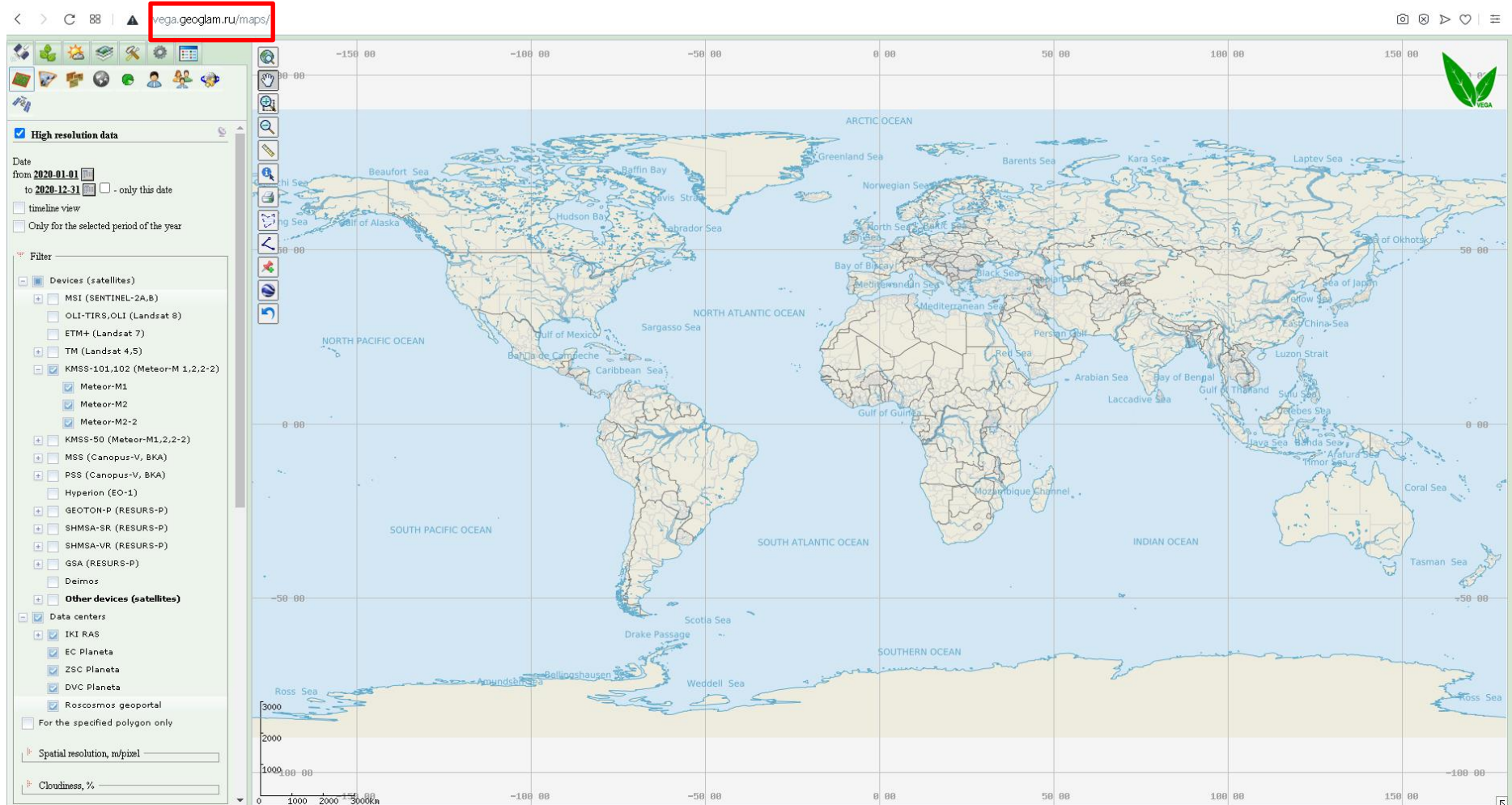
Красный канал



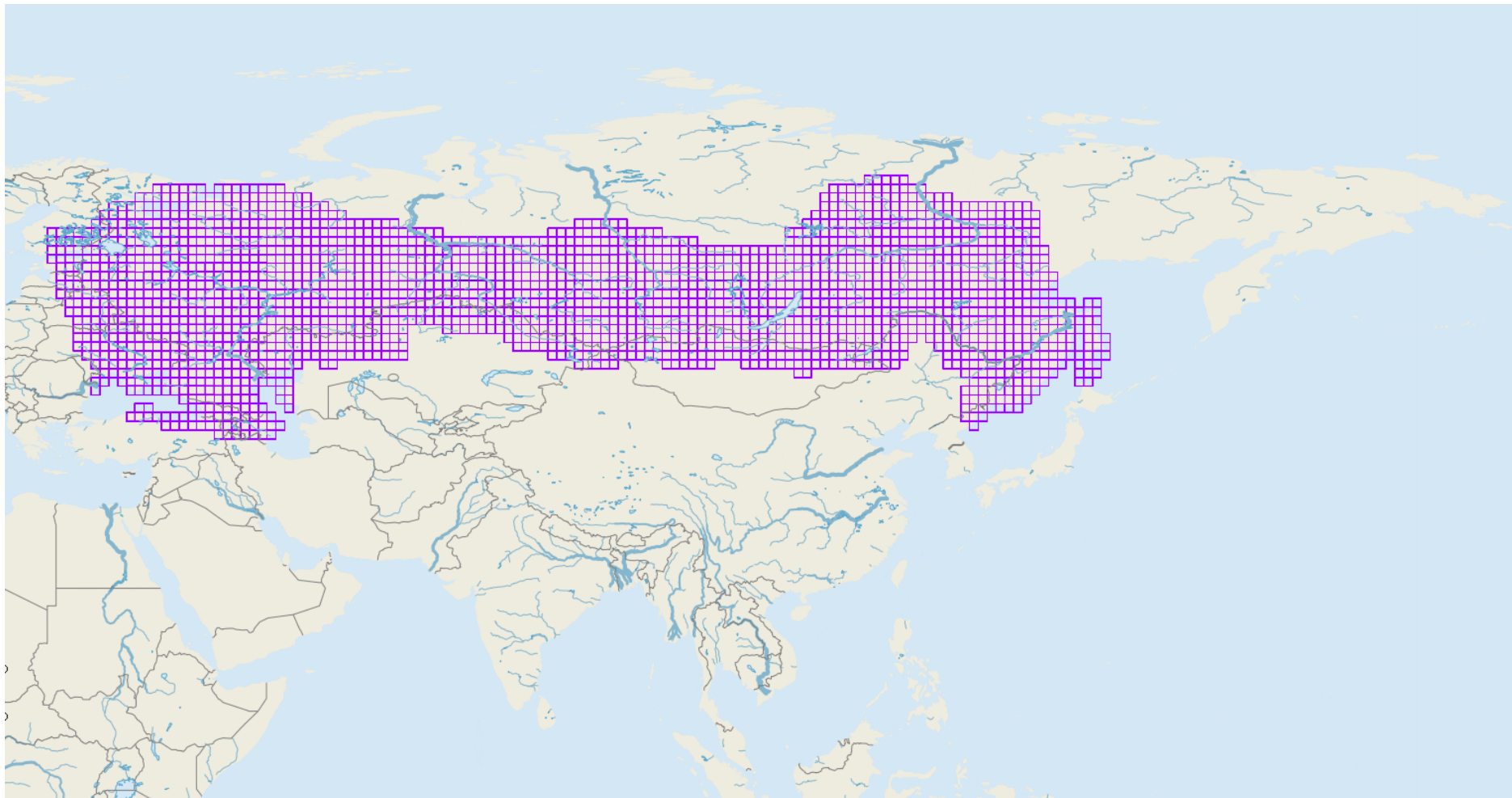
БИК канал

Сравнение данных 30 июля 2016, область с центром с координатами долгота 156,39 и широта 64,91

