

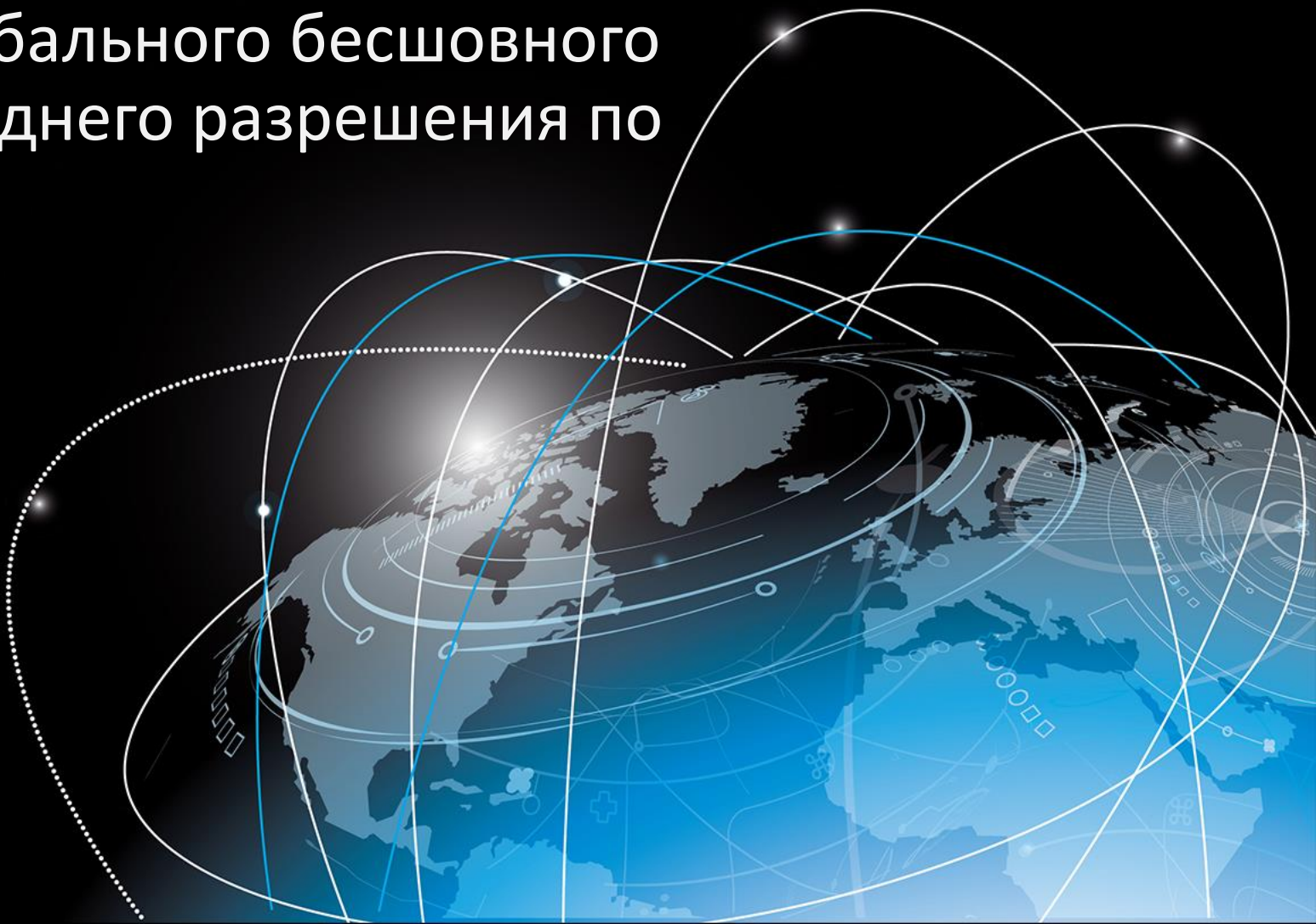


РОССИЙСКИЕ КОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

# Технология создания глобального бесшовного сплошного покрытия среднего разрешения по данным КА «Метеор-М»

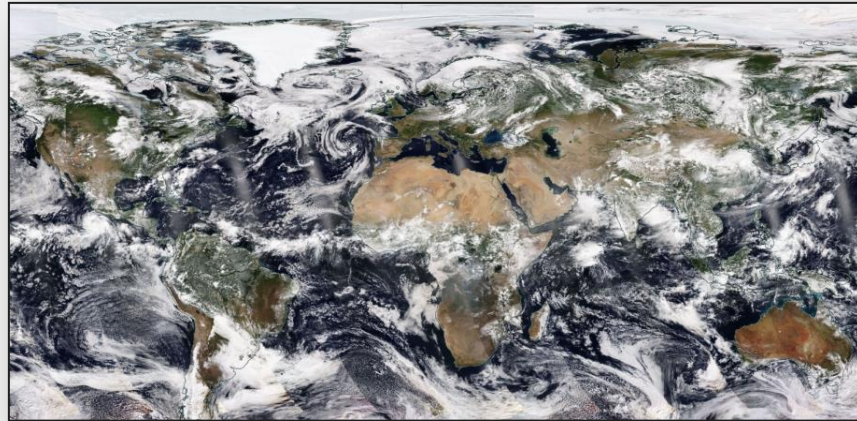
А.И. Васильев, А.А. Михеев, А.А. Пестряков,  
М.В. Мешков, И.Д. Мурашова, Е.В. Волкова

XXI Международная конференция  
«Современные проблемы дистанционного  
зондирования Земли из космоса»  
(13-17 ноября 2023 г., г. Москва)



