

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

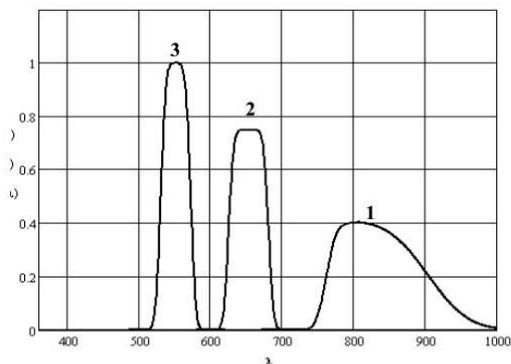


КМСС/МСУ-100М

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

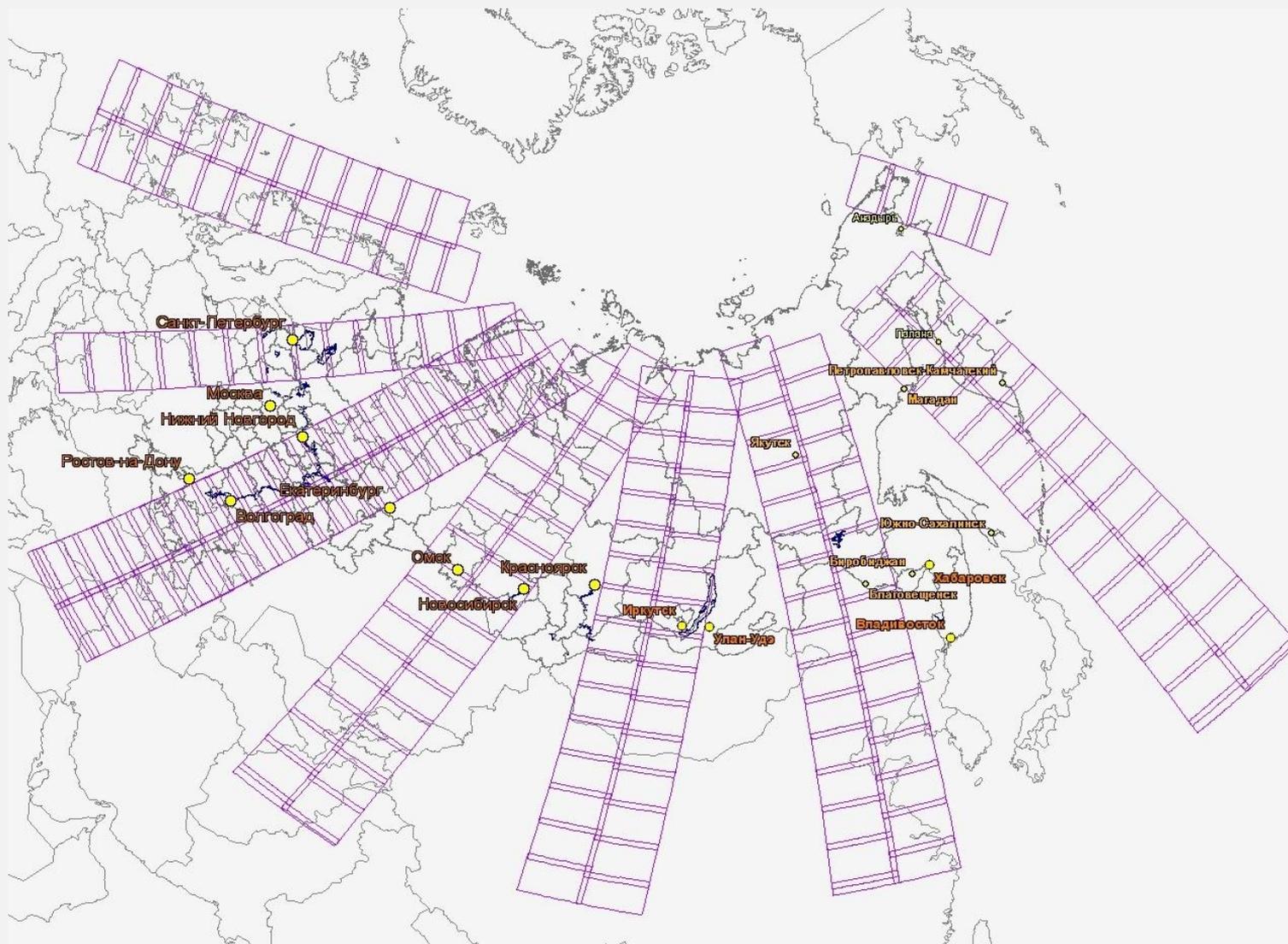
Формируемая полоса обзора – 960 км (2 прибора)

Угол установки относительно местной вертикали – ± 14 град.

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

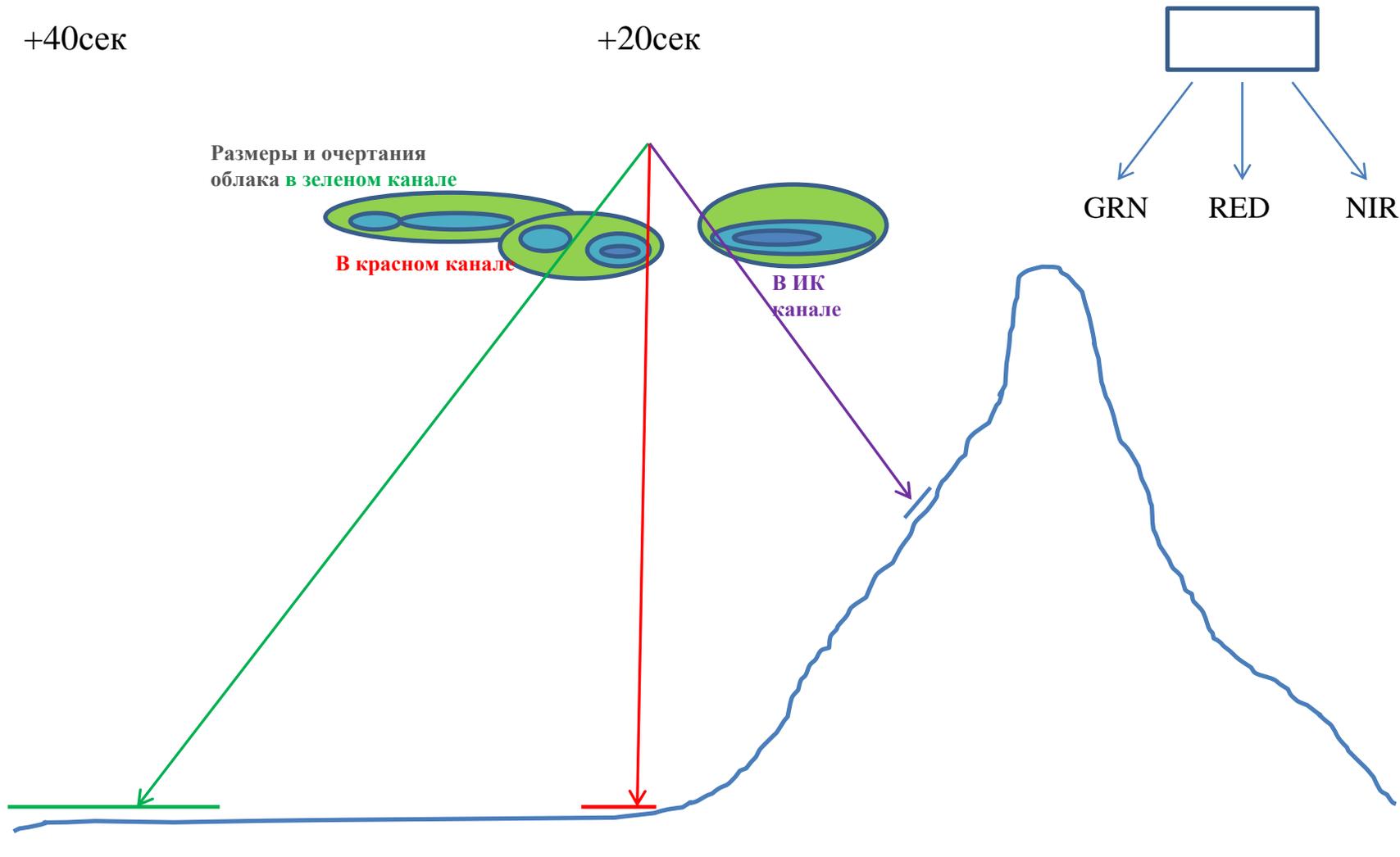
Спектральные зоны – **535-575** нм, **630-680** нм, **760-900** нм.

