

# **Метод выявления облачности на монохроматических изображениях МСУ-100М («Метеор-М» № 2) на основе пространственного анализа и границ объектов земной поверхности**

**Колбудаев П.А., Плотников Д.Е., Барталев С.А.**

Шестнадцатая Всероссийская открытая конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса"

Москва  
12-16 ноября 2018 г.



# 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/МСУ-100М

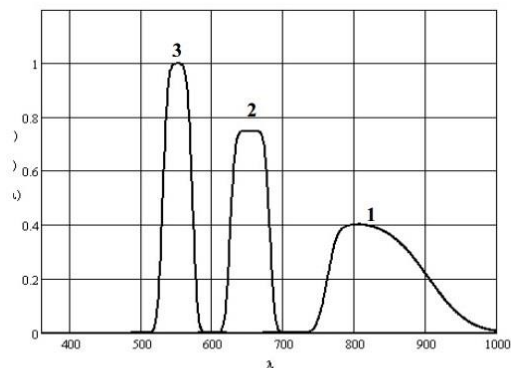


КМСС/МСУ-100М

КМСС/МСУ-100М

КМСС/МСУ-50М

*Внешний вид аппаратуры КМСС-М.*



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

Скорость подспутниковой точки – 6.8 км/с

Количество приборов – 2

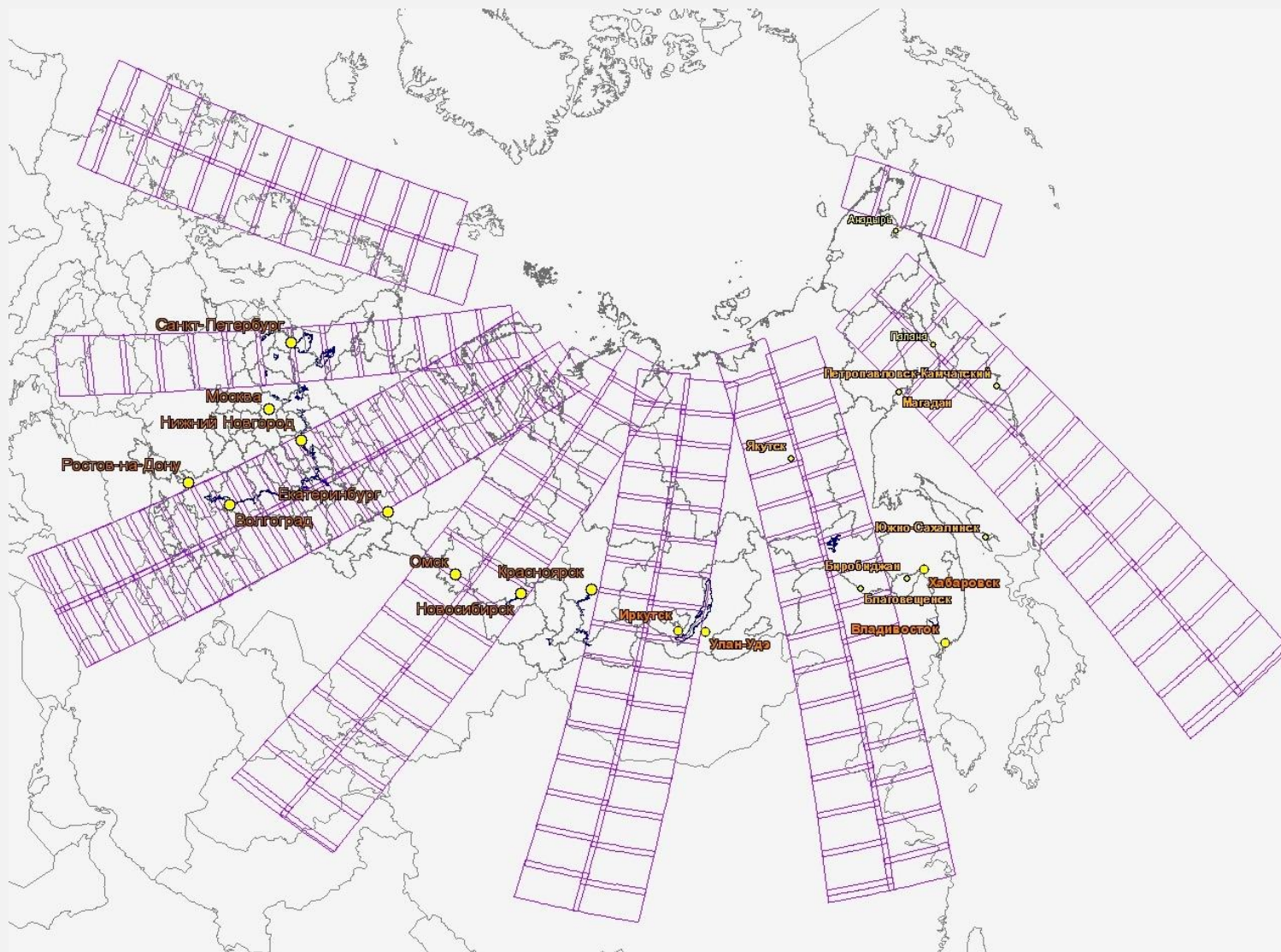
Формируемая полоса обзора – 960 км (2 прибора)

Угол установки относительно местной вертикали –  $\pm 14$  град.

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

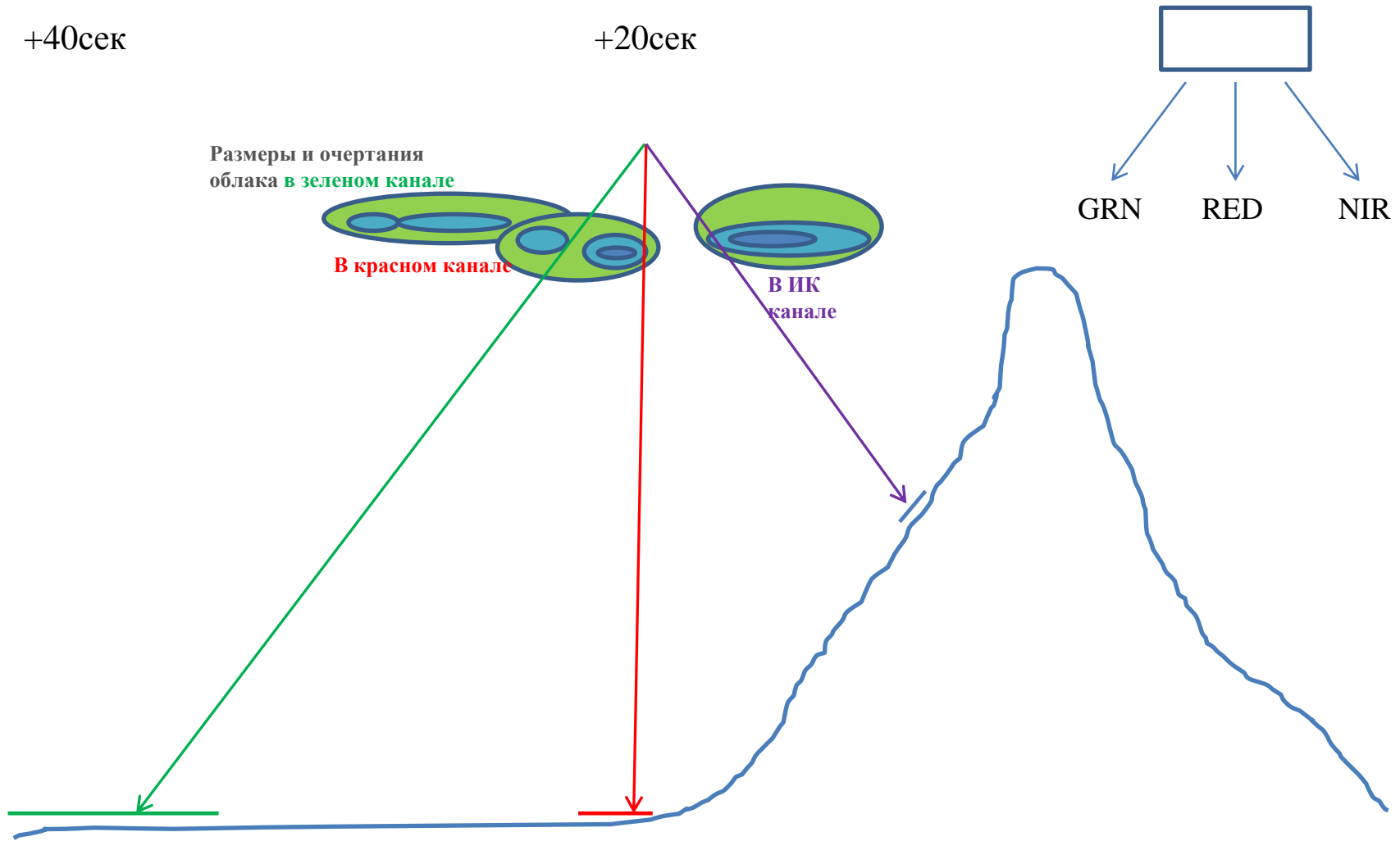
Спектральные зоны – **535-575** нм, **630-680** нм, **760-900** нм.

