

**Технология оперативного построения и результаты оценки  
продуктов КМСС уровня L2A для решения задач  
оперативного мониторинга растительного покрова России**

**Плотников Д.Е., Колбудаев П.А., Матвеев А.М., Прошин А.А., Лупян Е.А.**  
Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 17 ноября 2022

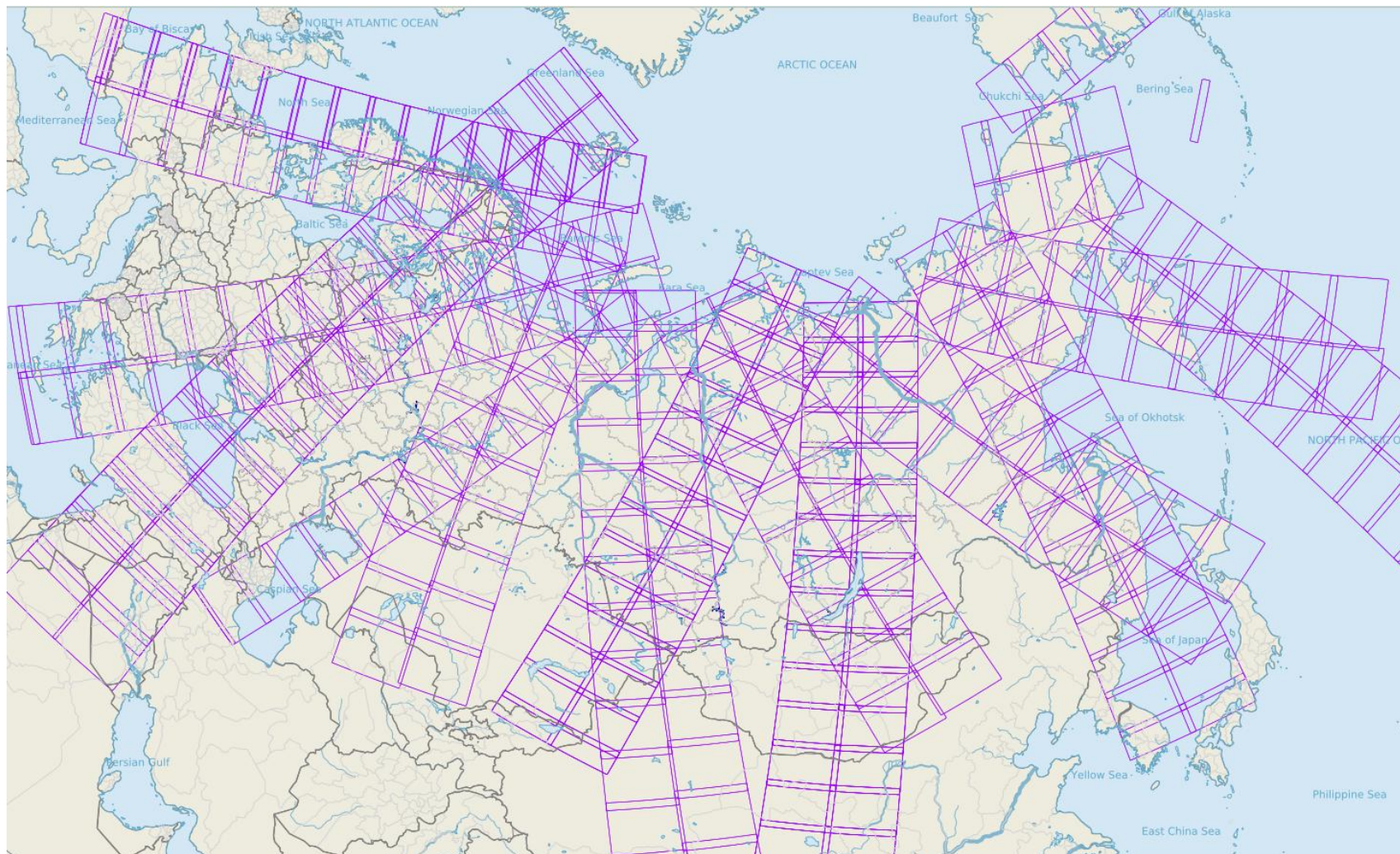


# Цели работы

---

- ▶ Модификация имеющейся технологии в обеспечение решения задач мониторинга и количественной оценки характеристик растительного покрова на основе данных приборов серии КМСС **в оперативном режиме**
  - ▶ Оценка ошибки измерения КСЯ земной поверхности по данным КМСС, формируемых в оперативном режиме с помощью технологии на базе **ЦКП «ИКИ-Мониторинг»**
-

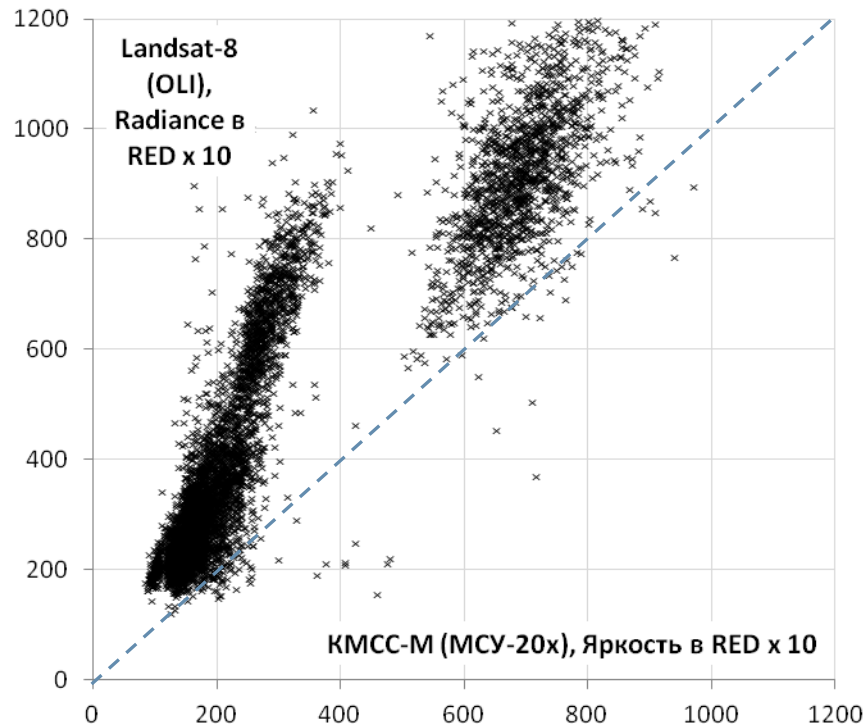
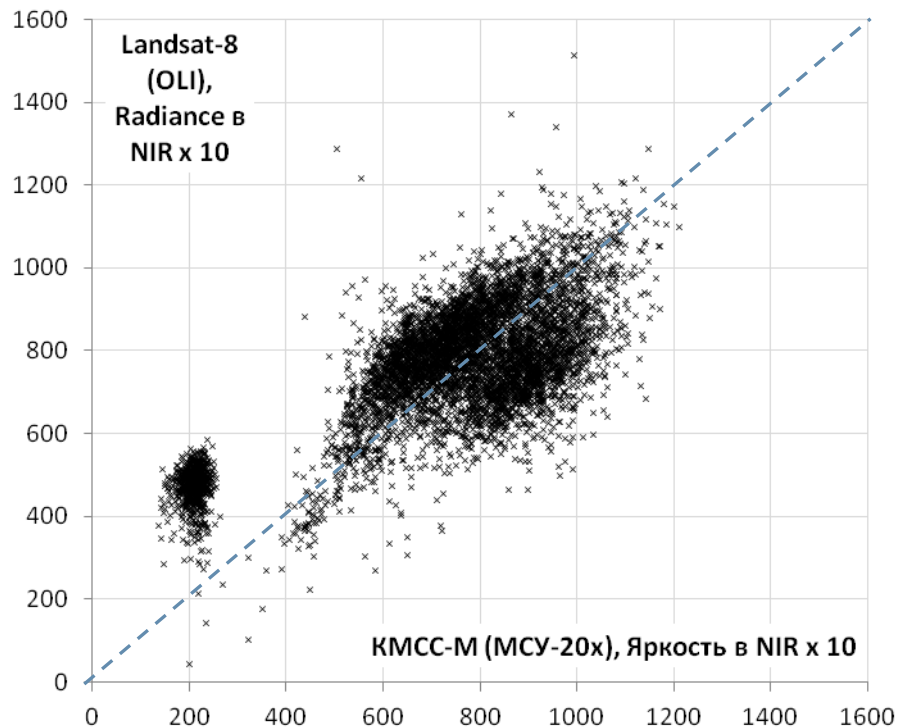
# Покрытие территории РФ данными КМСС за один день (1 ноября 2020 года)



