

**Автоматическая технология построения ежедневных
безоблачных композитных изображений КМСС для
количественной оценки состояния земной поверхности**

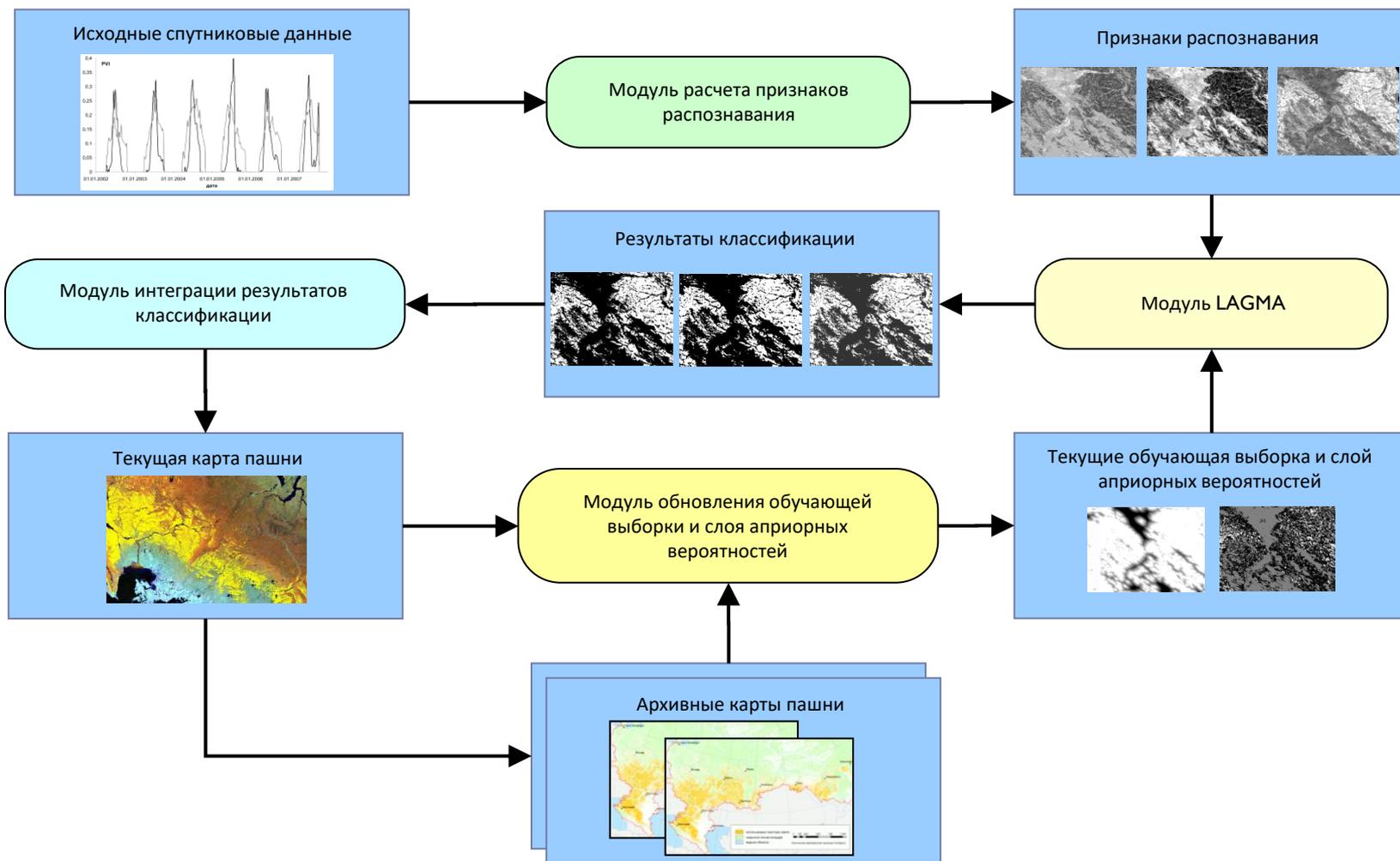
Плотников Д.Е, Колбудаев П.А., Матвеев А.М., Прошин А.А., Лупян Е.А.
Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 18 ноября 2021



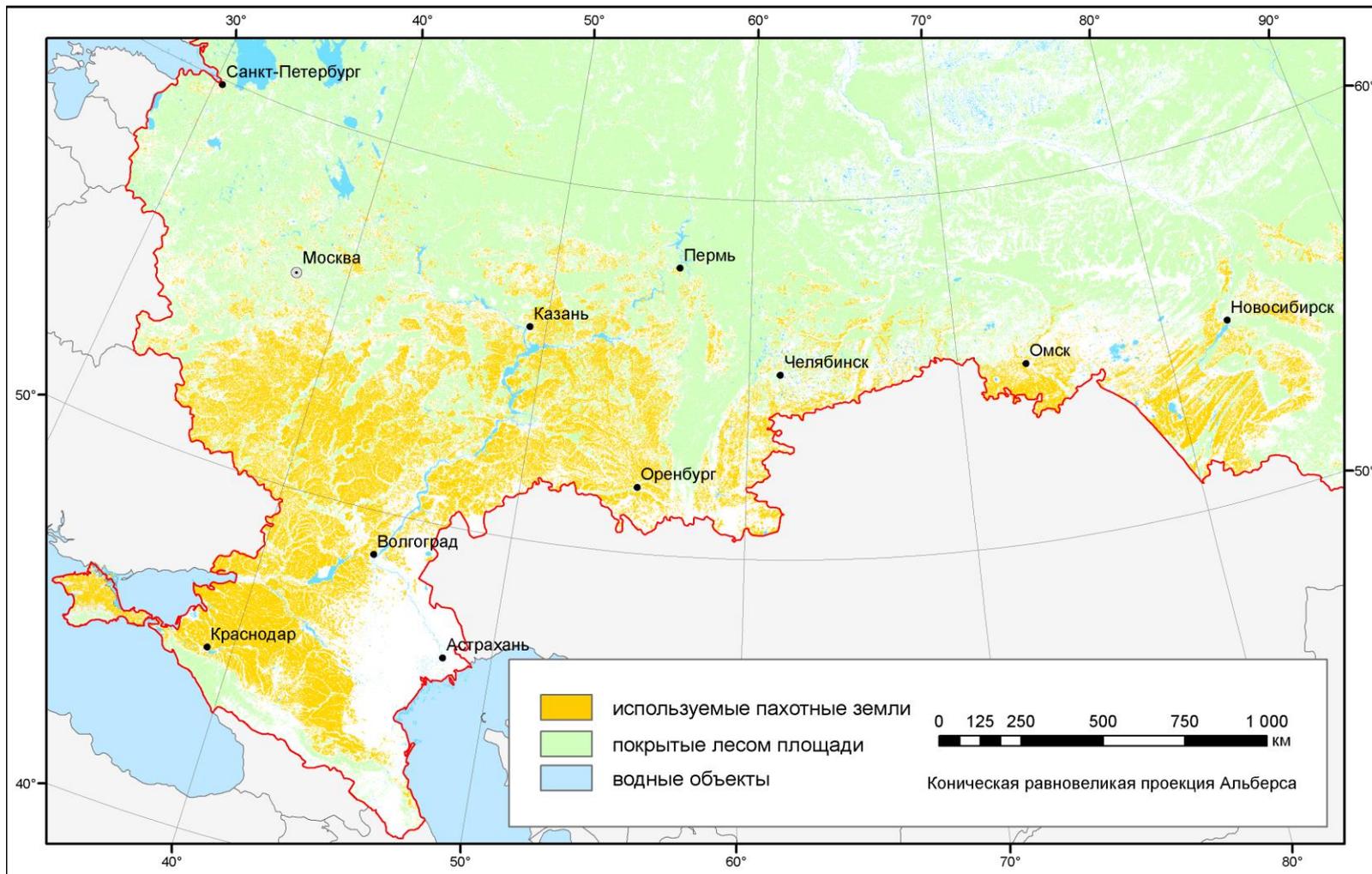
Цель работы

- ▶ Для научных и практических задач мониторинга земной поверхности **необходимы** гармонизированные временные ряды **калиброванных, атмосферно-скорректированных, географически привязанных** измерений **КСЯ** с **высоким временным разрешением**
 - ▶ В ИКИ РАН созданы технологии автоматического картографирования и оценки состояния растительного покрова и сельскохозяйственных культур на основе таких гармонизированных многолетних и сезонных временных серий
-

Технология ежегодного распознавания используемых пахотных земель по MODIS

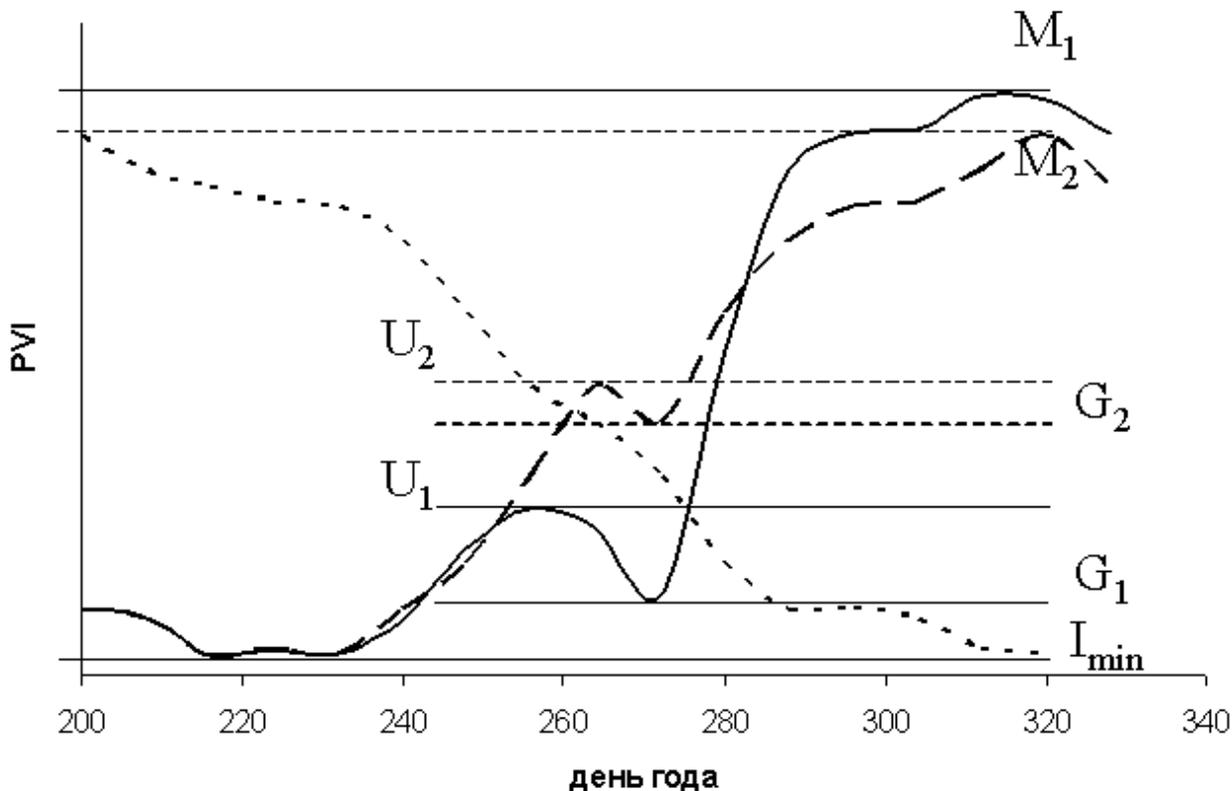


Карта используемой пашни по MODIS



Карта пахотных земель России по состоянию на 2020 год

Автоматический алгоритм детектирования озимых в осенне-зимний период

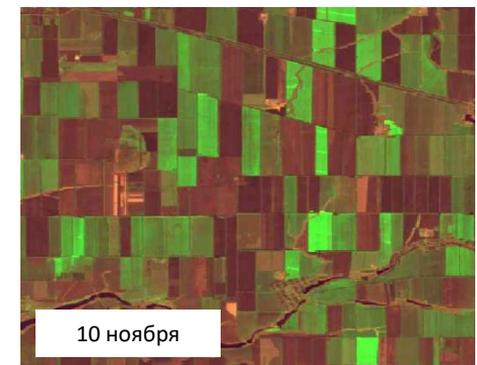
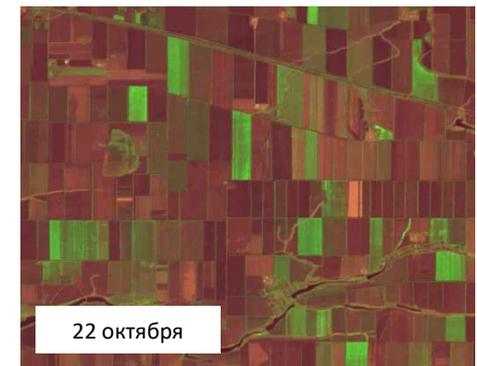
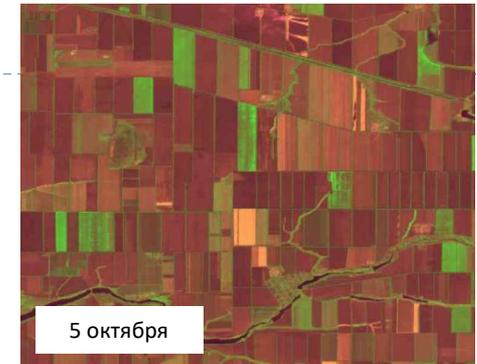