# Высокие показатели повторяемости съемки КМСС/МСУ-100М

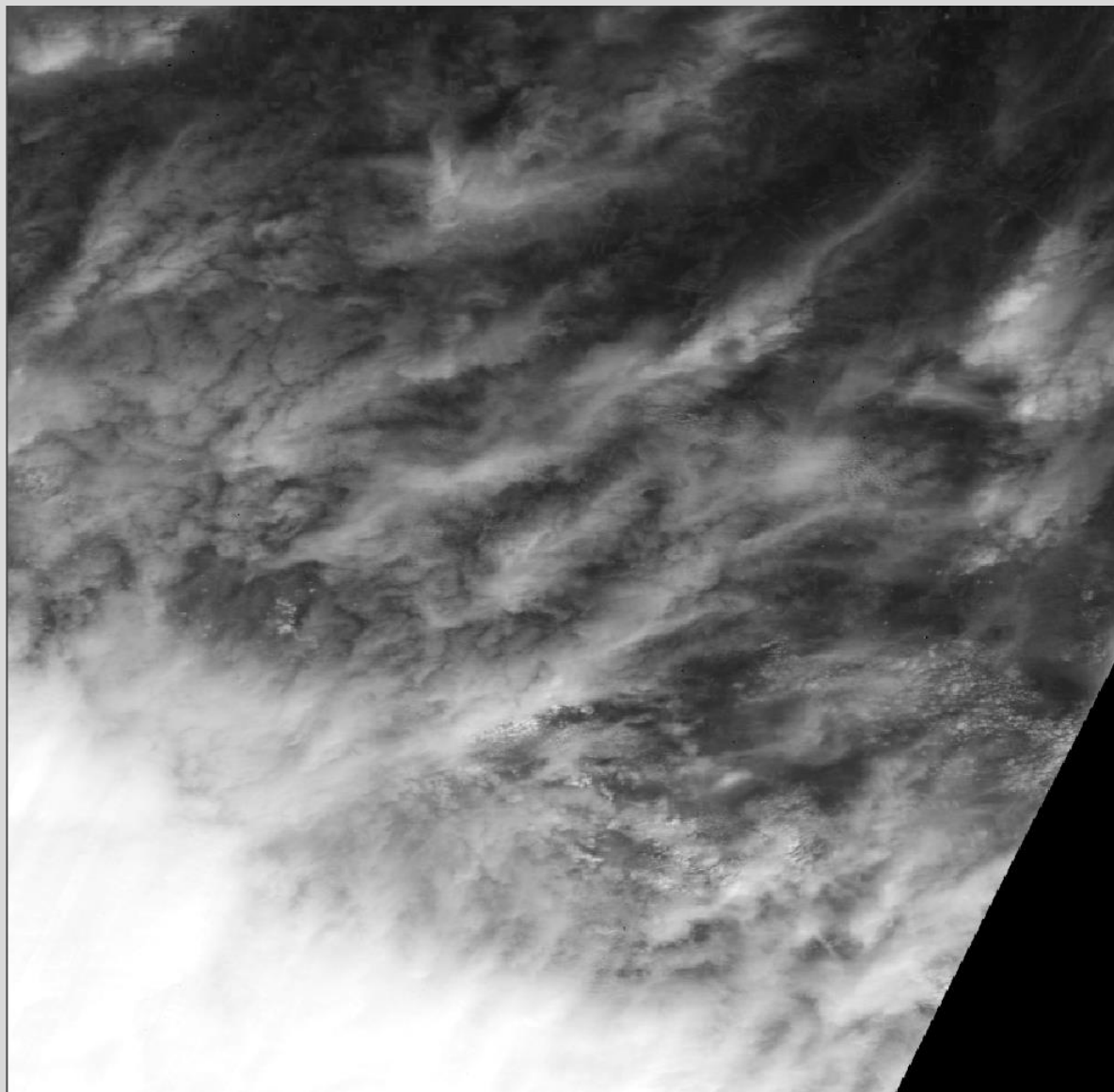


Зона покрытия данными МСУ-100М за **один день**  
Территория России покрывается полностью за 2-3 дня

# Схема съемки прибором МСУ-100М



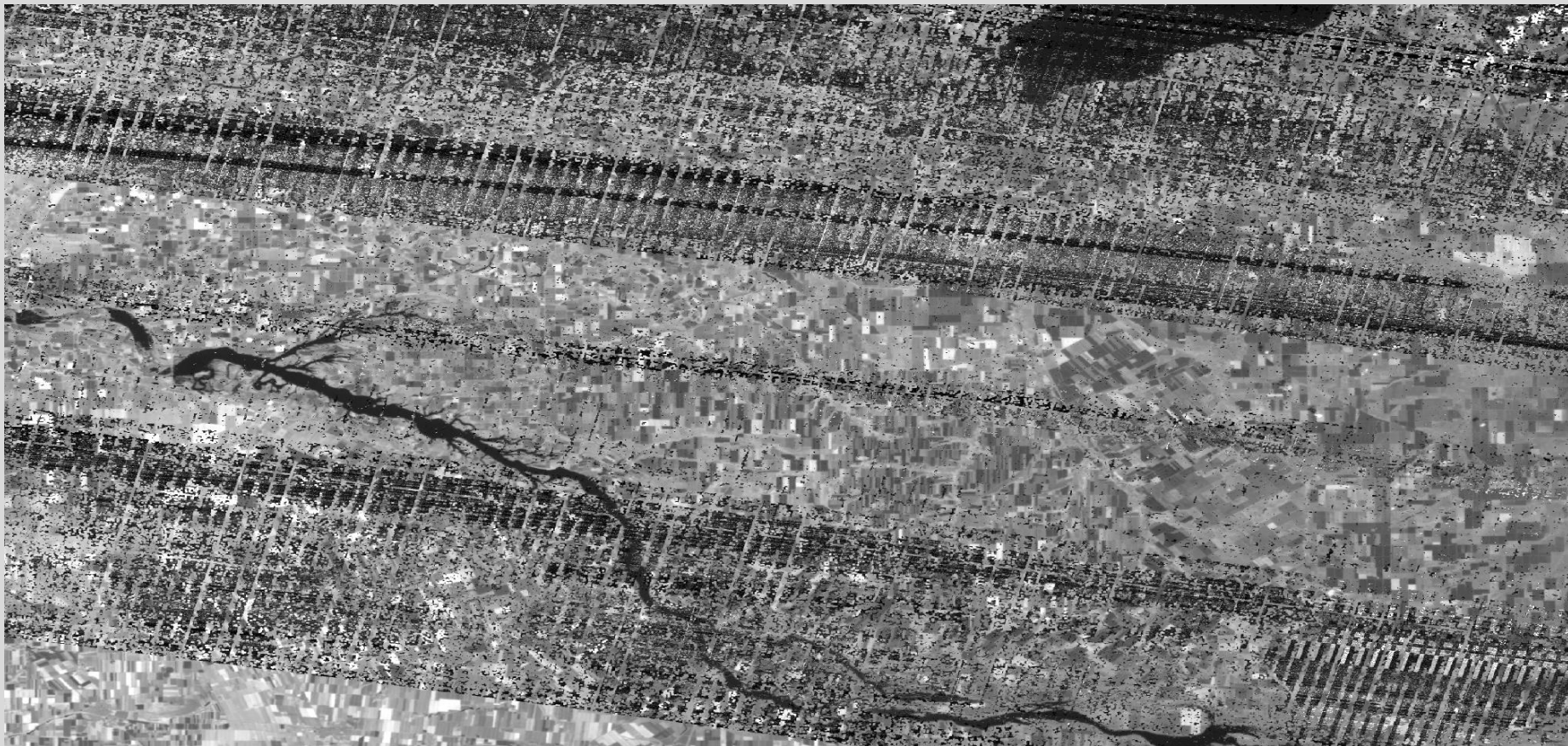
# Облачность в разноканальных изображениях



# Нелинейные искажения



# Шумы в данных типа “соль и перец”





# Блок-схема вычисления углов Солнца без использования метаданных (только базовые – координаты и время съемки)

*LT – Local Time*

*GMT – Greenwich Mean Time*

$$B = \frac{360}{365} (d - 81)$$

$$\Delta T_{GMT} = LT - GMT$$

$$EoT = 9.87 \sin(2B) - 7.53 \cos(B) - 1.5 \sin(B)$$

$$LSTM = 15^\circ \cdot \Delta T_{GMT}$$

$$TC = 4(LSTM - Longitude) + EoT$$

$$\delta = 23.45^\circ \sin \left[ \frac{360}{365} (d - 81) \right]$$

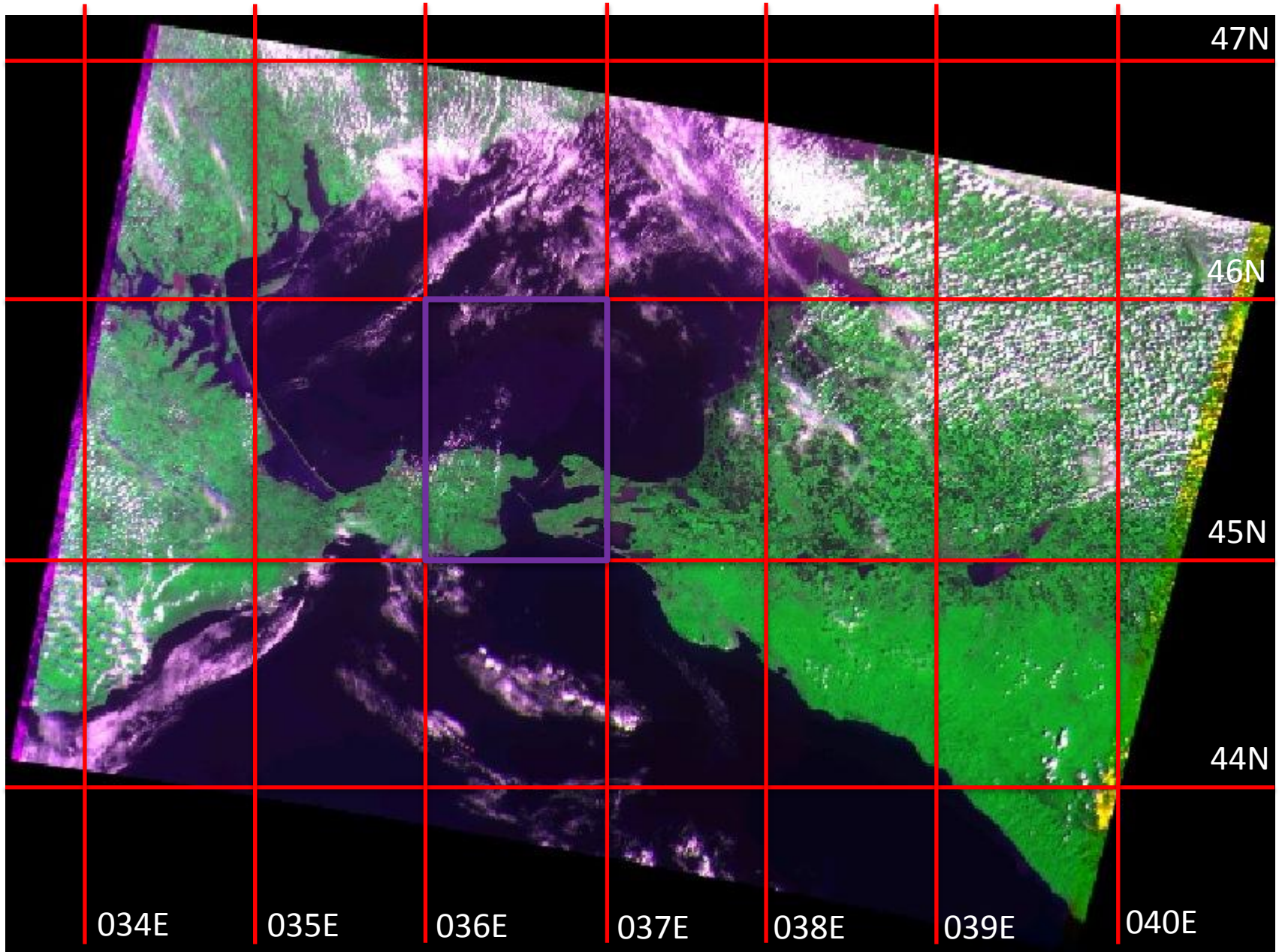
$$LST = LT + \frac{TC}{60}$$

$$Elevation = \sin^{-1} [\sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \phi \cos(HRA)]$$