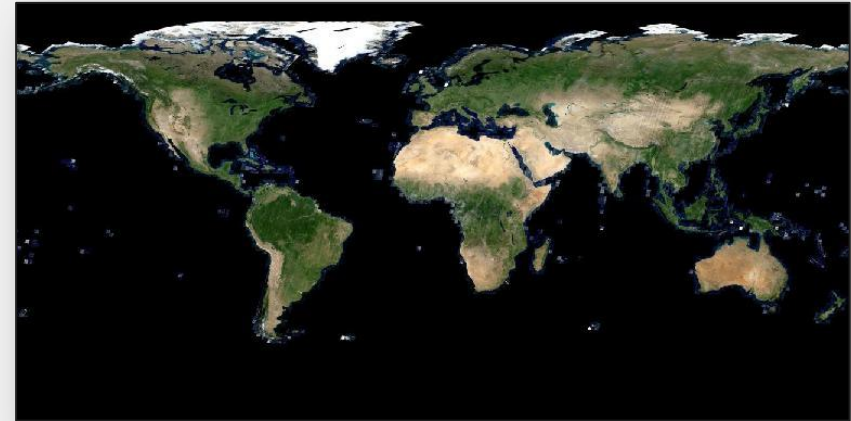
# Примеры глобальных покрытий Земли

NASA EOS (США) – 500 м



<https://worldview.earthdata.nasa.gov/>

Миссия Landsat (США) – 30 м



<https://www.earthdata.nasa.gov/>

Copernicus (ЕС) – 10 м



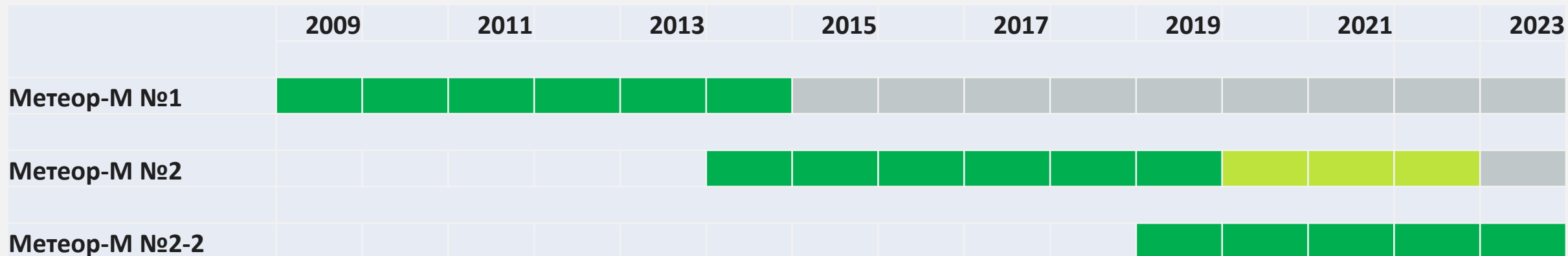
<https://www.copernicus.eu/>

Planet (США) – 5 м



<https://www.planet.com/>

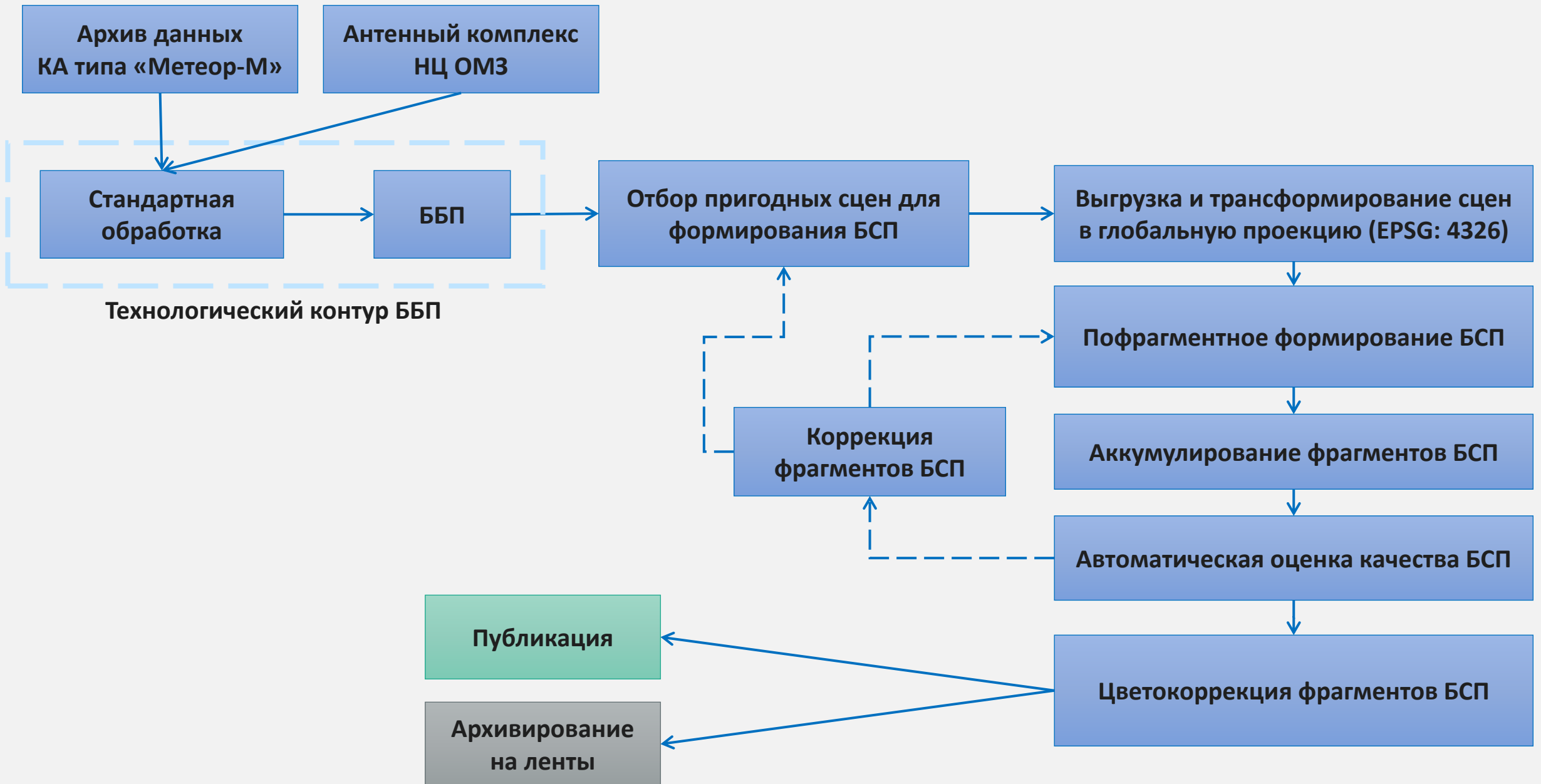
# Съемочные системы среднего разрешения КК «Метеор-М»



Комплекс многозональной спутниковой съемки (КМСС)

Космический аппарат	Сенсор	Захват, км	GSD, м	Спектральные каналы
Метеор-М №1	КМСС	900	58/116	0,53-0,9/0,37-0,69
Метеор-М №2	КМСС-М	900	54/116	0,53-0,9/0,37-0,69
Метеор-М №2-2	КМСС-2	900	60	0,52-0,9

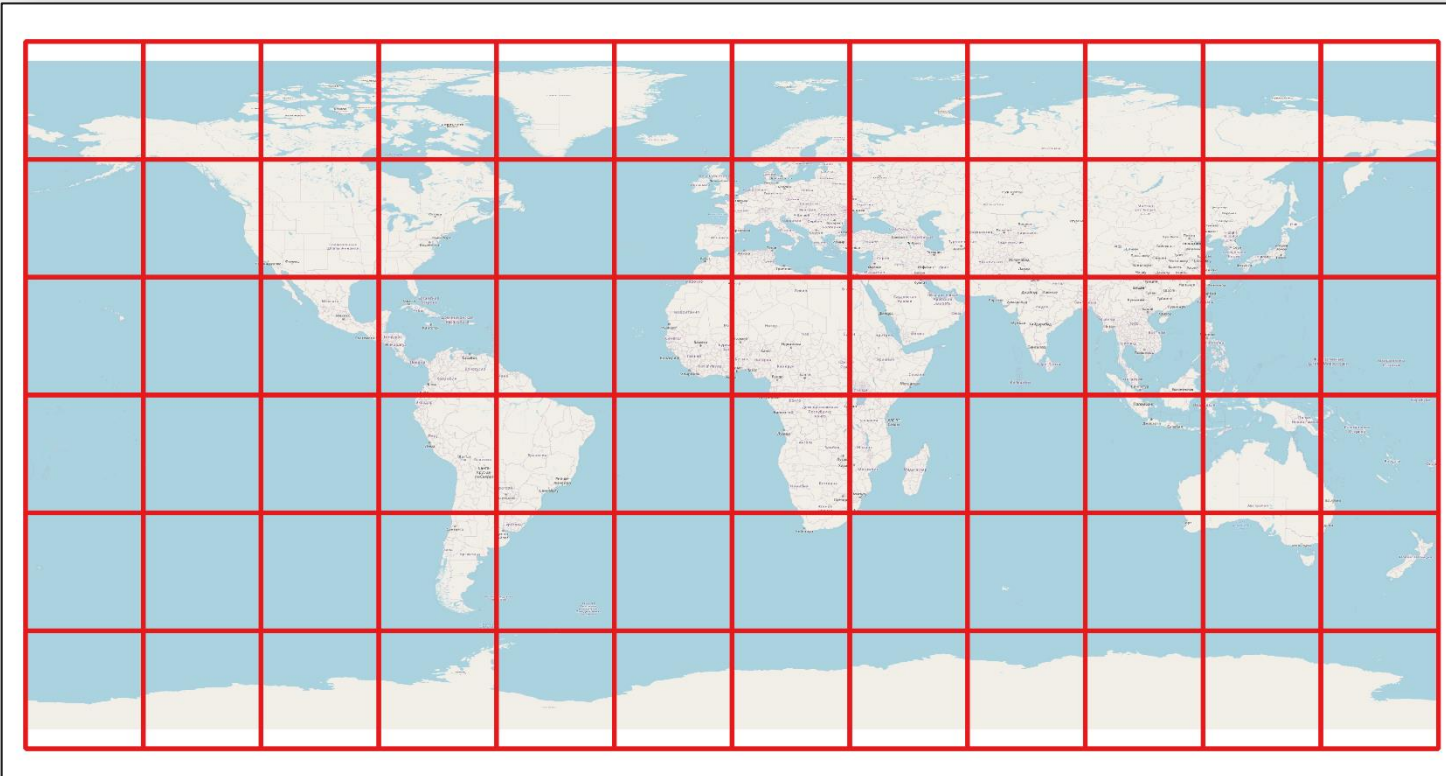
# Общая схема технологии формирования БСП