Под «непрерывным ростом» понимается выполнение условий:

1. $PVI(t) > PVI(t_0), t > t_0$
2. $(U_k - G_k) < (G_k - I_{min})$

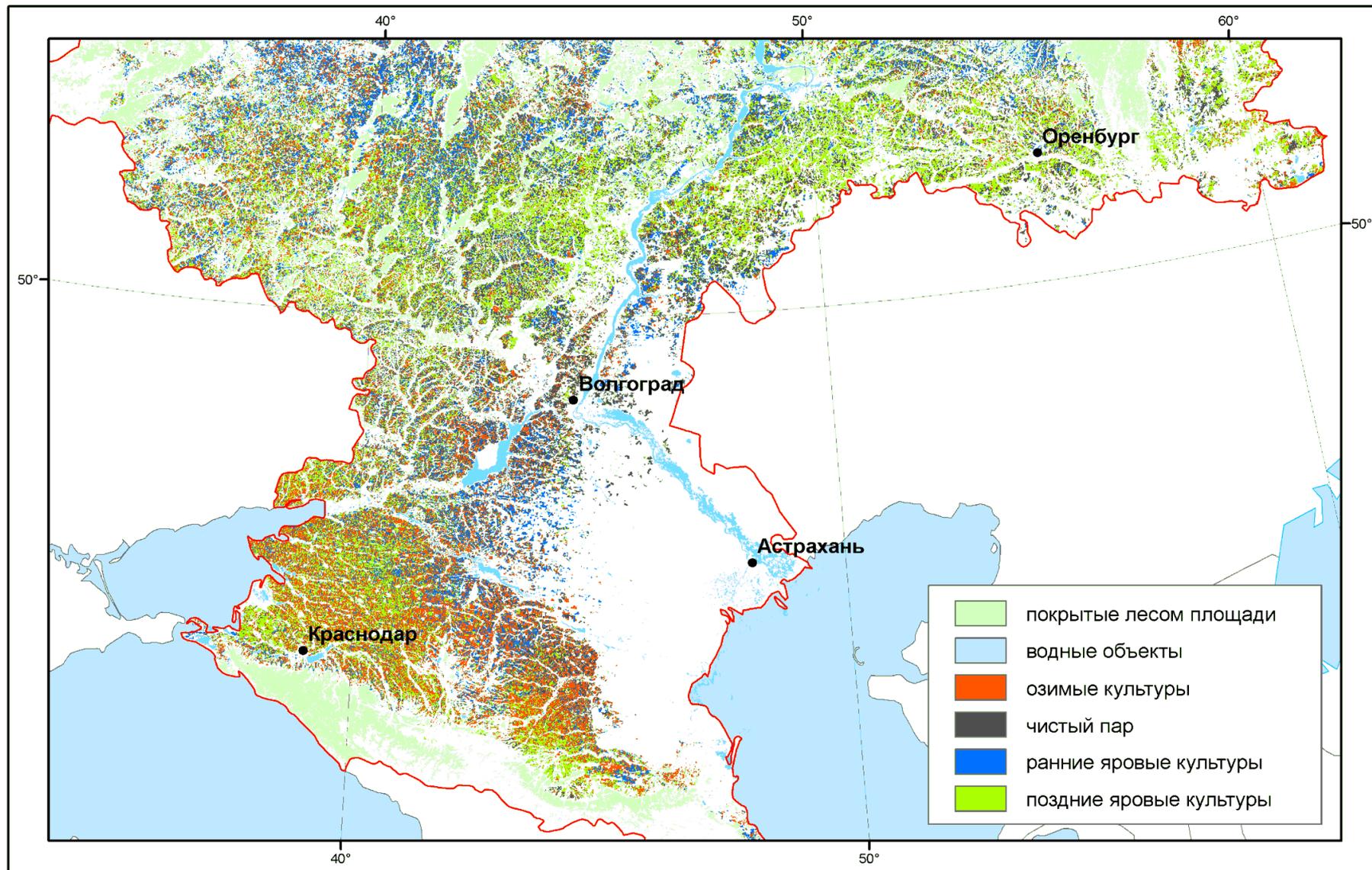
Условие отнесения к классу растительности:

Длительность «непрерывного роста» > 15 дней

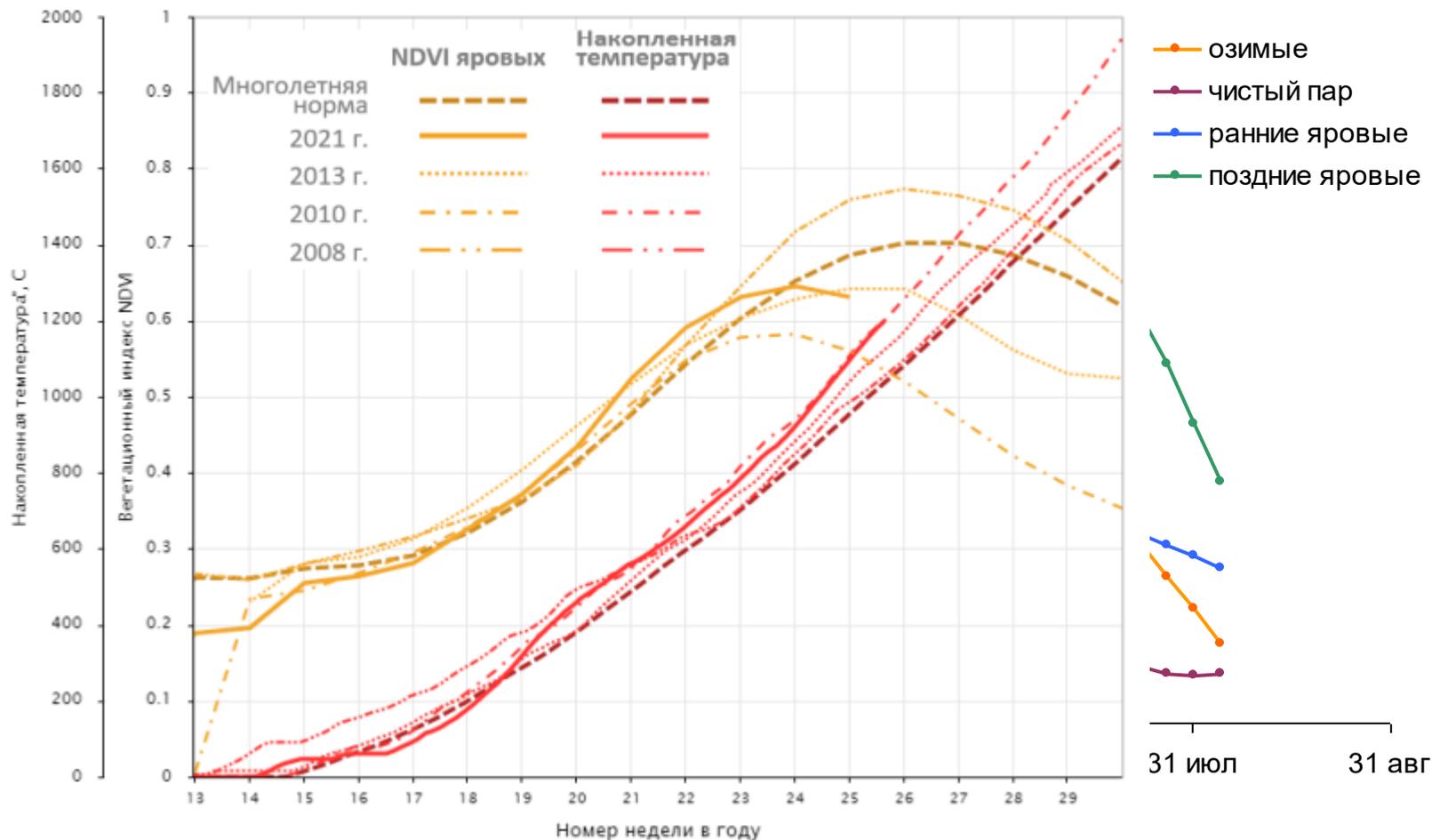


Накопление зеленой биомассы

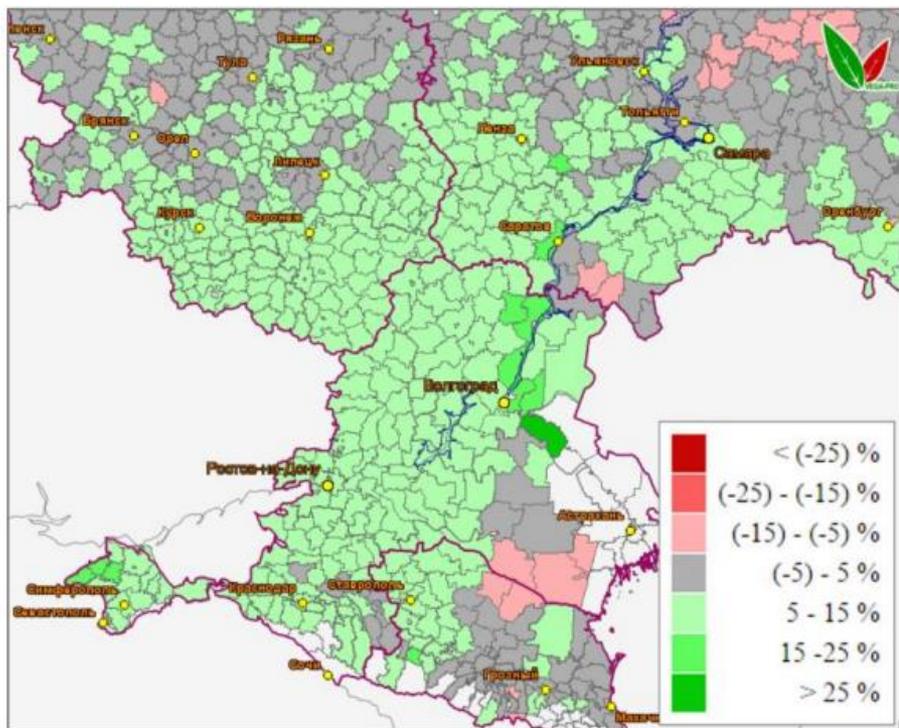
Распознавание на основе временных серий групп культур



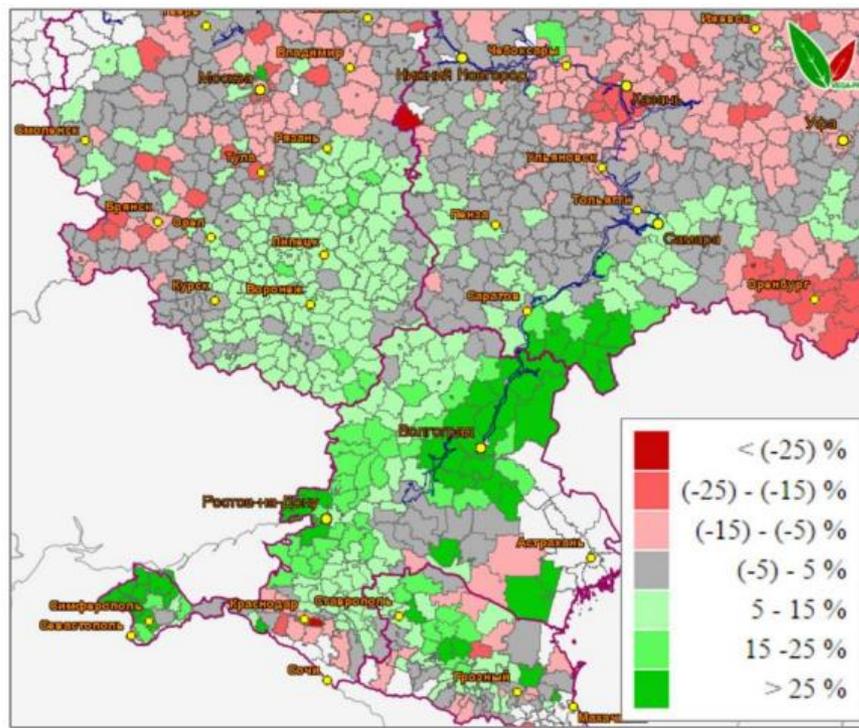
Фенология и оценка состояния детектируемых культур по данным MODIS



Отклонение состояния сельскохозяйственных культур от среднеголетних нормализованных значений

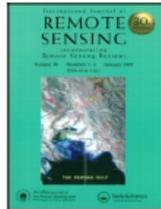


Отклонение NDVI озимых культур от многолетней нормы по состоянию на 27 июня 2021 года



Отклонение NDVI яровых культур от многолетней нормы по состоянию на 27 июня 2021 года

Публикации ИКИ РАН на тему автоматического распознавания



International Journal of Remote Sensing

ISSN: 0143-1161 (Print) 1366-5901 (Online) Journal homepage: <http://www.tandf.co.uk/journals/ISSN/01431161>

Towards a set of agrosystem-specific mapping methods to address the global diversity

François Waldner, Diego De Abelleira, Santiago R. Verón, Bingfang Wu, Dmitry Plotnikov, Sergey Bartalev, Mykola Lavreniuk, Serh Kussul, Gueric Le Maire, Stéphane Dupuy, Ian Jarvis & Pierre Defourny

To cite this article: François Waldner, Diego De Abelleira, Santiago R. Verón, Bingfang Wu, Dmitry Plotnikov, Sergey Bartalev, Mykola Lavreniuk, Serh Kussul, Gueric Le Maire, Stéphane Dupuy, Ian Jarvis & Pierre Defourny. Mapping of arable land in Russia using multi-year time series of MODIS data and the LAGMA classification technique. *International Journal of Remote Sensing*, 37:14, 3196-3231

To link to this article: <http://dx.doi.org/10.1080/01431161.2016.11945>



© 2016 The Author(s). Published by Informa UK Limited, trading as Taylor & Francis Group.