$$Azimuth = \cos^{-1} \left[ \frac{\sin \delta \cos \phi - \cos \delta \sin \phi \cos(HRA)}{\cos \alpha} \right]$$

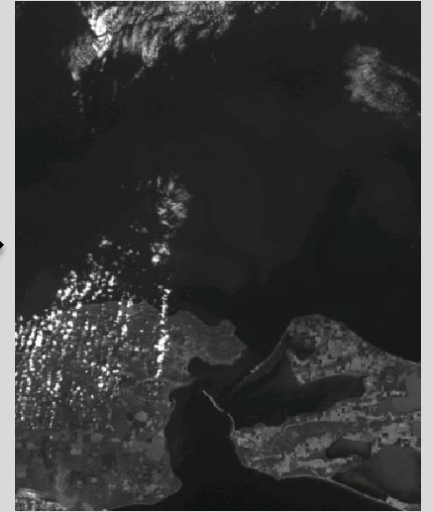
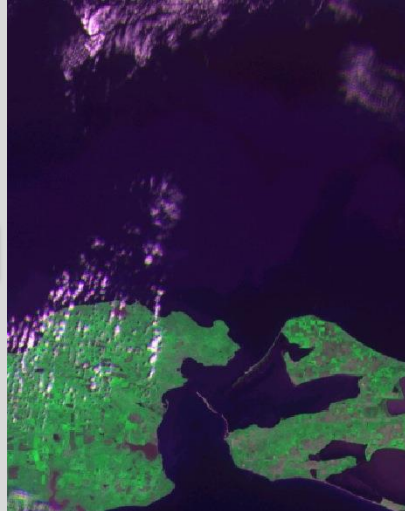
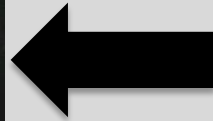
$$HRA = 15^\circ (LST - 12)$$

# Гранульный формат данных



# Формат имени файлов\продуктов

[BAND][Sensor].A[YEAR][DoY]T[Hour][Min][Sec].[E/N][Lon][N/S][Lat]



**GREEN101.A2016138T070843.E036N46**

**RED101.A2016138T070843.E036N46**

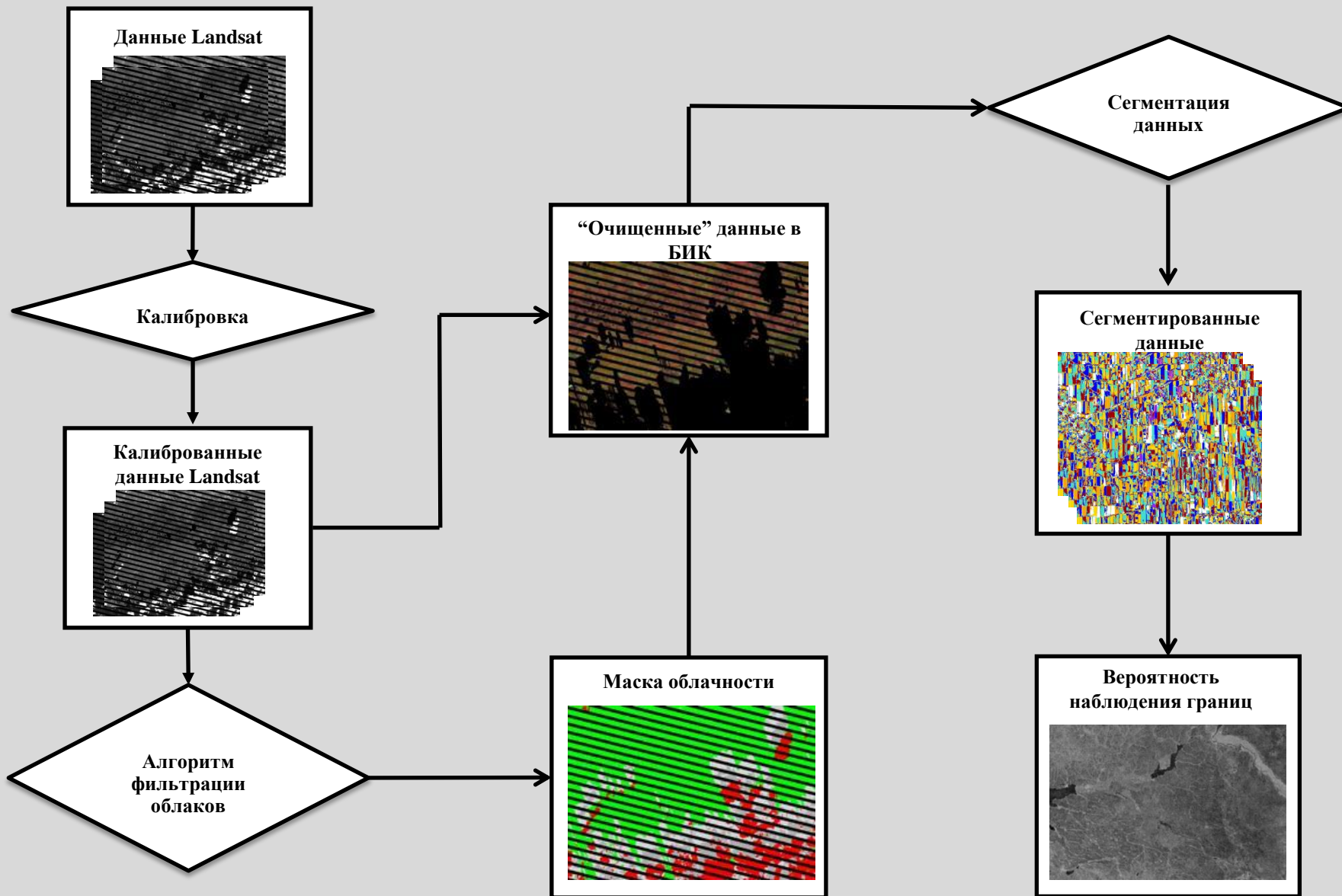


**NIR101.A2016138T070843.E036N46**

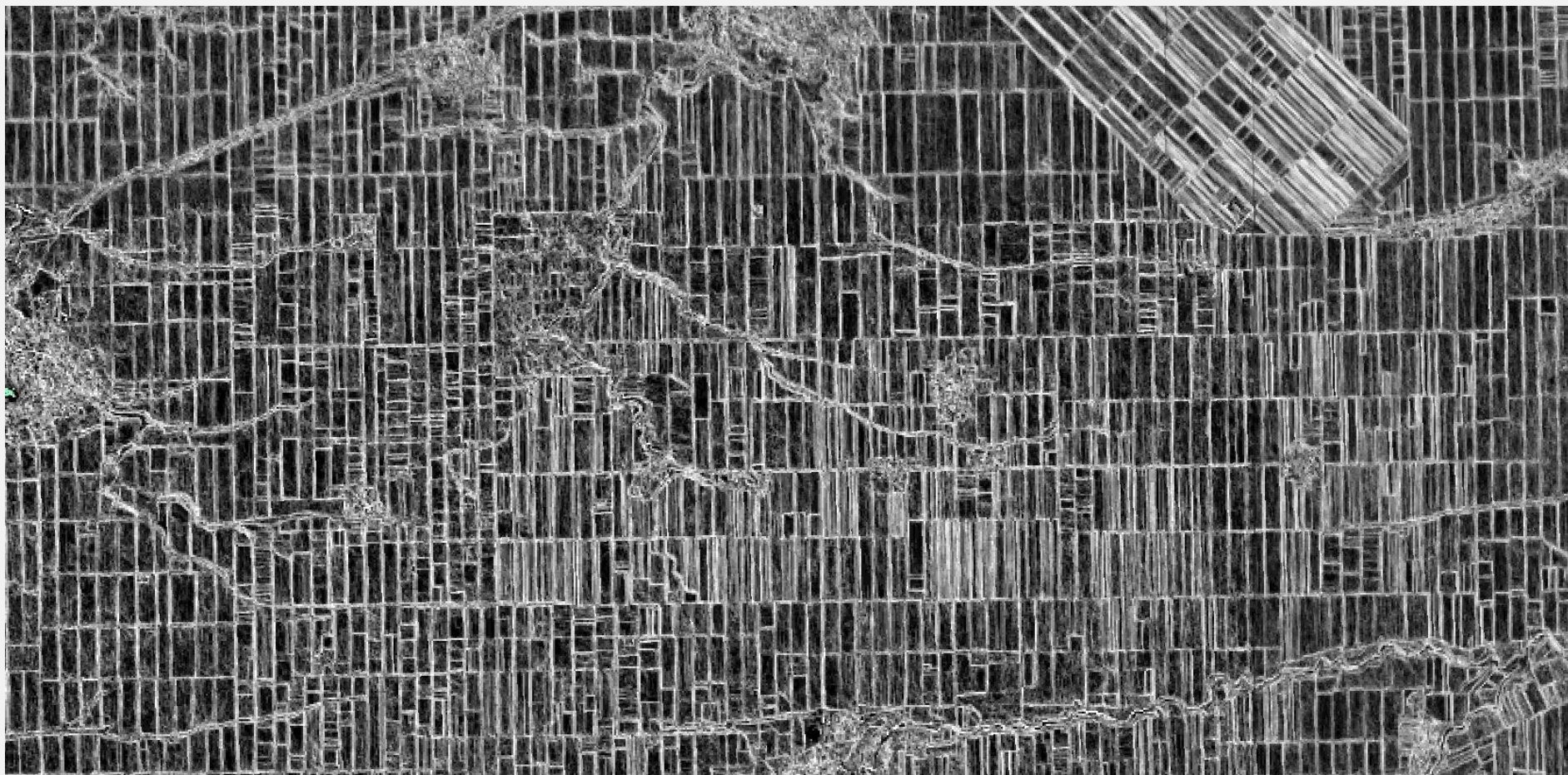
# **Метод выявления облачности на монохроматических изображениях МСУ-100М**