# Фрагментация поверхности земного шара

Поверхность земного шара поделена на равные фрагменты  $30^\circ \times 30^\circ$  в СК Lat/Lon (EPSG: 4326).



## Ориентировочные объемы данных

1 сцена (zip-архив)	~ 0,3 ГБ
1 фрагмент	~ 150 сцен
46 фрагментов (на территорию суши)	~ 7000 сцен
Расчетный объем данных на территорию суши	~ 2 ТБ

Процент суши от площади всего квадрата, %

Количество фрагментов, шт.

75 – 100

12

50 – 75

8

25 – 50

9

<25

17

# Стандартная обработка данных КМСС КА «Метеор-М»

Обработано более 10 000 сцен КМСС с КА «Метеор-М» №2, отснятых за период 2017-2021 гг.



Обработка выполнялась для маршрутов съемки L1В-архива НКПОР. Общее время заняло более 3 месяцев.

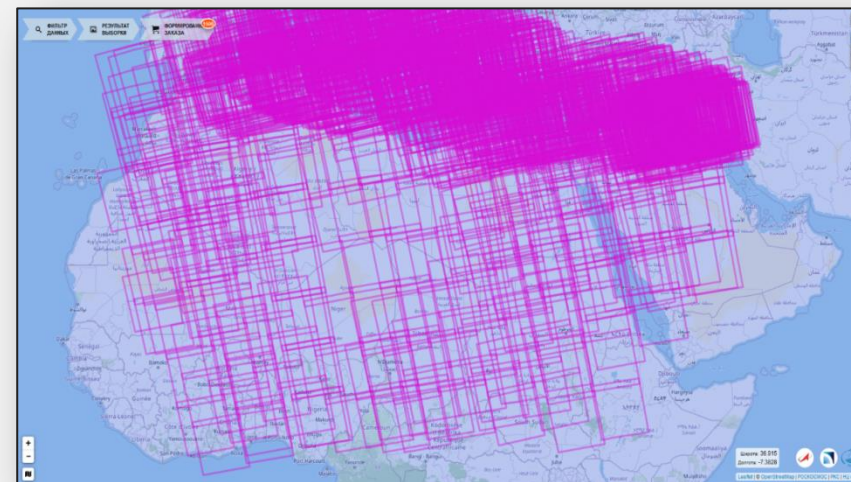


CPU: 2× Intel Xeon Gold 6242, 2.8 GHz, 32 Cores

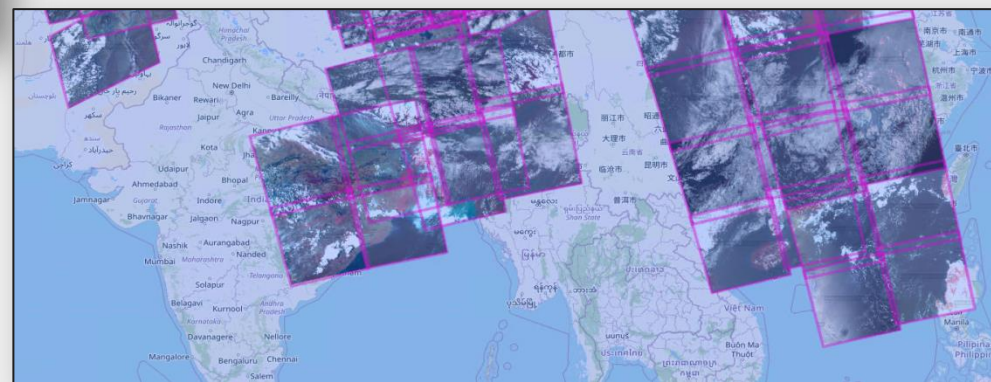
RAM: 768 GB

GPU: 2× NVidia V100

Для пустот использовались данные с КА «Метеор-М» №2.2.

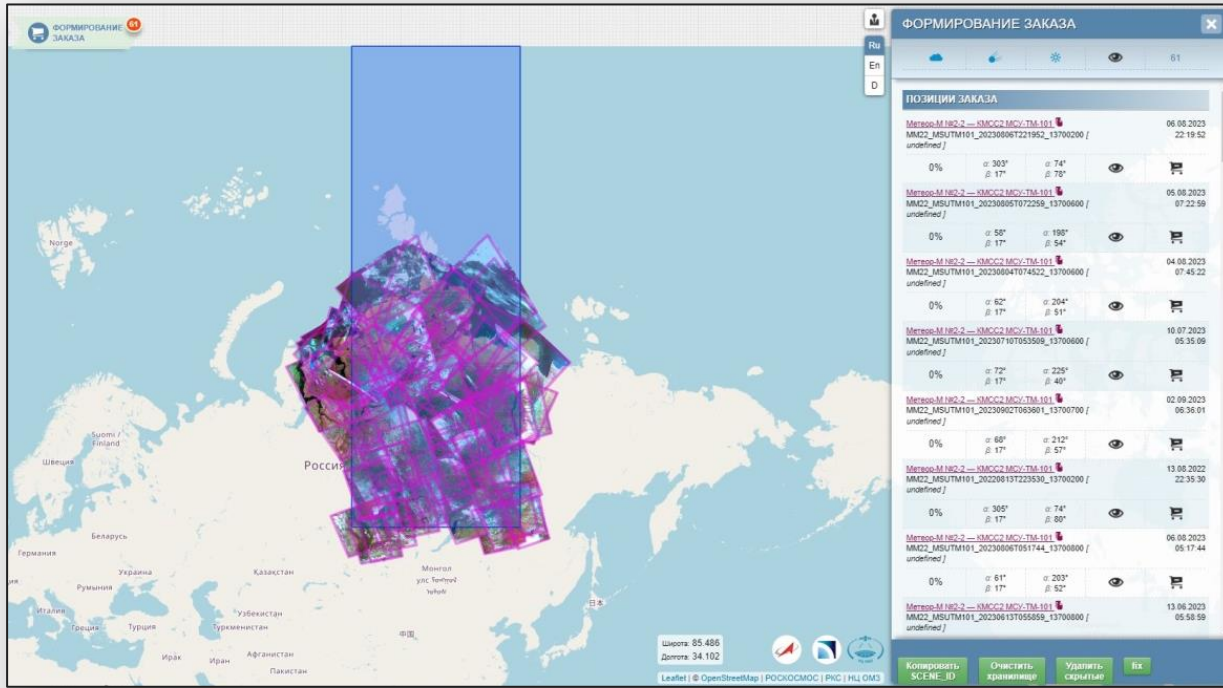


Пример данных КМСС-2 с КА «Метеор-М» №2.2, отснятых за период 2019-2021 гг. для Северной и Центральной Африки.