VEGA-GEOGLAM

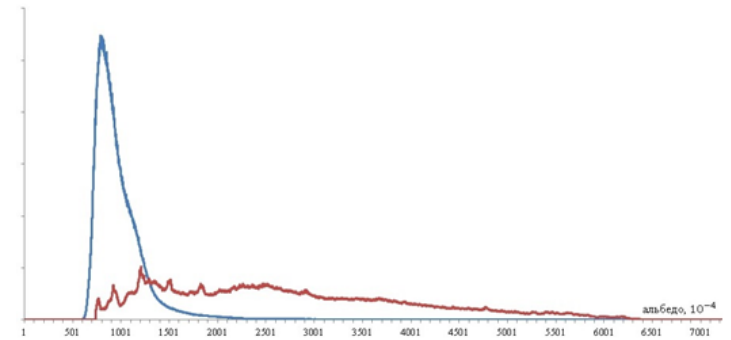
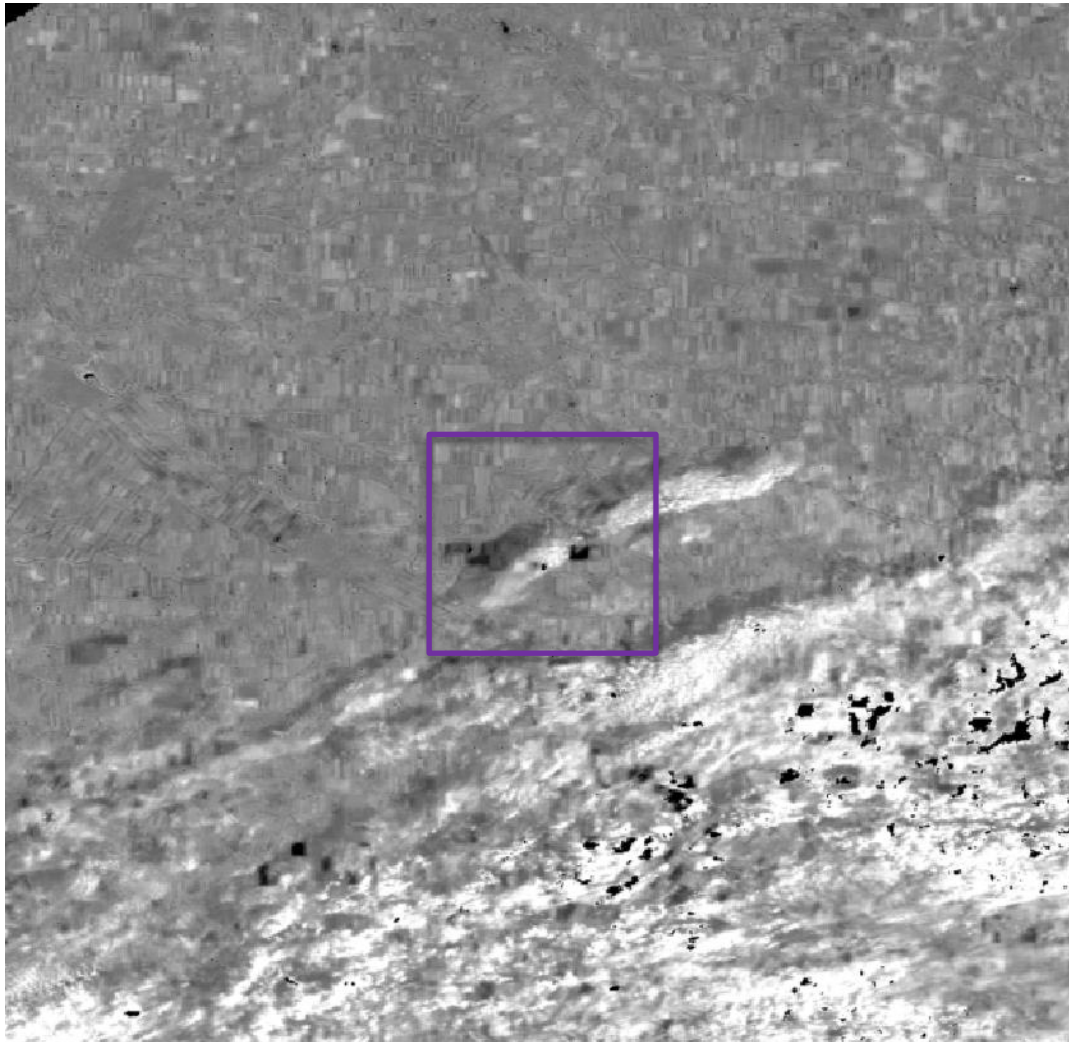


Область обработки данных КМСС

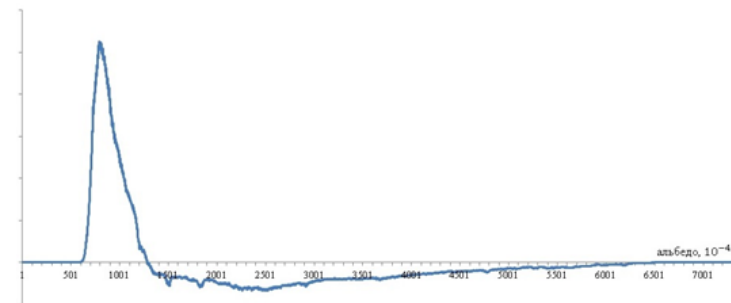


Зона обработки данных в потоковом режиме

Детектирование облачности по данным МСУ-100М



Гистограмма чистой (синяя) и облачной (красная) части сцены

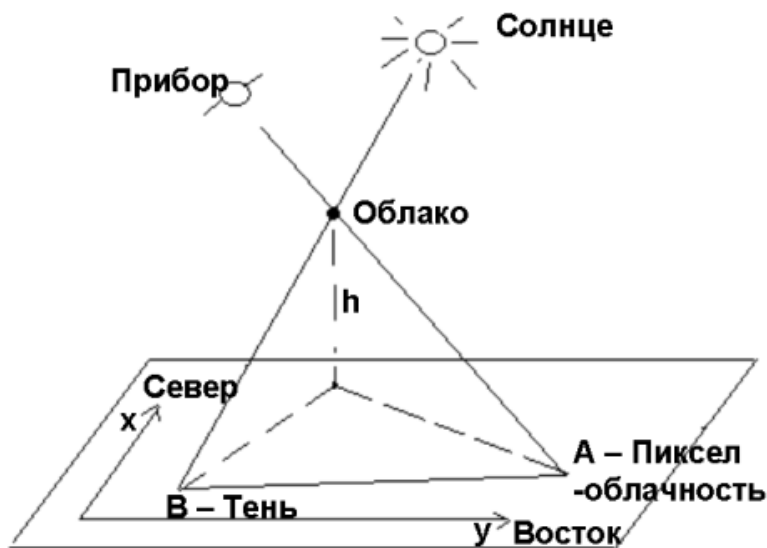


Разностная гистограмма

$$f_{red\ diff}(A) = f_{red\ free}(A) \int f_{red\ free}(A) dA - f_{red\ cloud}(A) \int f_{red\ cloud}(A) dA$$

Часть сцены МСУ-100М за 19 июля 2020 г.

Определение положения теней от облачности и углов Солнца



Геометрия положения теней :