- 1. Обработка временной серии изображений Landsat с целью создания опорных данных границ наземных объектов**
- 2. Выделение границ объектов на анализируемом изображении МСУ-100М**
- 3. Сопоставление границ объектов на анализируемом изображении МСУ-100М и опорным изображением полученным по данным Landsat и вычисления метрики, характеризующей совпадения границ**
- 4. Использование полученной метрики для подсчета гистограмм классов чистой поверхности и облачности**
- 5. Определение порога на выделение облачности на основе метода разностных гистограмм**

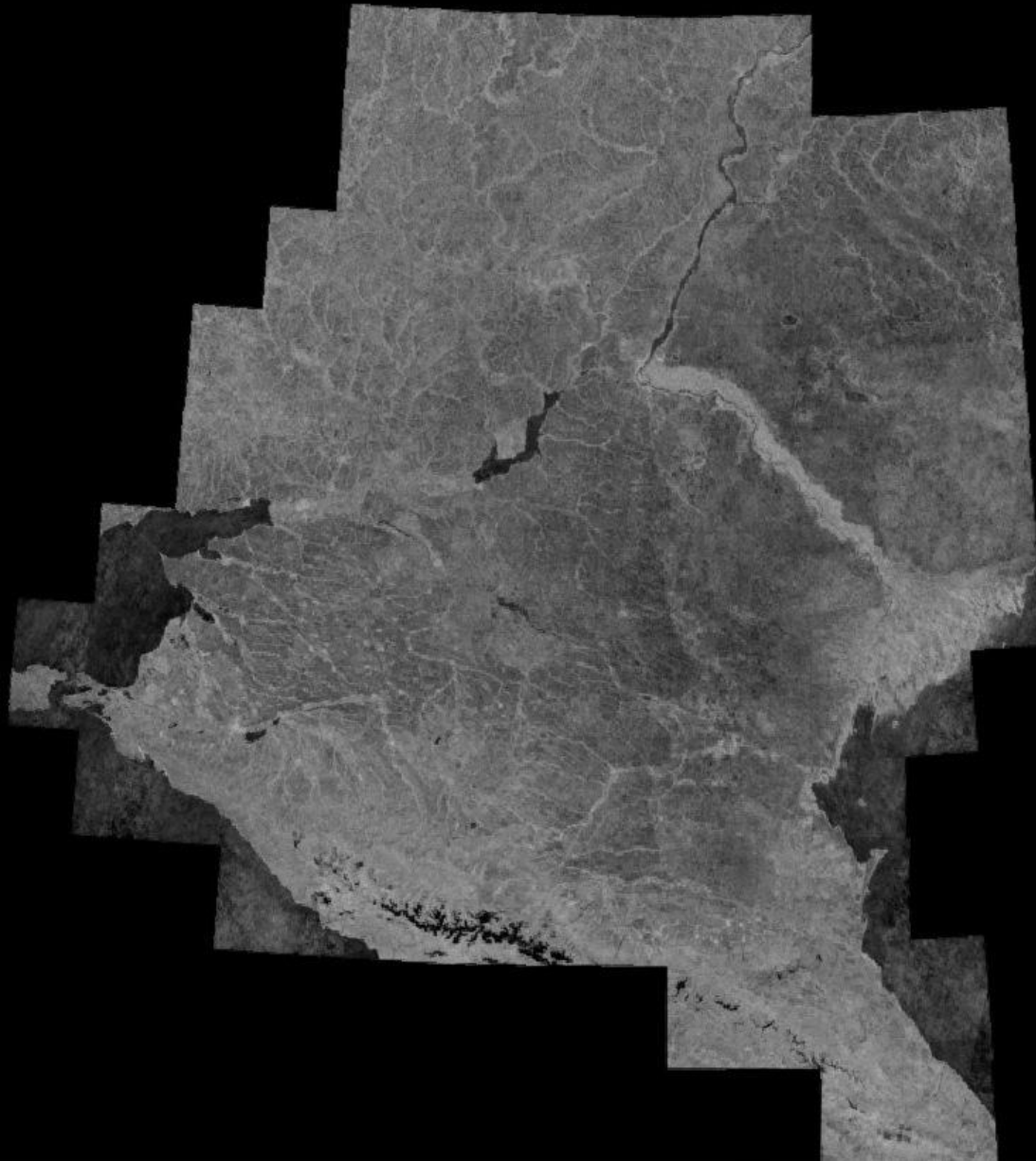
# Схема обработки данных Landsat



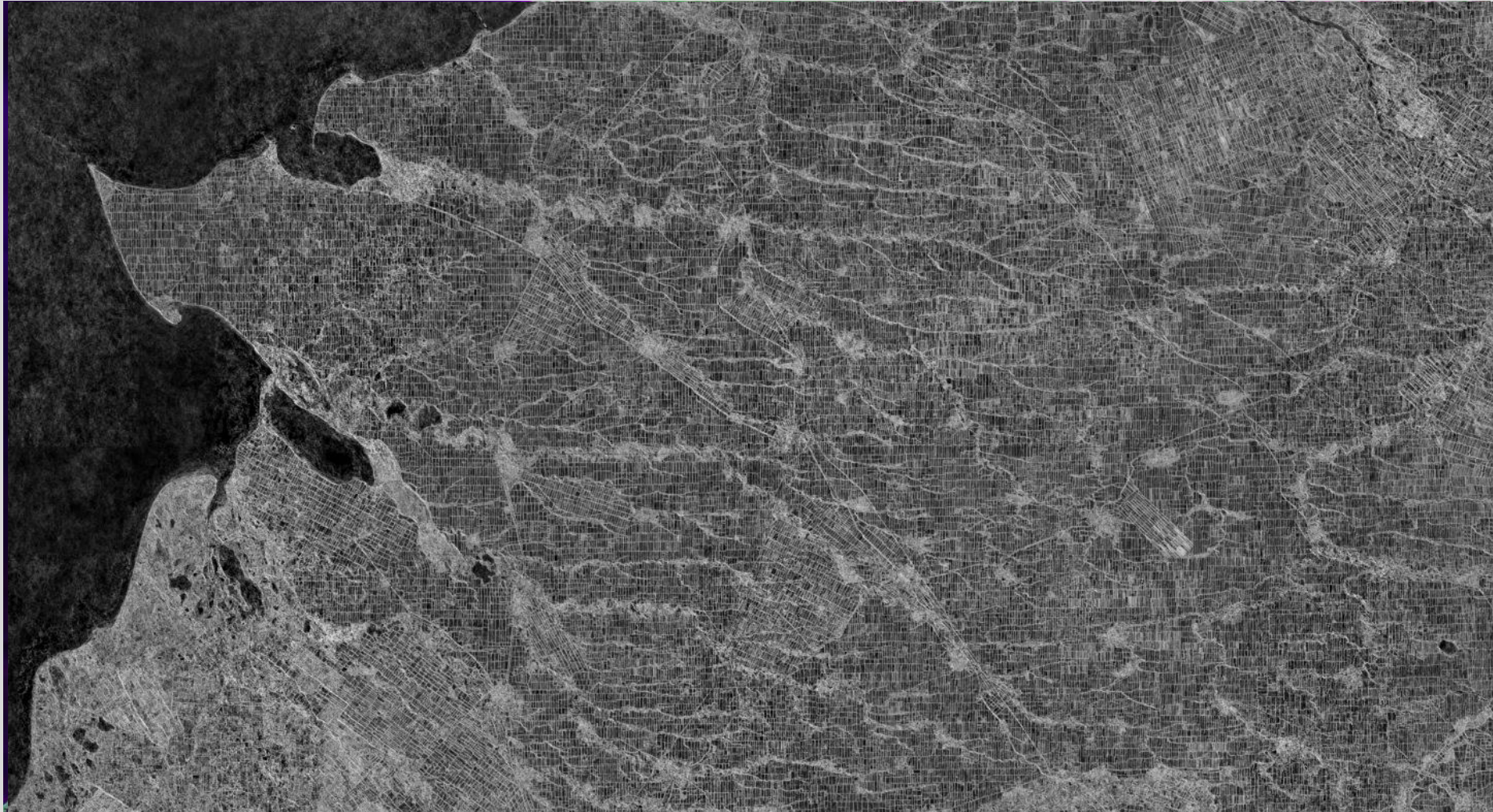
# Сегментация данных Landsat и вычисление вероятности наблюдения границ сегментов