Высокие показатели повторяемости съемки КМСС/МСУ-100М

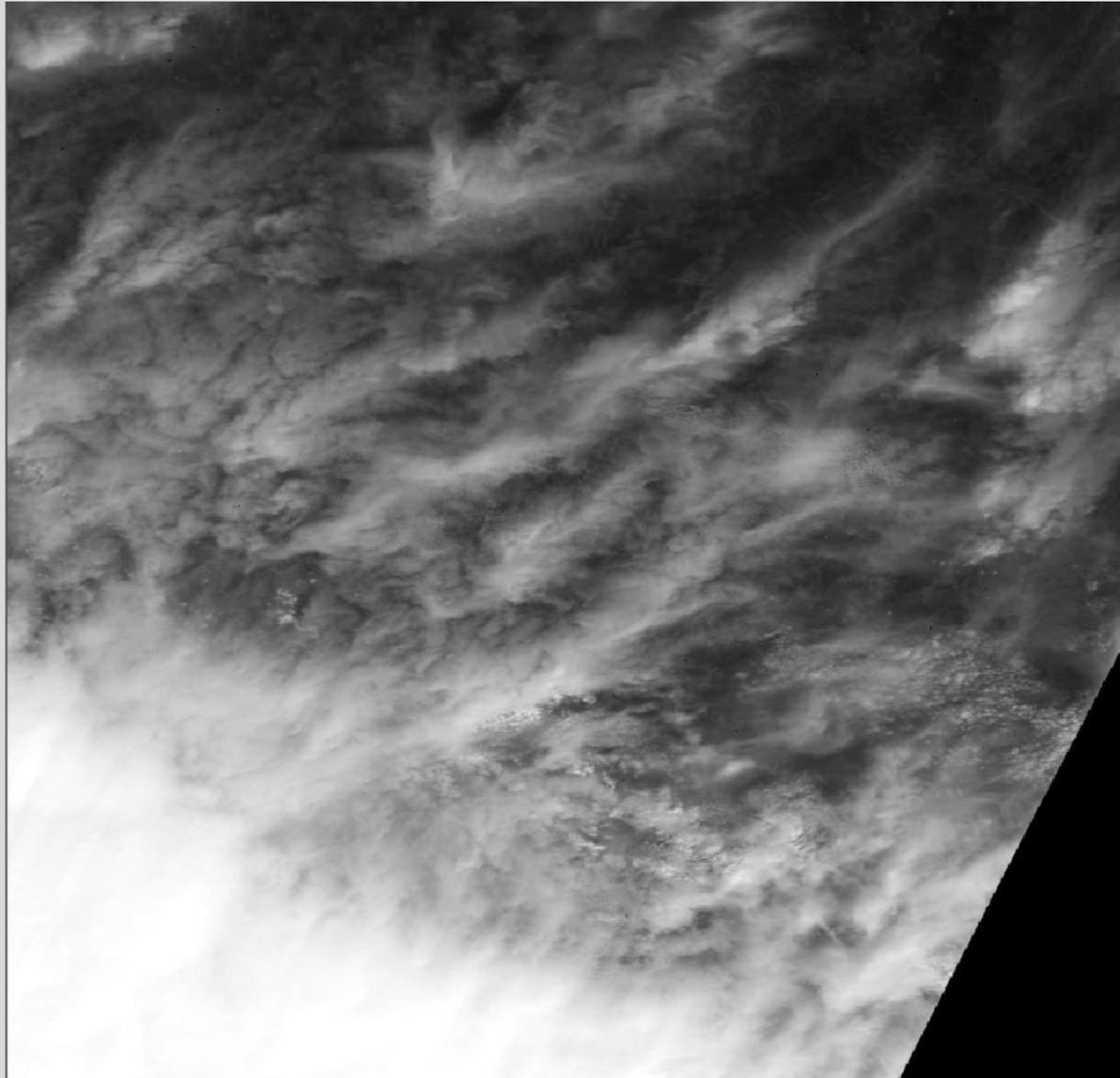


Зона покрытия данными МСУ-100М за **один день**
Территория России покрывается полностью за 2-3 дня

Схема съемки прибором МСУ-100М



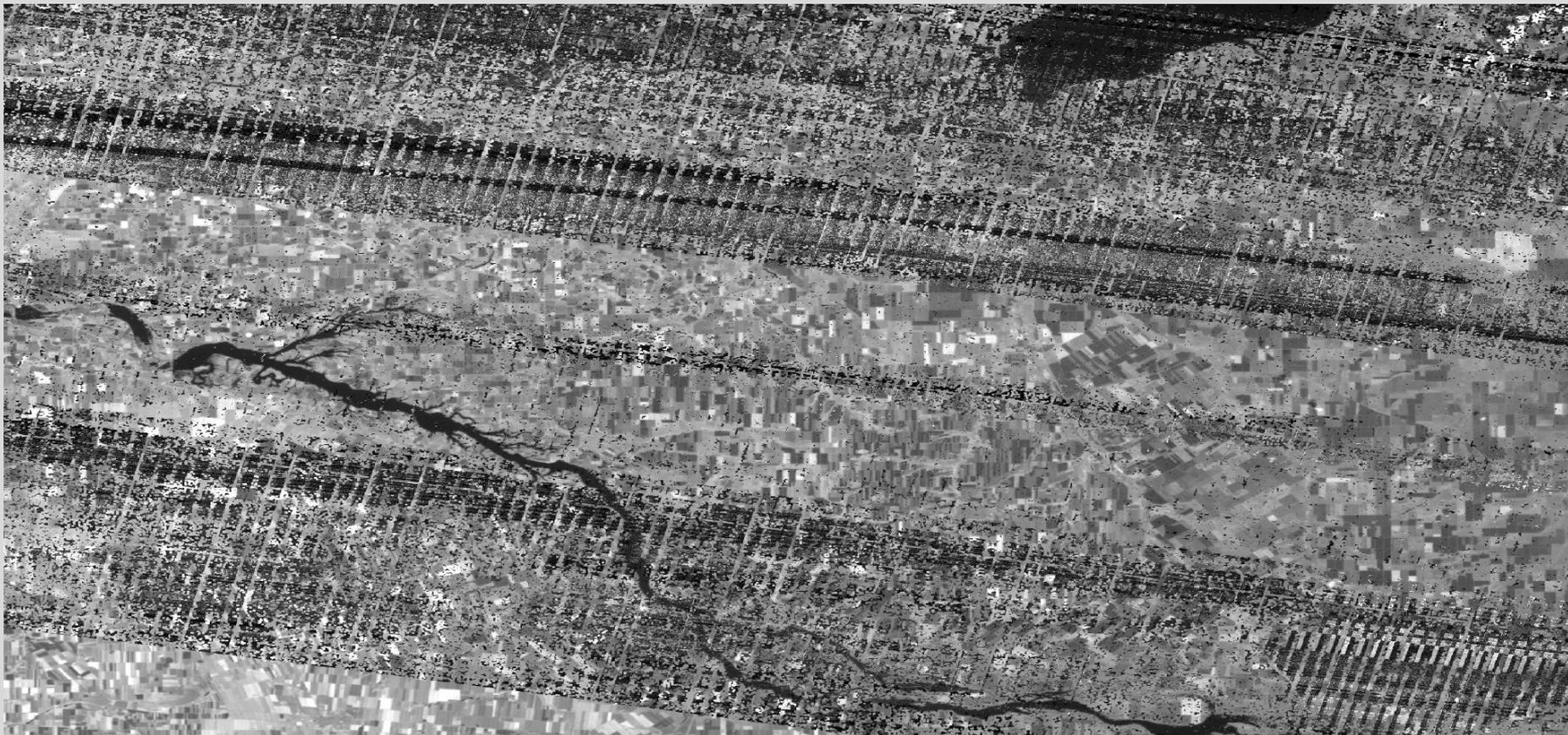
Облачность в разноканальных изображениях