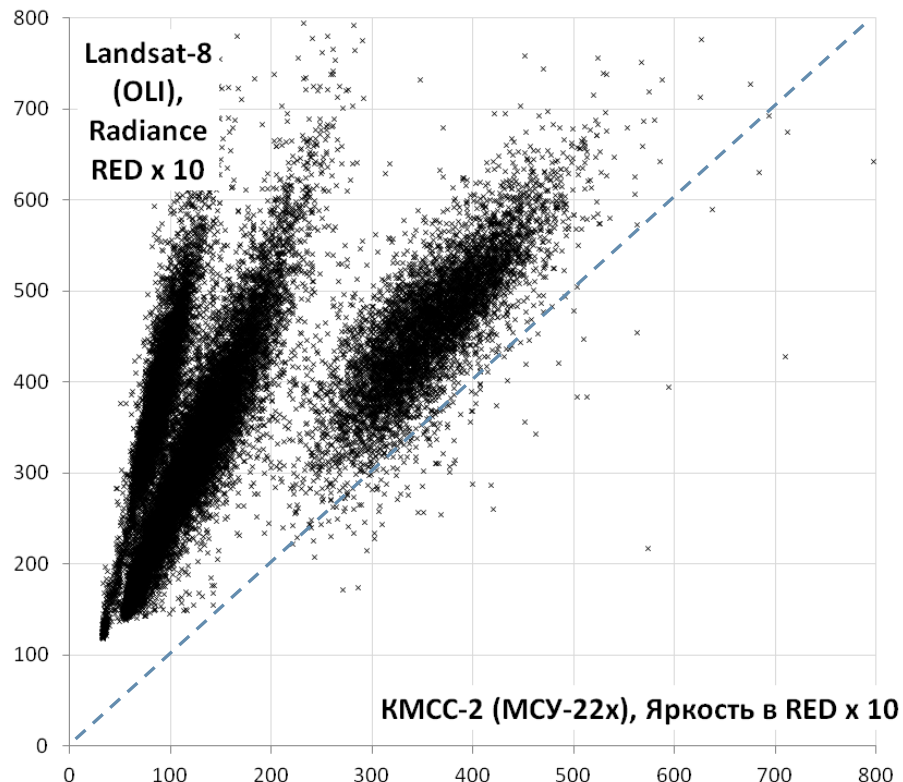
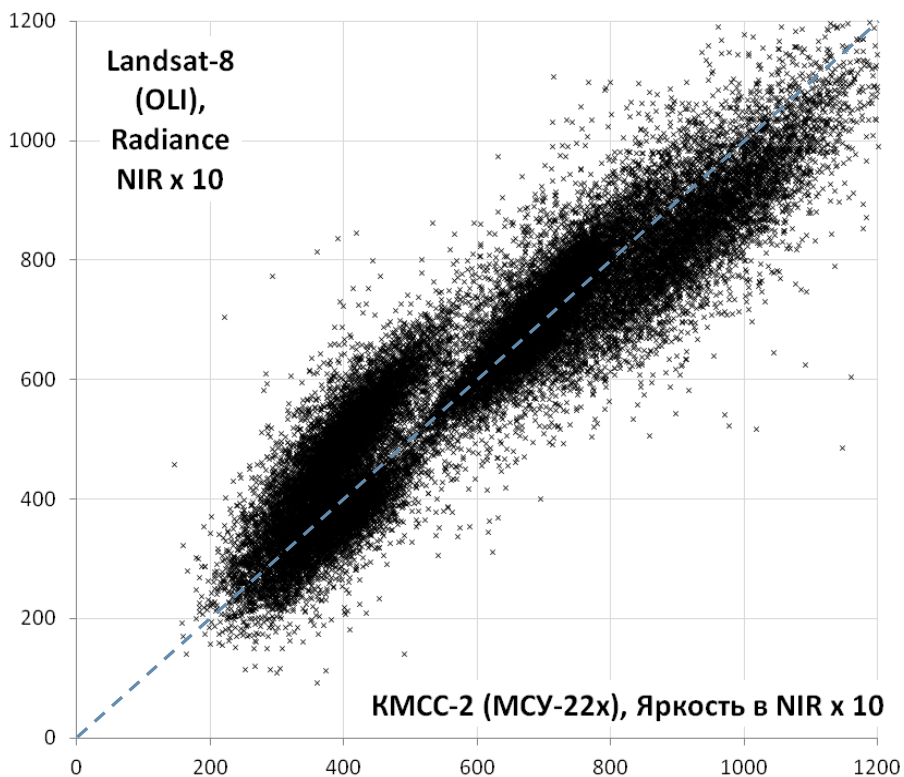
Территория России полностью покрывается изображениями КМСС-М за 3-5 дней, а совместно с КМСС-2 – за **1-2 дня** (разрешение 60 метров)

# Соответствие синхронных наблюдений КМСС-М и Landsat-8 (OLI), Radiance, TOA

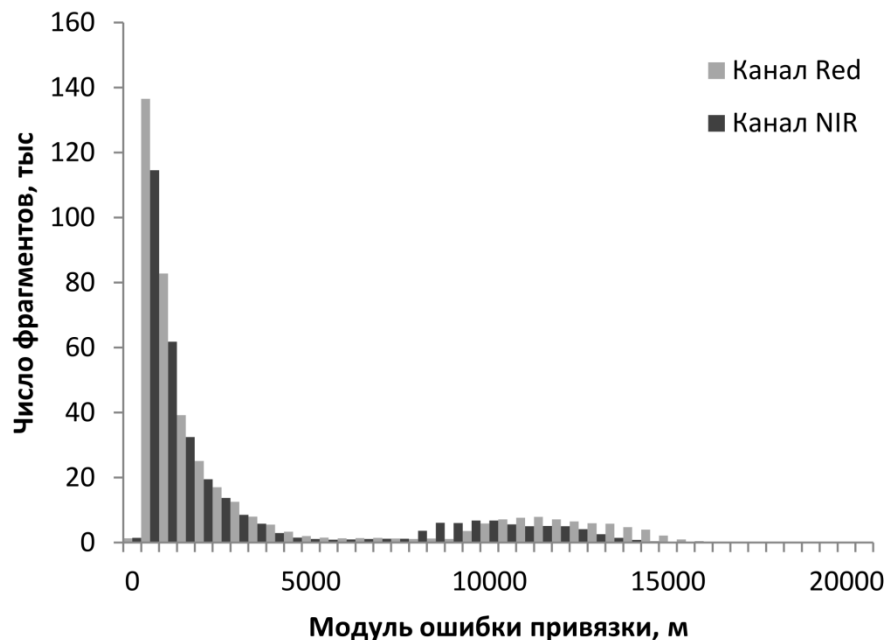
---



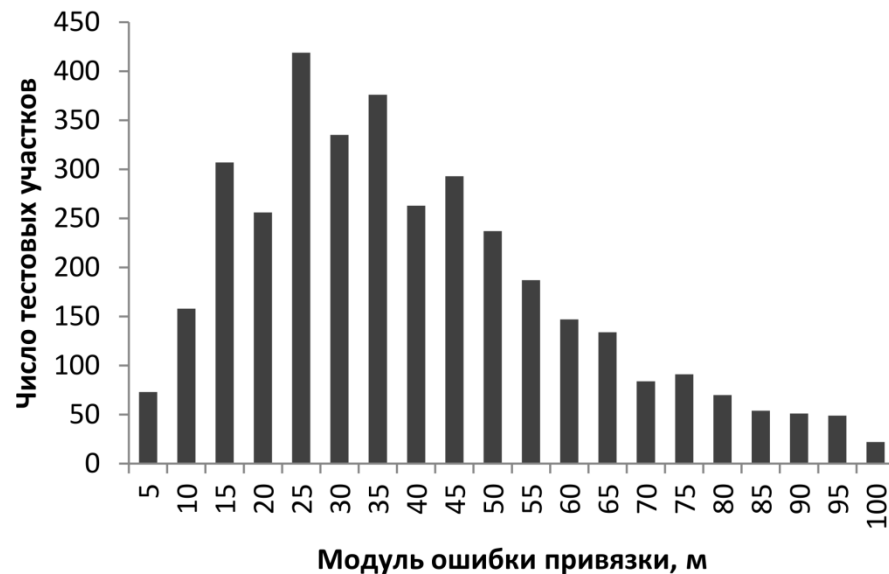
# Соответствие синхронных наблюдений КМСС-2 и Landsat-8 (OLI), Radiance, TOA