# Границы сегментов по данным Landsat

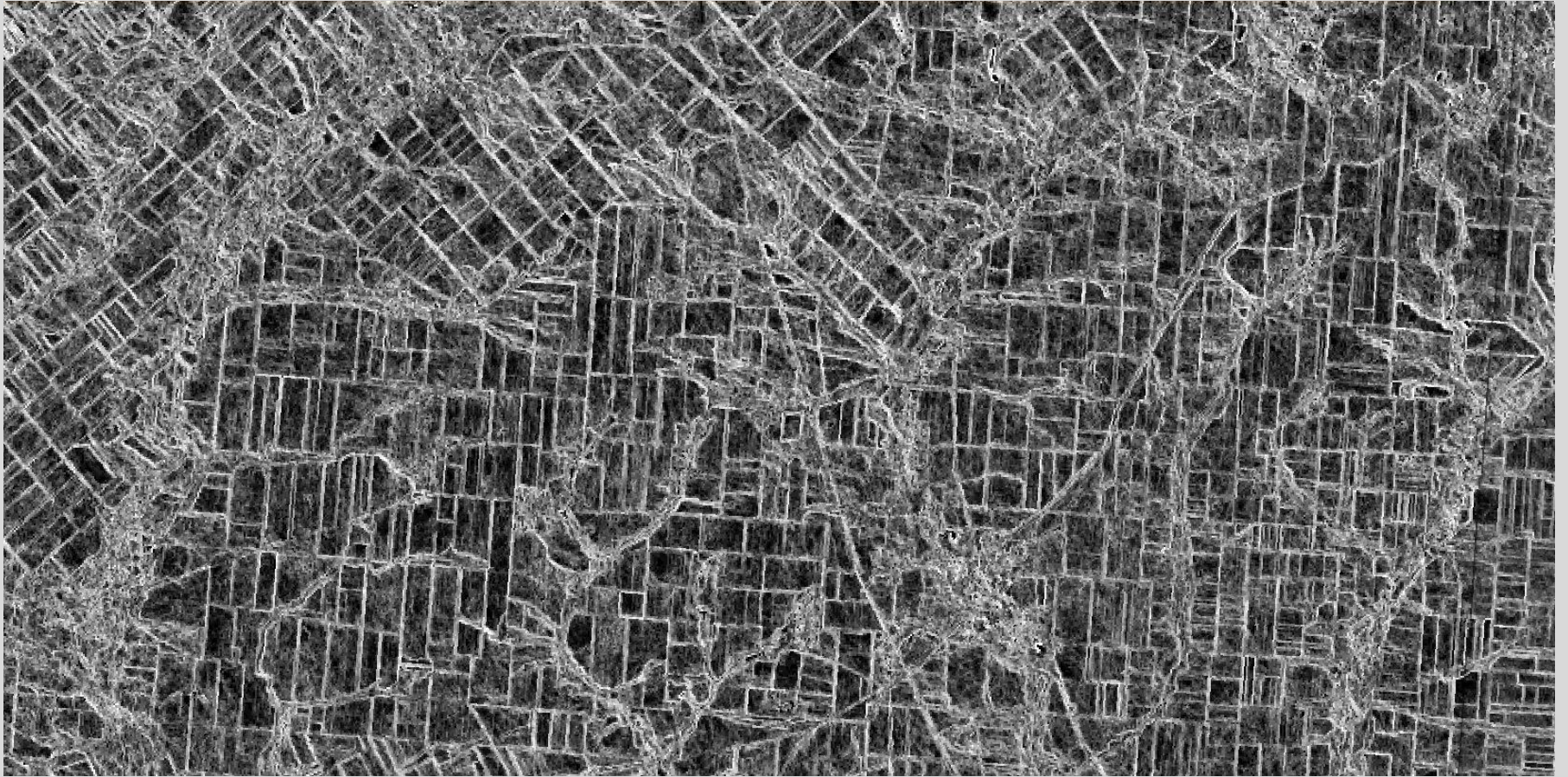


# Границы сегментов по данным Landsat

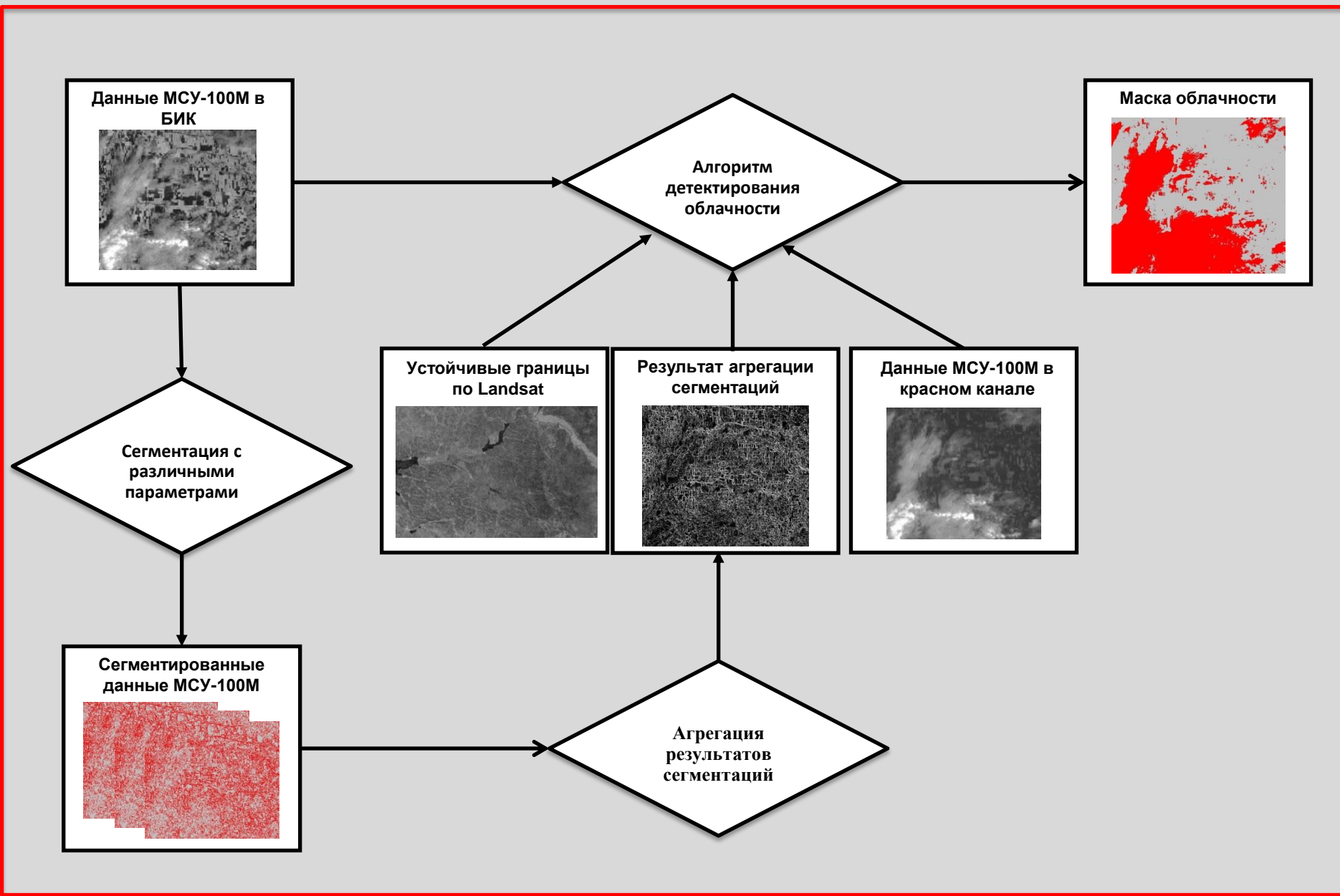




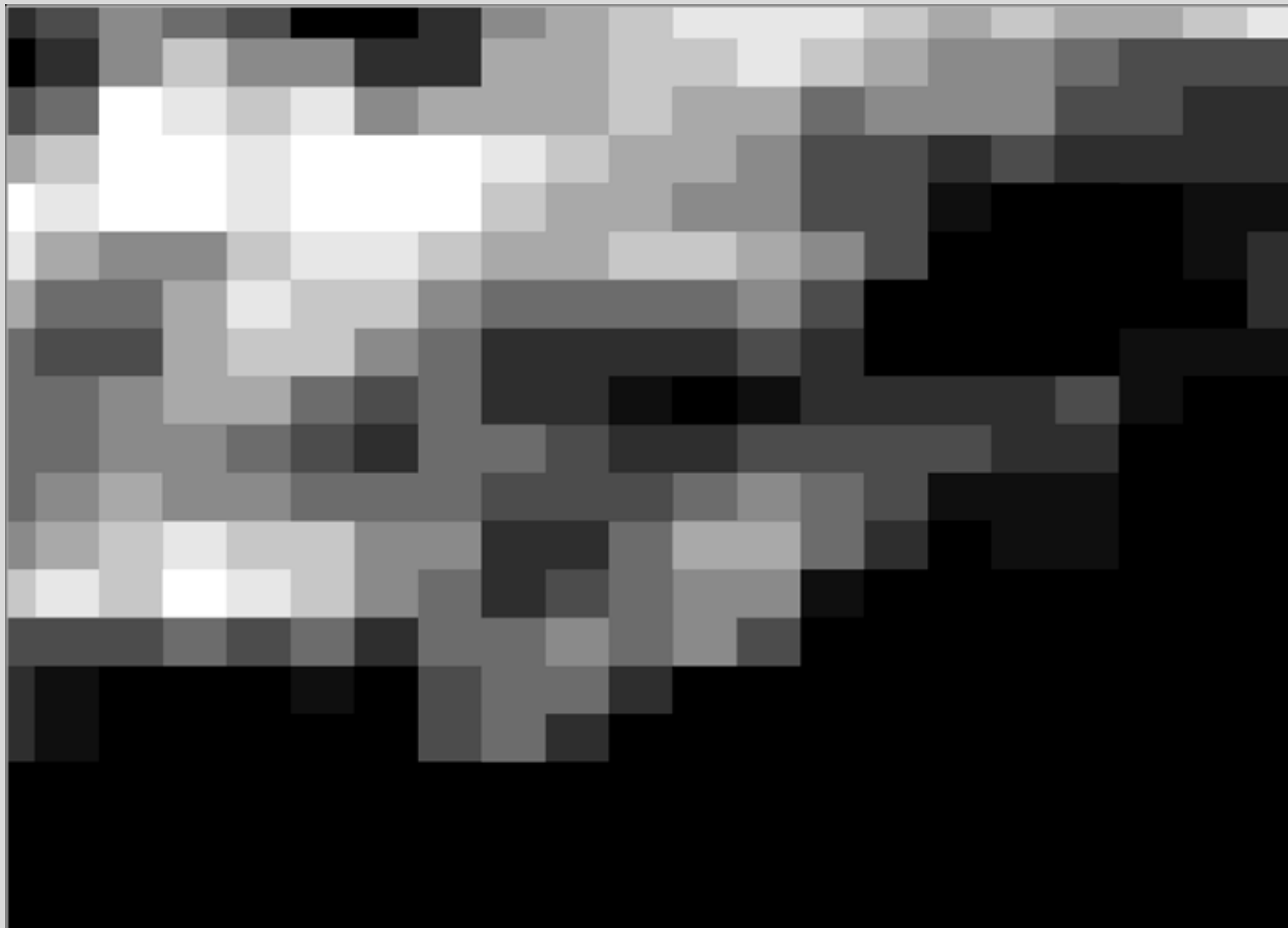