$$x = H(\cos(\Psi)tg(\vartheta) - \cos(\beta)tg(\delta))$$

$$y = H(\sin(\Psi)tg(\vartheta) - \sin(\beta)tg(\delta))$$

H - высота облака над Землей,

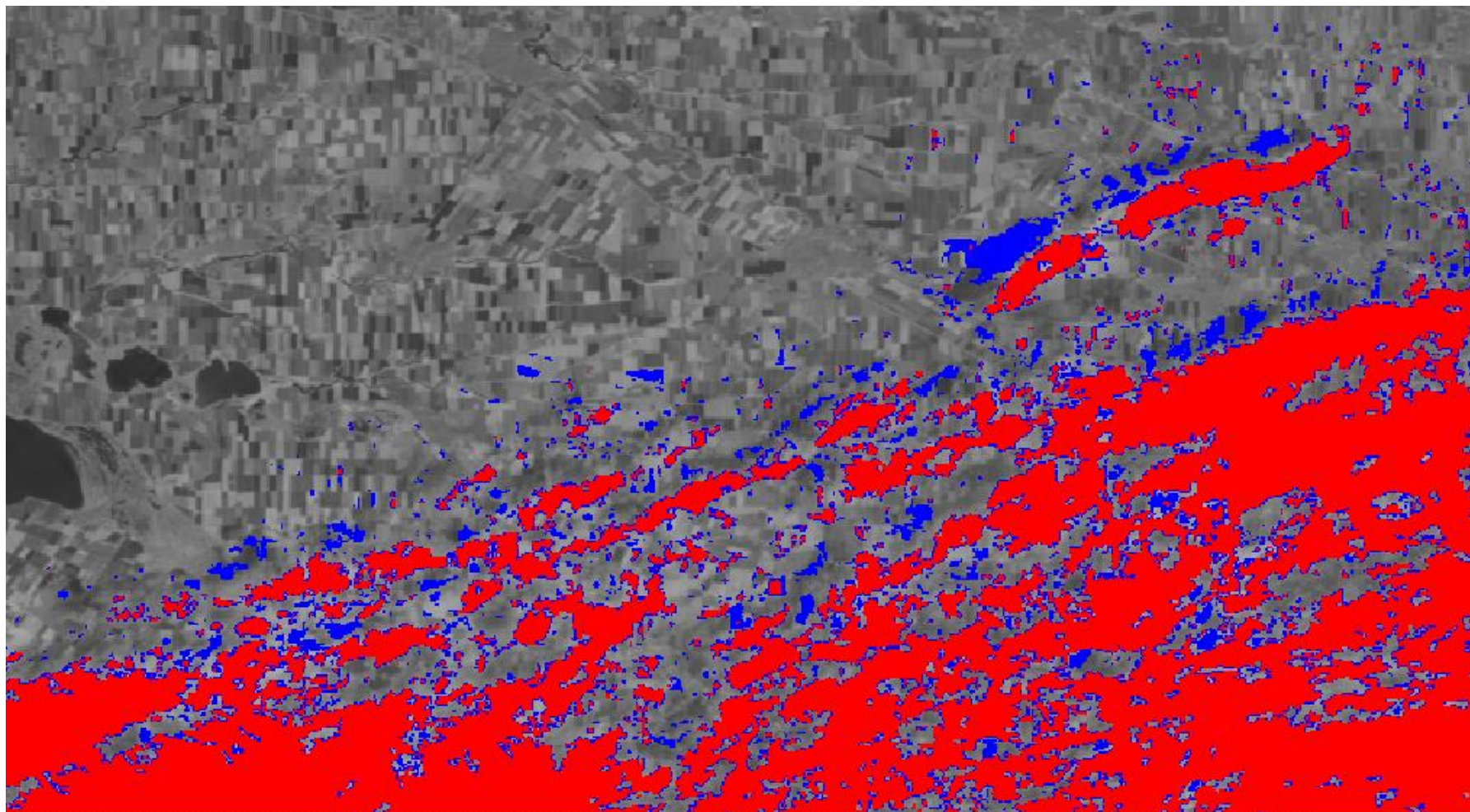
Ψ - азимутальный угол наблюдения

ϑ - зенитный угол наблюдения

β - азимутальный угол Солнца