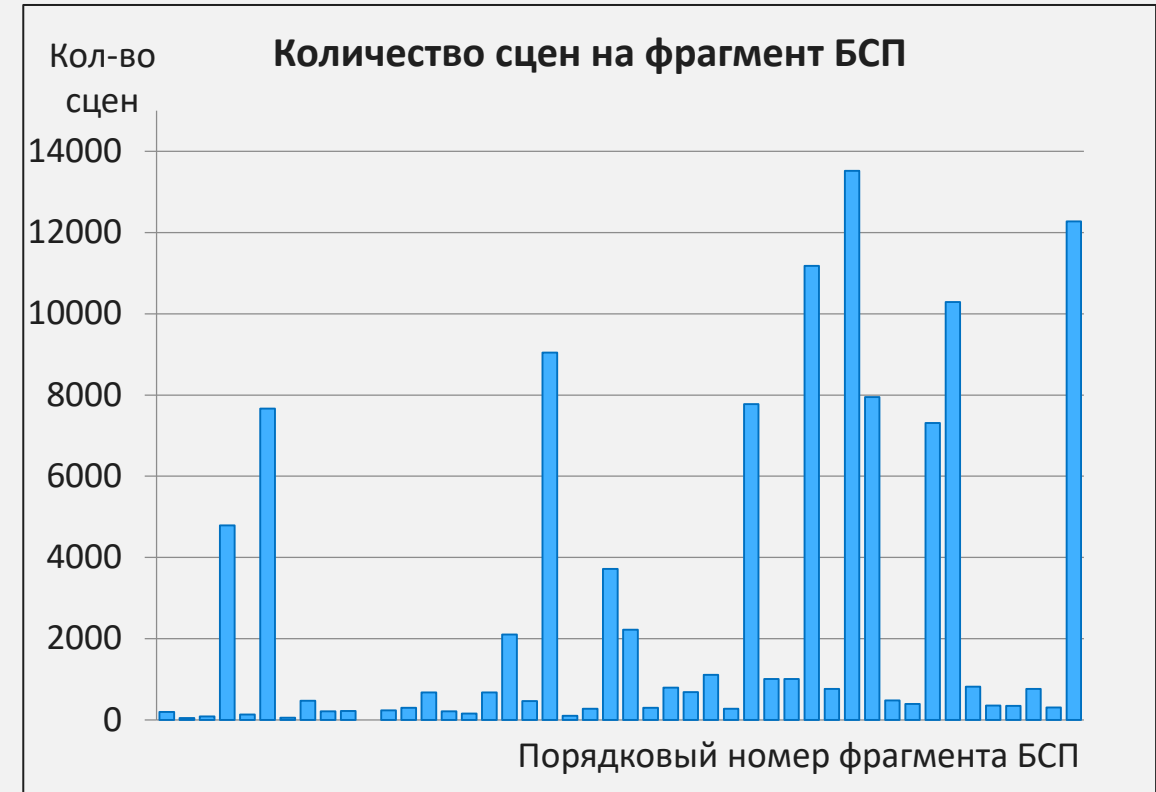


Съемка КМСС-2 с КА «Метеор-М» №2.2 южной части Евразии, весной 2022 г.

# Пример подбора данных для формирования фрагментов мозаики БСП



Результат отбора сцен при помощи интерфейса геоинформационного сервиса «Банк базовых продуктов»



Подбор данных для фрагмента составляет не более 1 часа.

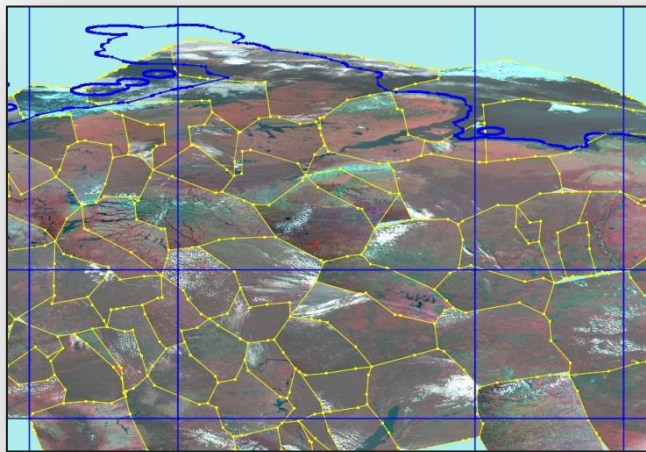
Для поиска и отбора используются данные за 2018-2022 гг.

Критерии отбора данных: преимущественно летняя съемка, минимальная облачность, отсутствие снежного покрова.

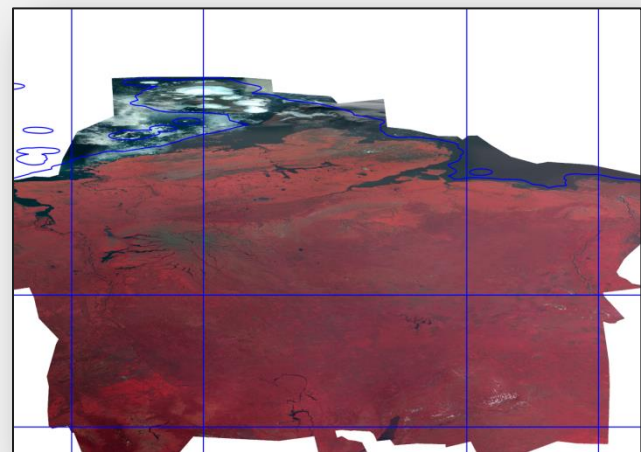
Доступное для отбора количество сцен значительно отличается в зависимости от региона: для территории Евразии число сцен измеряется несколькими тысячами на фрагмент, для других материков – несколько сотен сцен на фрагмент.



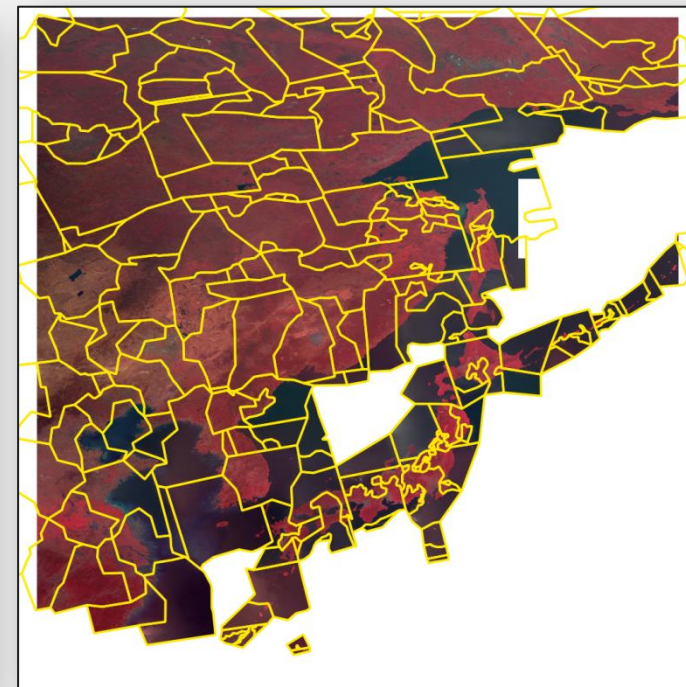
# Интерактивное редактирование линий порезов и формирование фрагмента БСП



Результаты расчета линий порезов для набора сцен на фрагмент БСП



Результат выравнивания яркости фрагмента БСП



Результаты автоматического создания и интерактивного редактирования линий порезов на примере фрагмента БСП

Для работы используется ПО PHOTOMOD GeoMosaic и ПО ИКК БСП\*.