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

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

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

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

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

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

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

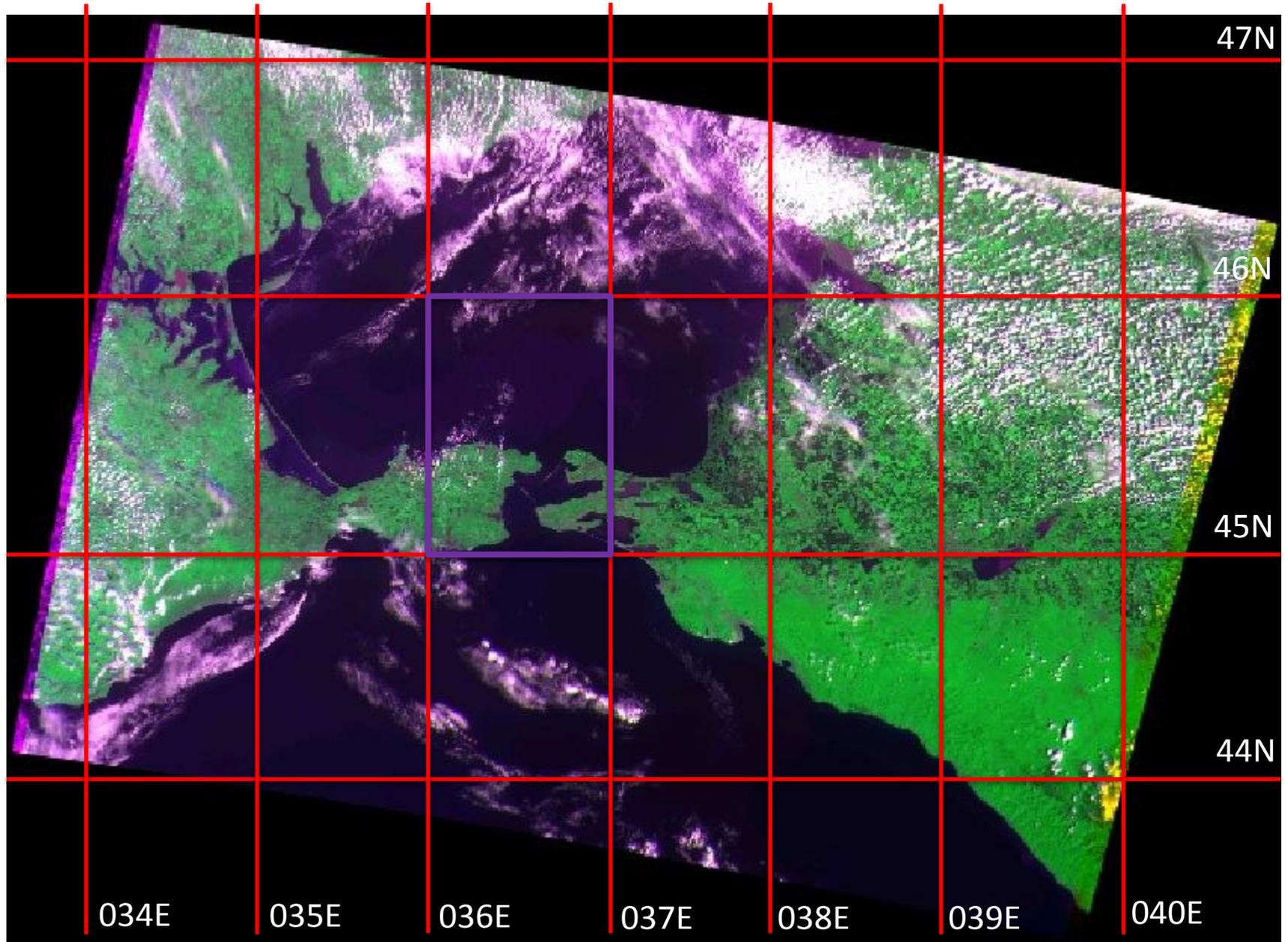
$$LST = LT + \frac{TC}{60}$$

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

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

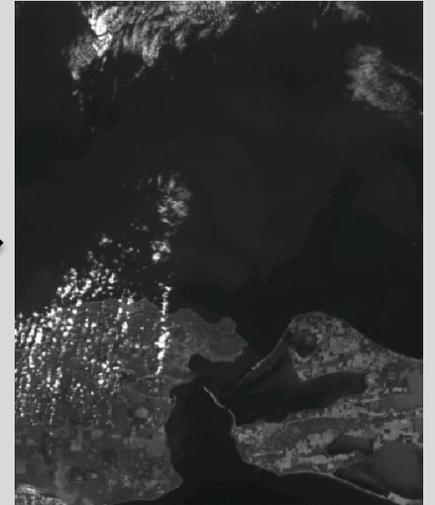
$$HRA = 15^\circ (LST - 12)$$

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

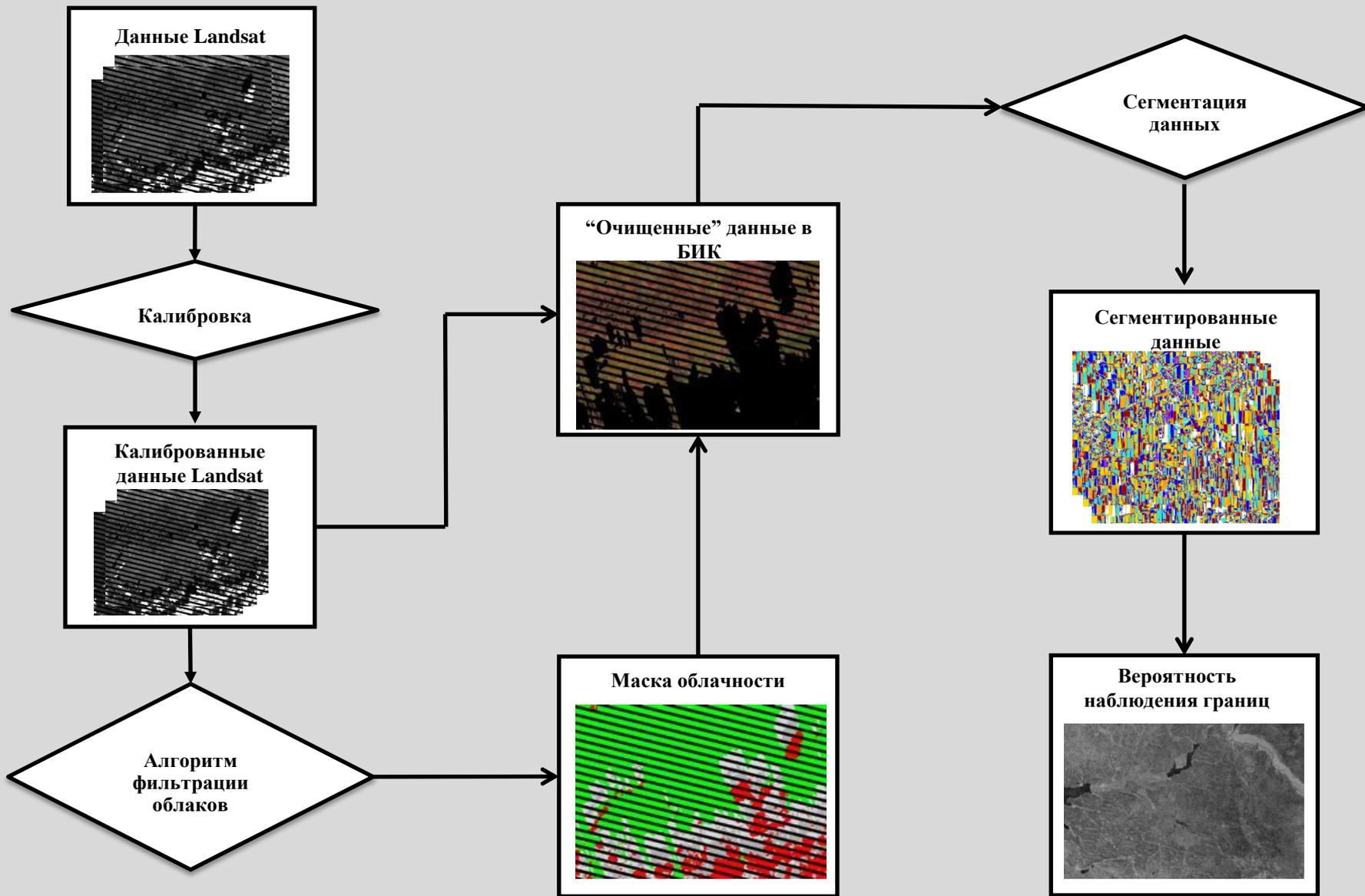


NIR101.A2016138T070843.E036N46

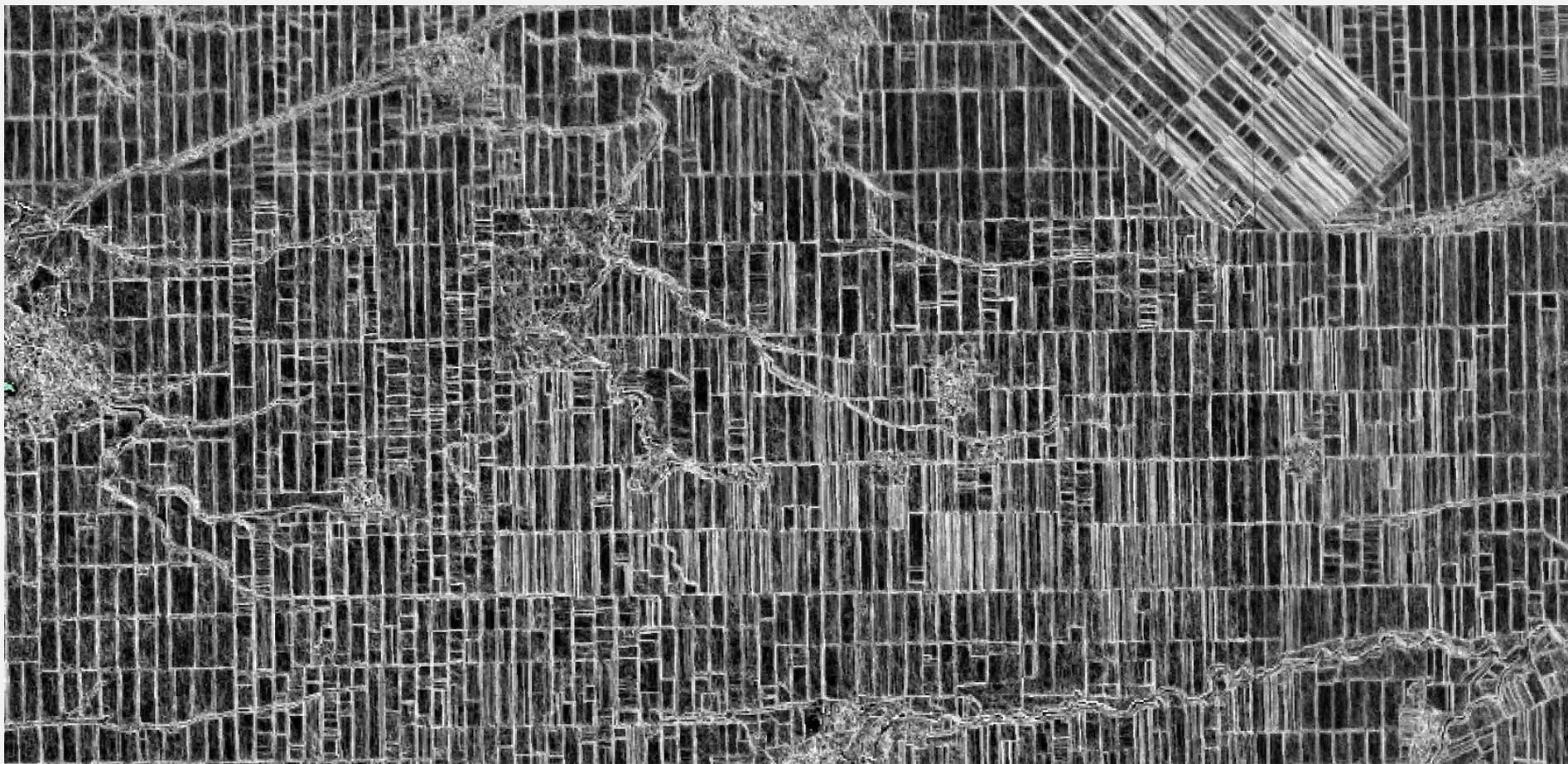
Метод выявления облачности на монохроматических изображениях МСУ-100М