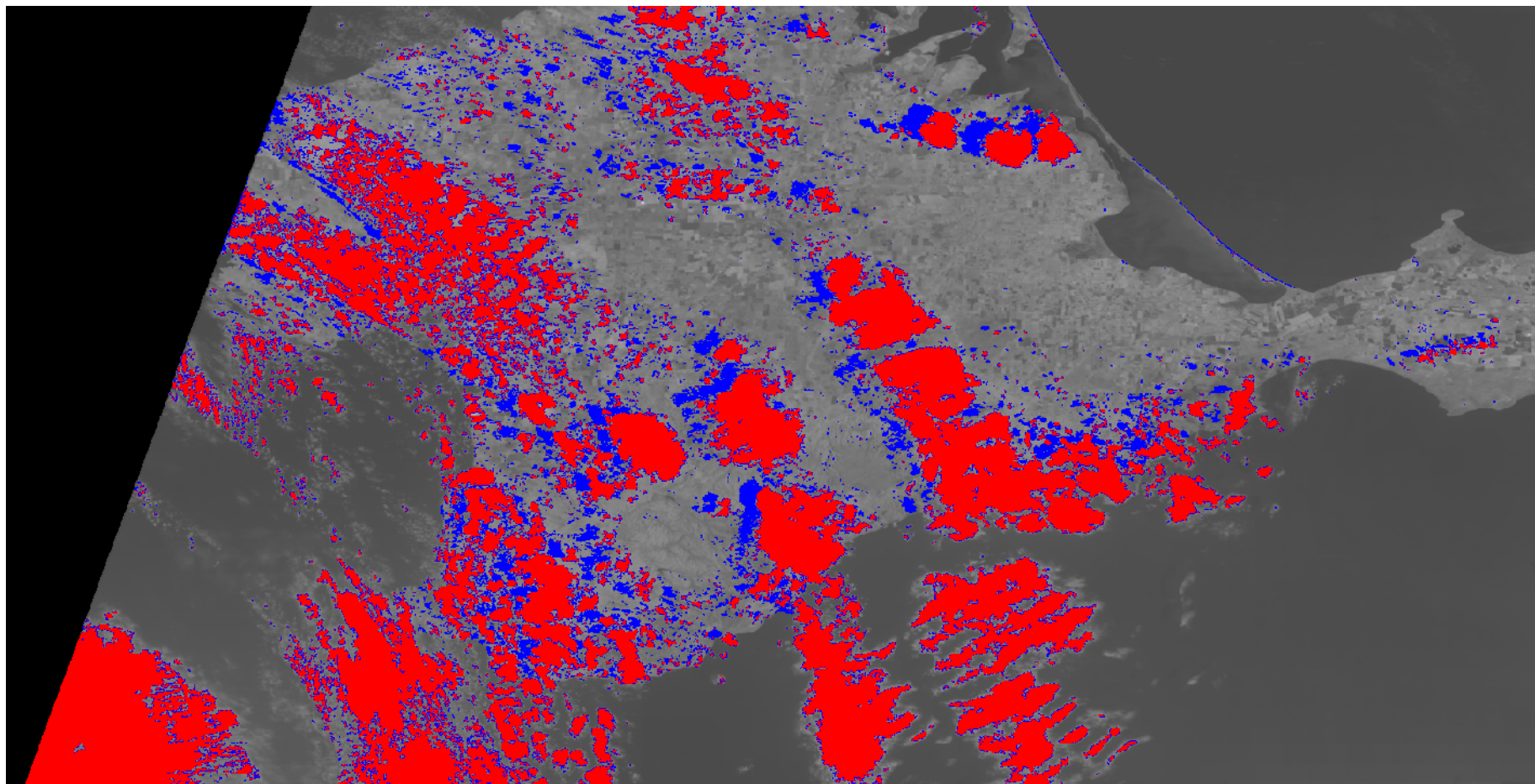
δ - зенитный угол Солнца

Детектирование теней по данным МСУ-100М



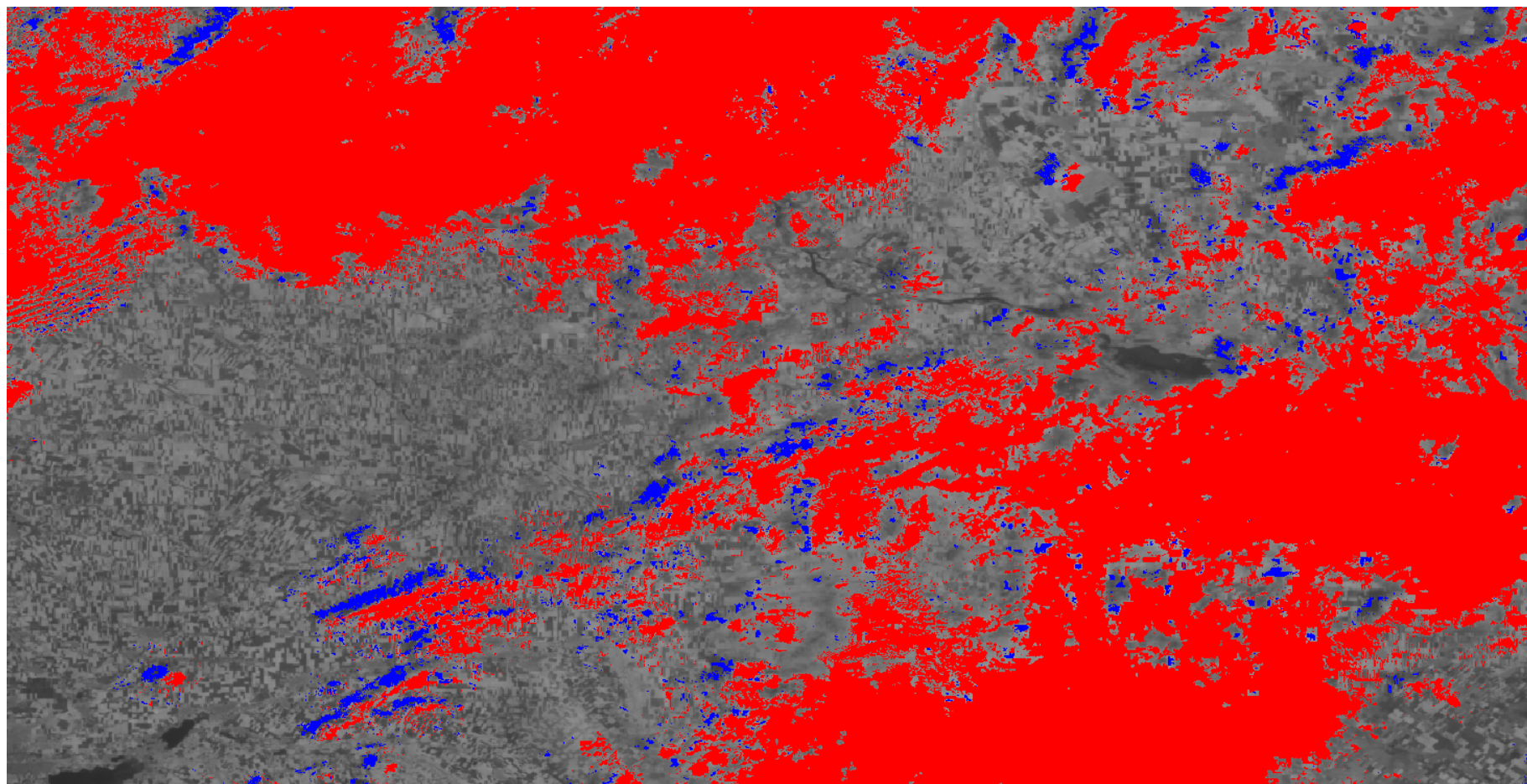
Часть сцены МСУ-100М за 19 июля 2020 г.

Маска облаков и теней



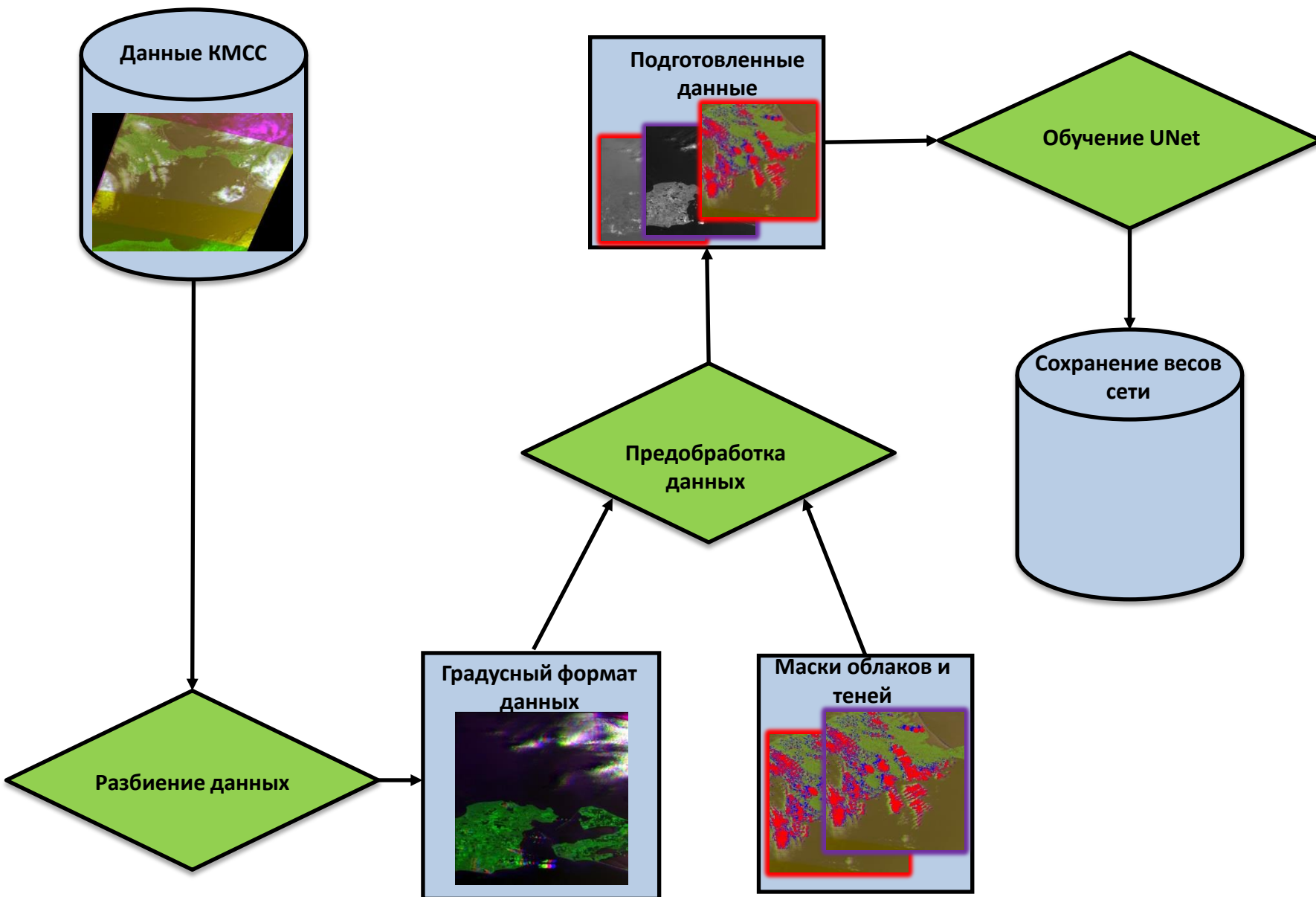
Часть сцены МСУ-100М за 10 мая 2020 г.