Published online: 28 Jun 2016.



Submit your article to this journal [↗](#)



View related articles [↗](#)



View Crossmark data [↗](#)

REMOTE SENSING LETTERS, 2016
VOL. 7, NO. 3, 269–278
<http://dx.doi.org/10.1080/2150704X.2015.1130874>



Taylor & Francis
Taylor & Francis Group

Mapping of arable land in Russia using multi-year time series of MODIS data and the LAGMA classification technique

Sergey A. Bartalev, Dmitry E. Plotnikov and Evgeny A. Loupian

Space Research Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

ABSTRACT

The sustainable agriculture requires a regular country-wide update of information on the status and extension of arable land in Russia. The arable land mapping method is developed based on multi-year time series of Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) data. The method exploits differences between the intra- and inter-annual changes in the spectral reflectance of arable land and the corresponding changes for other land cover types. It involves a set of satellite data-derived phenological metrics generated using a 6 years long time series of the perpendicular vegetation index (PVI). The approach utilizes the Locally Adaptive Global Mapping Algorithm (LAGMA), which is a supervised classification technique accounting for the spatial variability of intra-classes spectral properties. The method has been applied to produce a uniform time series of comparable annual arable land maps for Russia at 250 m spatial resolution for the years 2005–2013. Countrywide arable land area trends over the above time series were found to be consistent with official statistics (ROSSTAT). The mapping result has been evaluated using reference data providing *F*-score exceeding 80% for the most productive regions.

ARTICLE HISTORY

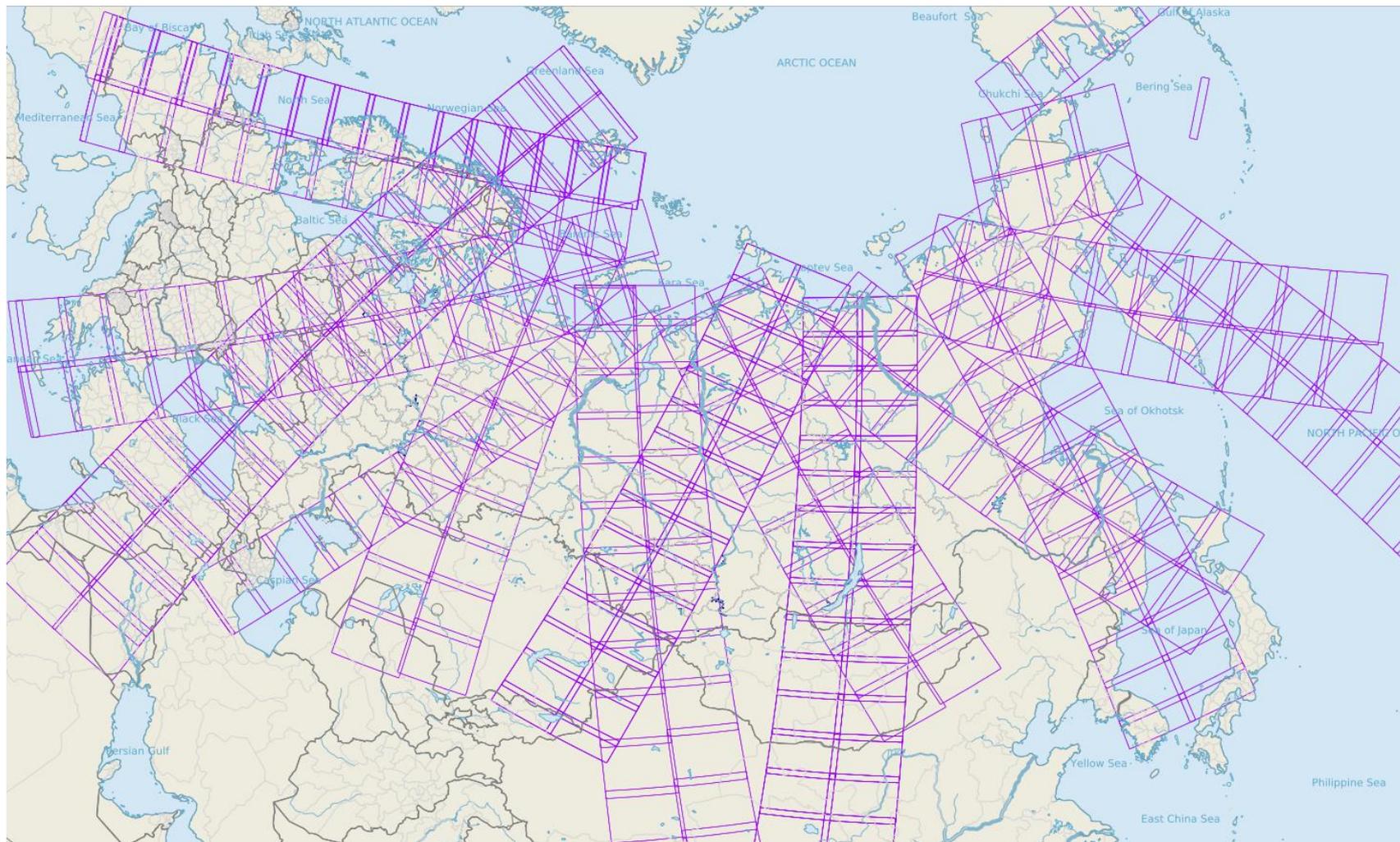
Received 13 February 2015
Accepted 2 December 2015

1. Introduction

The Russian Federation holds about 10% of the world's arable land area (FAO 2013). The diversity of climate, soil types and economic conditions results in the pronounced differences in cropland productivity and farming techniques across the country.

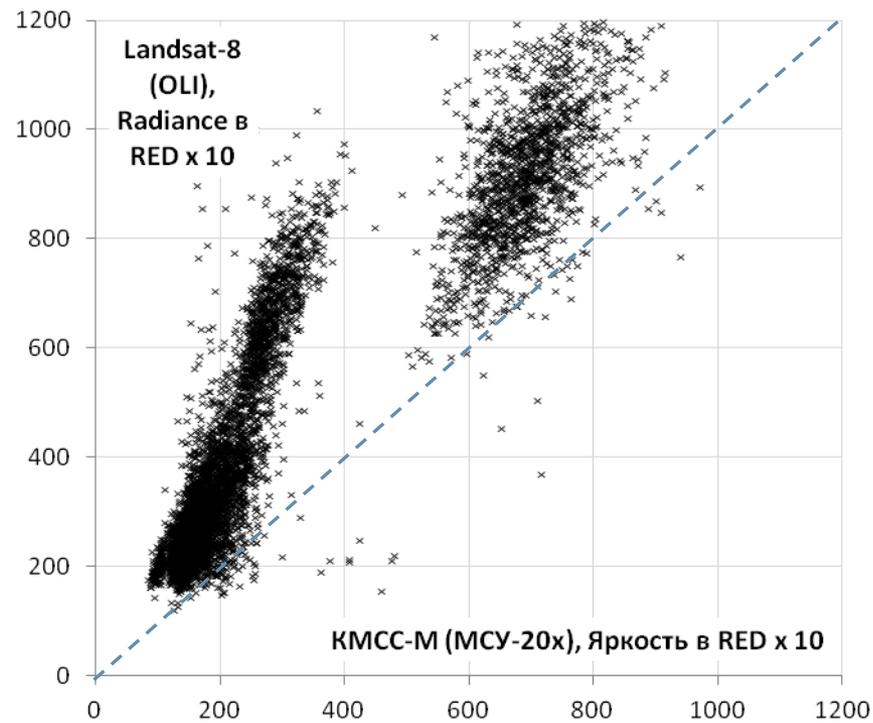
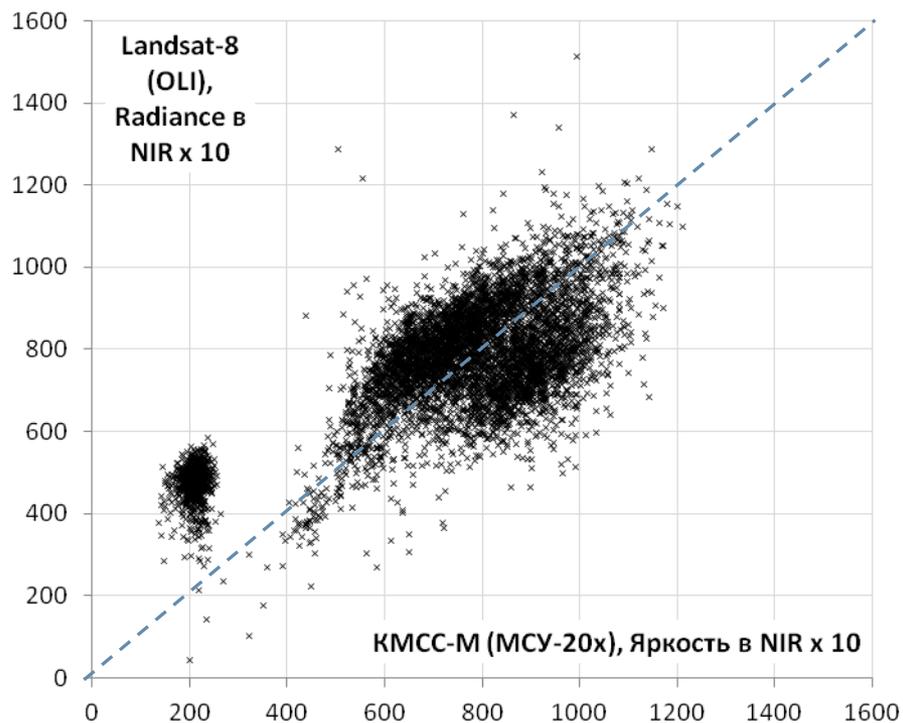
The economic decline at the end of the last century led to abandonment of rural areas in Russia. In comparison to year 1990 taken as a reference, the peak of the sown area reduction in Russia was recorded in year 2007 at about 36.5% (ROSSTAT 2015). While a current tendency is restoration of desolated lands, the average increase of the sown area according to the state statistics does not exceed 0.5×10^6 ha year⁻¹. Depending on land restoration costs and expected economic benefits, the sown area