# Границы сегментов по данным Landsat



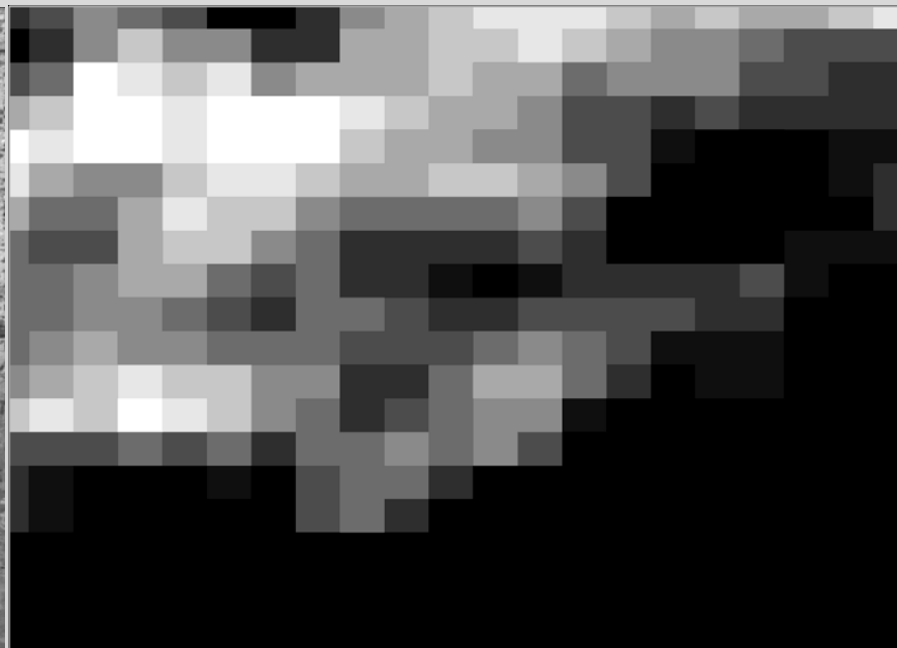
# Схема метода выявления облачности



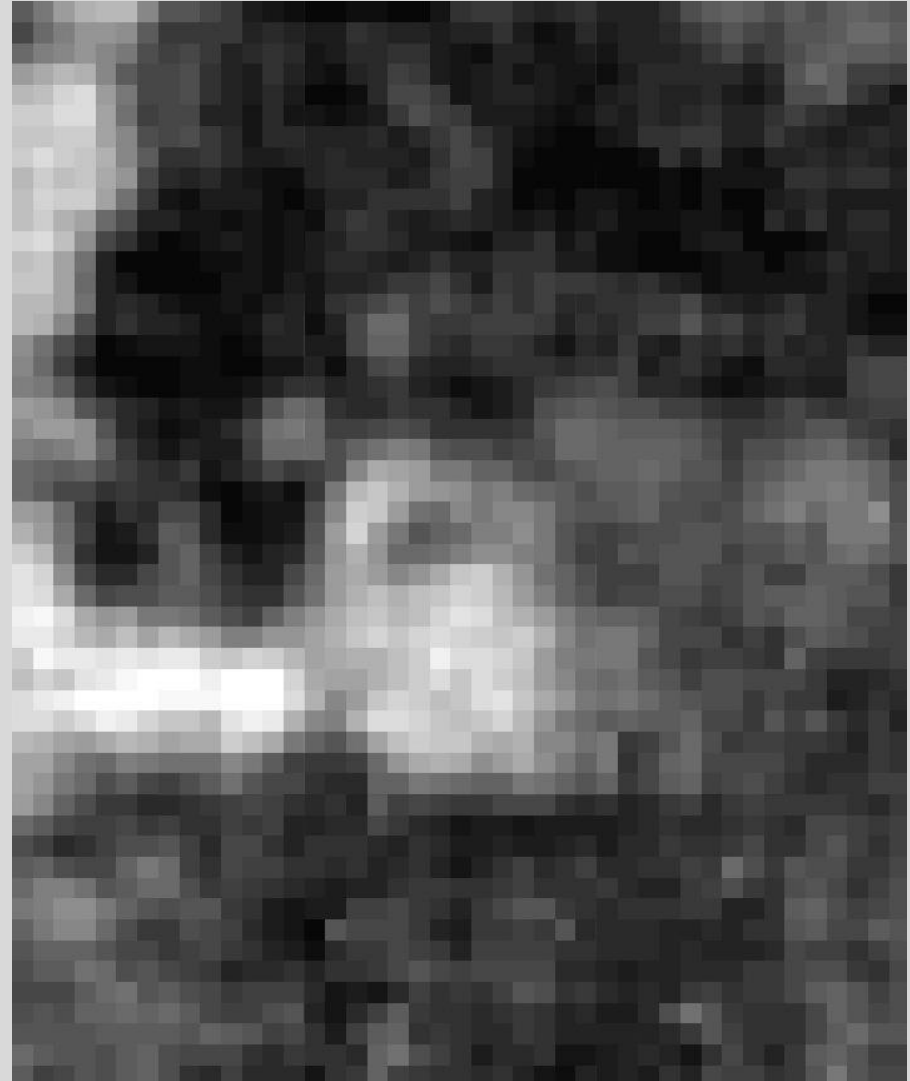
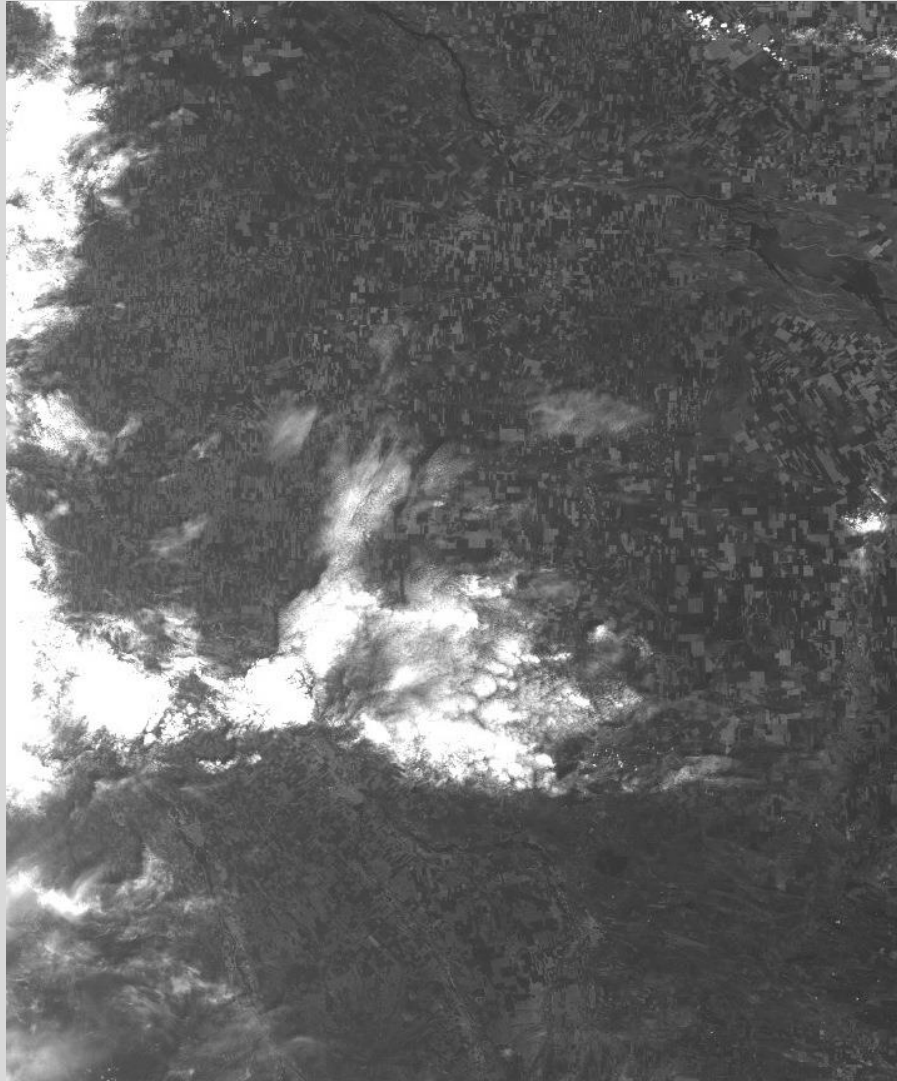
# Пример расчета слоя метрики