- 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**

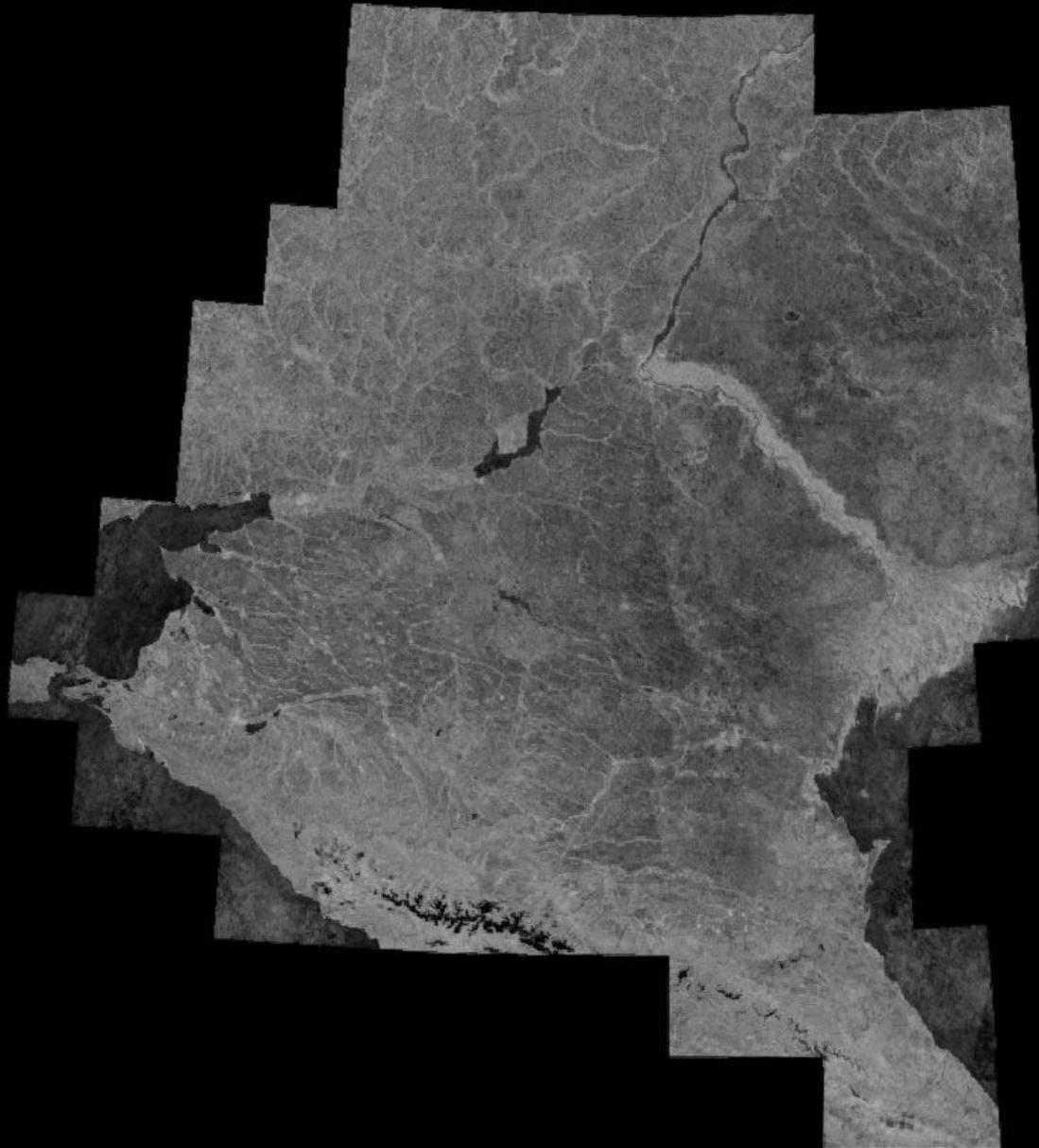
Схема обработки данных Landsat



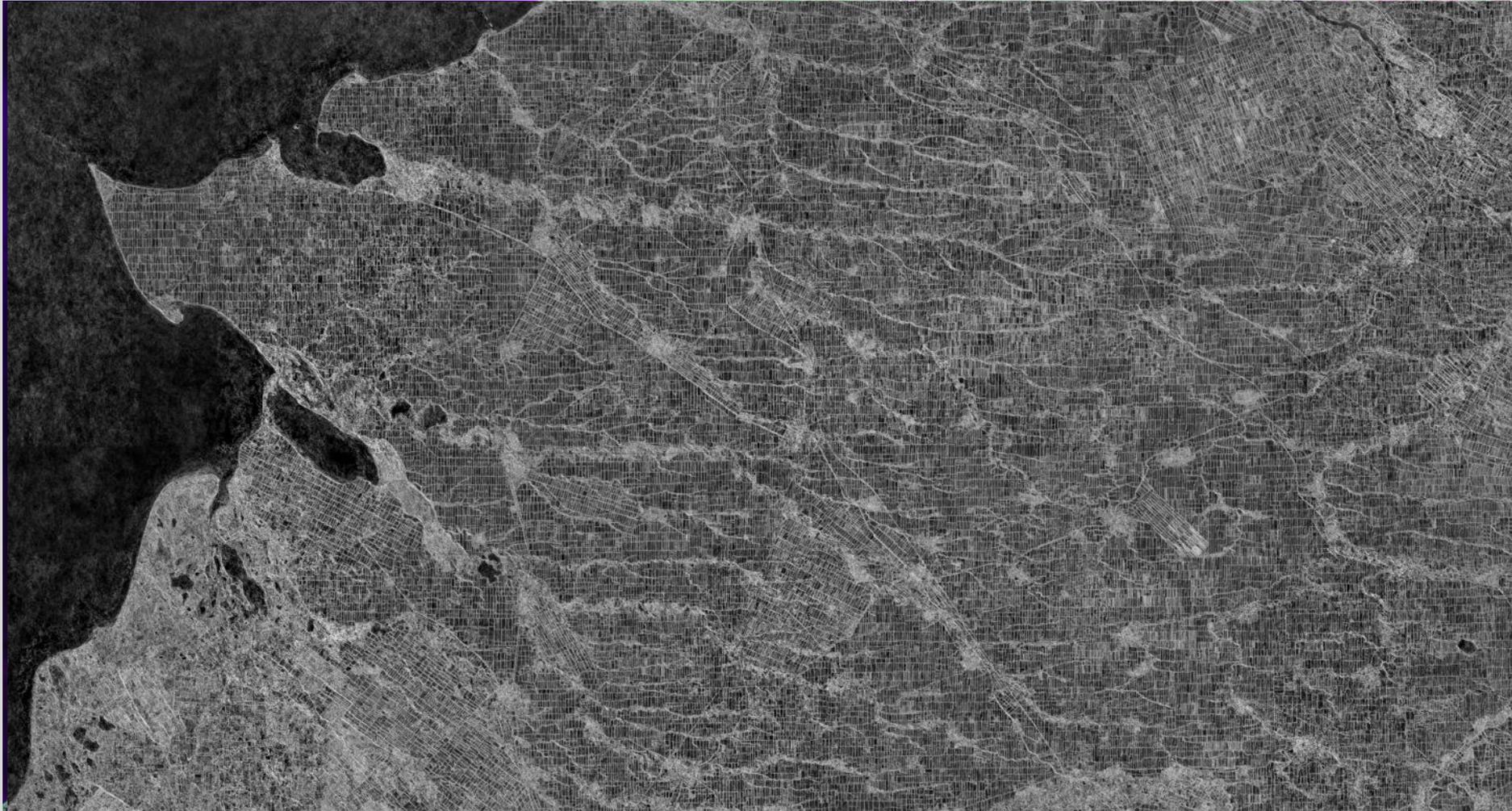
Сегментация данных Landsat и вычисление вероятности наблюдения границ сегментов