# Оценка точности геопривязки изображений КМСС-М



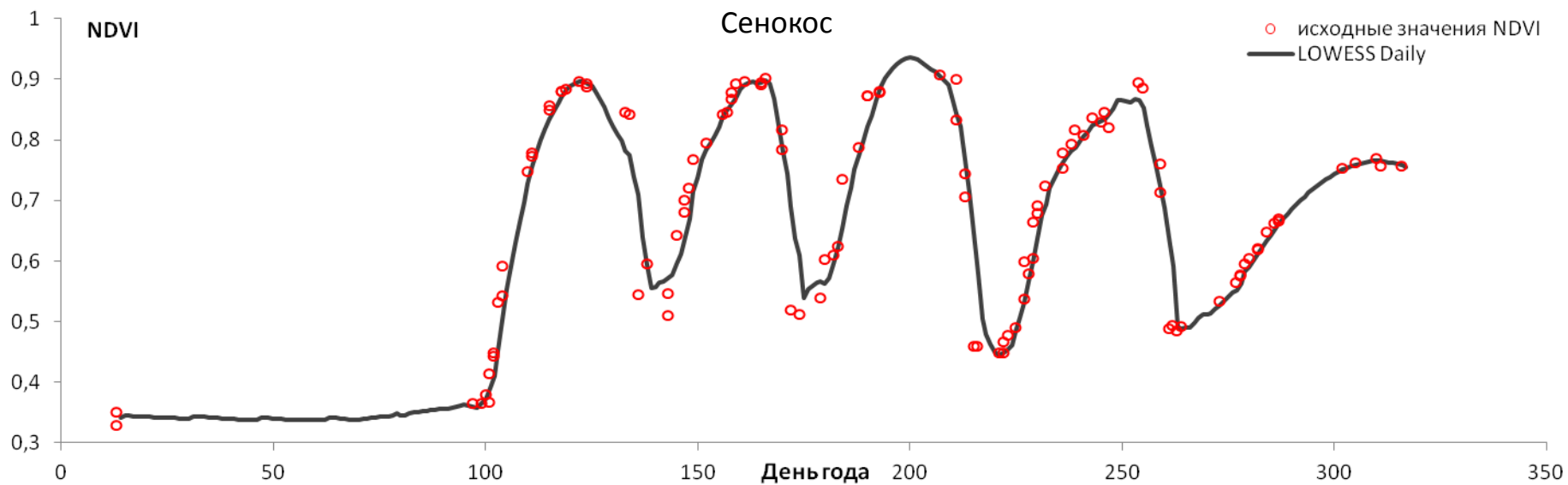
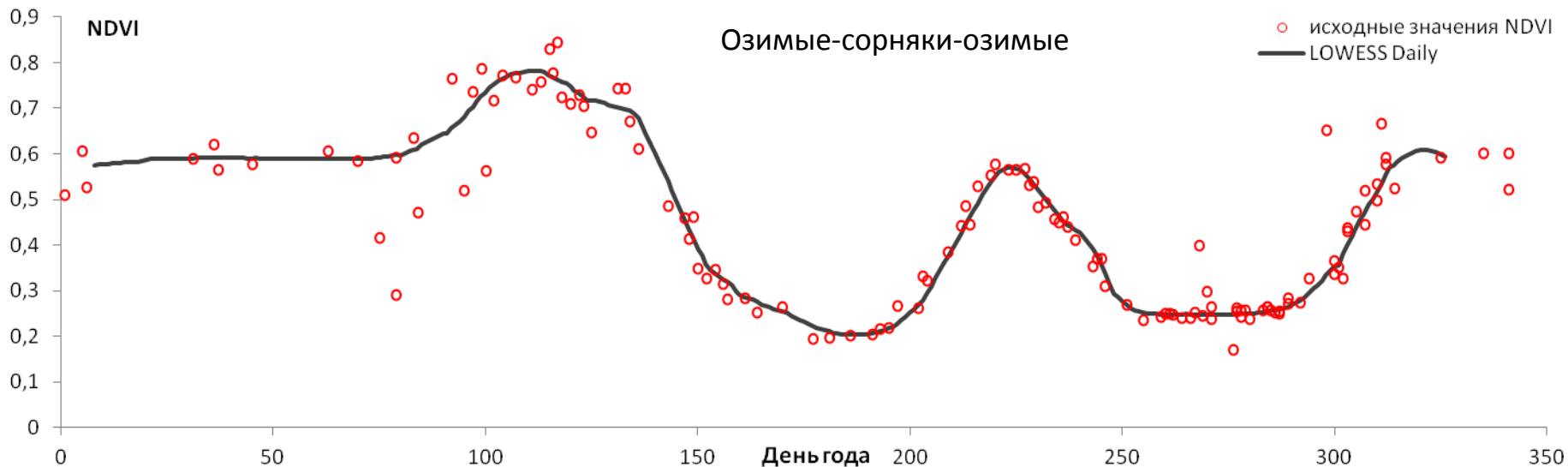
Результаты оценки исходных изображений КМСС-М (Метеор-М №2)



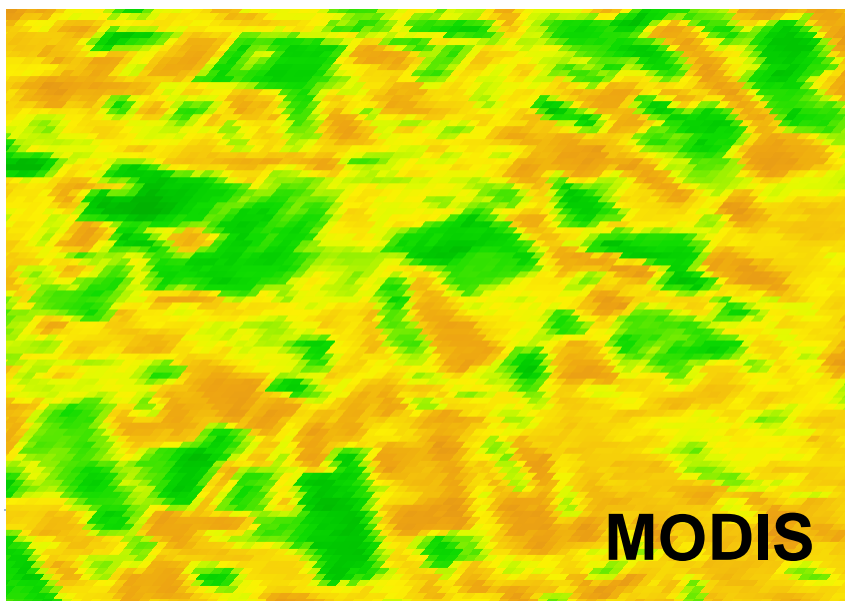
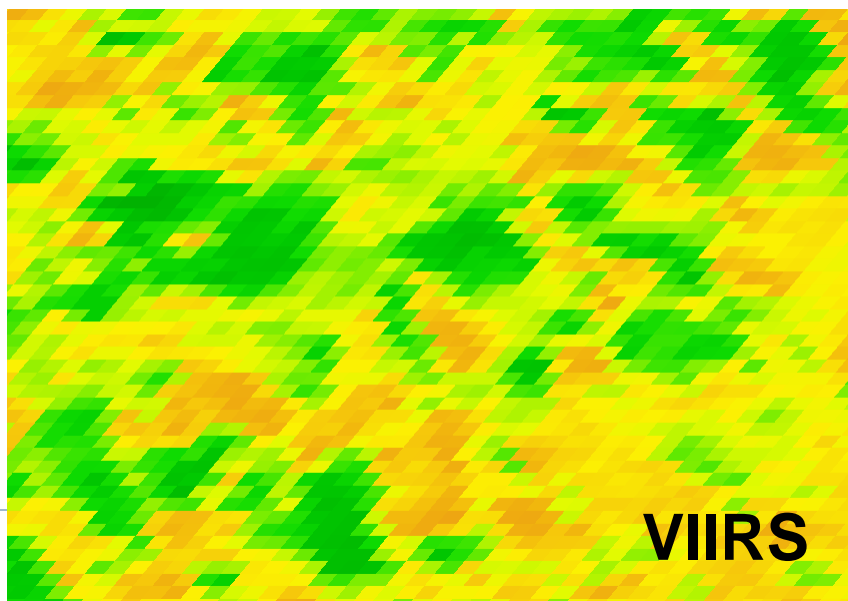
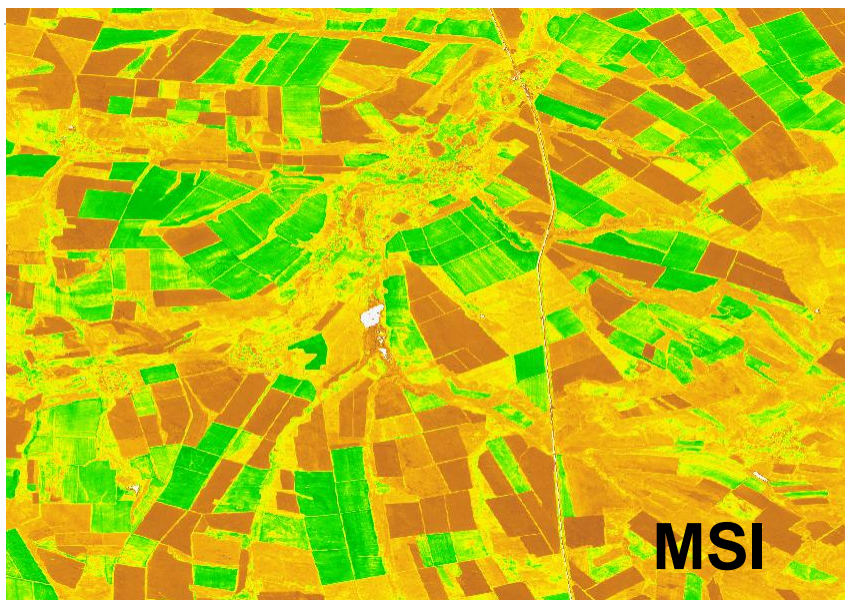
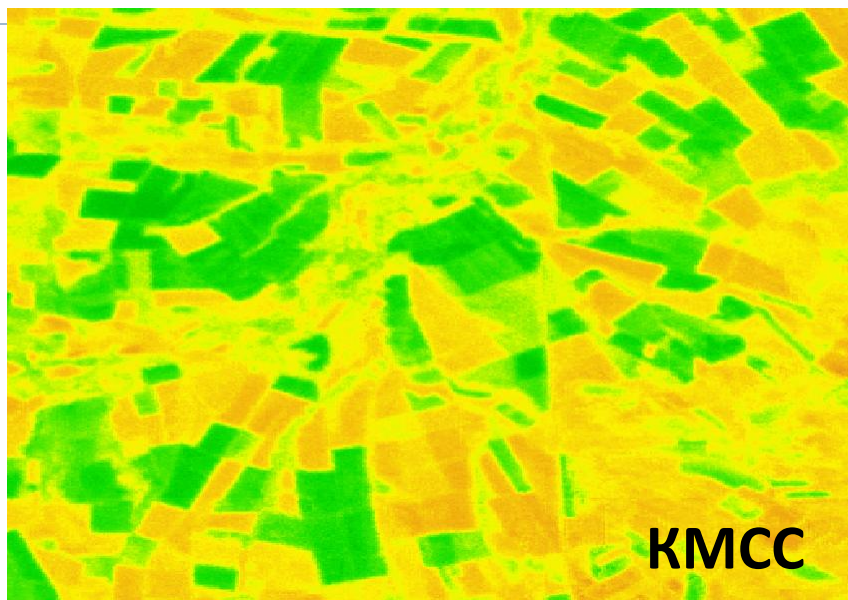
Оценка точности привязки обработанных изображений КМСС-М по данным Sentinel-2 (10 метров)