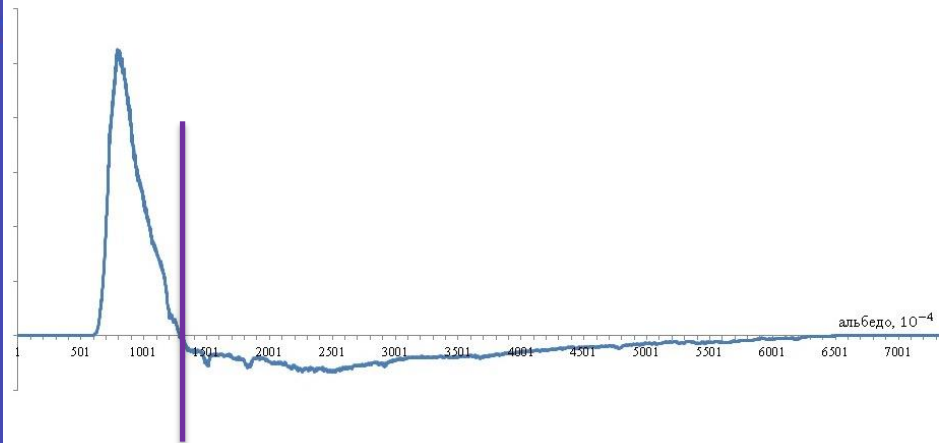
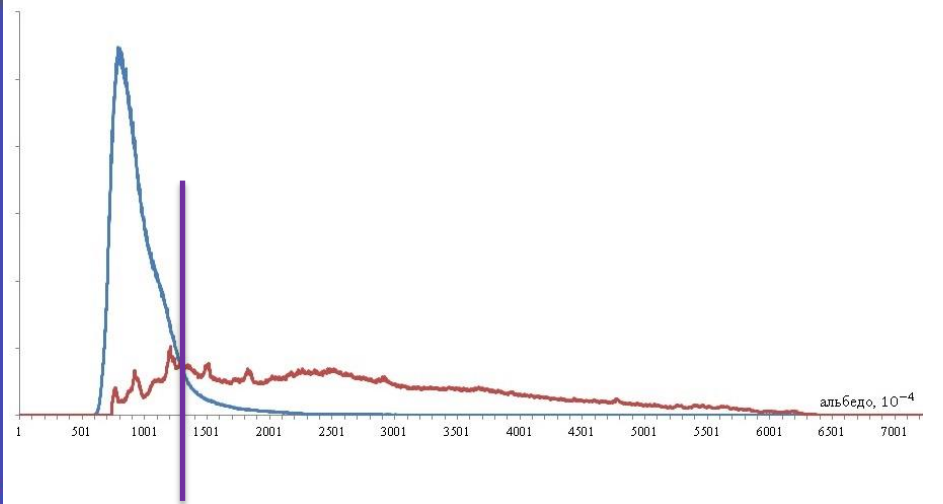
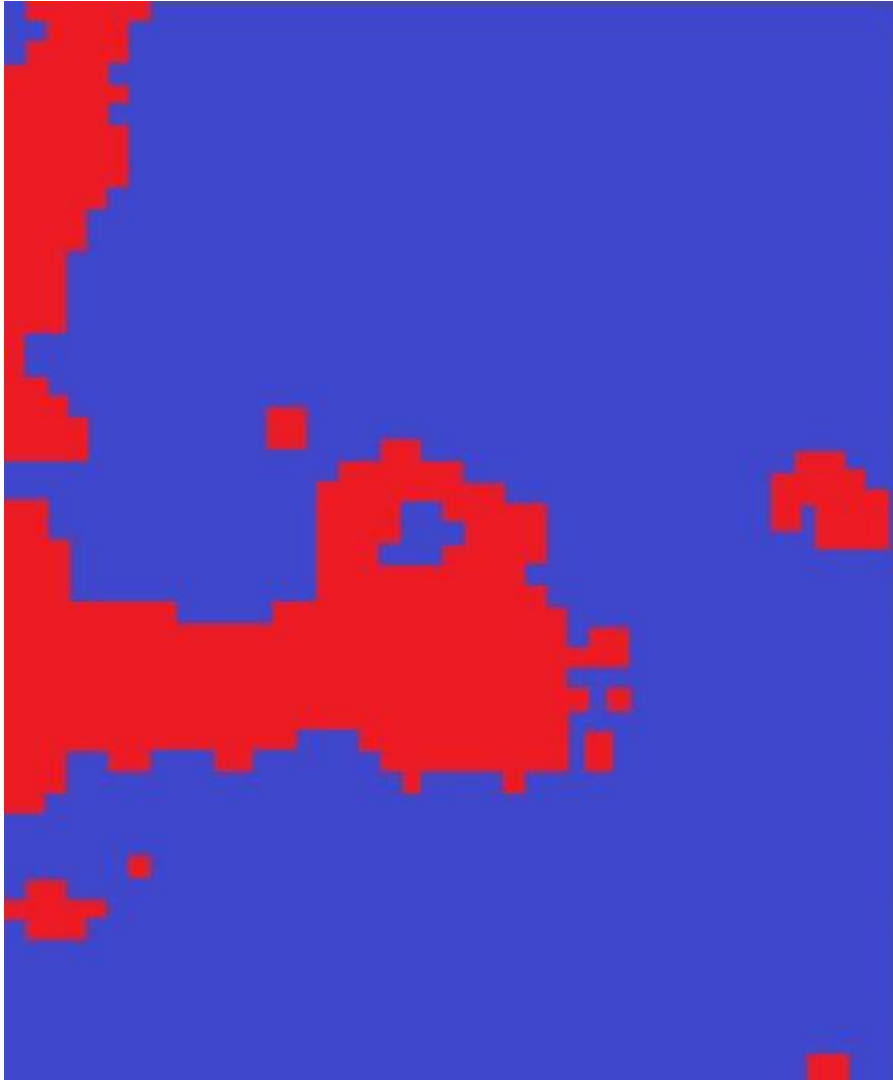
# Исходное изображение и метрика



# Выявление облачности по данным МСУ-100М

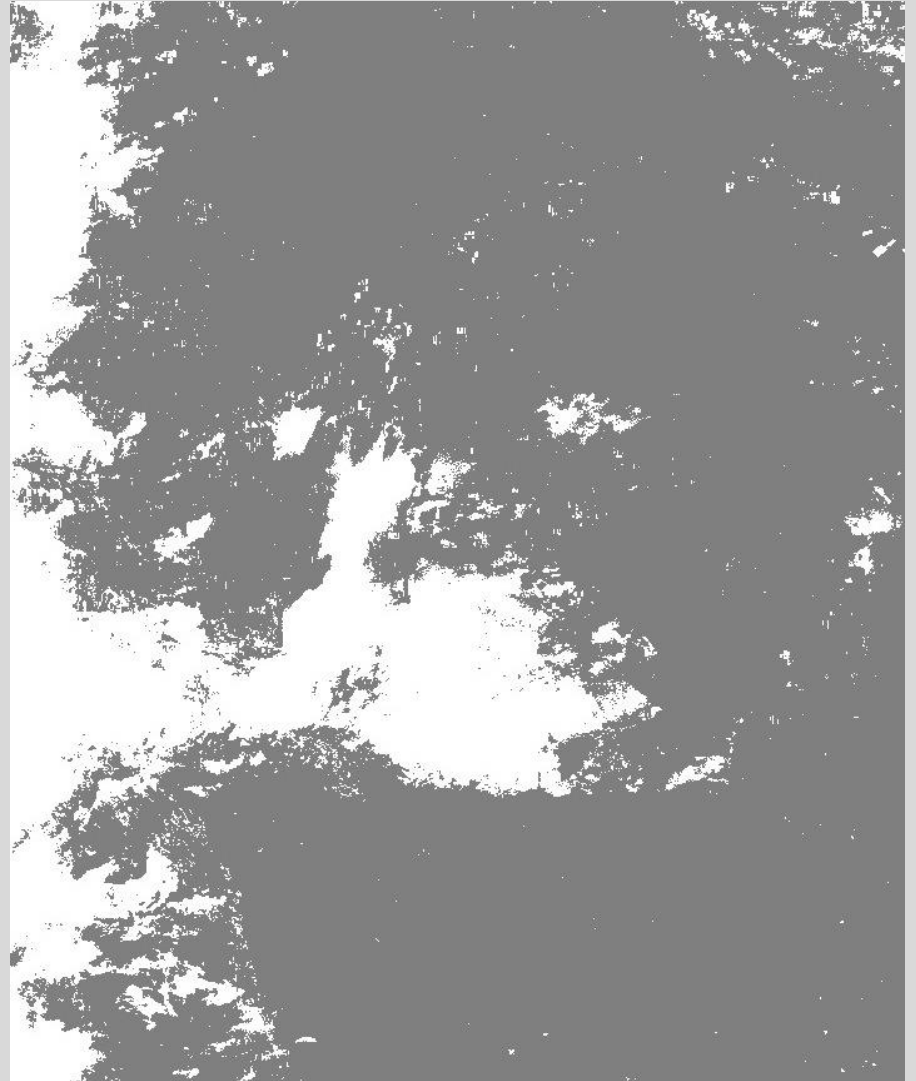
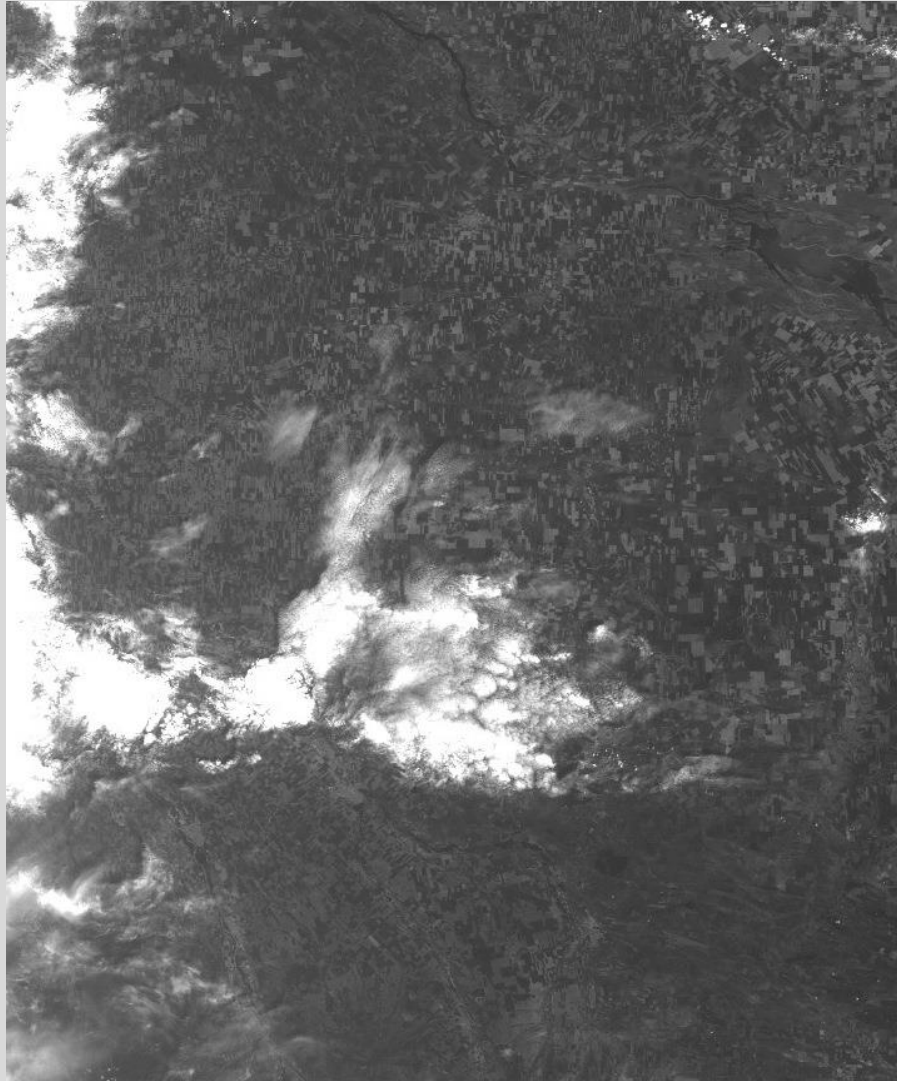