Границы сегментов по данным Landsat



Границы сегментов по данным Landsat



Границы сегментов по данным Landsat

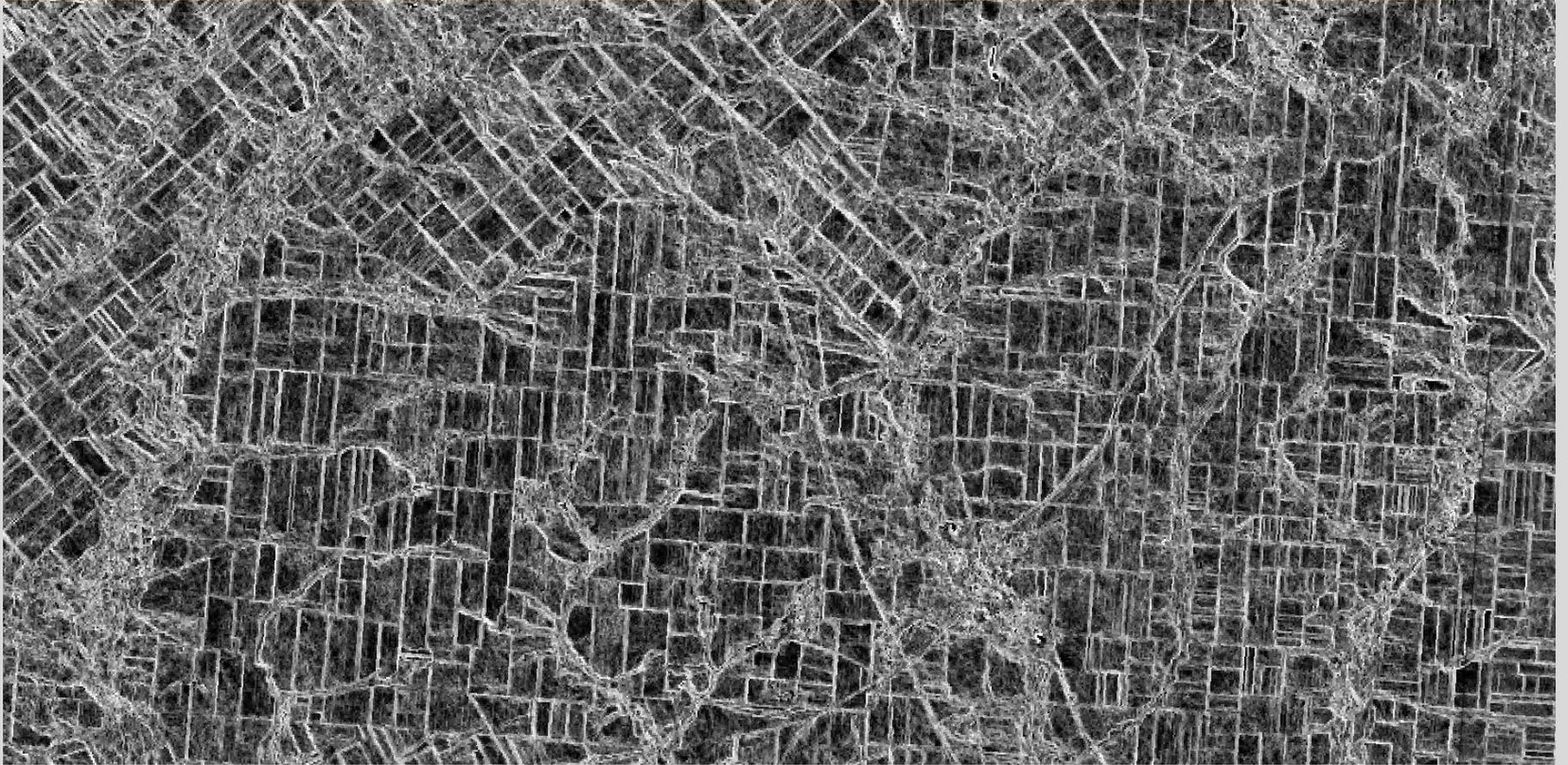
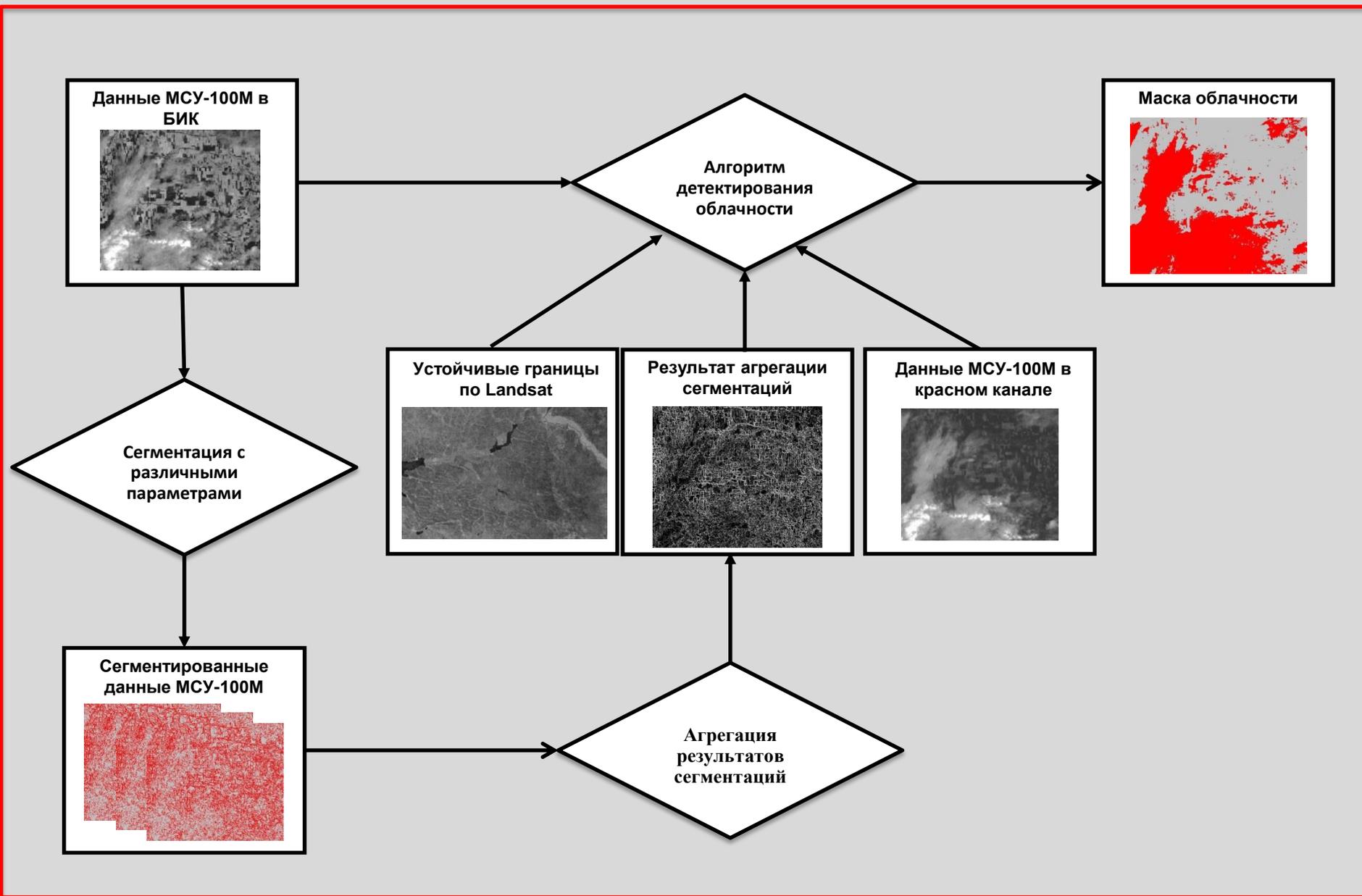
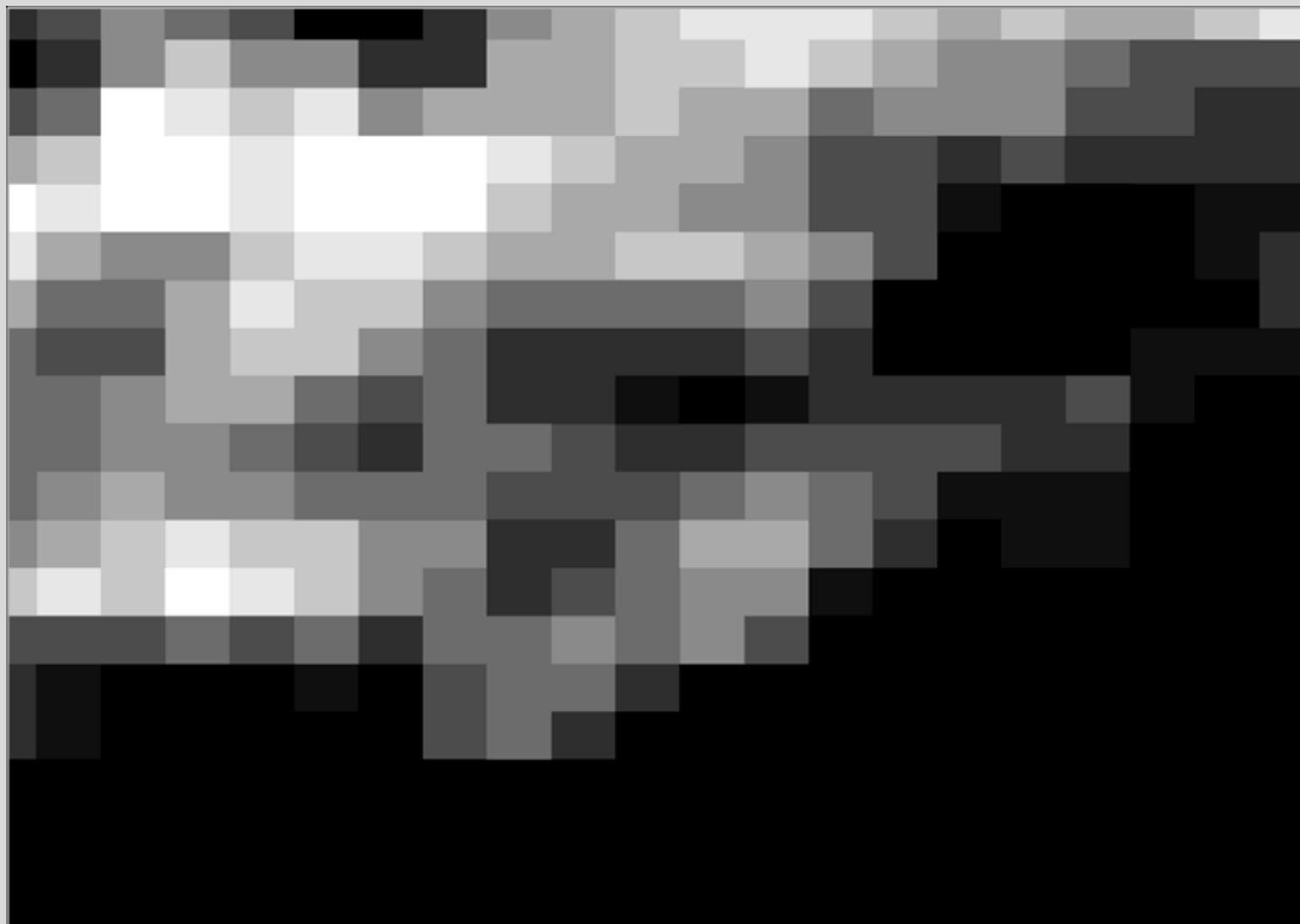