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

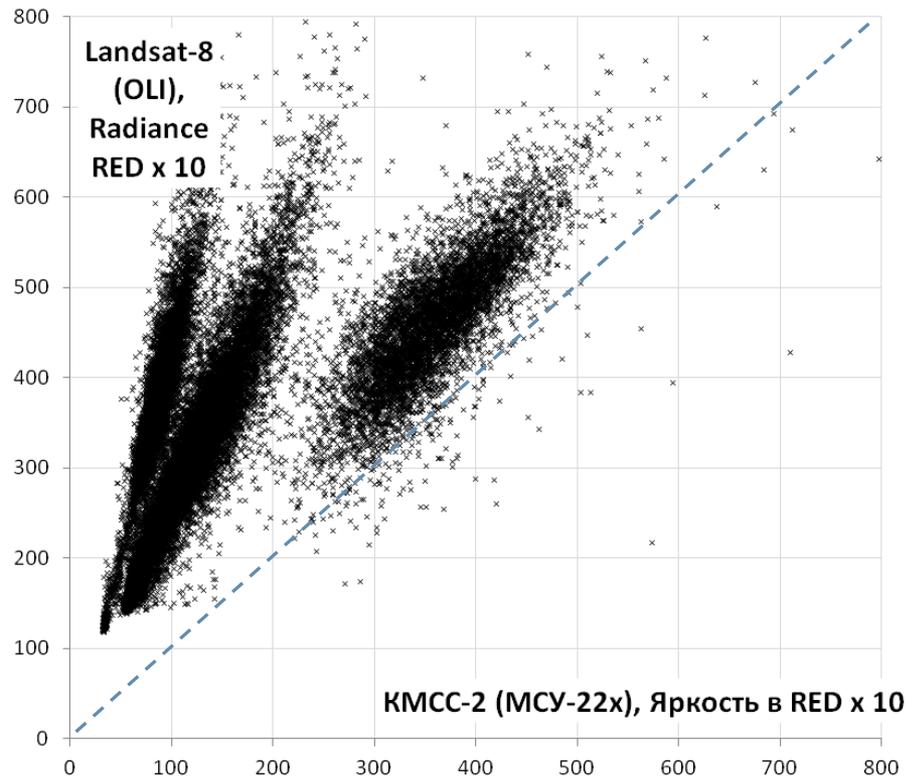
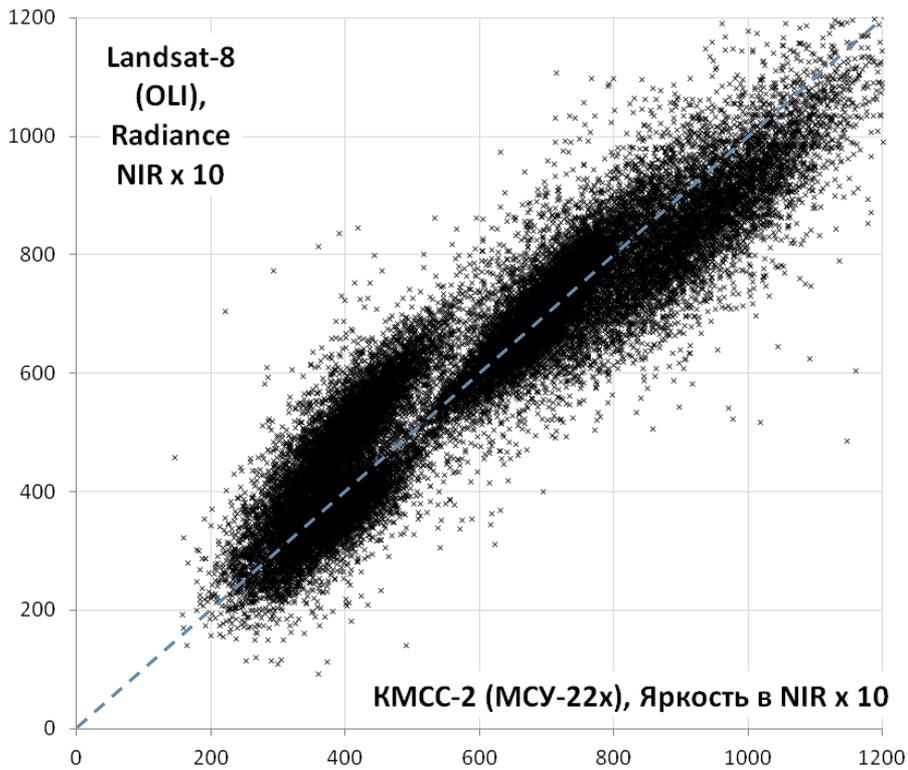


Территория России полностью покрывается изображениями КМСС-М за 3-5 дней, а совместно с КМСС-2 – за **1-2 дня** (разрешение 60 метров)

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



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



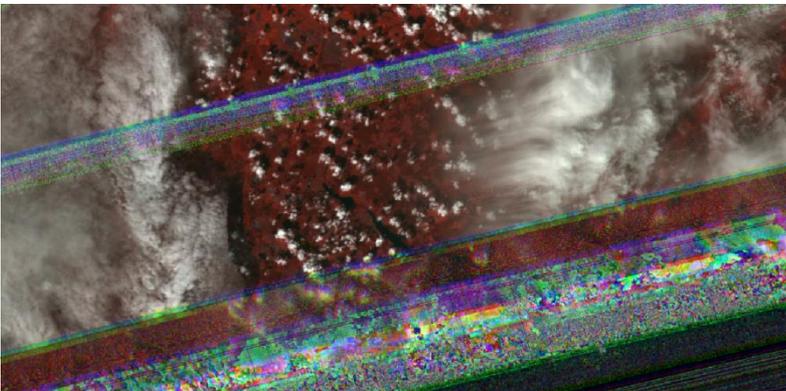
Другие особенности данных КМСС-М



Искажения географической привязки между разновременными снимками



Ошибки географической привязки между одномоментными разнозональными изображениями

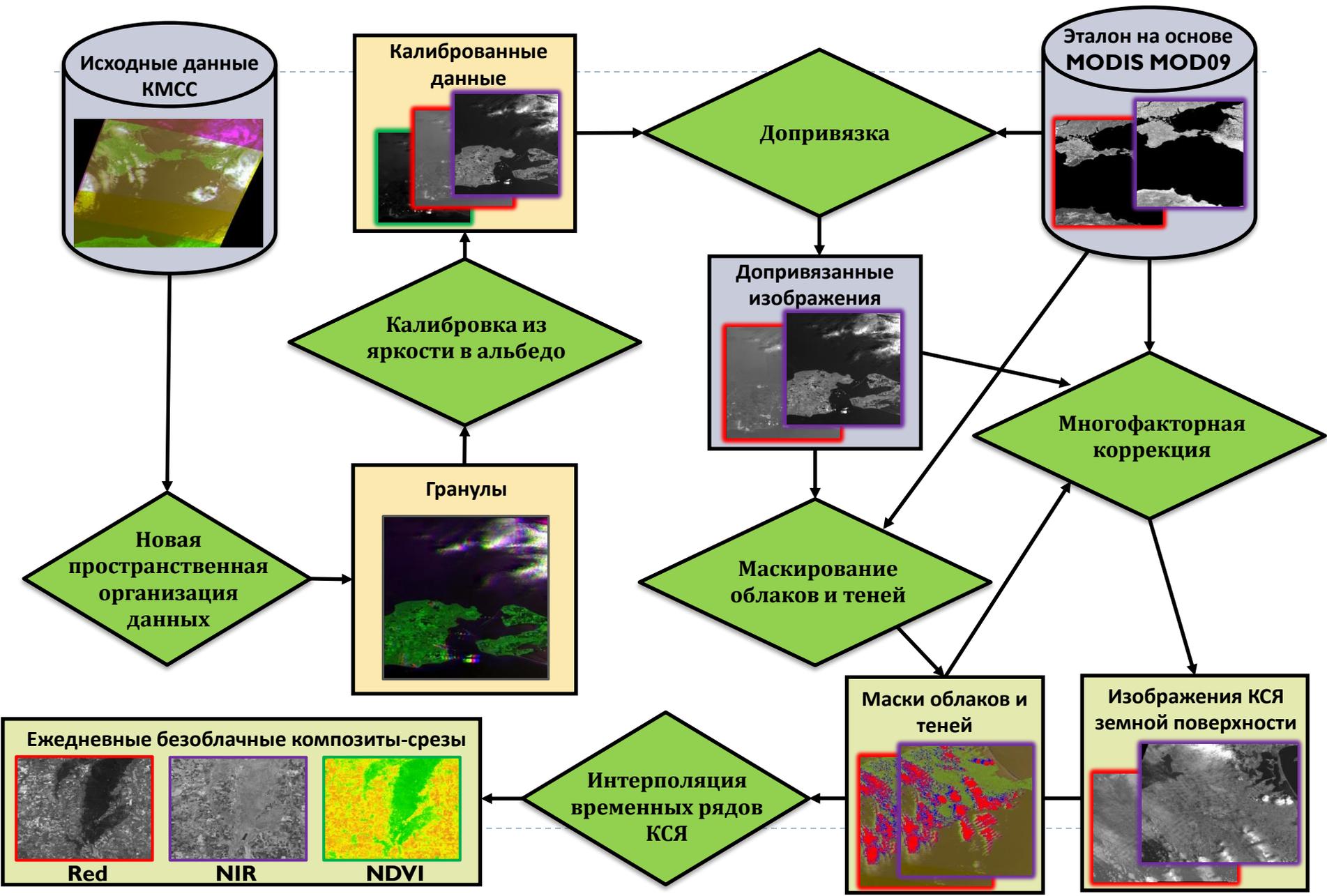


Шумы типа «соль и перец»

Задачи, которые решает технология

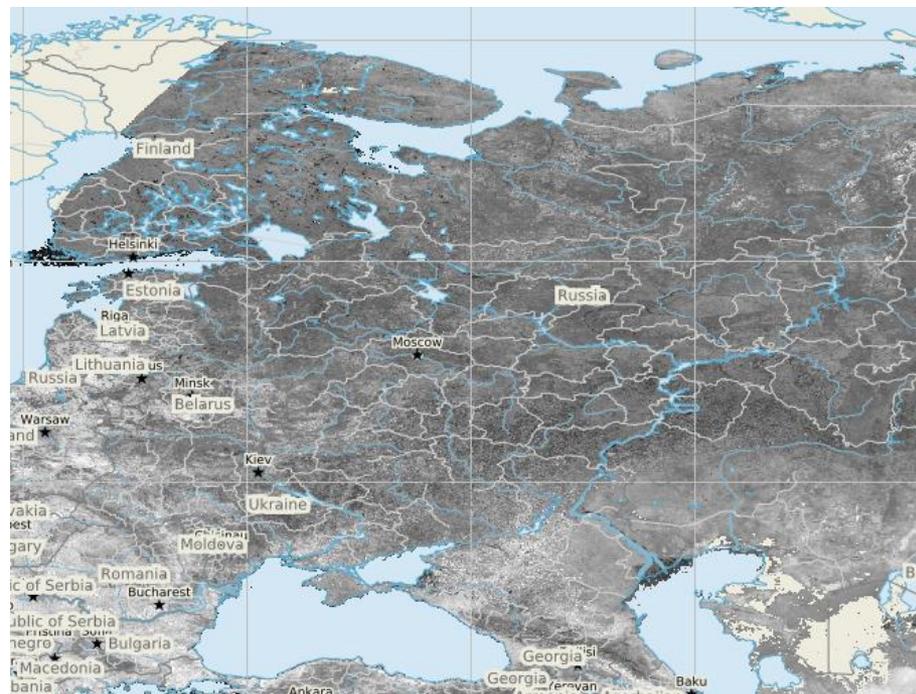
- ▶ Пространственная реорганизация данных: переход с «плавающих» сцен на регулярную сеть фиксированных гранул для упрощения пространственно-временного анализа исходных данных и производных продуктов;
 - ▶ Создание метода устранения ошибок привязки изображений КМСС-М (для каждого канала отдельно);
 - ▶ Создание метода выявления облачности и теней на монохромных изображениях КМСС-М (поканально);
 - ▶ Создание методов компенсации влияния состояния атмосферы, геометрии наблюдения и освещения, докалибровки (поканально);
 - ▶ Формирование гармонизированных рядов измерений КСЯ земной поверхности и производных мультиспектральных индикаторов (NDVI) с высоким временным разрешением
-

Автоматическая технология обработки данных КМСС

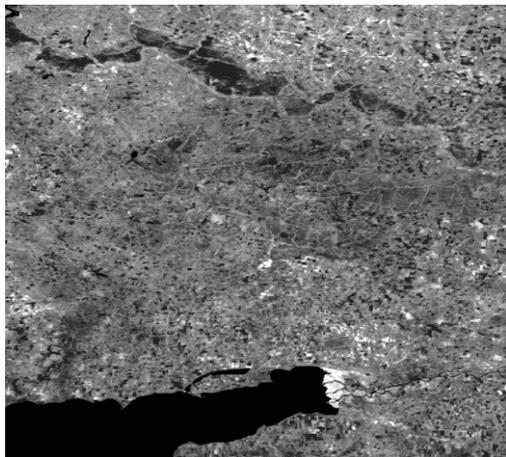


Эталон на основе MODIS MOD09

- ▶ В качестве эталона используются ежедневные безоблачные изображения с прибора MODIS, полученные в оперативном режиме путем восстановления пропущенных и искаженных измерений на основе метода wLOESS (Cleveland, 1979)
- ▶ Такой эталон:
 - ▶ Содержит **калиброванные, атмосферно-скорректированные измерения КСЯ** земной поверхности в необходимых спектральных каналах;
 - ▶ Позволяет компенсировать влияние **геометрии наблюдения и освещения** на значения КСЯ;
 - ▶ Характеризуется максимально **полным покрытием** на любой день года;
 - ▶ Характеризуется точной **географической привязкой** (СКО согласно Sentinel-2 в среднем лучше 30 метров при размере пикселя ~250 метров)