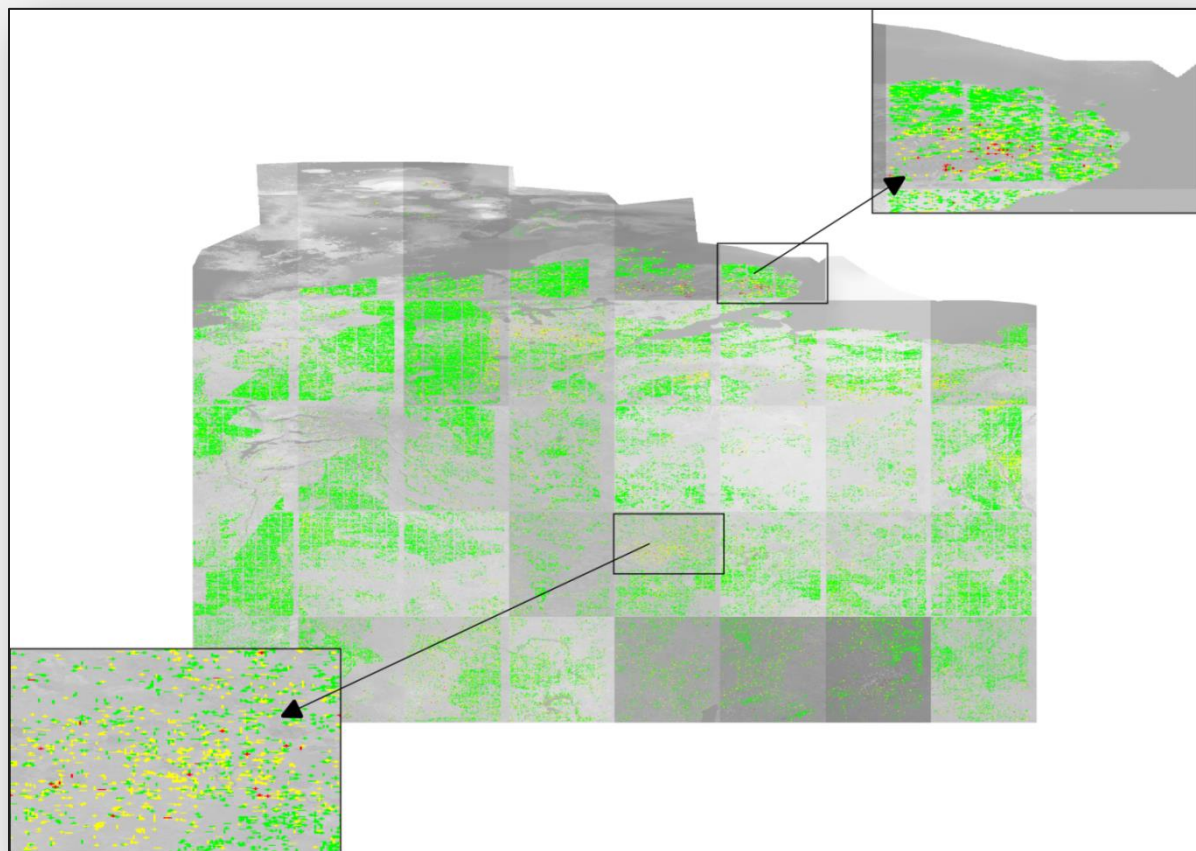
Время формирования порезов в среднем составляет 8 часов для одного фрагмента, при этом для отдельных фрагментов время варьируется от 4 до более 30 часов (в зависимости от количества безоблачных сцен).

*\*Васильев А.И., Ромайкин С.В., Пестряков А.А., Емельянов А.А. Разработка программного обеспечения интерактивного контроля и создания бесшовных сплошных покрытий // Стендовый доклад на XXI Международной конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса», Москва, 13-27 ноября 2023 г. <http://conf.rse.geosmis.ru/thesisshow.aspx?page=249&thesis=9624>*

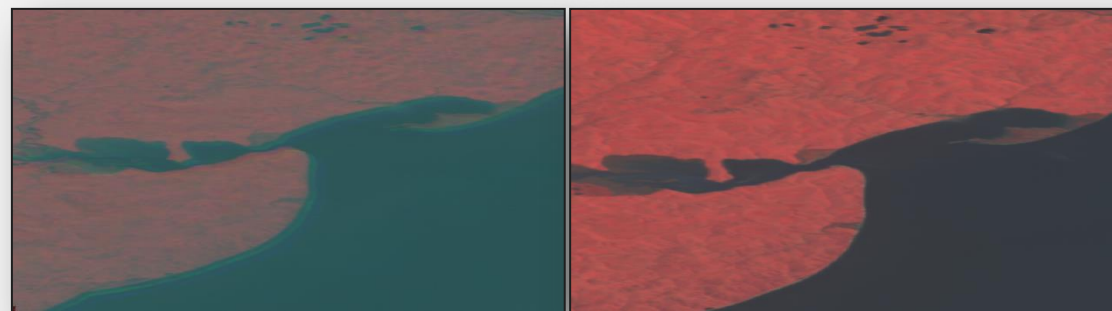


# Контроль качества фрагментов БСП

Контроль\* геопривязки проводится по глобальному опорному покрытию Landsat\*\*.



Результат работы ПО автоматической оценки качества БСП



Исходная сцена с найденными ошибками синтеза

Исправленная сцена

Цвет точек	Допуск, пикселей
Зеленый	0 – 2
Желтый	2 – 5
Красный	5 – 10
Фиолетовый	10 – 100

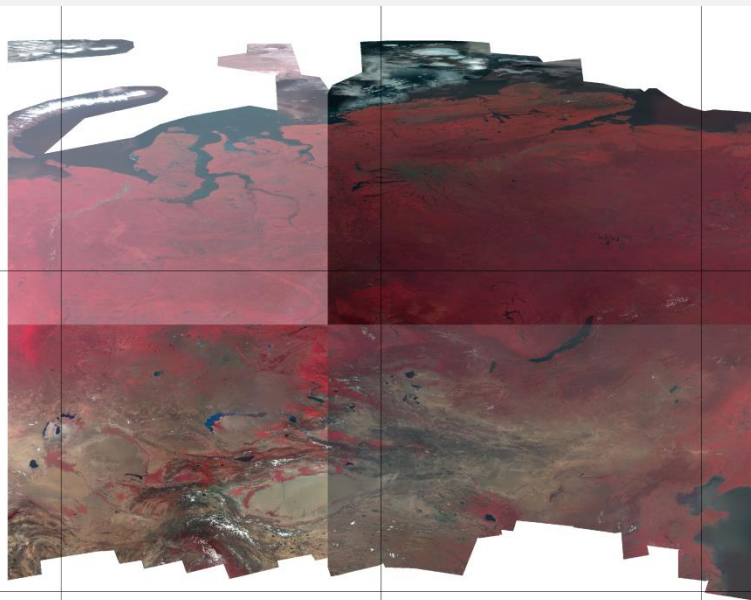
Таблица допусков расхождения синтеза и геопривязки