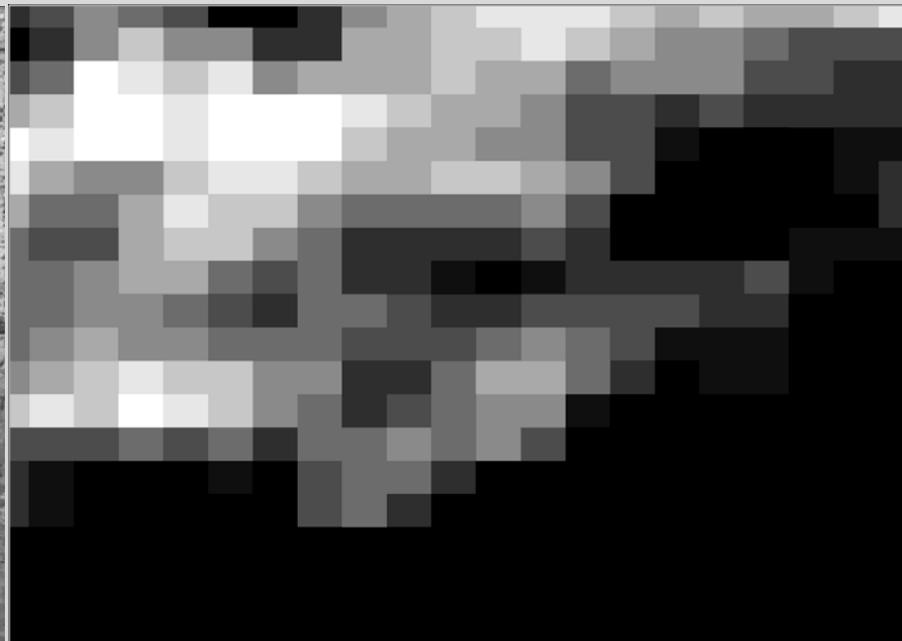
Схема метода выявления облачности



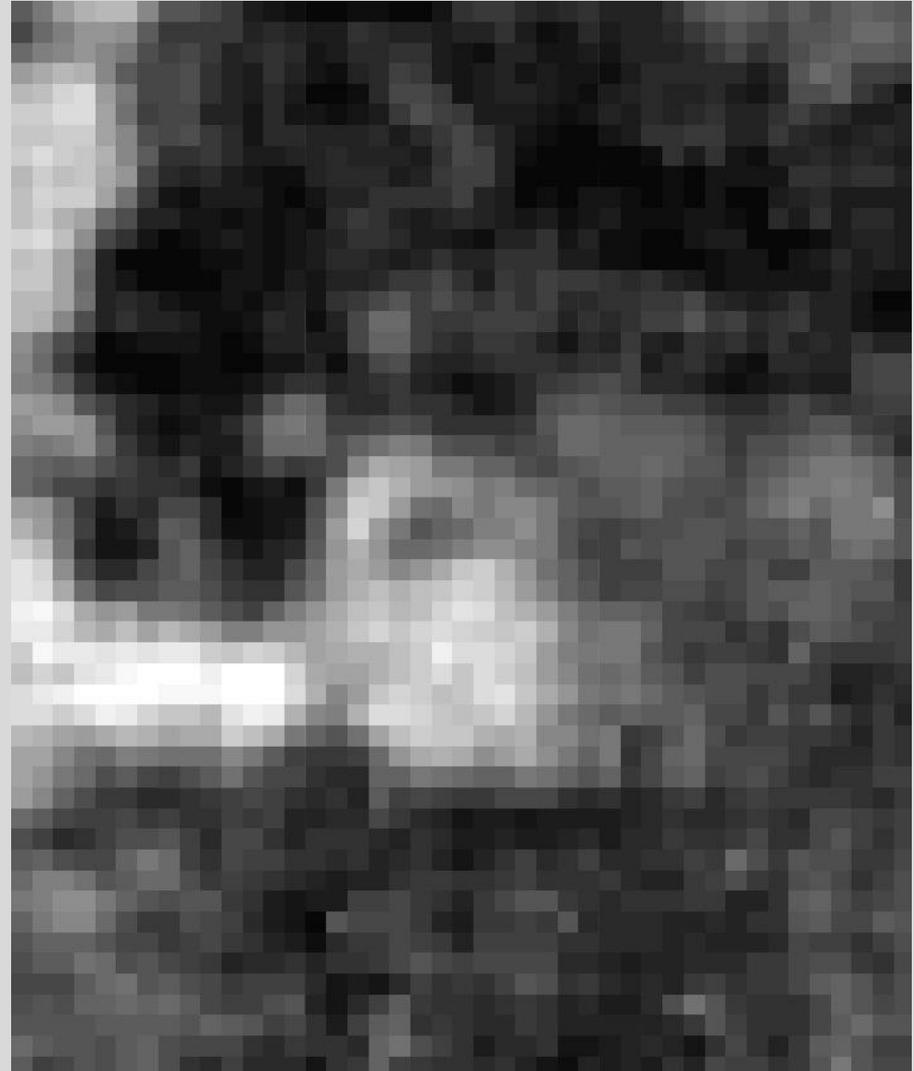
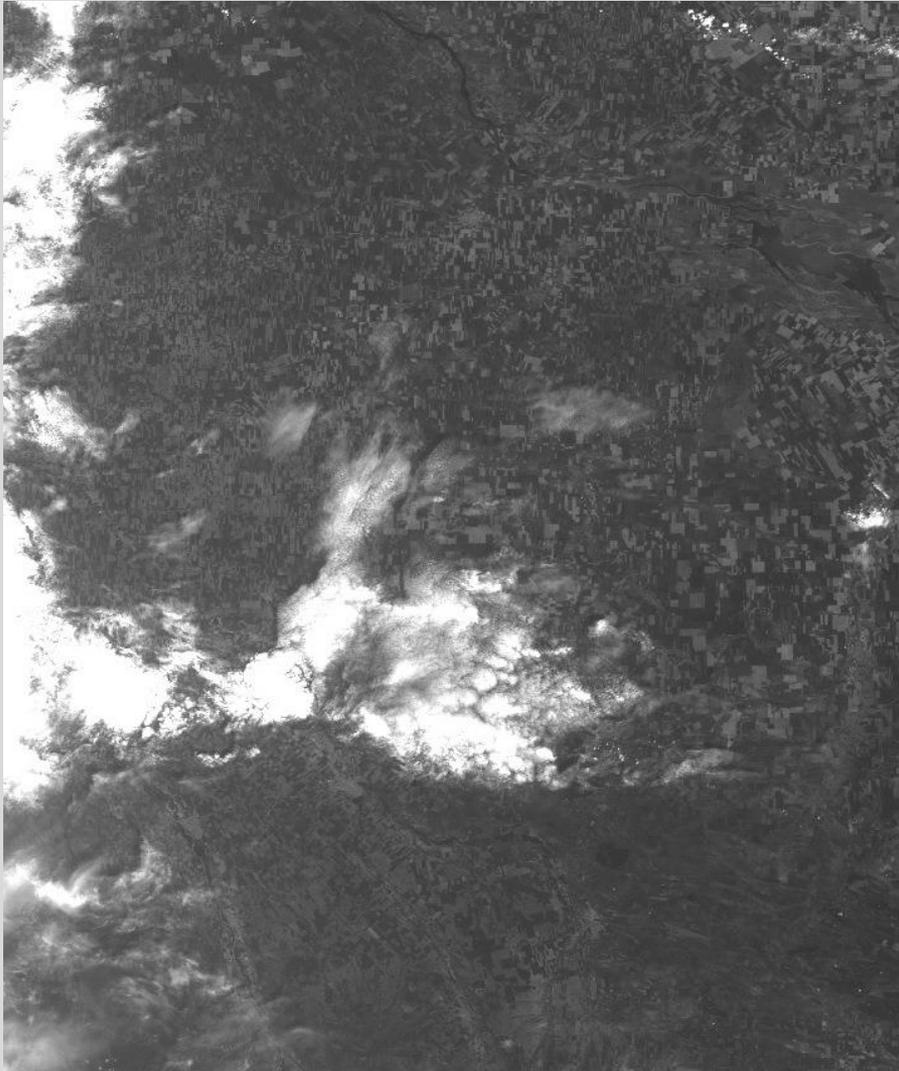
Пример расчета слоя метрики