Маска облаков и теней

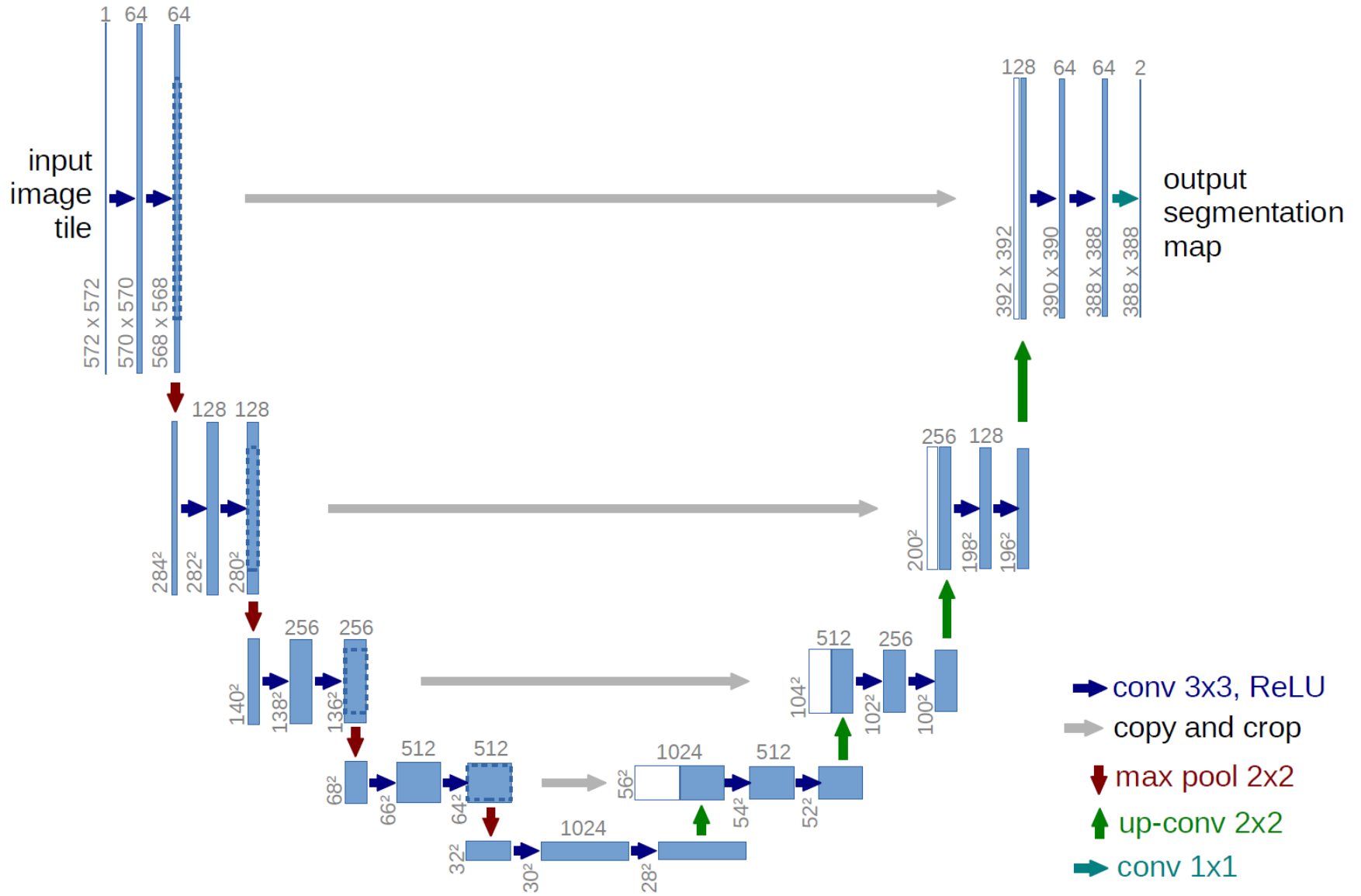


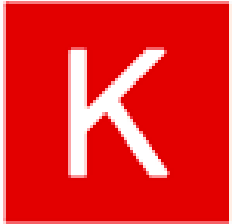
Часть сцены МСУ-100М за 15 мая 2020 г.