**Plotnikov DE, Kolbudaev PA, Loupian EA.** An automatic method for subpixel registration of KMSS-M imagery based on coarse-resolution actualized reference. *Computer Optics* 2022; 46(5): 818-827. DOI: 10.18287/2412-6179-CO-1098.

# Весовая интерполяция LOWESS для скорректированных измерений



# Восстановленный NDVI по данным различных систем на 1 мая 2020 года





# Восстановление ежедневных безоблачных изображений

IEEE Xplore®

Browse ▾

My Settings ▾

Help ▾

Institutional Sign In

All ▾



ADVANCED SEARCH

Conferences > 2022 VIII International Confe... ?

## Daily surface reflectance reconstruction using LOWESS on the example of various satellite systems

Publisher: IEEE

Cite This

PDF

Dmitry Plotnikov ; Pavel Kolbudaev; Alexey Matveev; Evgeny Loupian; Andrey Proshin [All Authors](#)

16

Full

Text Views



### Abstract

#### Document Sections

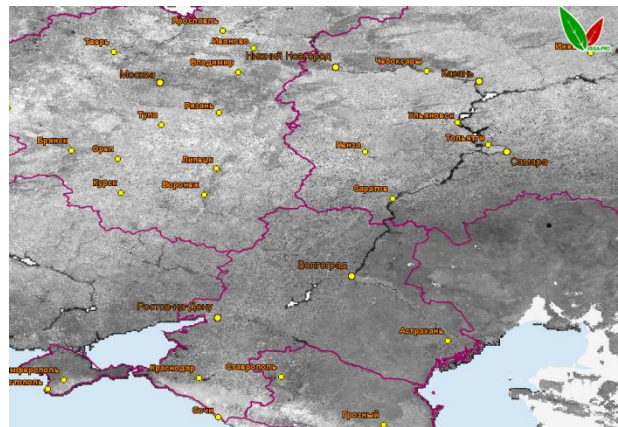
I. Introduction

II. Methodology

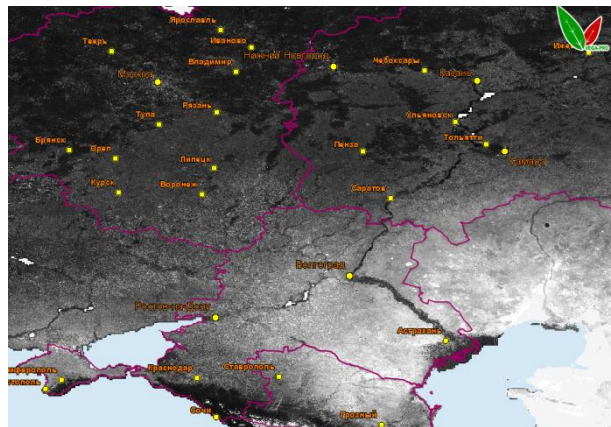
### Abstract:

The study describes the LOWESS methodology based on locally weighted moving-window regression and its use for the uniform reconstruction of harmonized gap-free seasonal and multiannual time series of daily surface reflectance for vegetation cover of Russia on the example of four satellite systems: VIIRS (NPP), Terra/Aqua (MODIS), Sentinel-2A/B (MSI), Meteor-M-2/2.2 (KMSS)

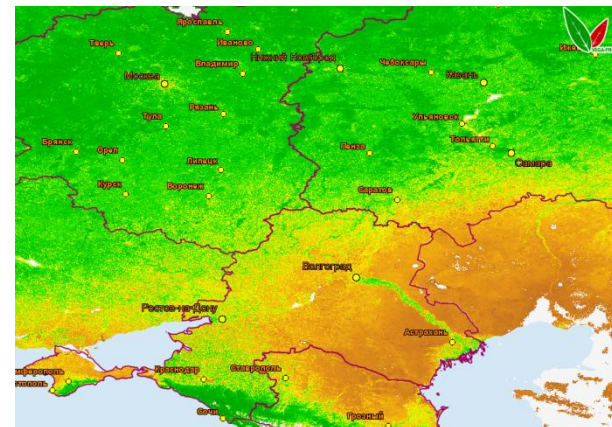
# Результаты использования технологии на больших территориях



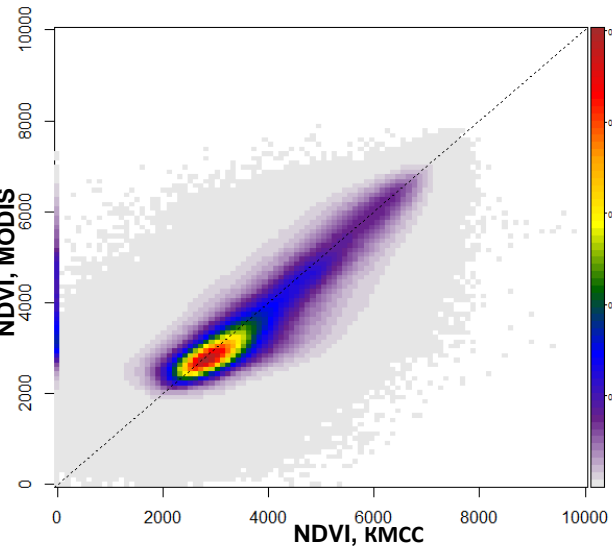
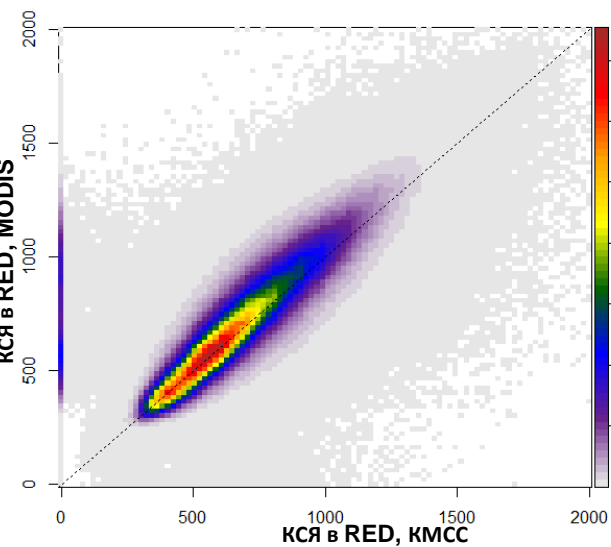
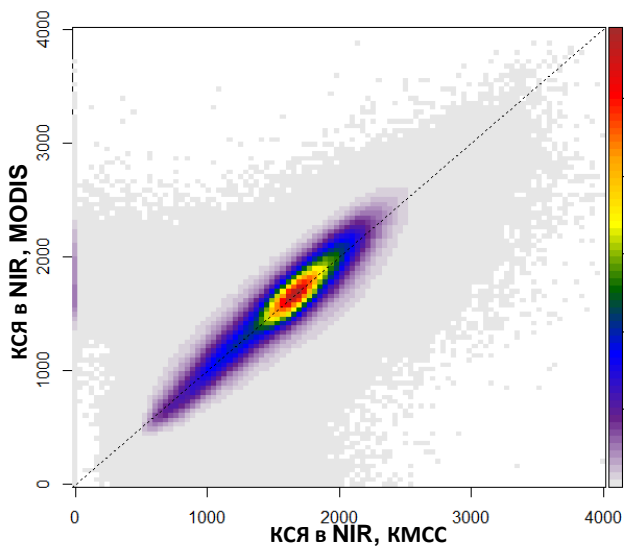
Однодневный композит КМСС в NIR (1.08.2020)