\*Васильев А.И., Крылов А.В., Евлашкин М.А., Мешков М.В., Малев Д.Ю. Программные технологии автоматической оценки качества данных и информационных продуктов ДЗЗ // Доклад на XX Международной конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса», Москва, 14-18 ноября 2022 г. <http://conf.rse.geosmis.ru/thesisshow.aspx?page=224&thesis=9106>

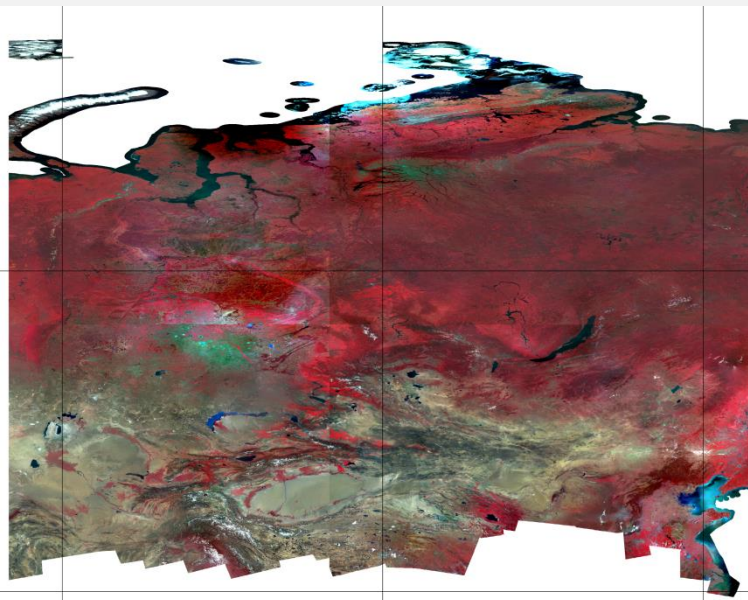
\*\*Васильев А.И., Михеев А.А., Евлашкин М.А., Ольшевский Н.А. Технологии формирования и предоставления глобального опорного покрытия Земли на основе данных Landsat // Доклад на XVIII Всероссийской открытой конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса», Москва, 16-20 ноября 2020 г. <http://conf.rse.geosmis.ru/thesisshow.aspx?page=174&thesis=8262>

# Выравнивание яркости и цветокоррекция фрагментов БСП

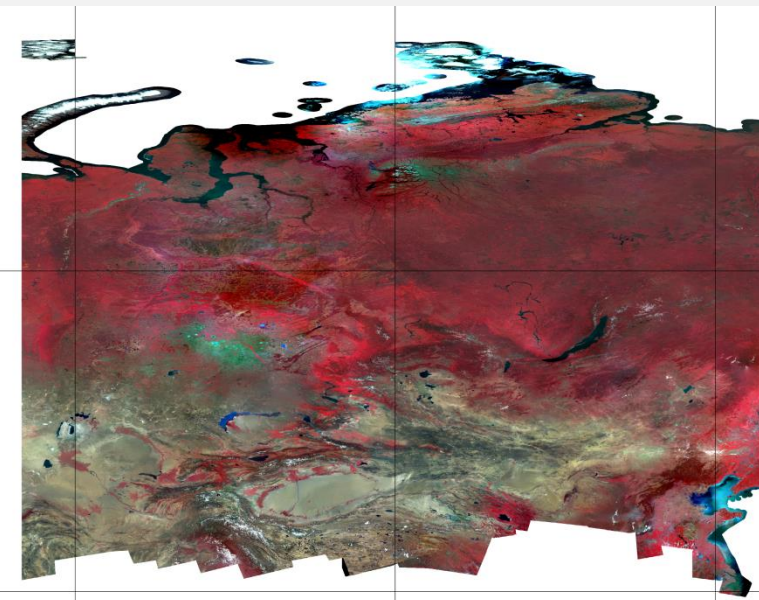
Для выравнивания яркости и нарезки фрагмента БСП на листы был разработан специализированный алгоритм\*, включающий глобальное, локальное и пограничное выравнивание. Для всего БСП выполняется глобальная цветовая коррекция на основе «опорного» покрытия. Дополнительно обеспечивается пограничное выравнивание смежных фрагментов.



Оригинальное изображение после выравнивания яркости каждого фрагмента



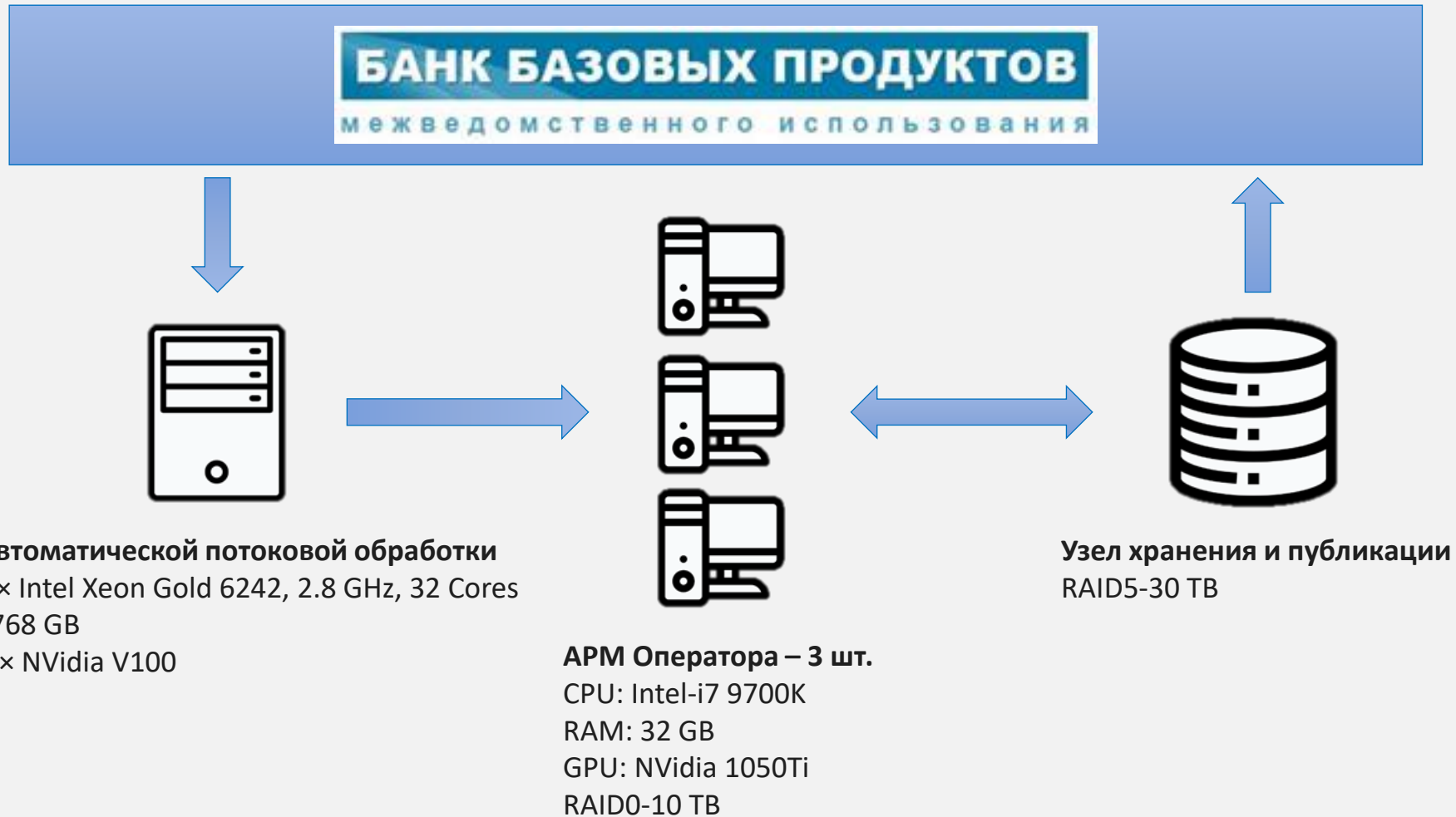
Цветокоррекция фрагментов по данным MODIS (заметны линии стыков между соседними фрагментами)