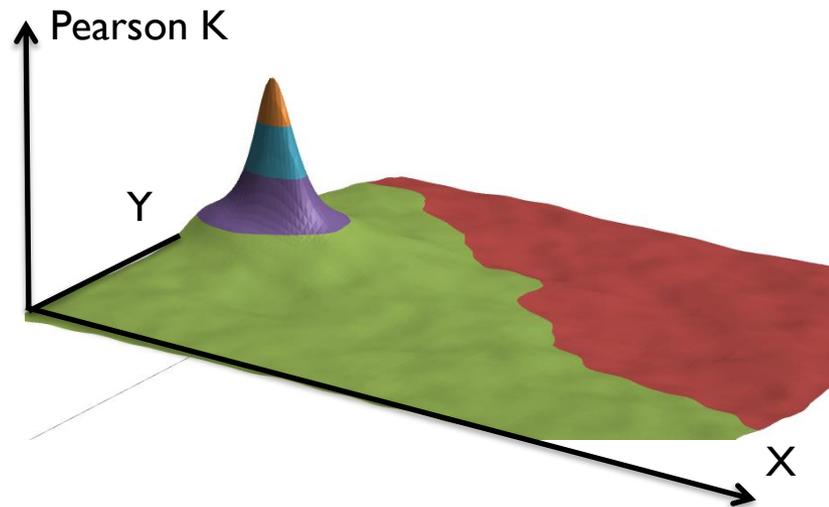
Блок устранения аномалий географической привязки



Точно привязанный и актуализированный эталон MODIS



Допривязываемое изображение KMCC



Зависимость корреляции от взаимного положения изображений KMCC-MODIS

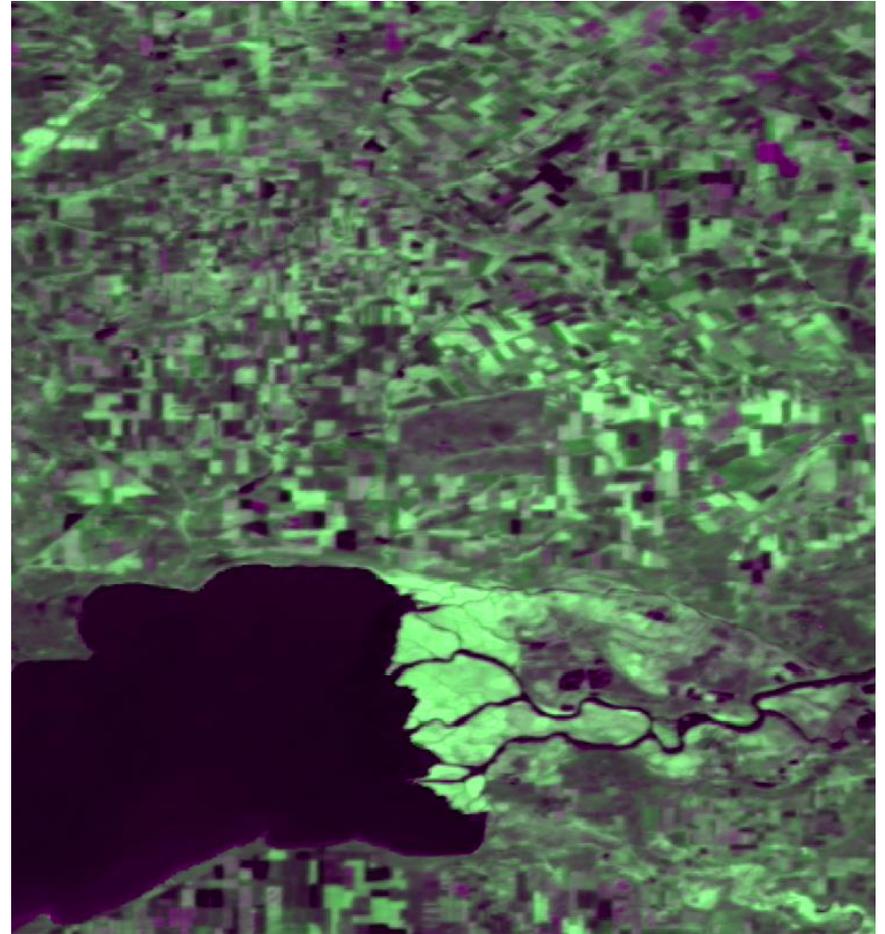
Двухэтапная допривязка:

- ▶ Поиск и устранение систематического смещения всего изображения KMCC dX_0, dY_0 относительно эталона MODIS;
- ▶ Локализованный поиск и устранение местных искажений географической привязки dX_{loc}, dY_{loc} в узлах сети с шагом 100 пикселей ~ 6 км

$$dX = dX_0 + dX_{loc}$$

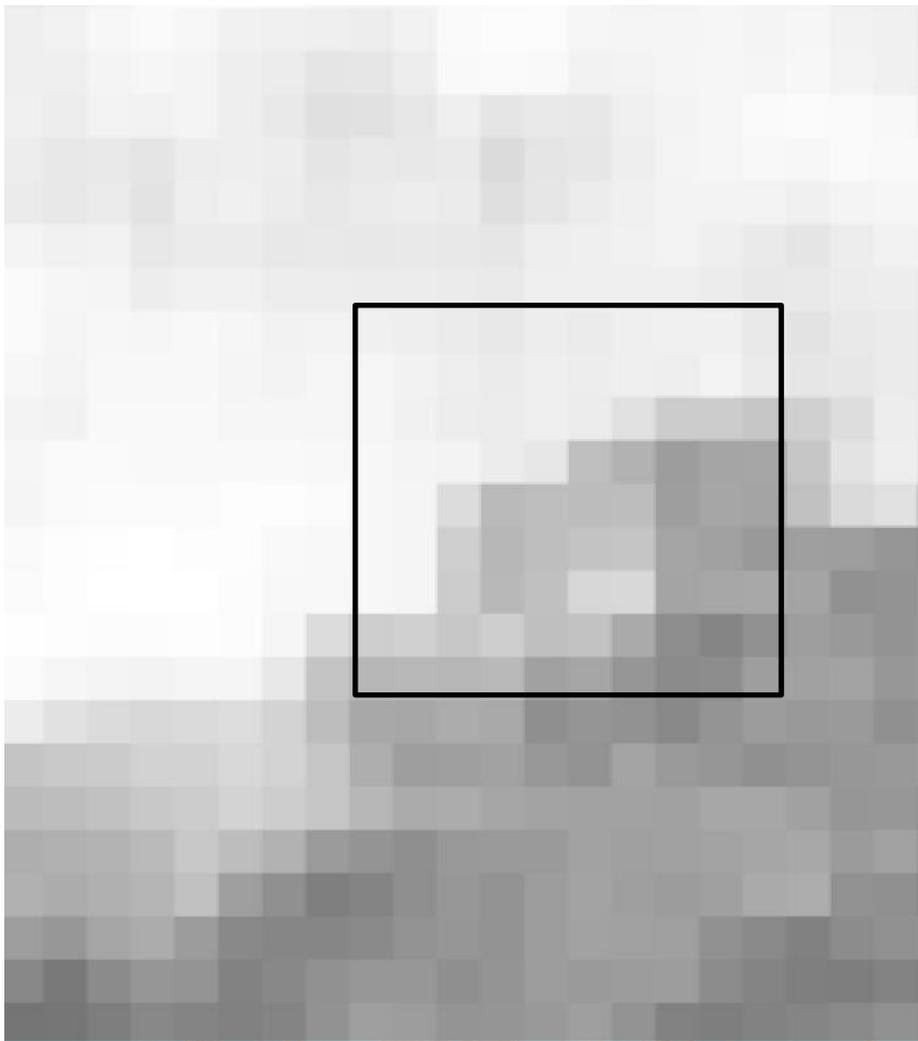
$$dY = dY_0 + dY_{loc}$$

Устранение ошибок географической привязки

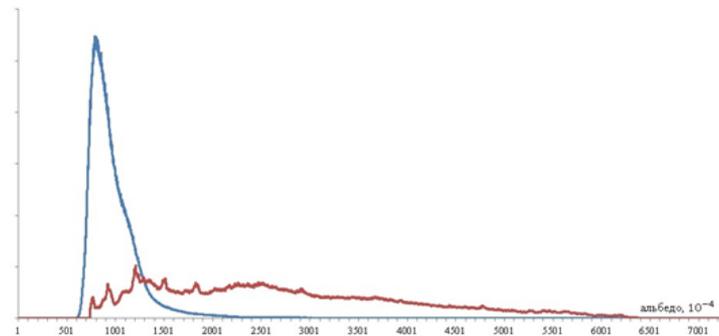


Мультисенсорный синтез изображений **КМСС-М\MODIS** до географической допривязки и после неё для красного канала (слева) и БИК (справа)

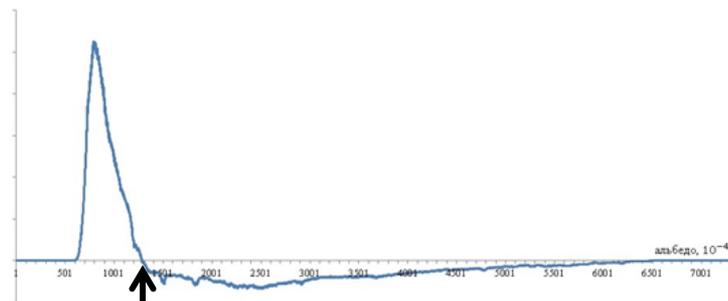
Блок выявления облачности и теней



Часть сцены КМСС-М (NIR) за 19 июля 2020 г.



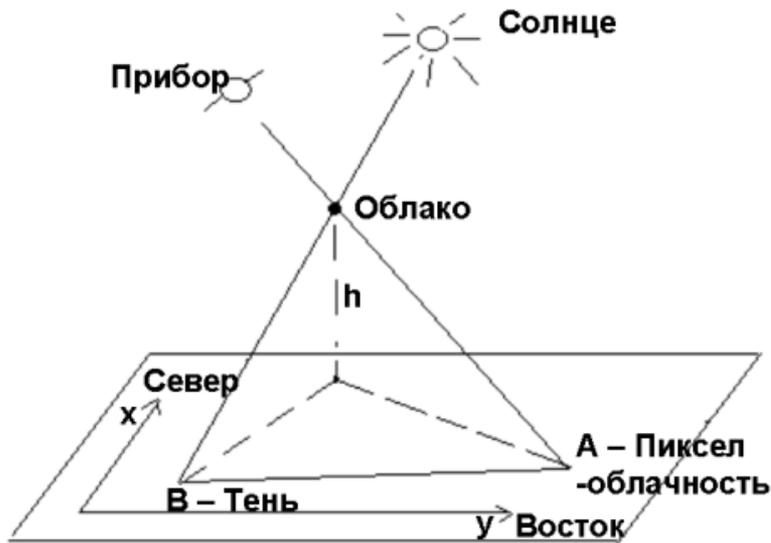
Гистограммы «яркости» чистой поверхности (синяя) и облачной части изображения (красная)



Разность гистограмм

локальное пороговое значение для отделения облачности

Блок выявления облачности и теней



Геометрия положения теней :