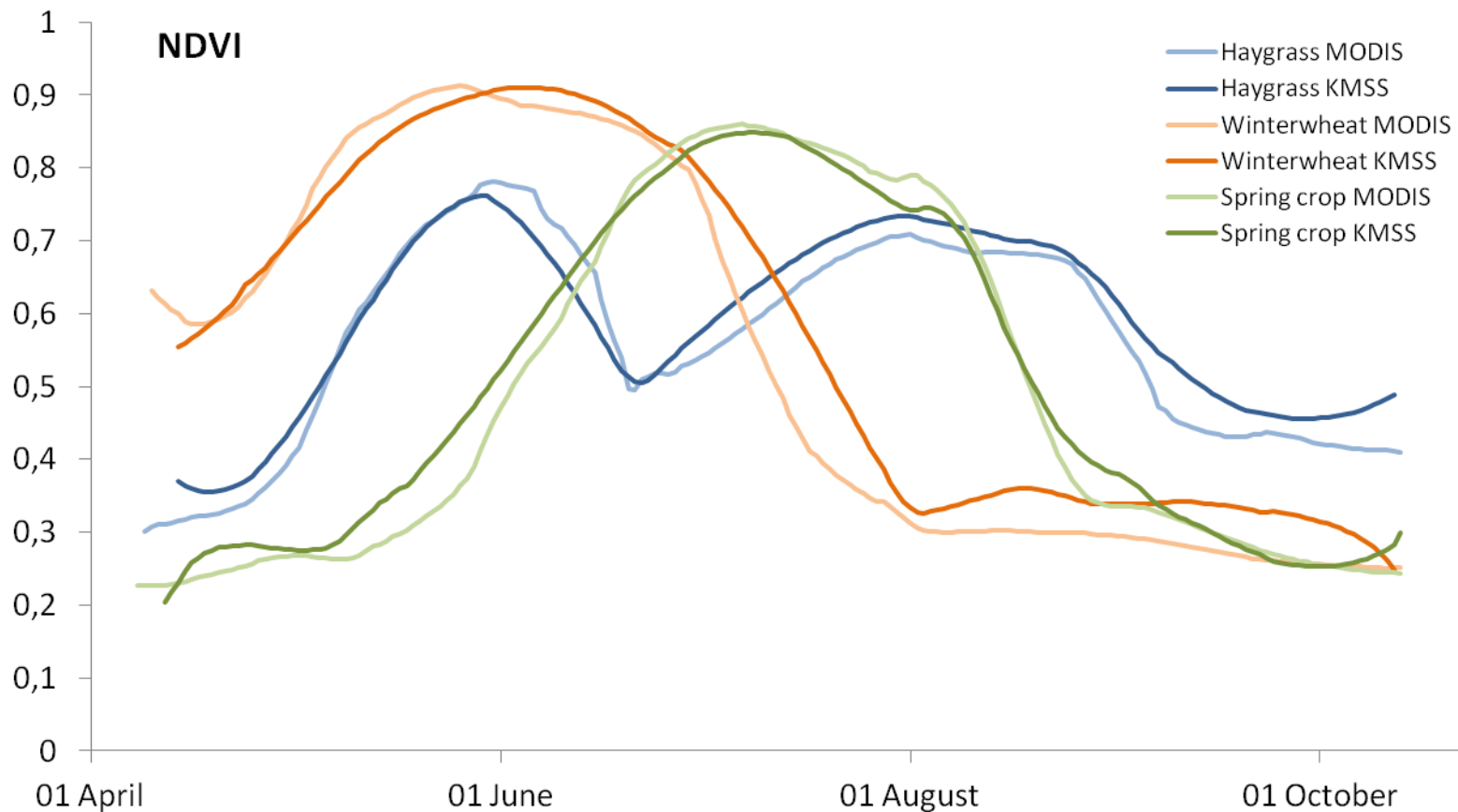
Однодневный композит КМСС в красном канале (1.08.2020)



Однодневный композит NDVI по данным КМСС (1.08.2020)



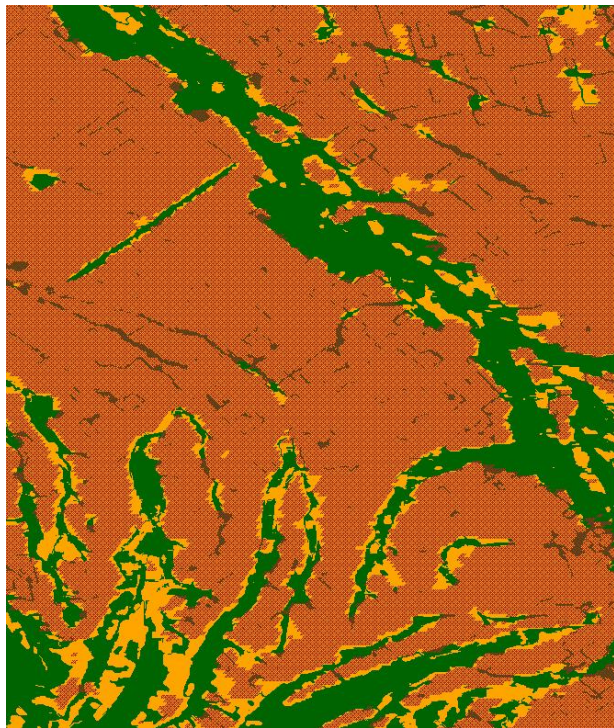
# Временные серии восстановленных значений NDVI по данным КМСС и MODIS



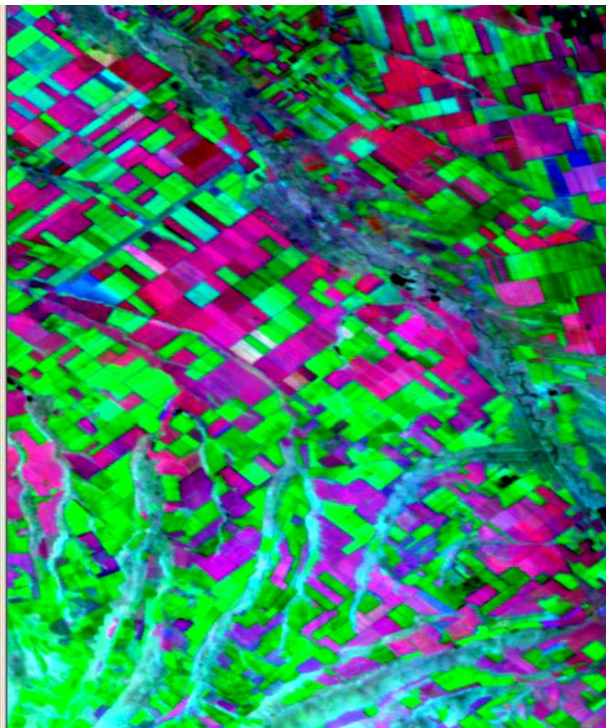
Количественное и качественное совпадение динамики NDVI для различных групп культур позволяет использовать восстановленные временные серии для мониторинга быстроменяющихся классов растительного покрова

# Автоматическое формирование тематических продуктов для континентального сельскохозяйственного мониторинга на основе ежедневных безоблачных данных КМСС уровня L2A