Схема обучения нейронной сети по данным КМСС



U-Net





Keras



TensorFlow
2.0

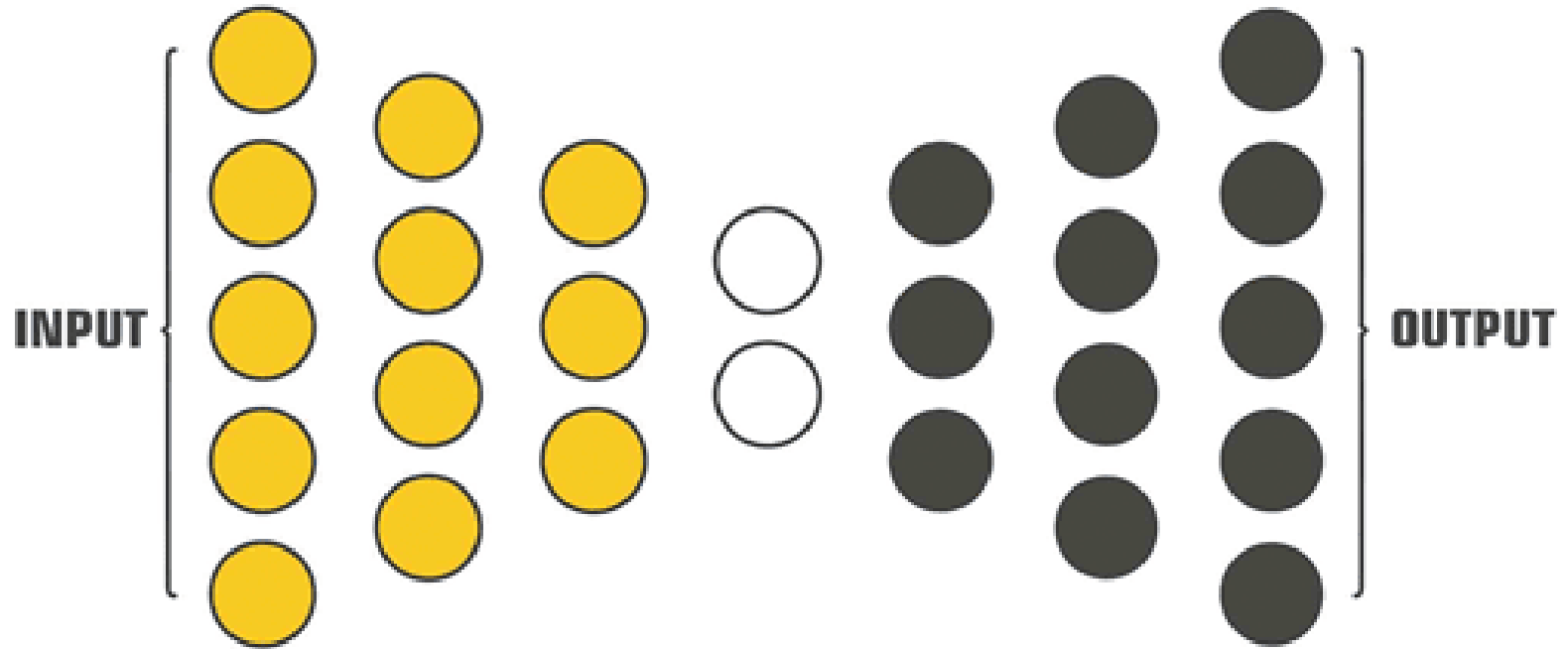


График обучения нейронной сети

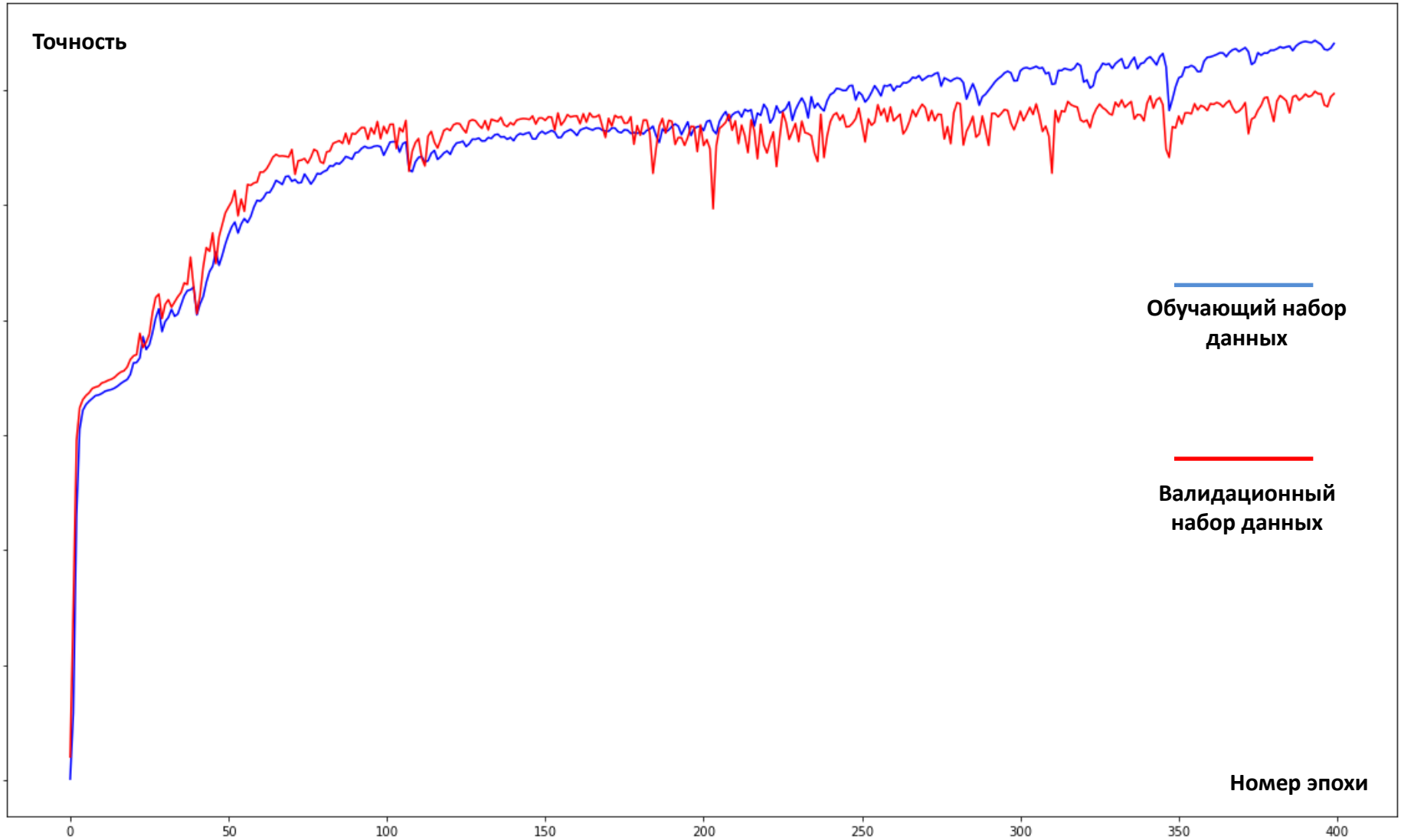
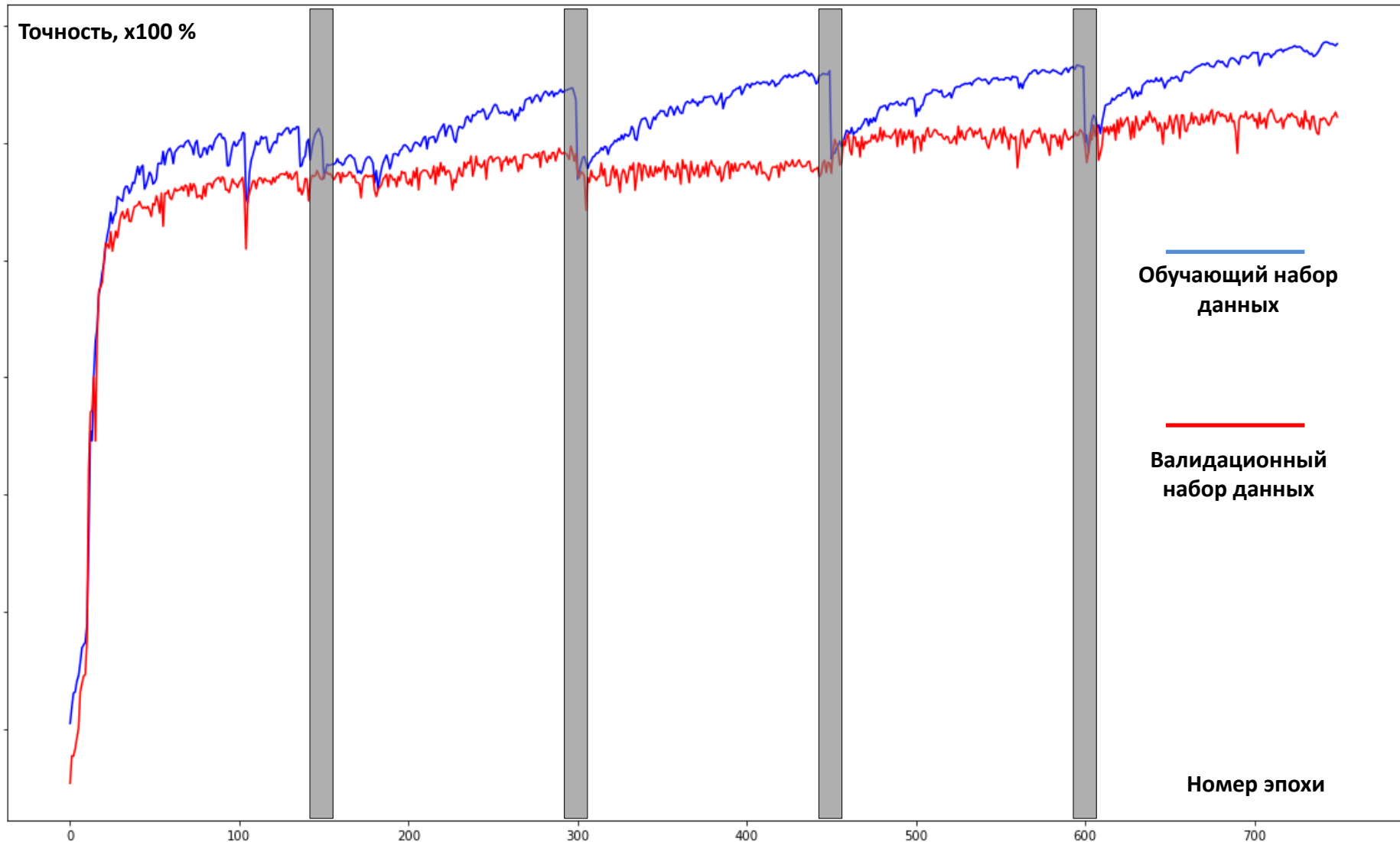
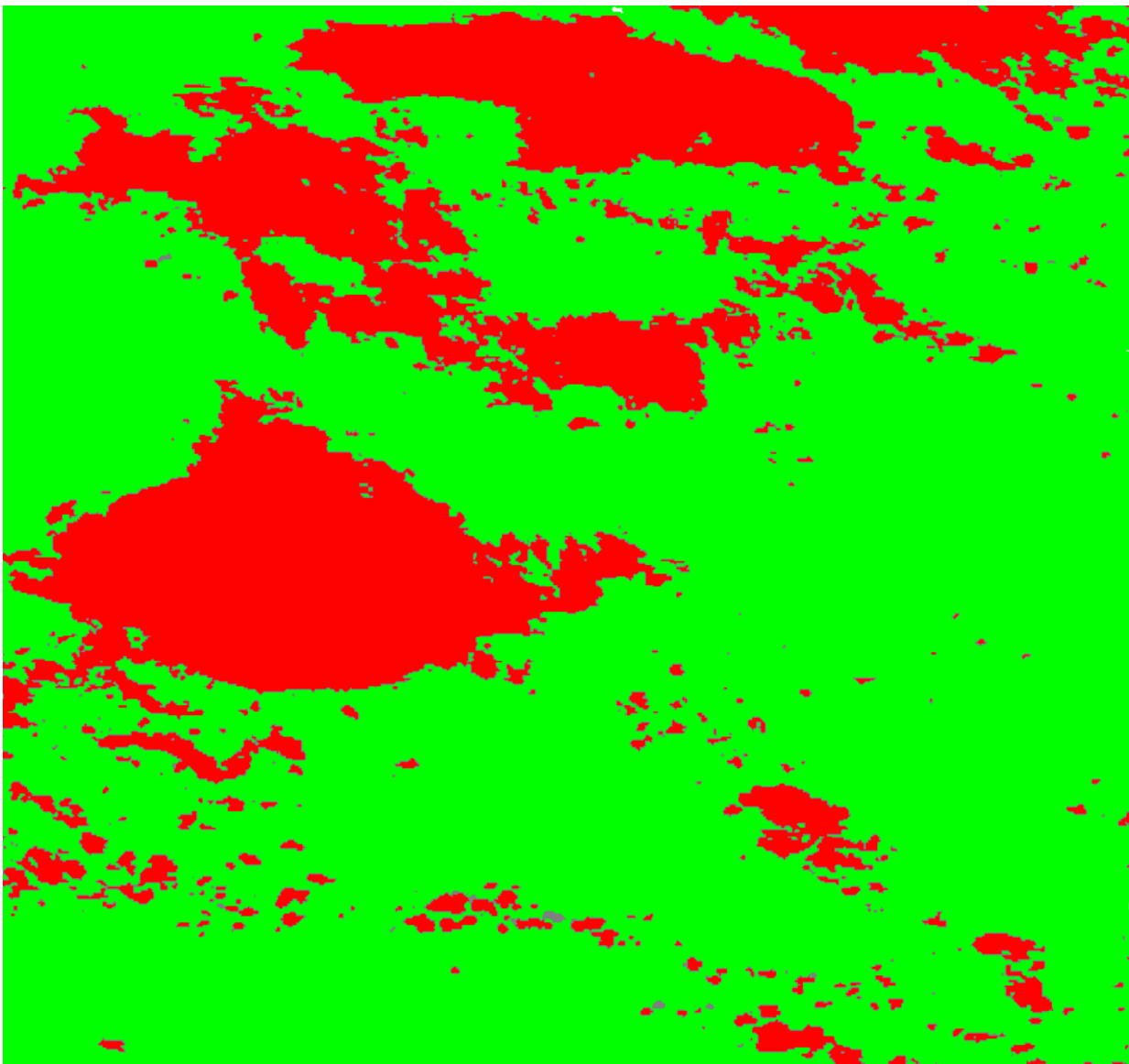