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

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

H - высота облака над Землей,

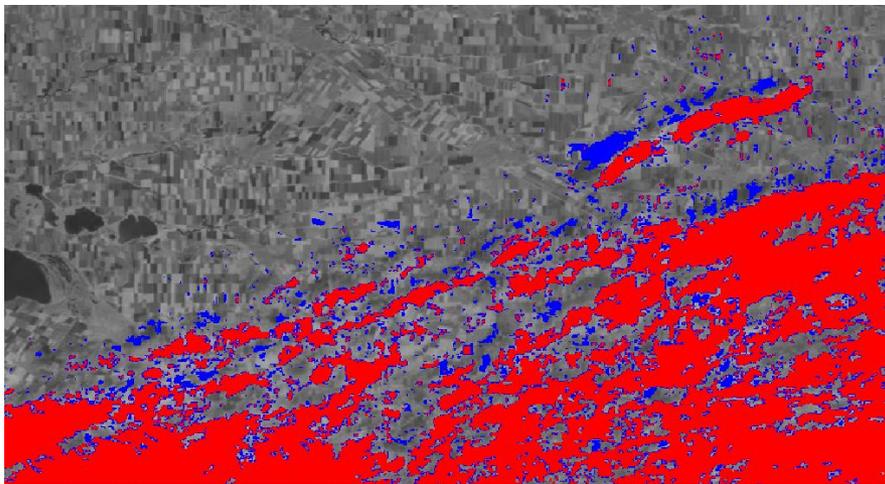
Ψ – азимутальный угол наблюдения

ϑ – зенитный угол наблюдения

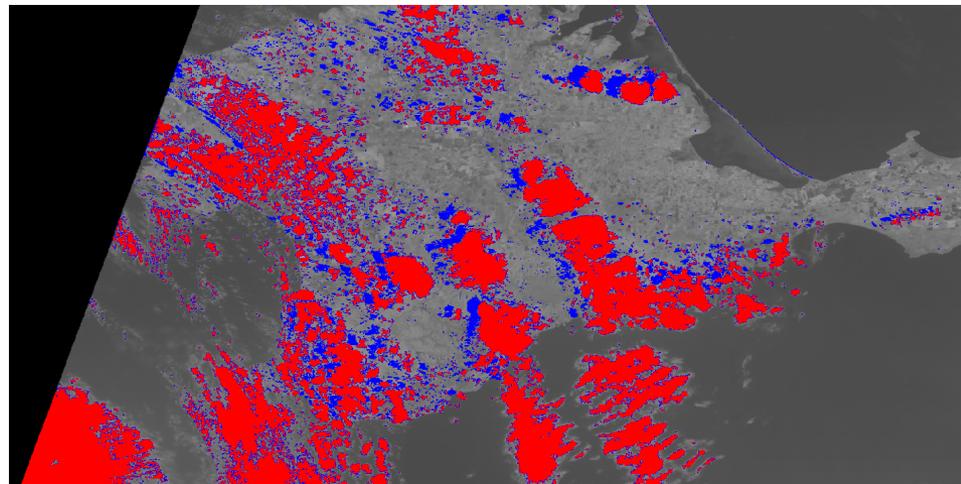
β – азимутальный угол Солнца

δ – зенитный угол Солнца

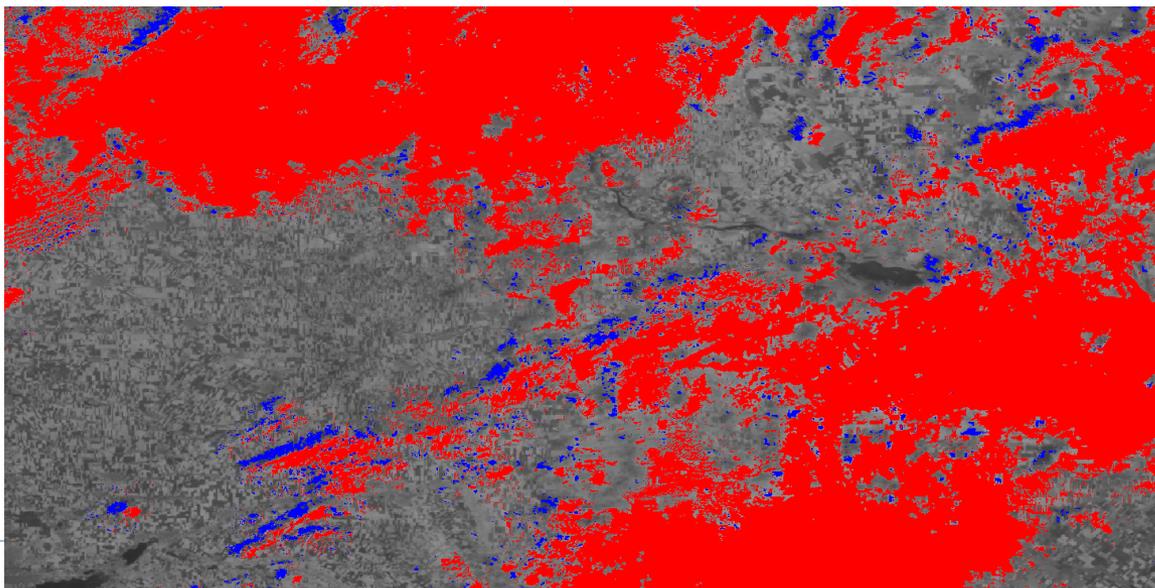
Маскирование облачности и теней



19 июля 2020 года, Украина

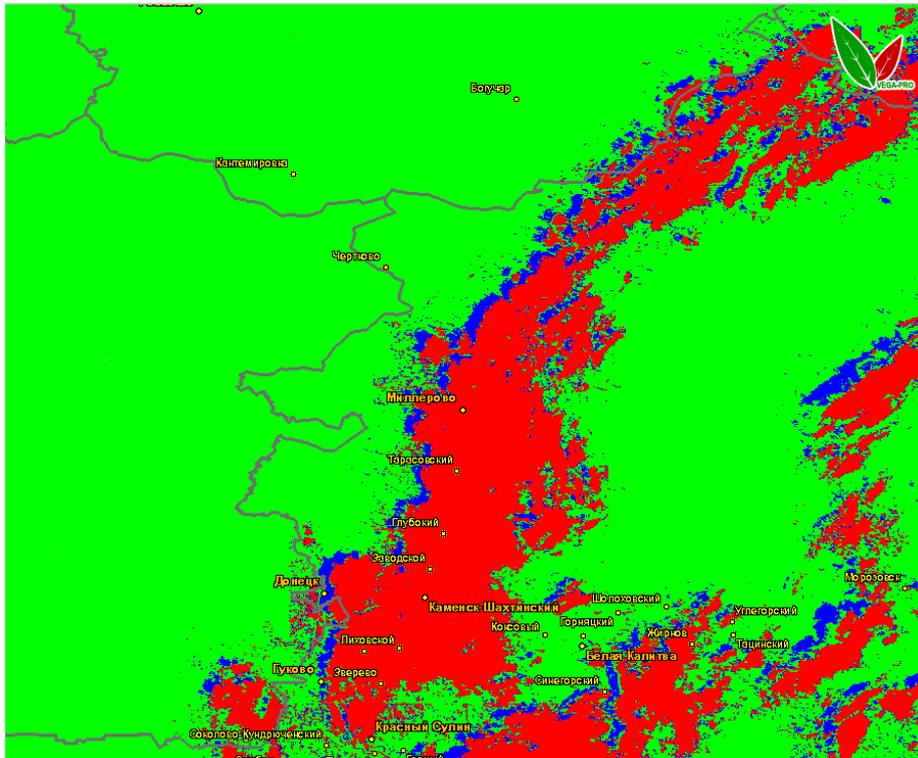


10 мая 2020 года, Крым

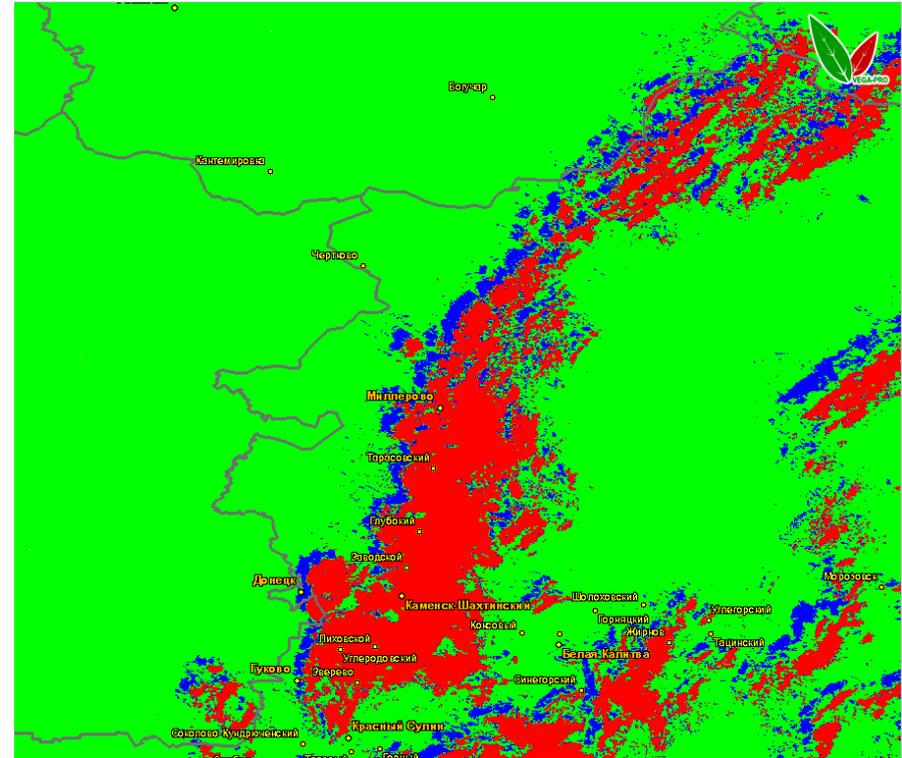


15 мая 2020 года, Южный федеральный округ

Маскирование облачности и теней

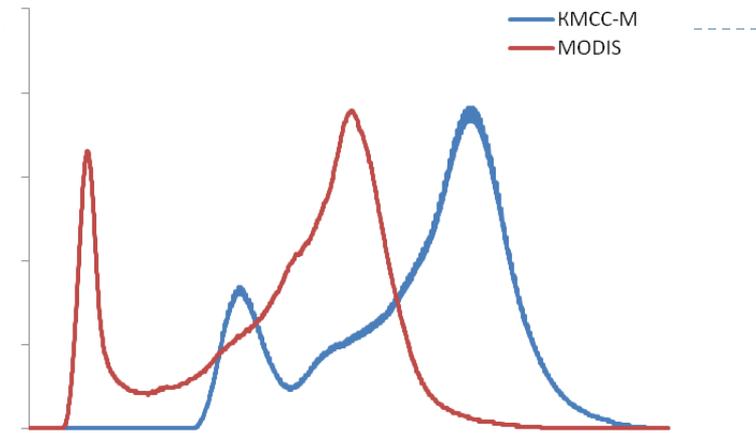
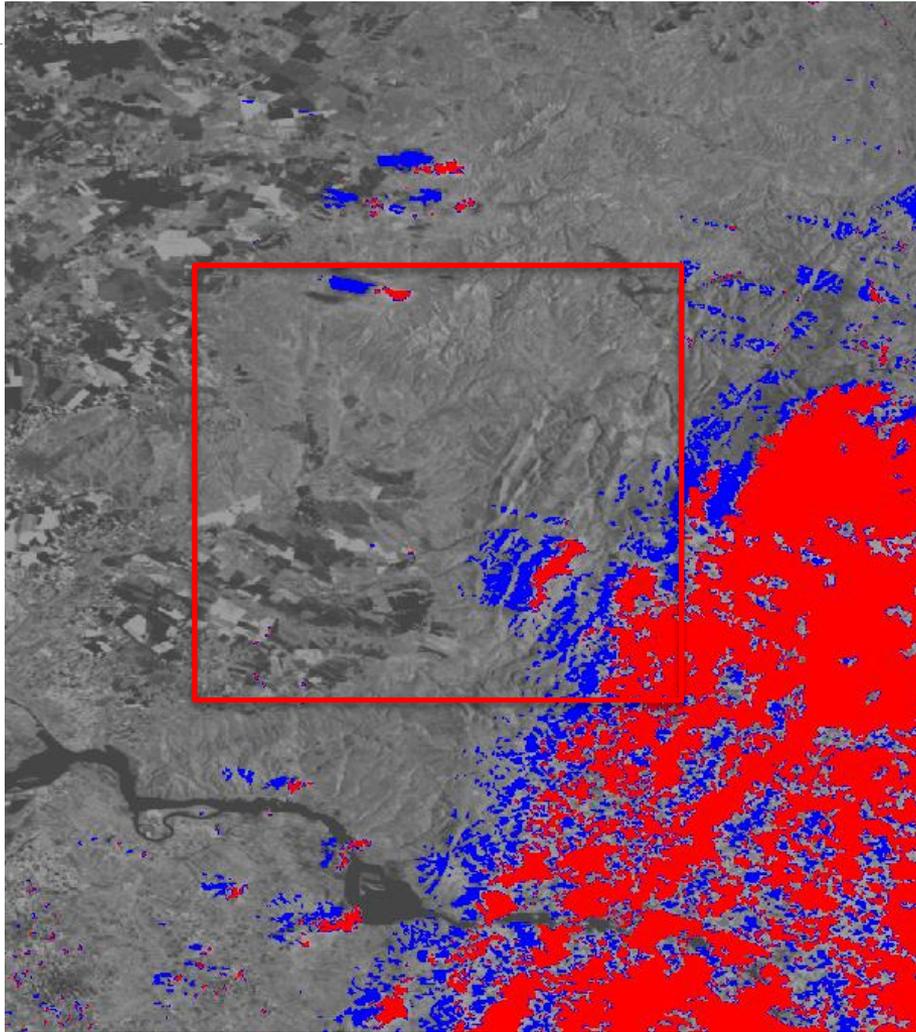