Цветоскорректированное изображение с применением пограничного выравнивания

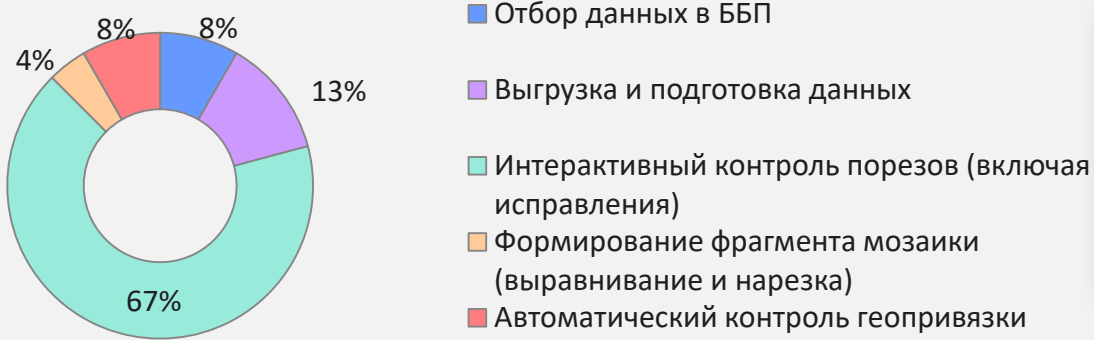
\*Васильев А.И., Пестряков А.А., Михеев А.А., Мурашова И.Д. Особенности формирования тонально сбалансированного покрытия глобального уровня по данным КМСС КА «Метеор-М» // Доклад на XX Международной конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса», Москва, 16-20 ноября 2020 г. <http://conf.rse.geosmis.ru/files/books/2022/9107.htm>