# Выявление облачности по данным МСУ-100М

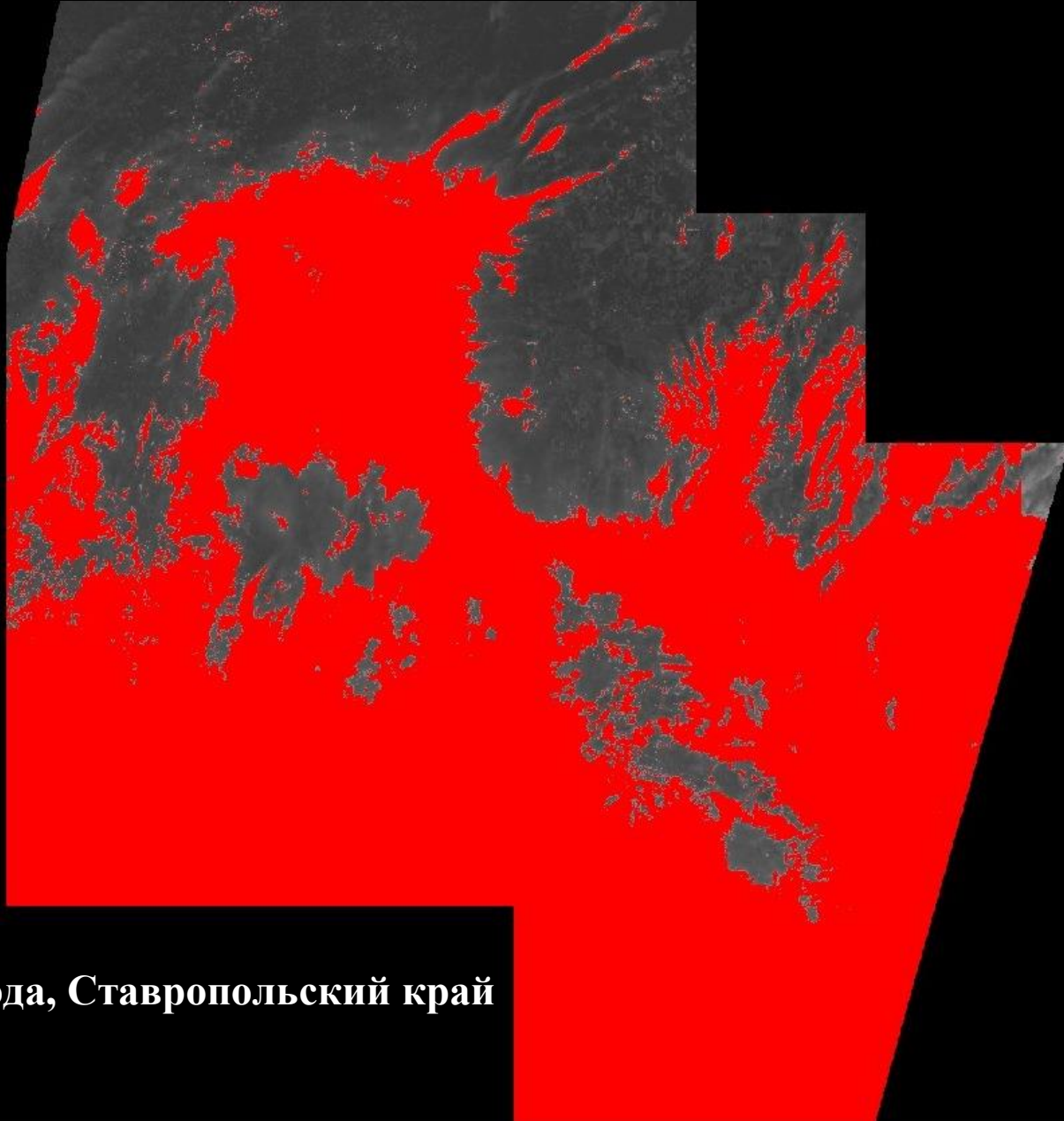


$$f_{red\ diff}(A) = f_{red\ free}(A) / \int f_{red\ free}(A) dA - f_{red\ cloud}(A) / \int f_{red\ cloud}(A) dA$$

# Выявление облачности по данным МСУ-100М



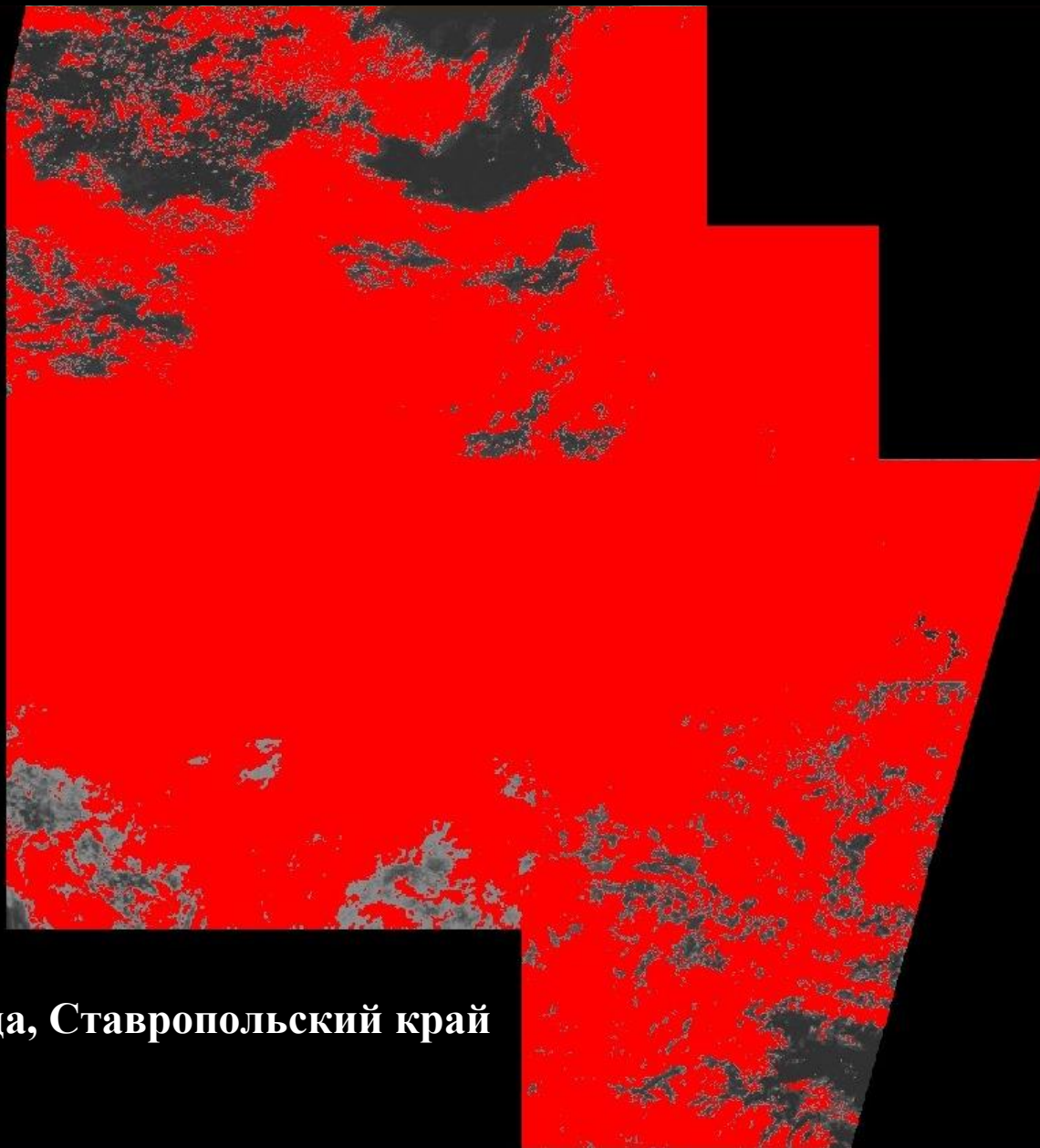
# Выявление облачности по данным МСУ-100М



28 мая 2016 года, Ставропольский край



# Выявление облачности по данным МСУ-100М на большую территорию



2 июня 2016 года, Ставропольский край

# Выявление облачности по данным МСУ-100М



17 июня 2016 года, Ставропольский край

# Результаты и выводы

- **Разработан метод автоматического выявления облачности на монохроматических изображениях МСУ-100М на основе пространственного анализа и границ объектов земной поверхности, существенной особенностью которого является:**
  - **Независимость от уровня обработки спутниковых данных и даже прибора**
  - **Возможность маскирования облачности с использованием только одного спектрального канала**
- **В перспективе планируется улучшение маски облачности с исключением ошибок ложного детектирования**
- **Аналогичным образом могут быть созданы маски в зеленом и БИК каналах**