Красный канал КМСС-М

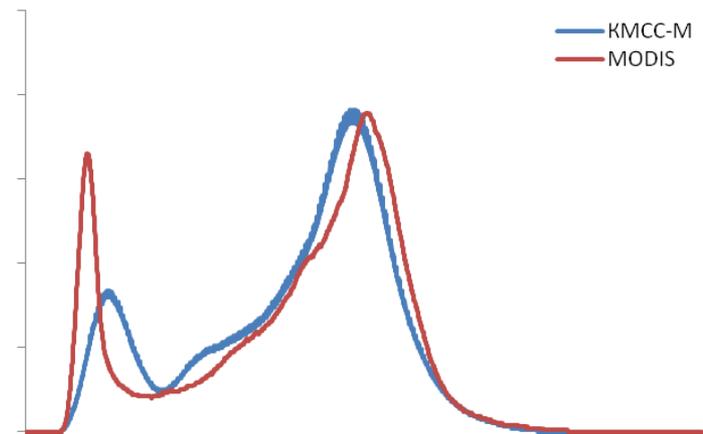


Ближний ИК канал КМСС-М

Блок коррекции влияния атмосферы, докалибровки, компенсации эффектов BRDF



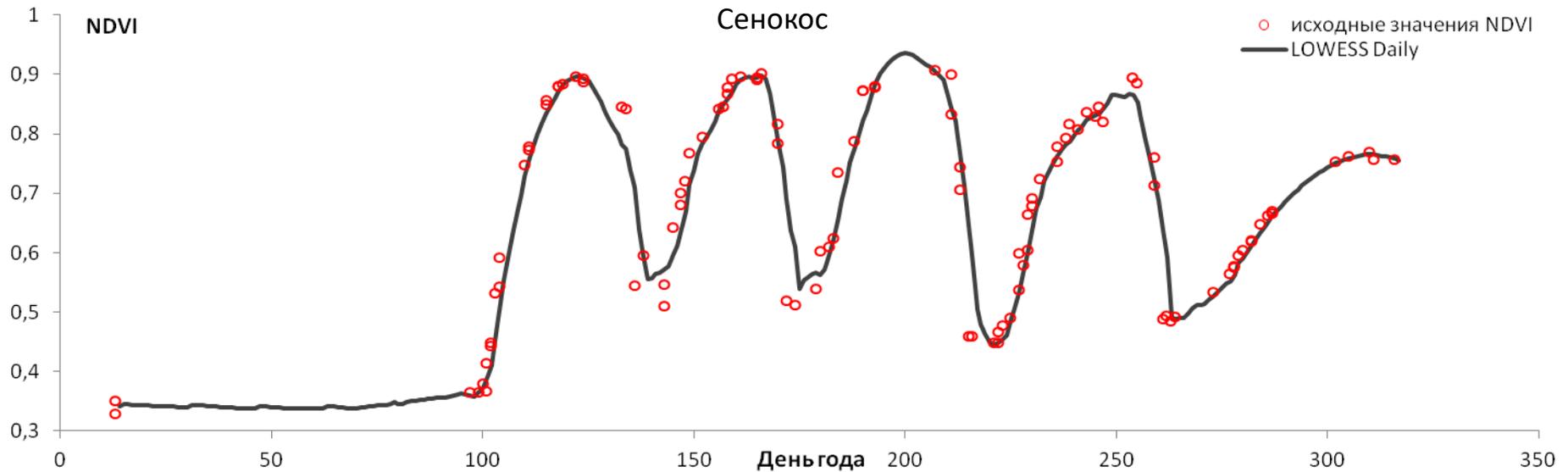
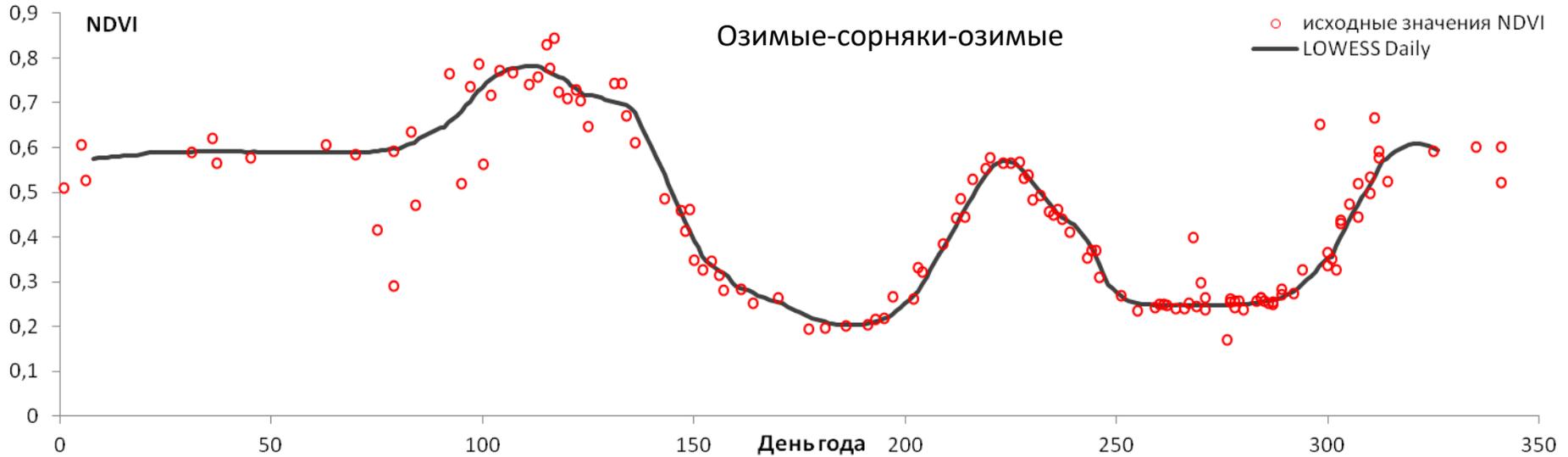
До коррекции



После коррекции

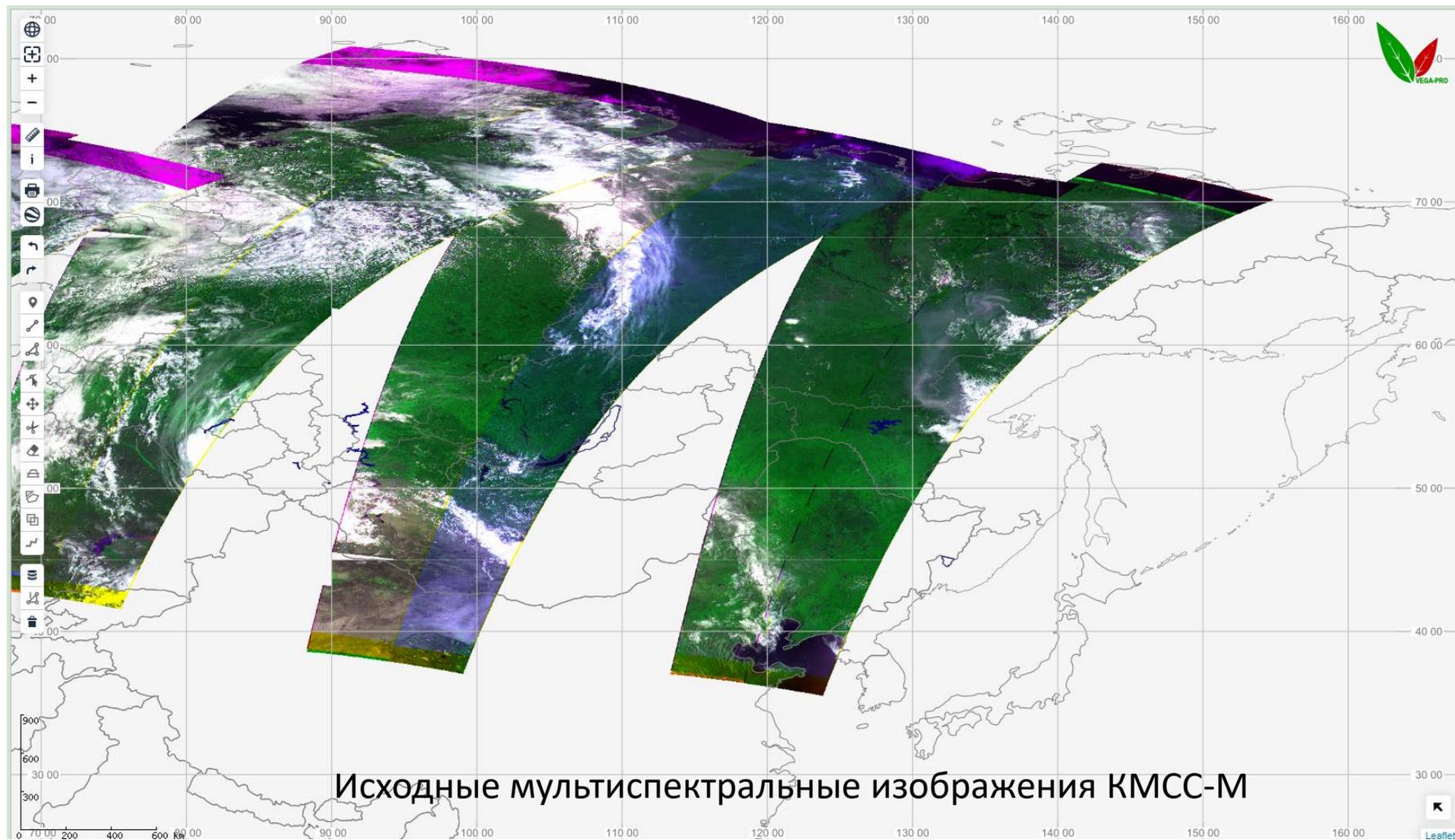
Локализованное приведение скользящими окнами гистограммы яркости чистой поверхности к актуализированному спектральному эталону адаптивно компенсирует влияние нескольких факторов одновременно