# Вычислительные ресурсы технологического процесса создания БСП

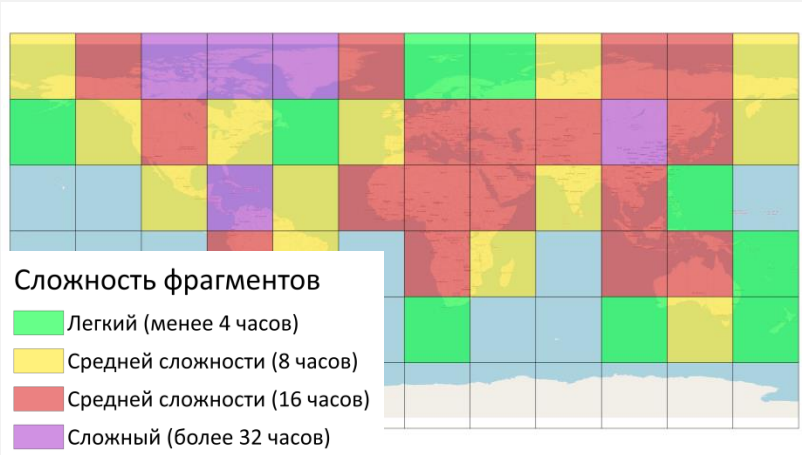




# Распределение временных оценок этапов формирования БСП



Номинальное распределение времени на этапы формирования фрагмента БСП

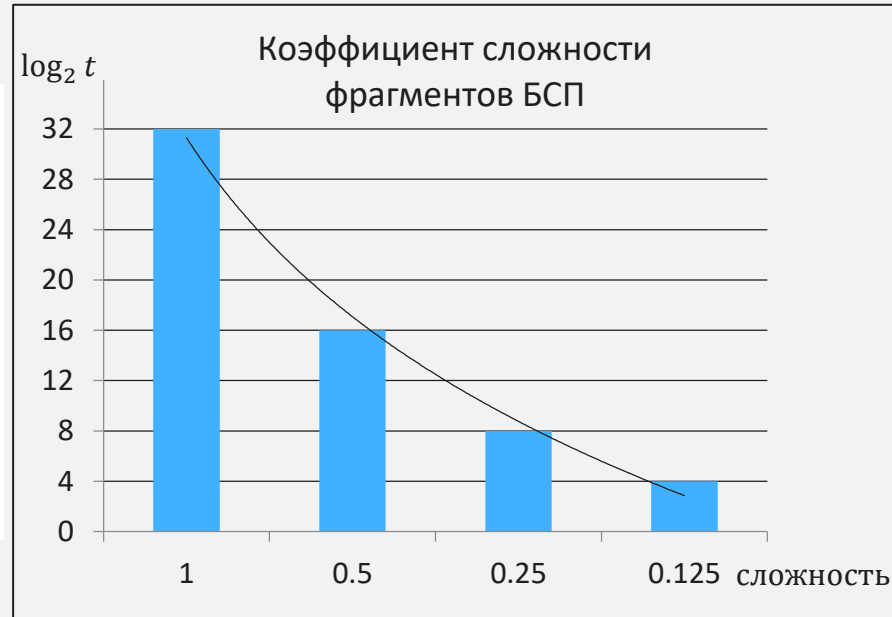


Оценка сложности фрагментов БСП

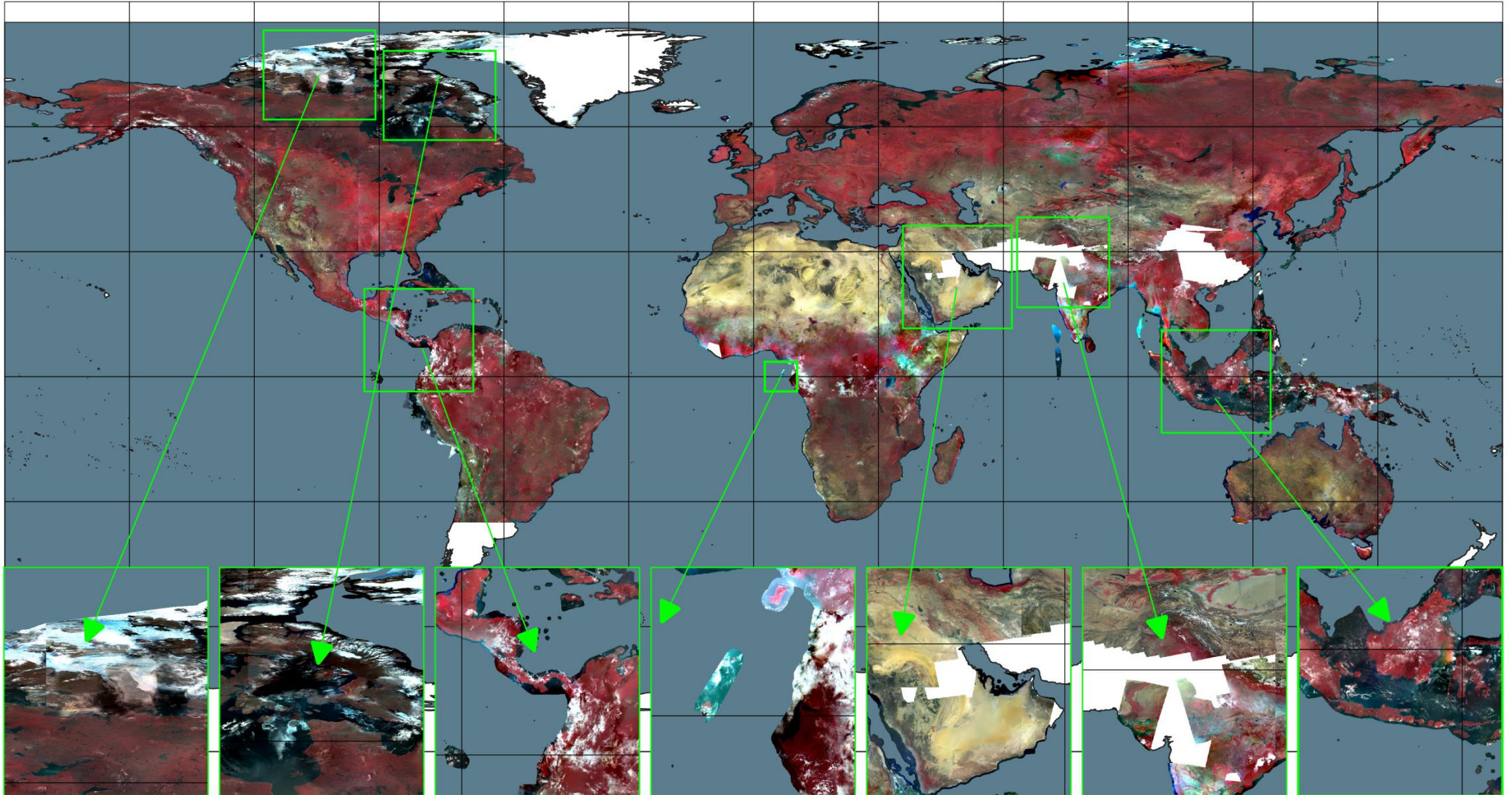
Под сложностью фрагментов имеются в виду условия, усложняющие интерактивную работу, например, большое количество облачных и снежных сцен.

Суммарное время обработки одного фрагмента составляет не более 12 часов (при условии, что для формирования покрытия используется около 200 сцен).

Суммарное время формирования БСП составляет не более 1 чел./мес.



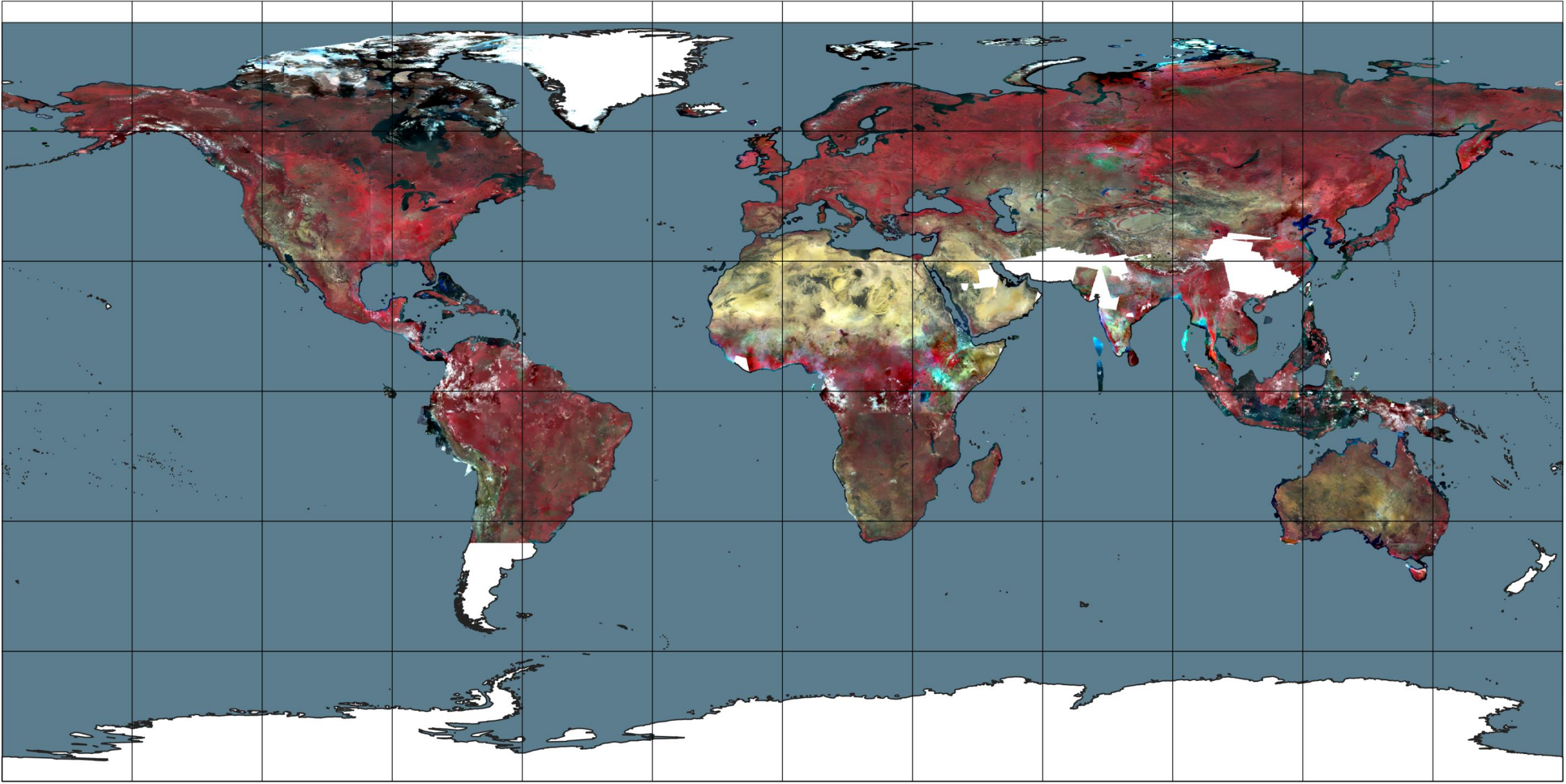
# Проблемные участки БСП



# Заключение

1. Разработана технология формирования БСП среднего разрешения глобального уровня по данным с КА типа «Метеор-М».
2. На основе технологии сформировано глобальное покрытие на территорию суши (в диапазоне широт  $-86^{\circ}$ ... $86^{\circ}$ ).
3. При формировании БСП выявлены следующие проблемы:
  - существуют территории, для которых имеются преимущественно облачные данные;
  - существуют территории, для которых съемка отсутствует;
  - новая съемка необходимых районов фактически невозможна вследствие особенностей эксплуатации КА типа «Метеор-М»;
  - временной интервал данных съемки - более 5 лет.





**Спасибо за внимание!**