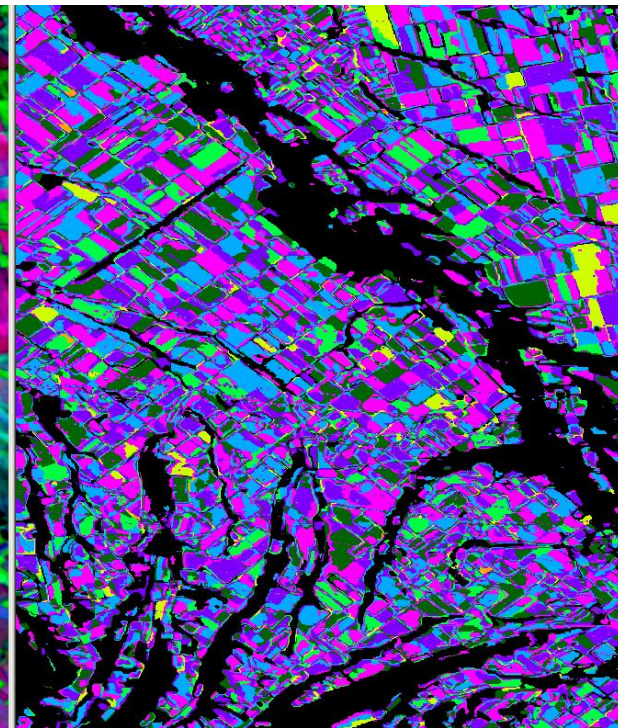
---



**Автоматическое распознавание используемой пашни по данным КМСС-М с разрешением 60 метров**



**Разновременной синтез ежедневных безоблачных мультиспектральных изображений КСЯ по данным КМСС-М уровня L2A**



**Автоматическая сегментация для распознавания сельскохозяйственных культур**

# Задачи, которые уже решает технология

---

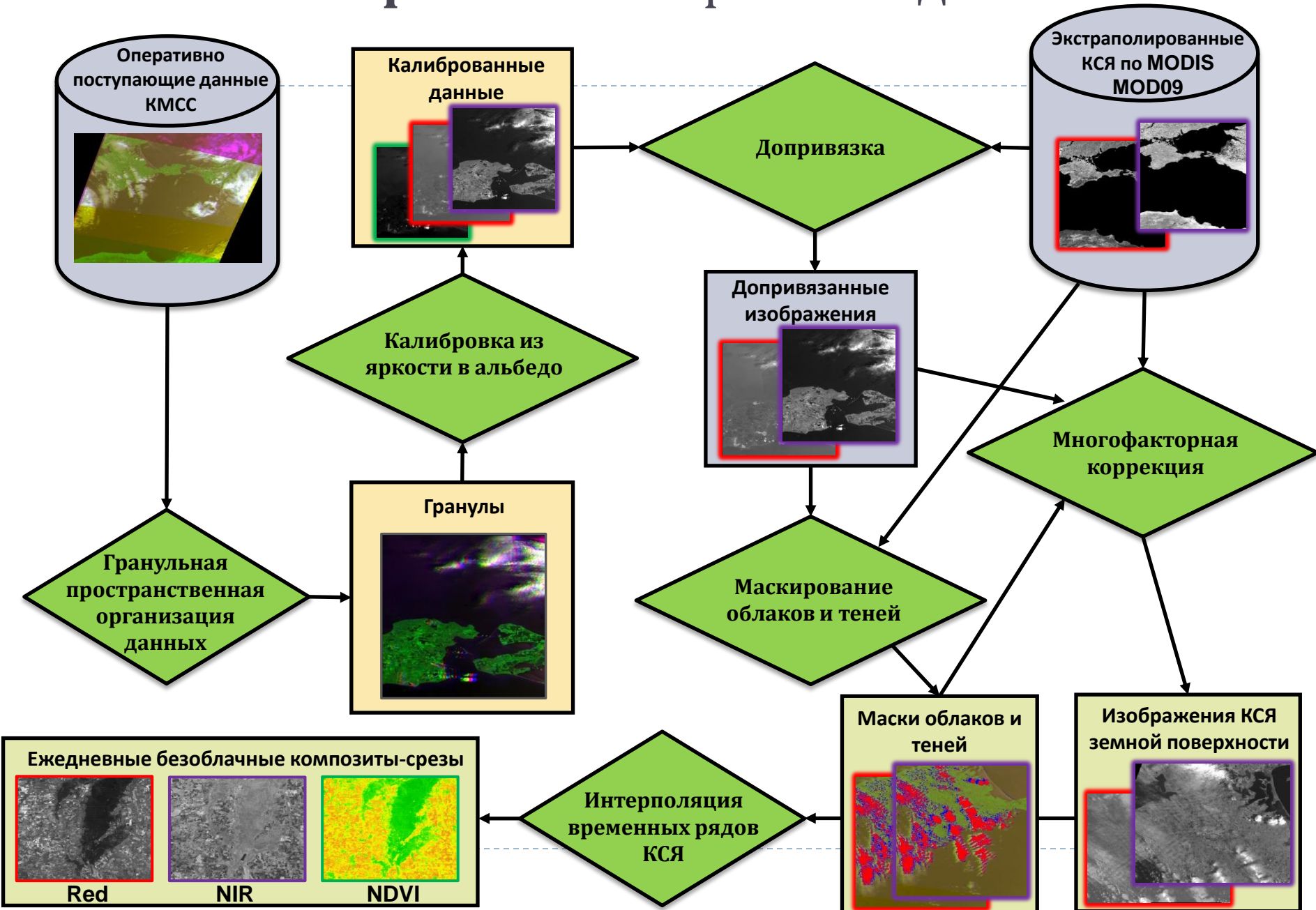
- ▶ Пространственная реорганизация данных: переход с «плавающих» сцен на регулярную сеть фиксированных гранул для упрощения пространственно-временного анализа исходных данных и производных продуктов;
- ▶ Устранение ошибок привязки изображений КМСС-М\КМСС-2 (для каждого канала независимо);
- ▶ Детектирование облачности и теней на монохромных изображениях КМСС-М\КМСС-2;
- ▶ Компенсация влияния состояния атмосферы, геометрии наблюдения и освещения, докалибровки;
- ▶ Формирование гармонизированных рядов измерений КСЯ земной поверхности и производных мультиспектральных индикаторов состояния растительного покрова (NDVI) с шагом 1 день



**Оперативный режим**

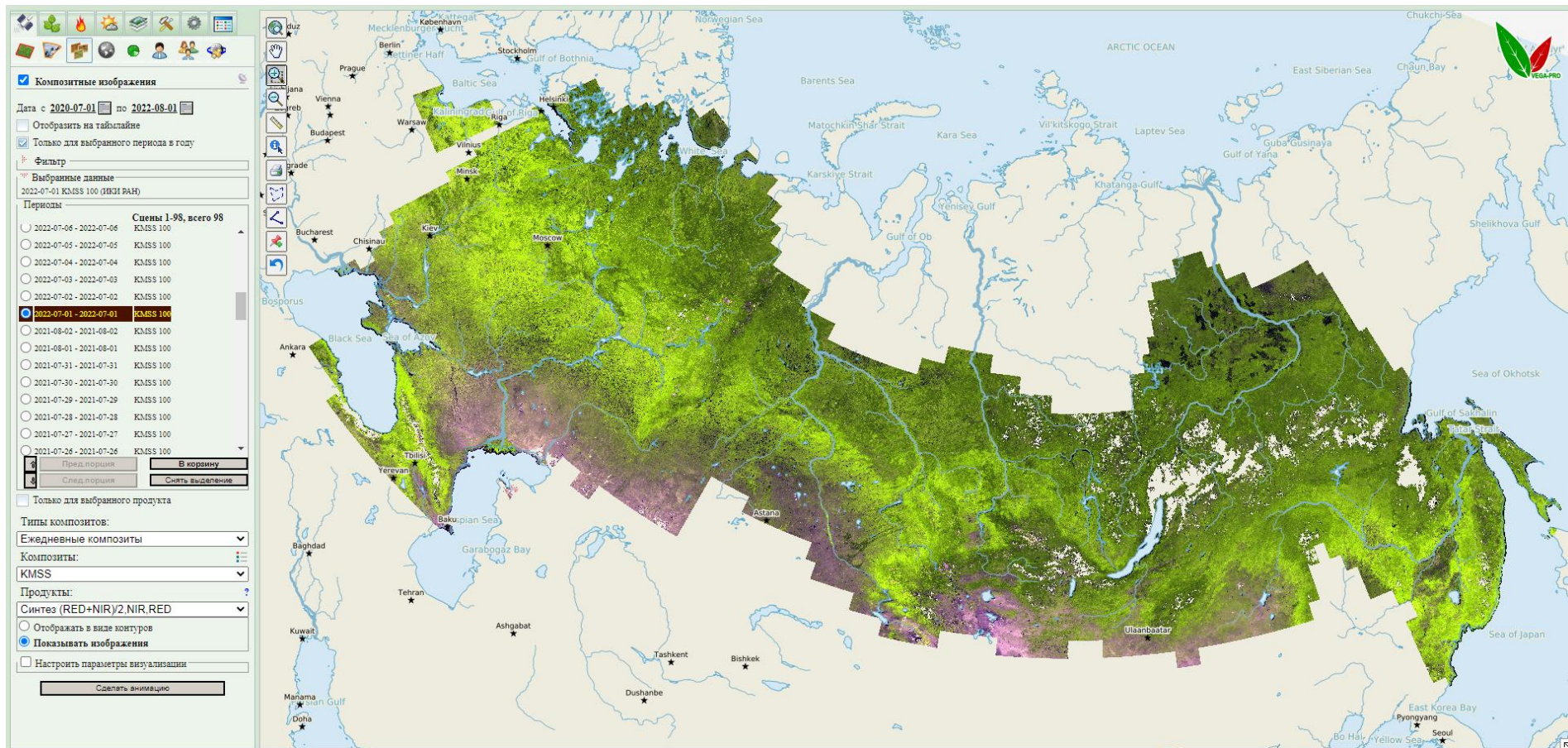
---

# Технология оперативной обработки данных КМСС



# Пример ежедневного безоблачного изображения КМСС за 1 июля 2022

<http://pro-vega.ru>



Пример ежедневного безоблачного изображения КМСС на территорию РФ, сформированного в оперативном режиме

# Эксперимент ACIX по сравнению методов атмосферной коррекции

---

- ▶ Эксперимент ACIX (Atmospheric Correction Inter-Comparison Exercise) основан на построении и оценке следующих метрик:

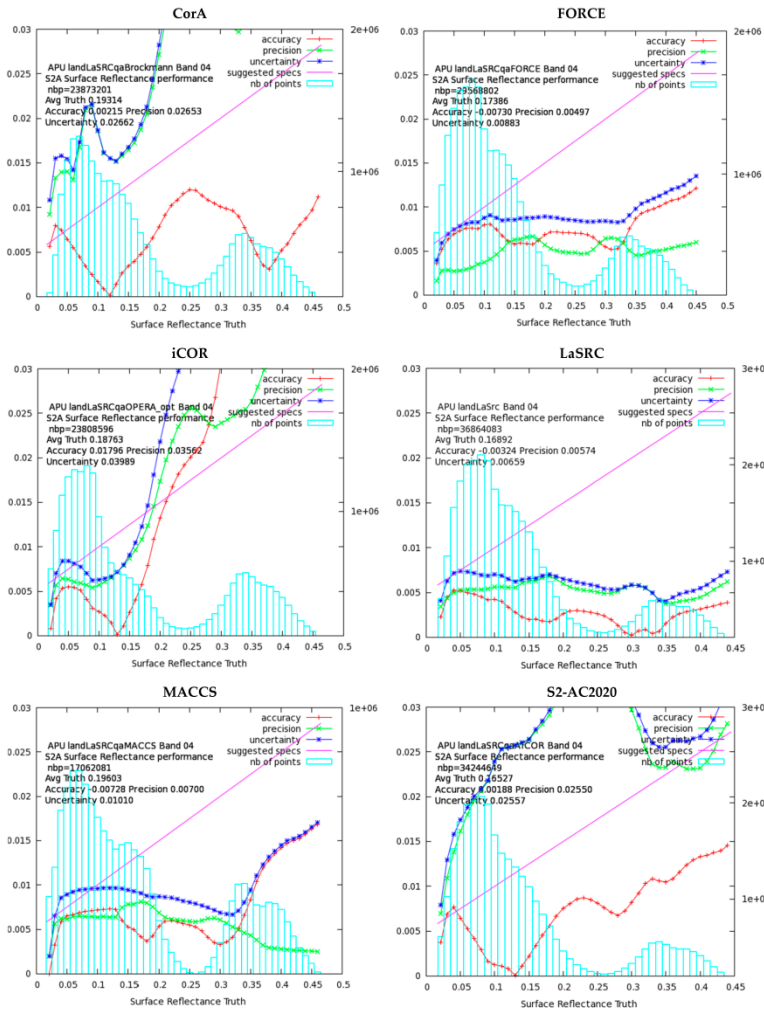
- ▶ Accuracy 
$$A = \frac{1}{n_\lambda} \left( \sum_{i=1}^{n_\lambda} \Delta\rho_{i,\lambda}^{SR} \right)$$

- ▶ Precision 
$$P = \sqrt{\frac{1}{(n_\lambda - 1)} \sum_{i=1}^{n_\lambda} (\Delta\rho_{i,\lambda}^{SR} - A)^2}$$

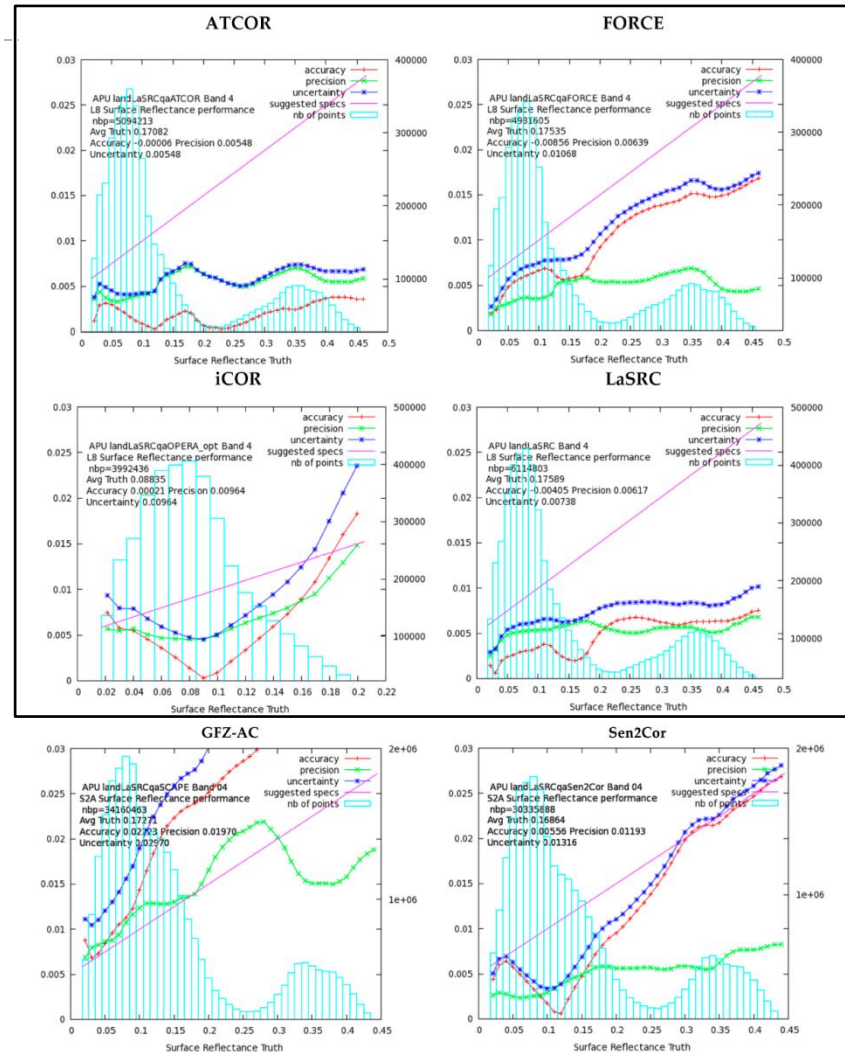
- ▶ Uncertainty 
$$U = \sqrt{\frac{1}{n_\lambda} \sum_{i=1}^{n_\lambda} (\Delta\rho_{i,\lambda}^{SR})^2}$$