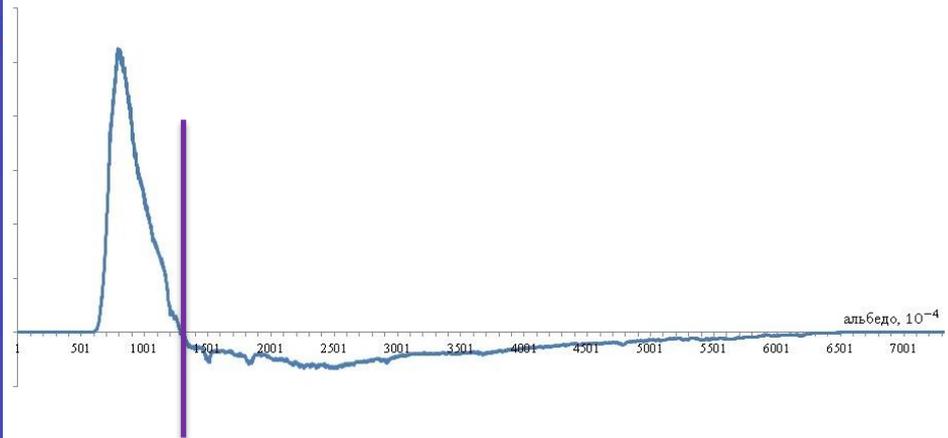
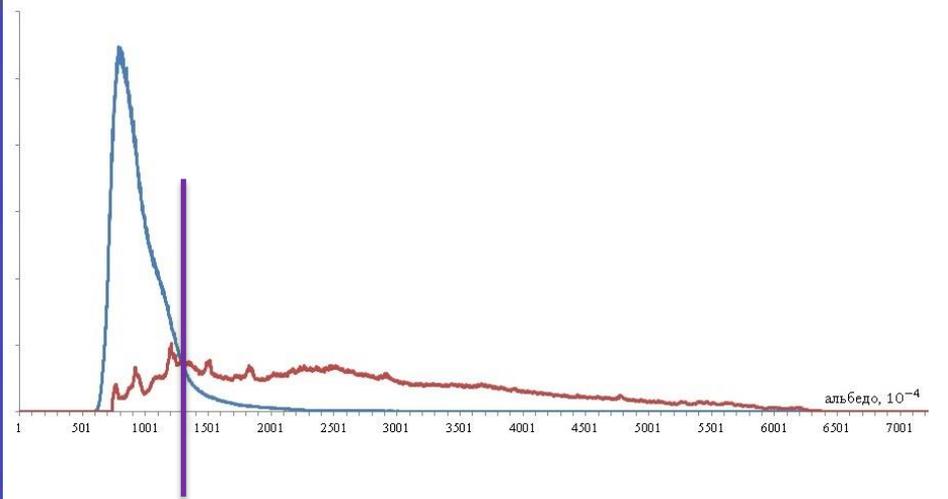
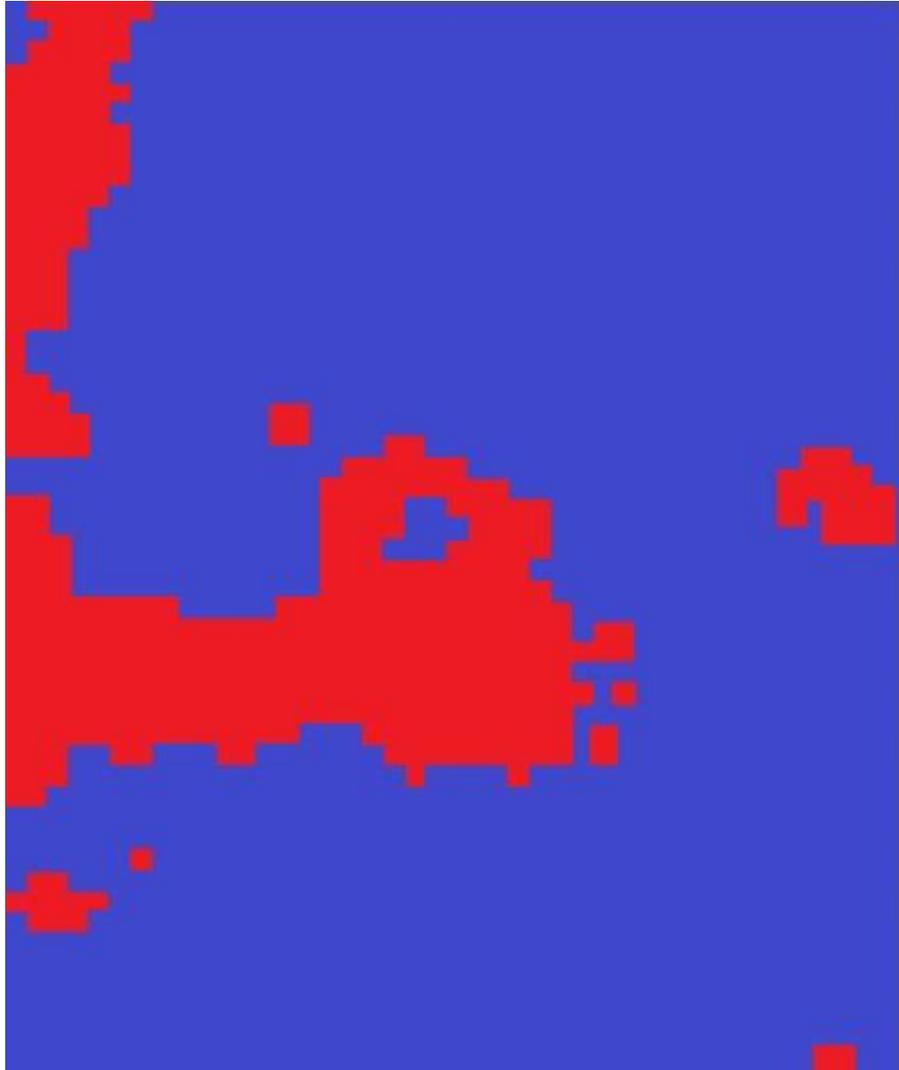
Исходное изображение и метрика



Выявление облачности по данным МСУ-100М

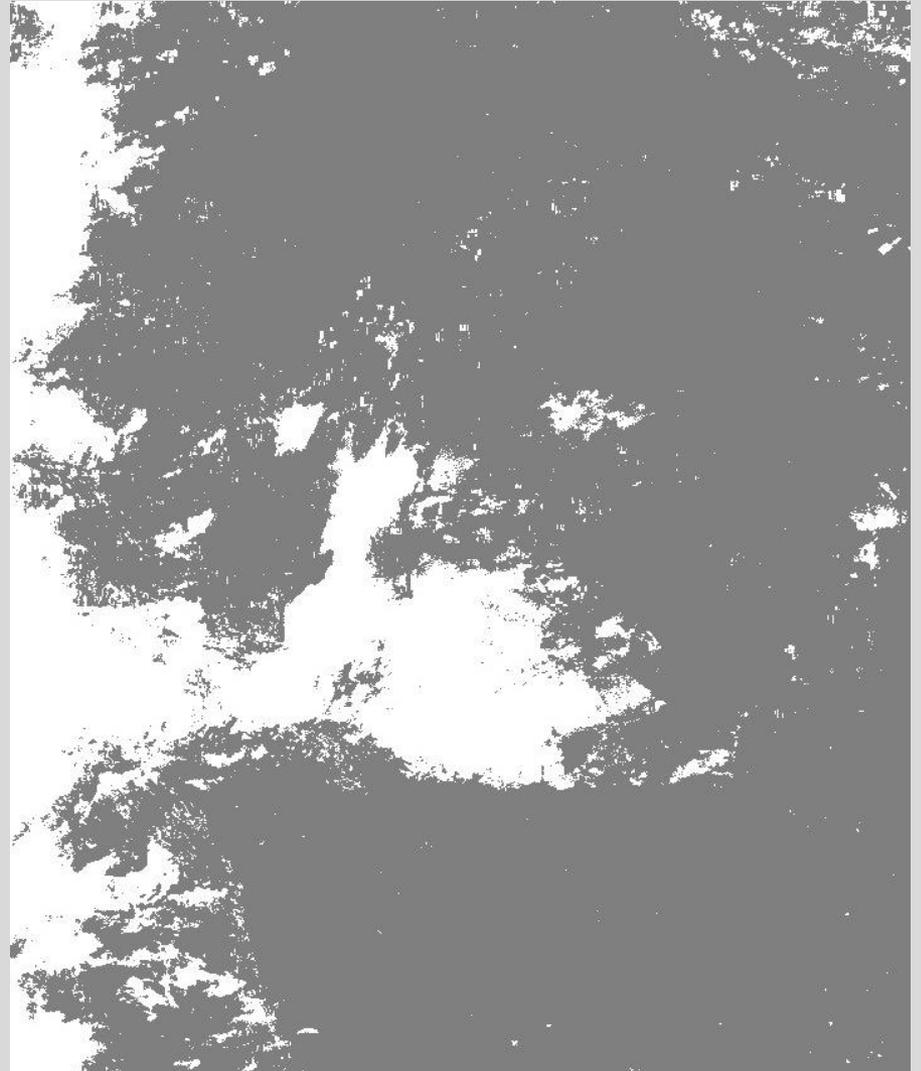
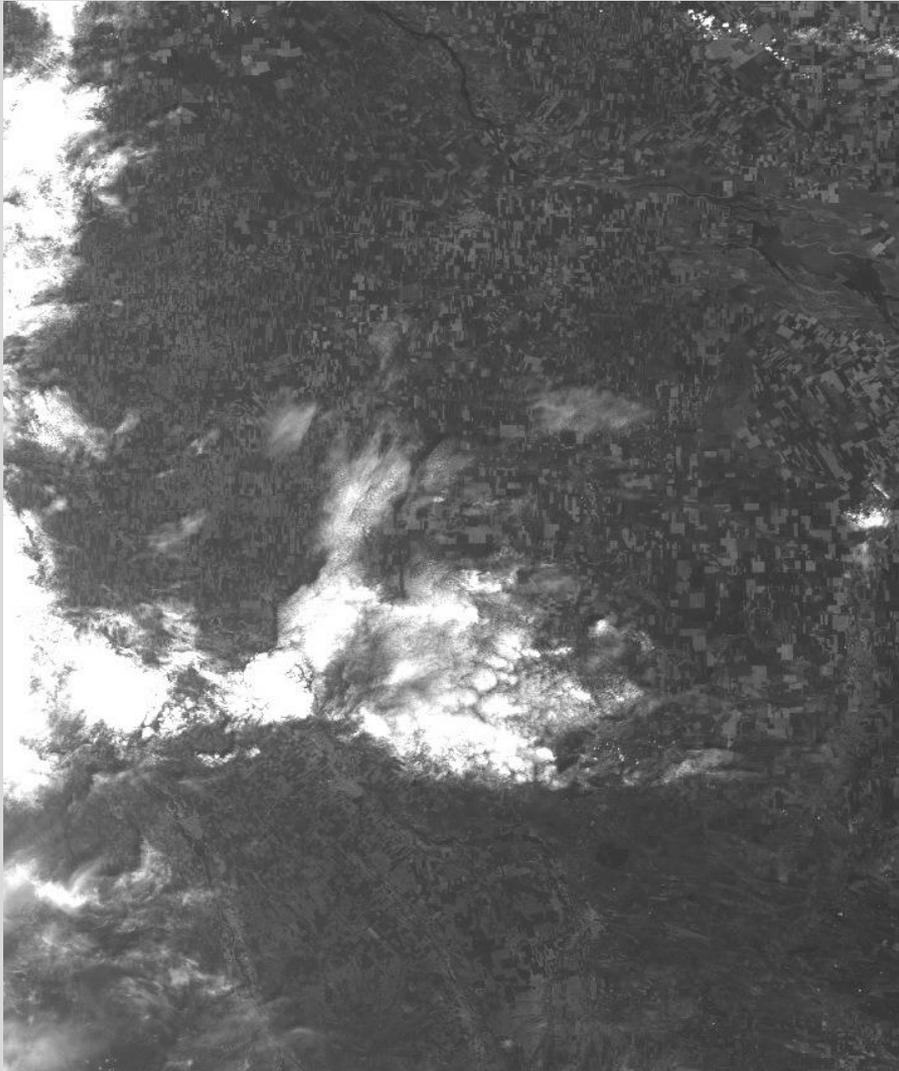