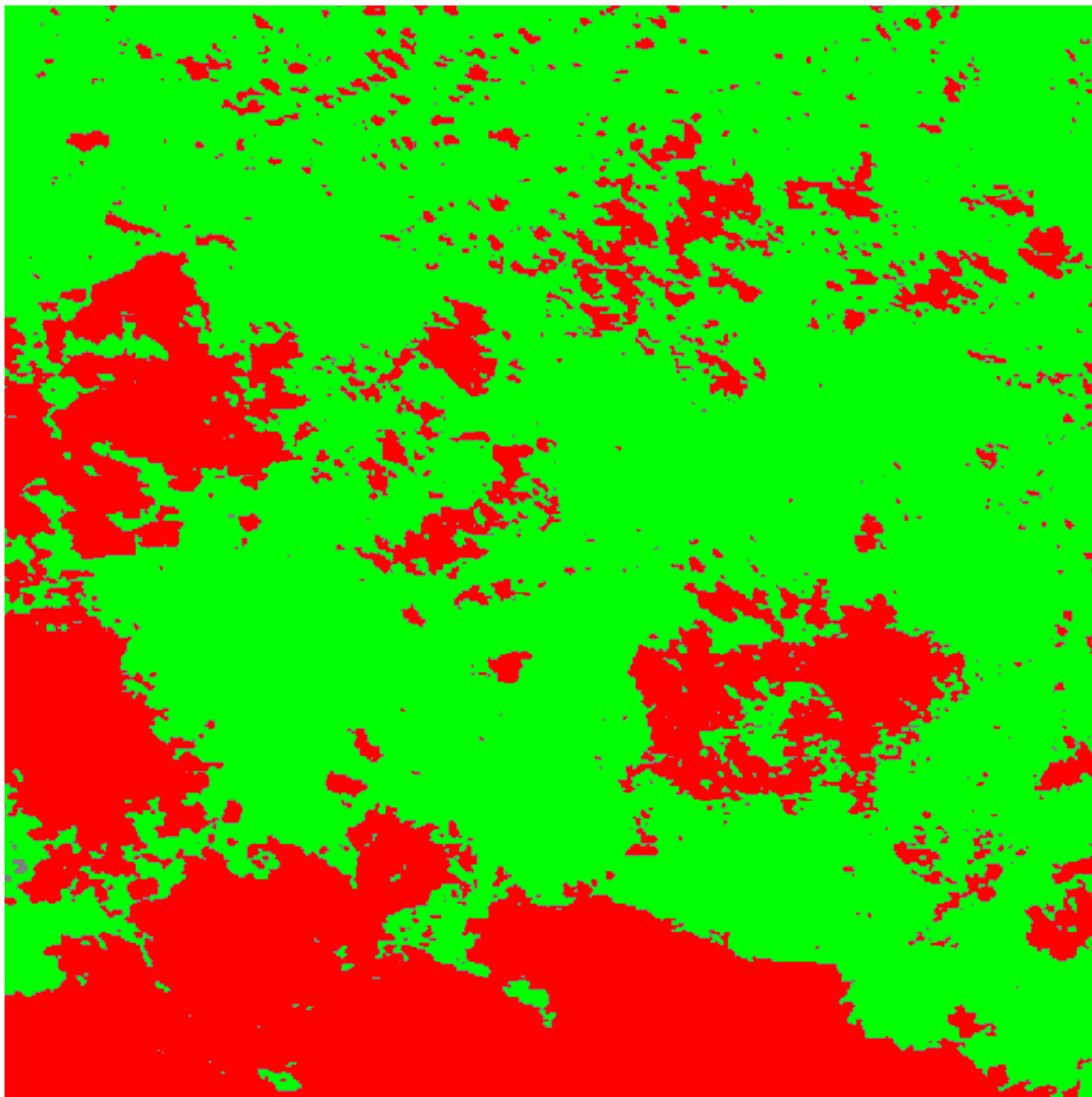
График обучения нейронной сети с разным набором обучающей выборки