# Результаты оценки корректоров (RED) в рамках ACIX

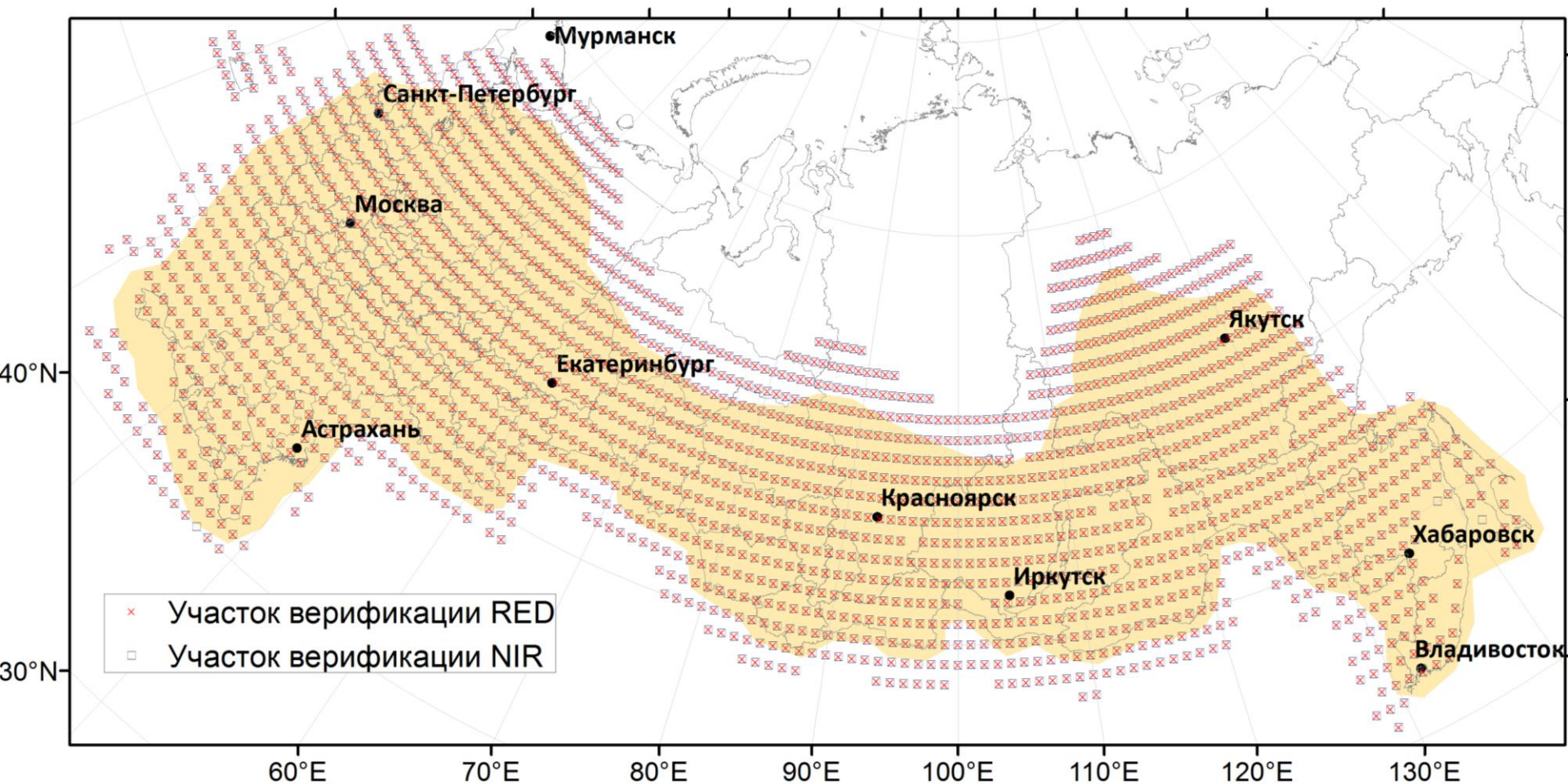


Sentinel-2

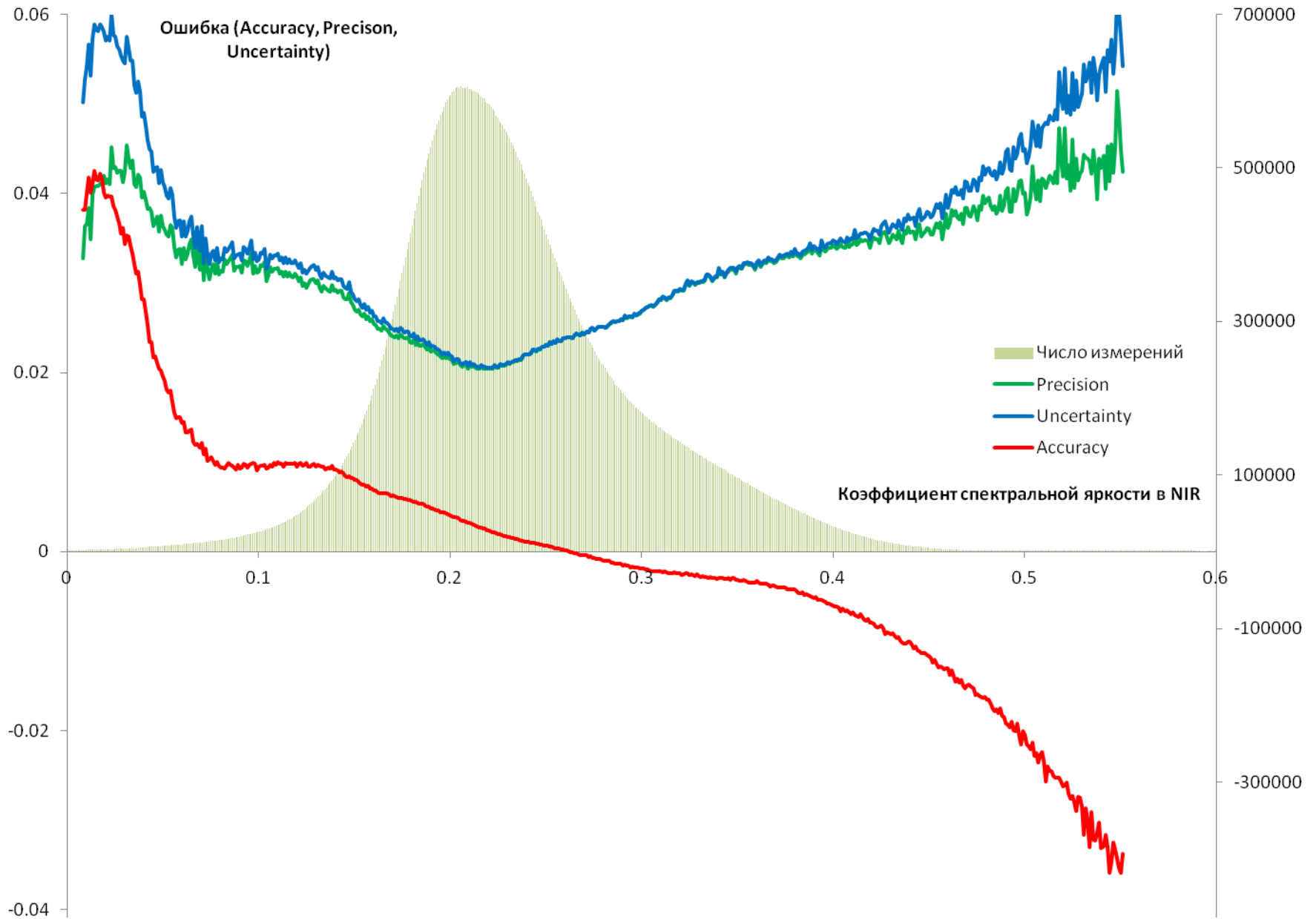


Landsat-8

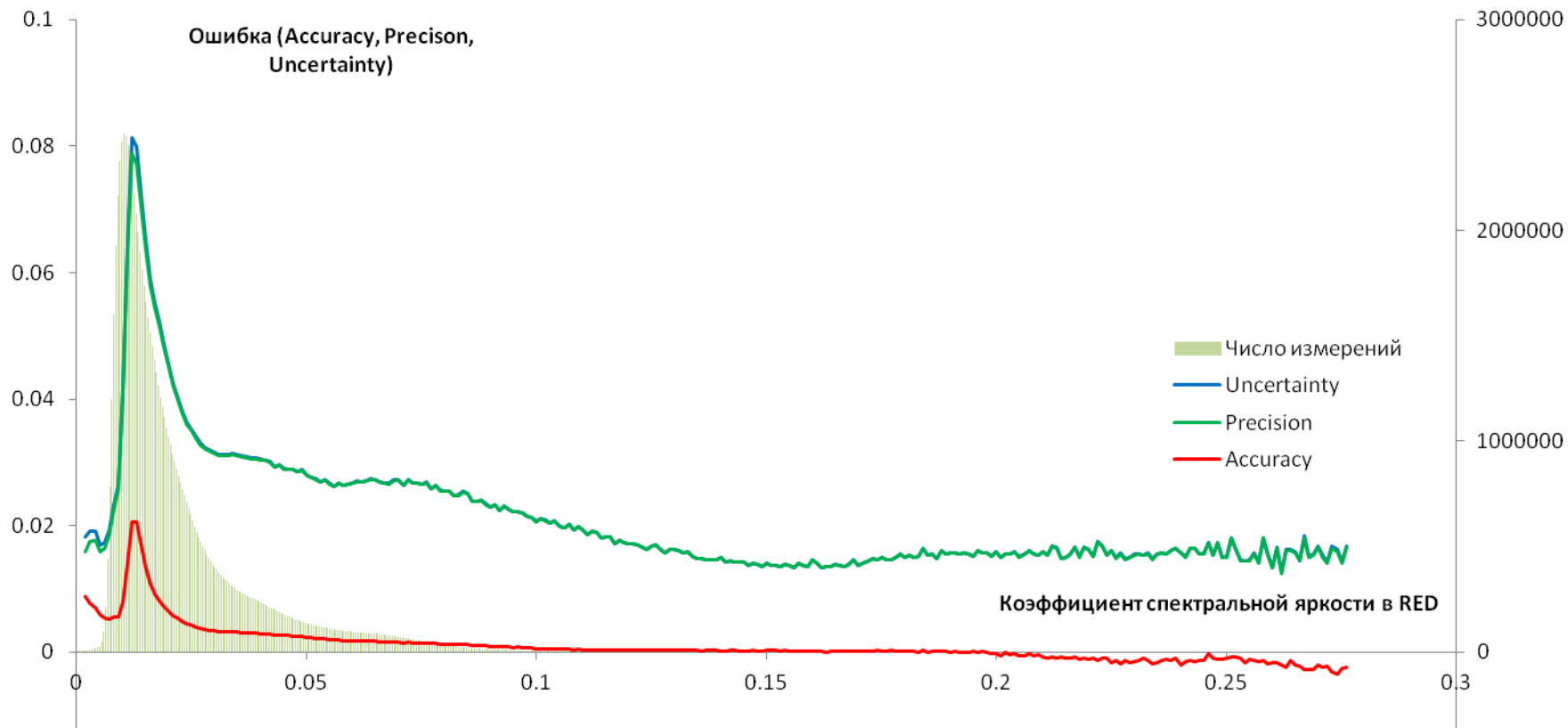
# Расположение участков верификации оперативно полученных продуктов за 2022 год



# Распределение метрик A,P,U (КМСС NIR)



# Распределение метрик A,P,U (КМСС RED)



# Результаты и выводы

---

- ▶ Метод атмосферной коррекции на основе гистограммного совмещения характеризуется положительными ошибками (завышение) измерения КСЯ в области низких значений и отрицательными ошибками (занижение) измерений КСЯ в области высоких значений;
  - ▶ Среднее значение ошибки измерения КСЯ в NIR близко к 0, дисперсия 0.02;
  - ▶ Среднее значение ошибки измерения КСЯ в RED составляет 0.01, дисперсия 0.05
-

# Заключение: текущее состояние

---

- ▶ Оперативная технология позволяет формировать ежедневные безоблачные мультиспектральные композитные изображения КСЯ КМСС-М\КМСС-2 на большие территории – в настоящее время покрыта территория агропояса РФ за 2022 год, формируются композиты на 2020 и 2021 годы;
  - ▶ Получаемые с её помощью временные ряды КСЯ совместимы с временными сериями данных Terra\Aqua (MODIS), Landsat(ETM+, OLI), NPP(VIIRS) и могут быть использованы для решения задач мониторинга и количественной оценки растительного покрова с известной точностью;
-

## Заключение: перспективы

---

- ▶ Оптимизация и уменьшение времени работы этапов технологии, включая привязку, маскирование облачности и теней;
  - ▶ Расширение пространственно-временного охвата: территория РФ и сопредельных стран на весь имеющийся и перспективный архив данных КМСС-М и КМСС-2
-

---

**Спасибо за внимание!**

---