Выявление облачности по данным МСУ-100М

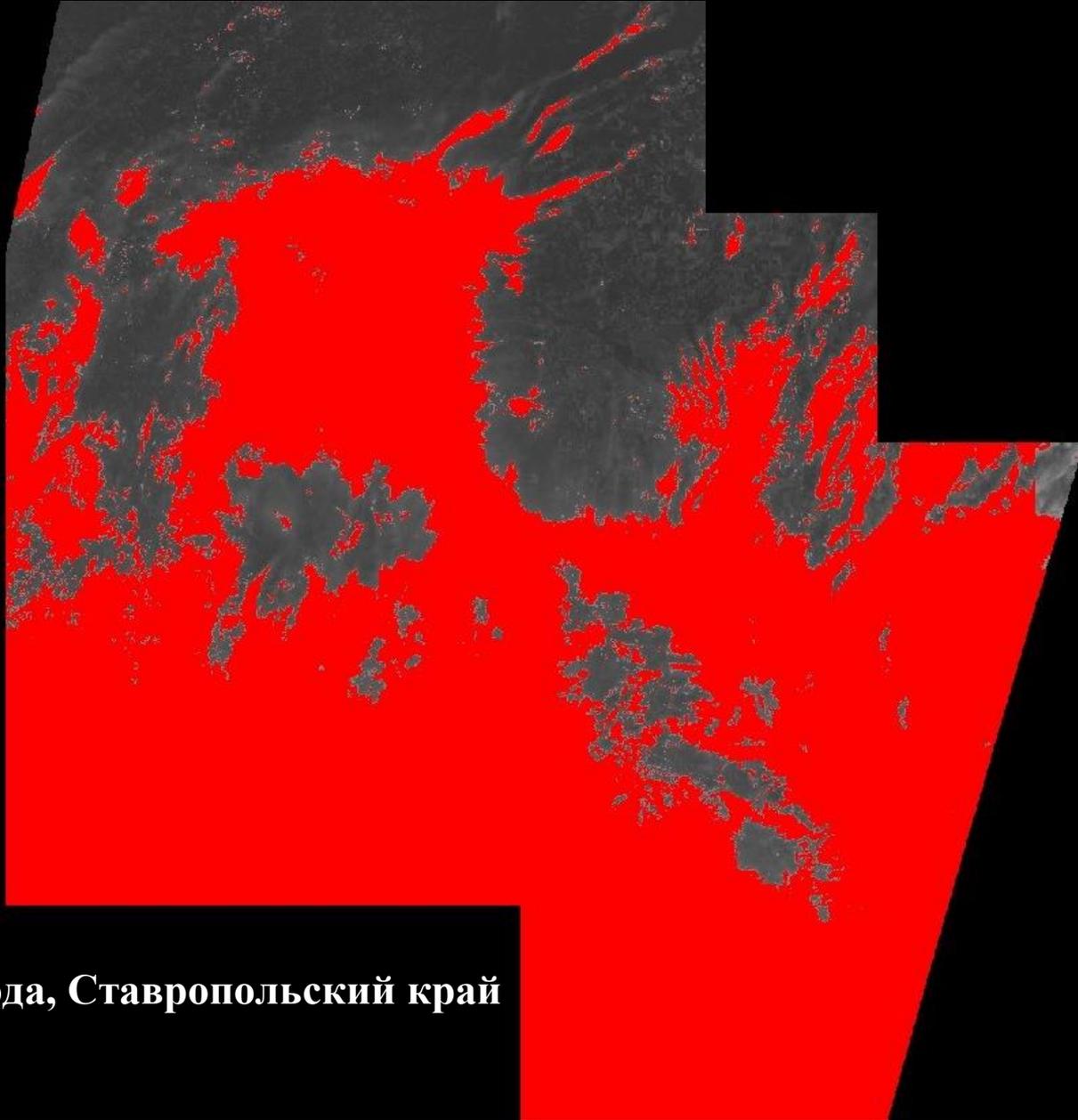


$$f_{red\ diff}(A) = f_{red\ free}(A) / \int f_{red\ free}(A) dA - f_{red\ cloud}(A) / \int f_{red\ cloud}(A) dA$$

Выявление облачности по данным МСУ-100М

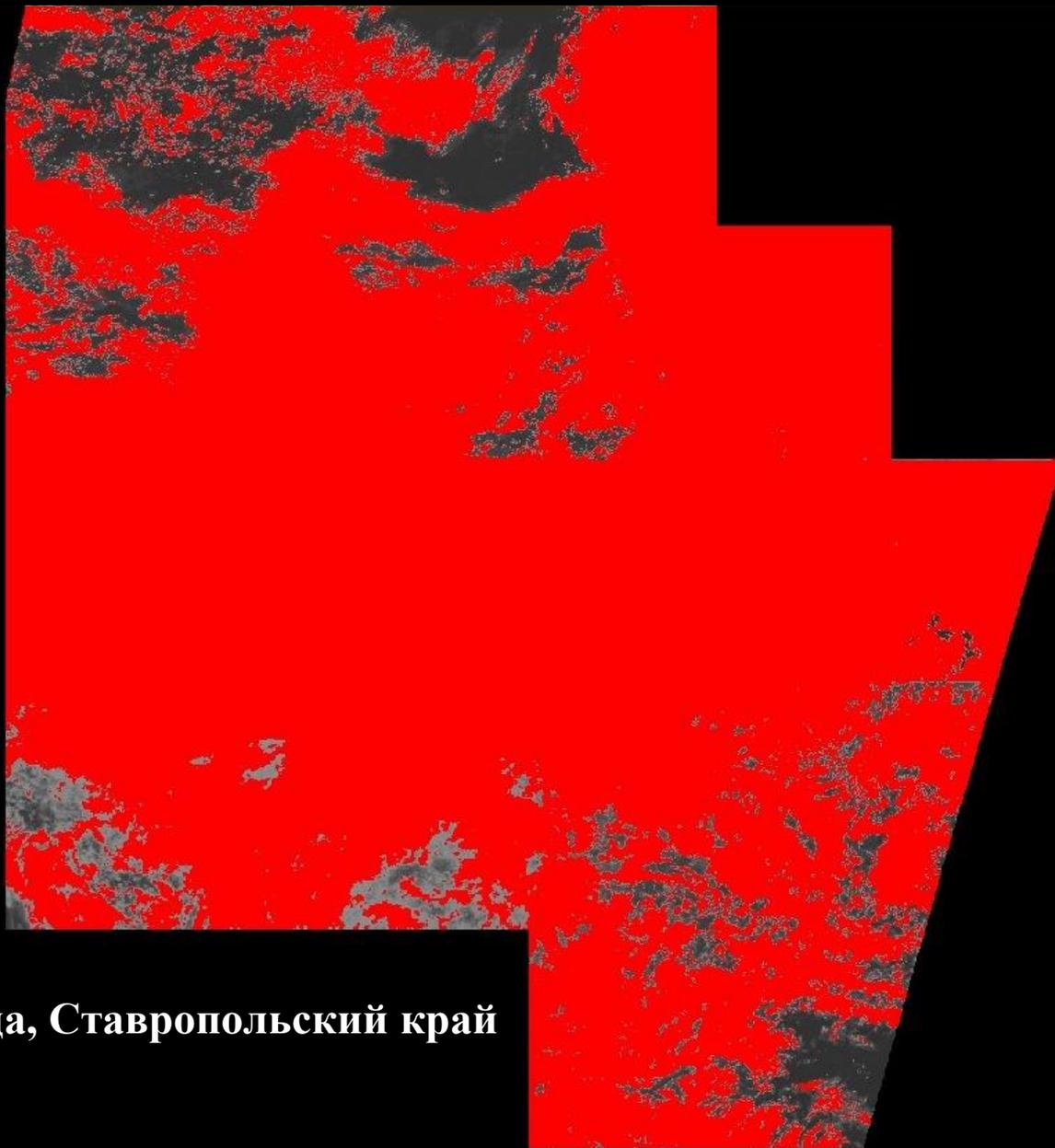


Выявление облачности по данным МСУ-100М



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**