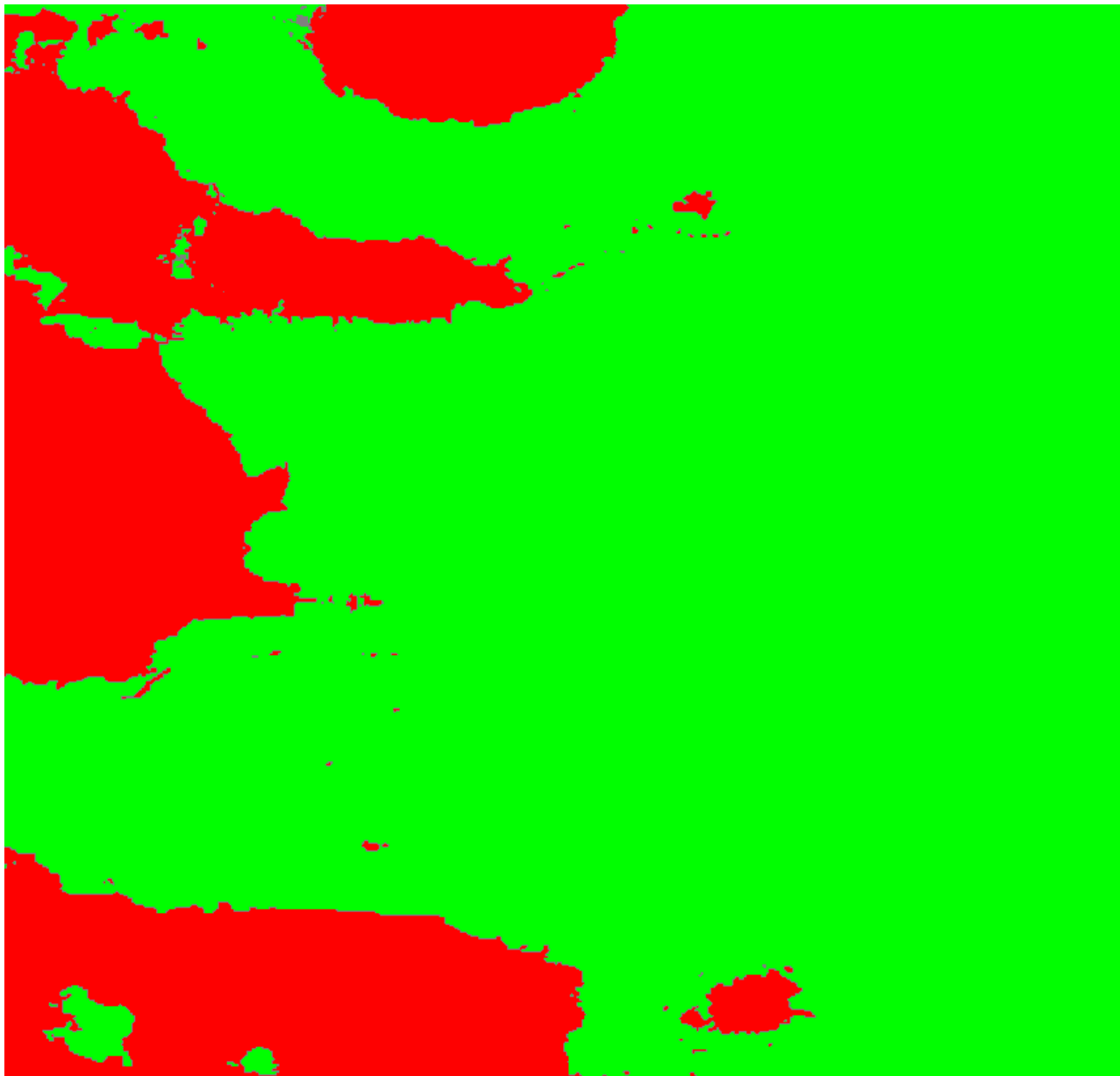
Детектирование облачности



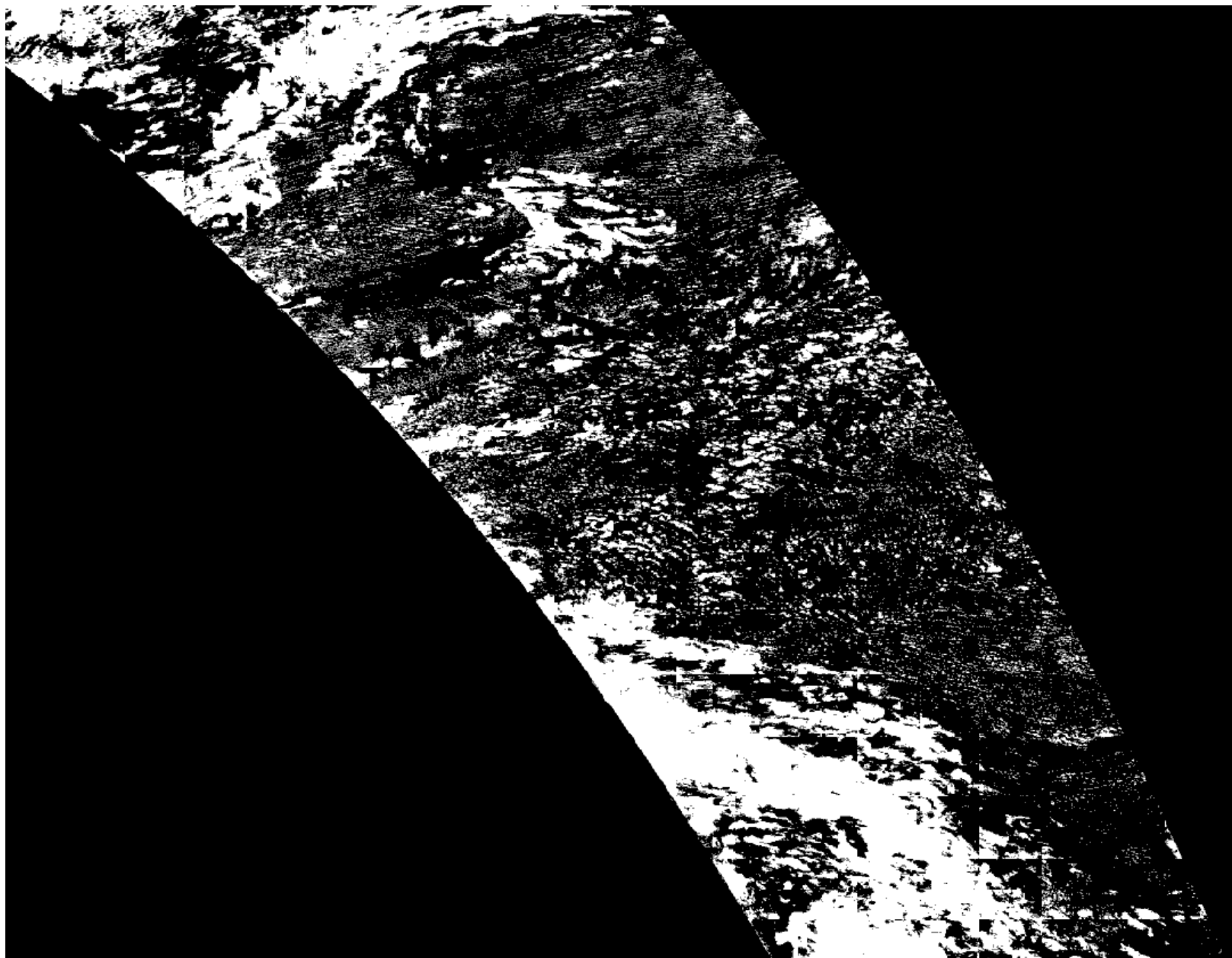
Детектирование облачности



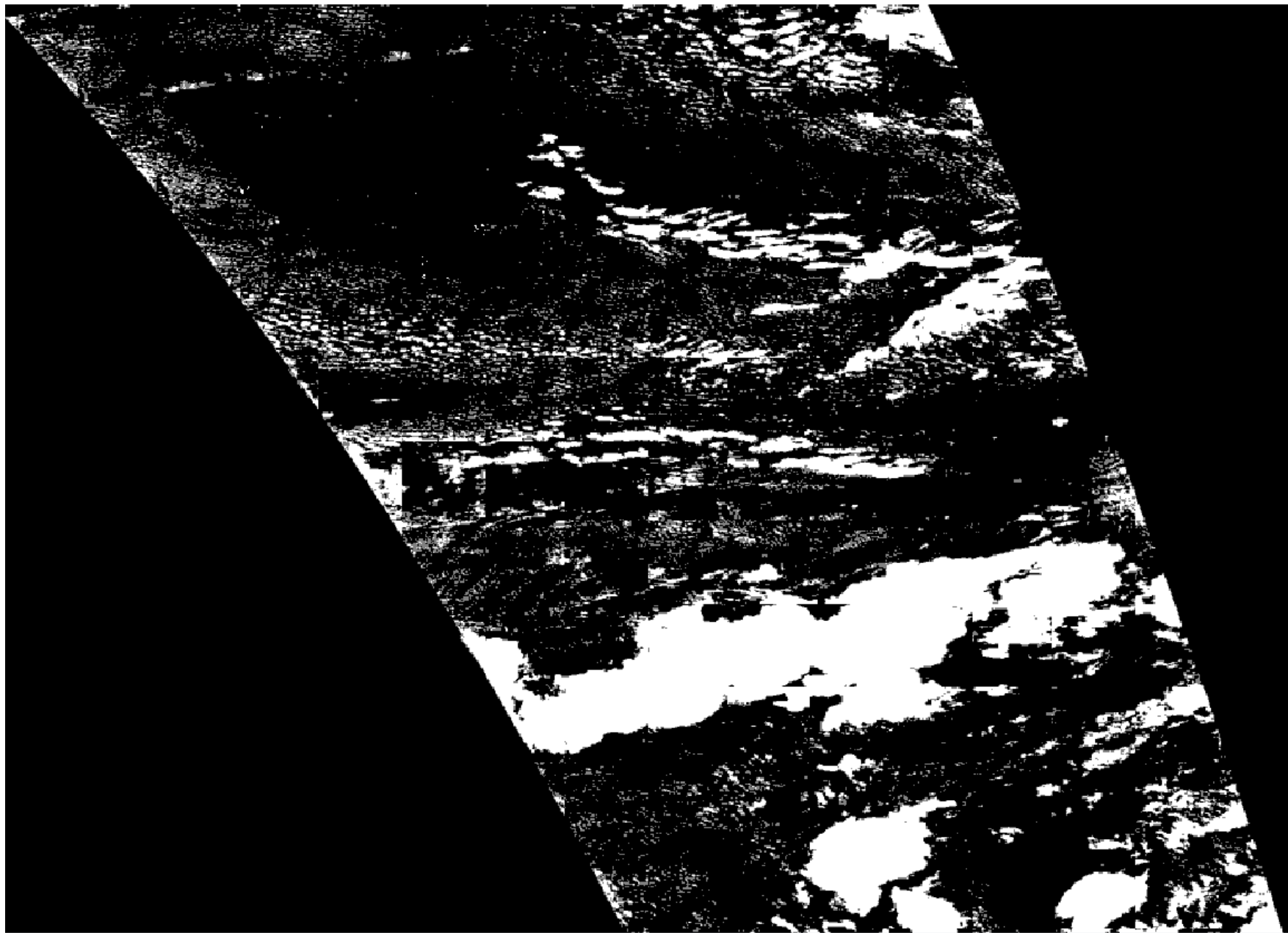
Детектирование облачности



Детектирование облачности



Детектирование облачности



Выводы

- Создан метод маскирования мешающих факторов данных КМСС на основе сверточной нейронной сети U-Net
- Преимуществом метода является высокая скорость обработки (около 0.5 секунды на градусную область) и независимость от калибровки, географической привязки данных

Перспективы

- Планируется сравнения качества нейросетей, обученных на данных КМСС и на данных других приборов, таких как к примеру Sentinel-2, Landsat