Весовая интерполяция LOWESS для скорректированных измерений

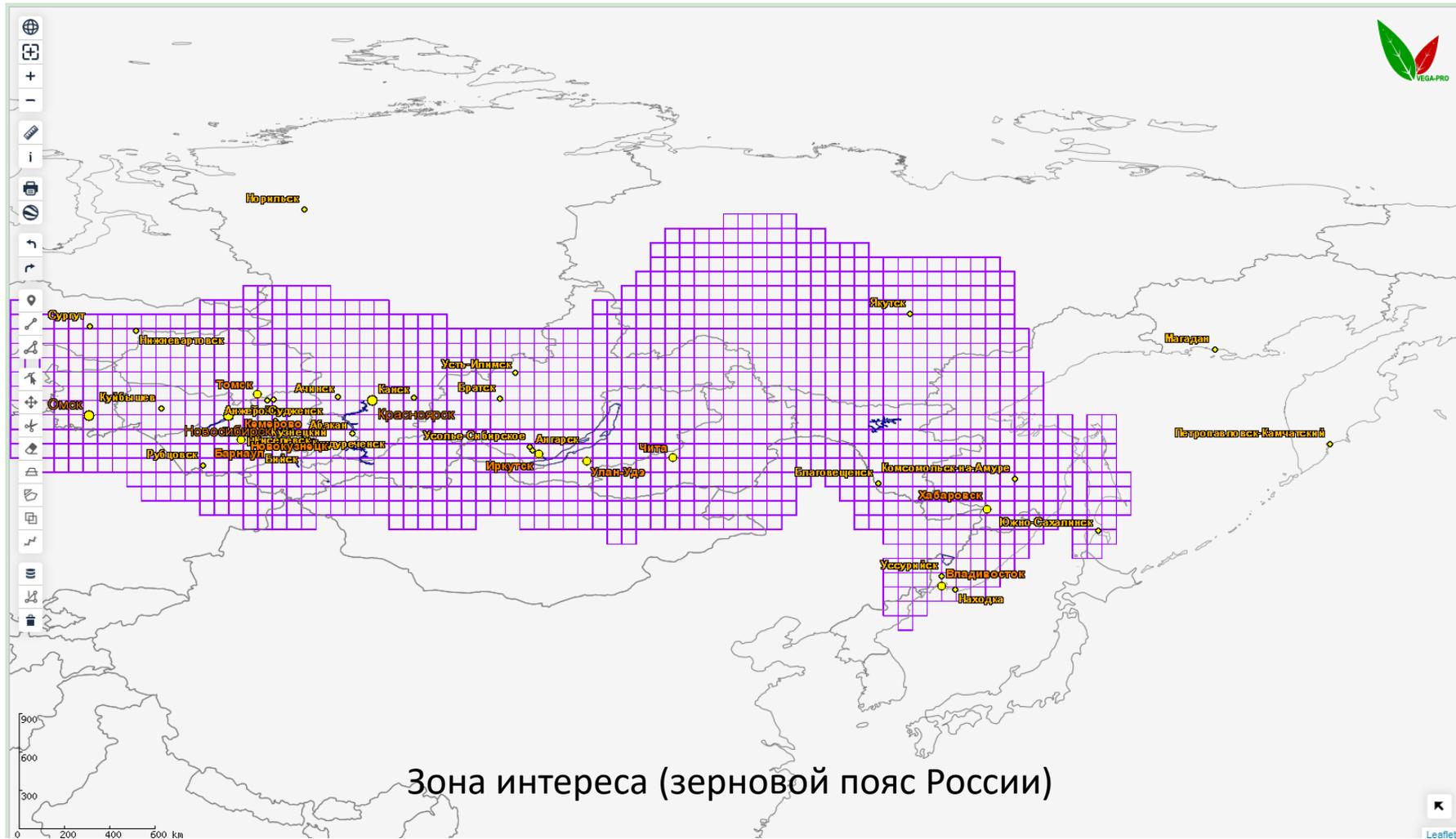


Результаты

Продукты и результаты обработки

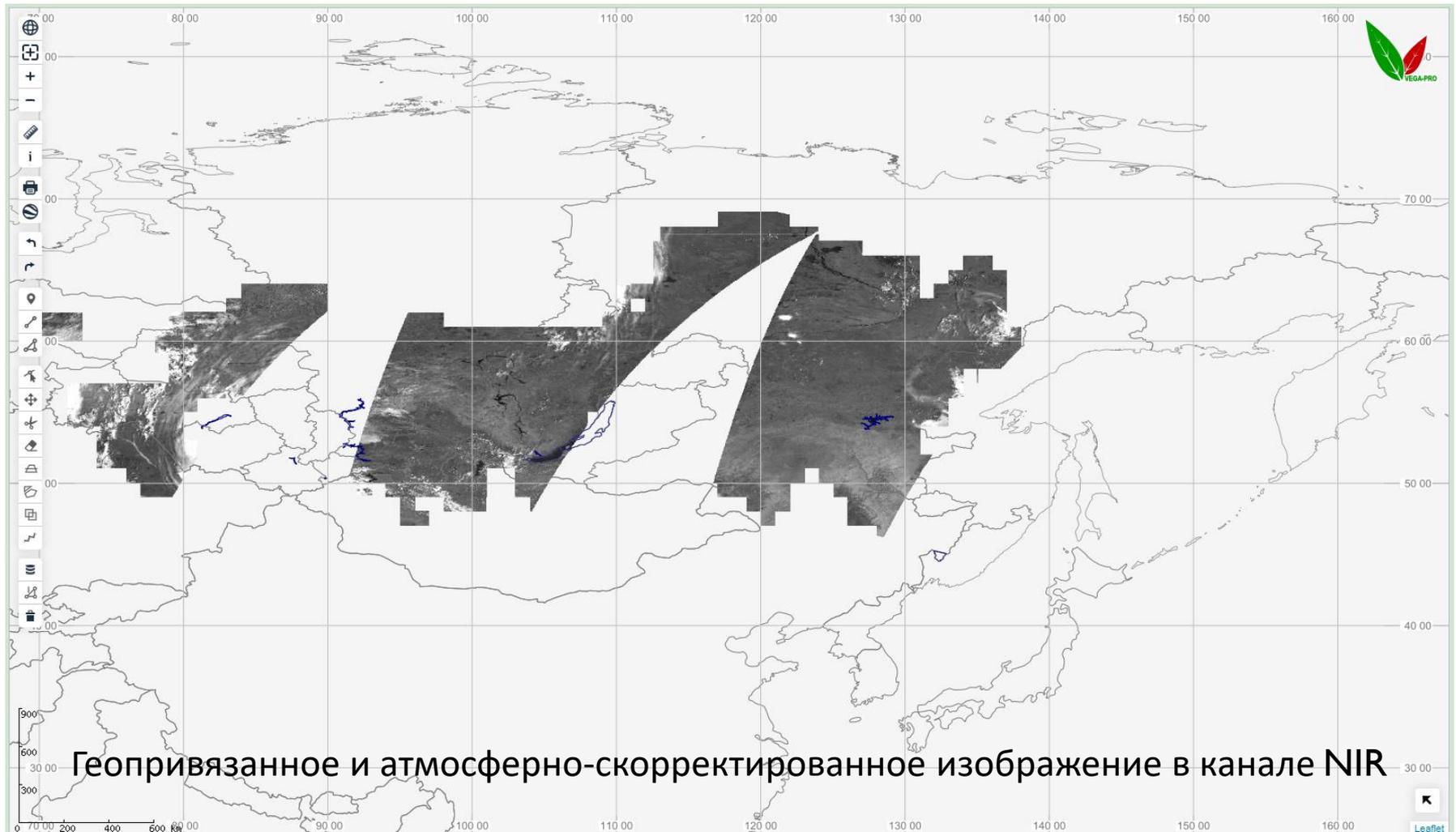


Продукты и результаты обработки

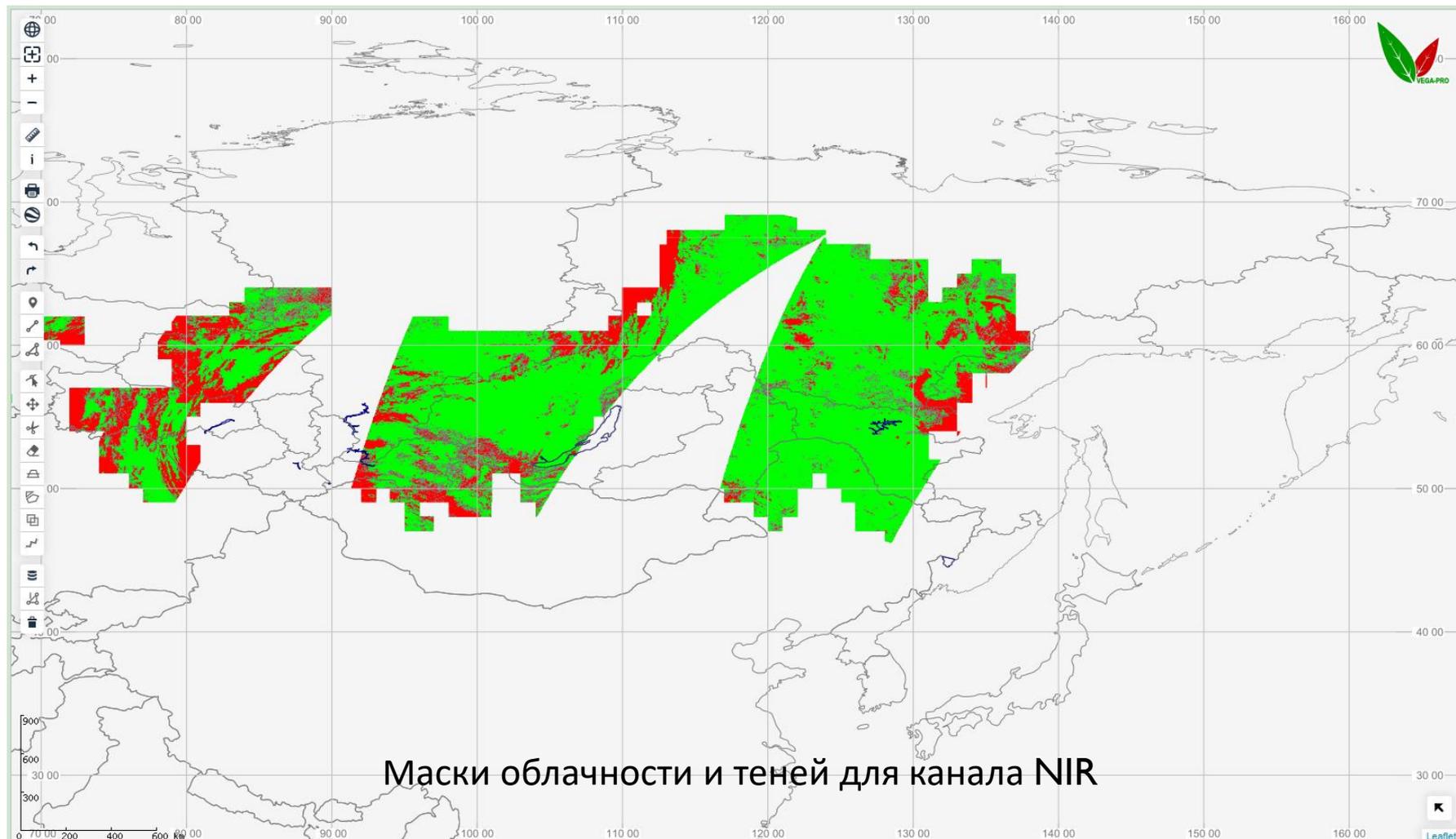


Зона интереса (зерновой пояс России)

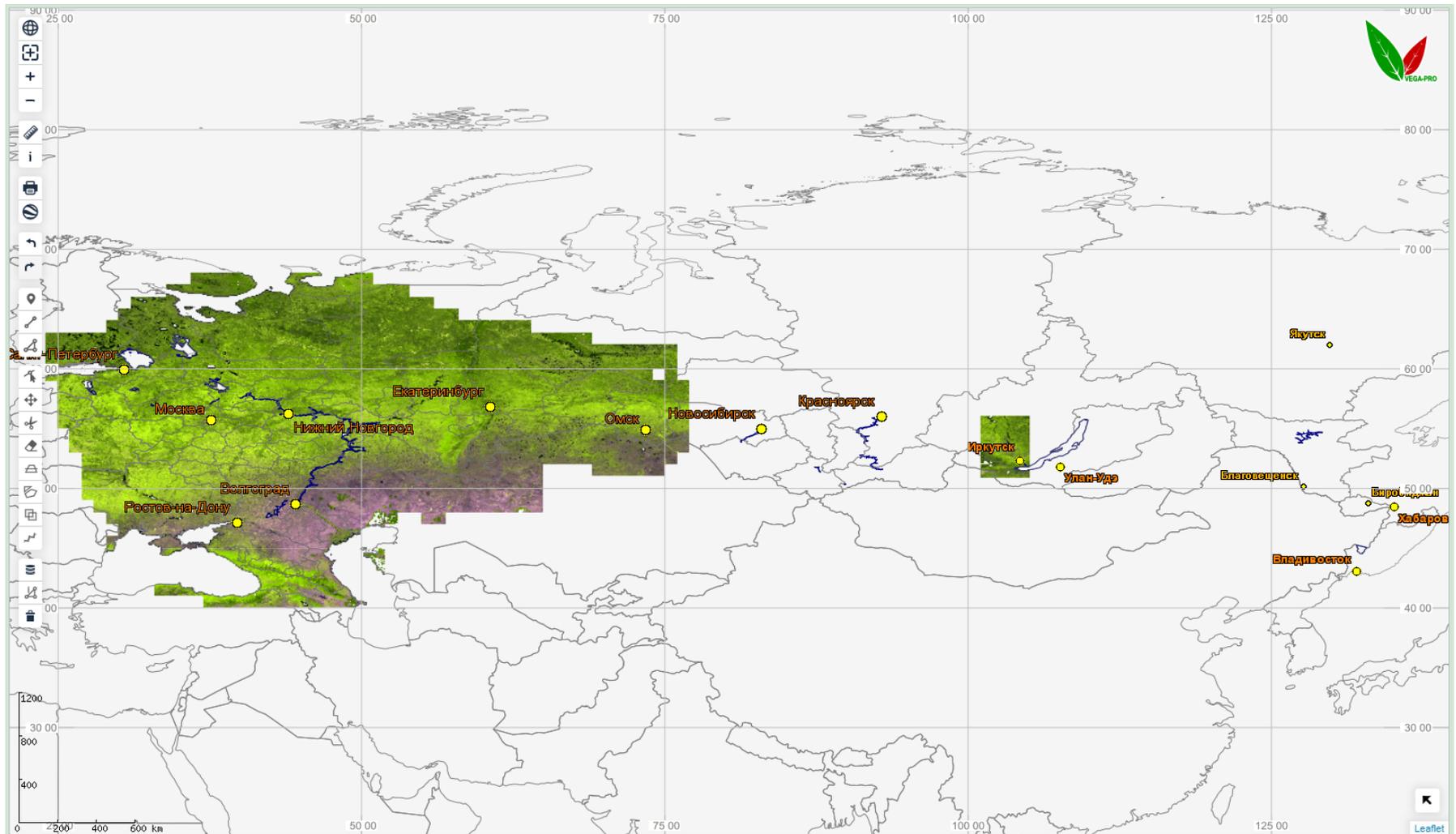
Продукты и результаты обработки



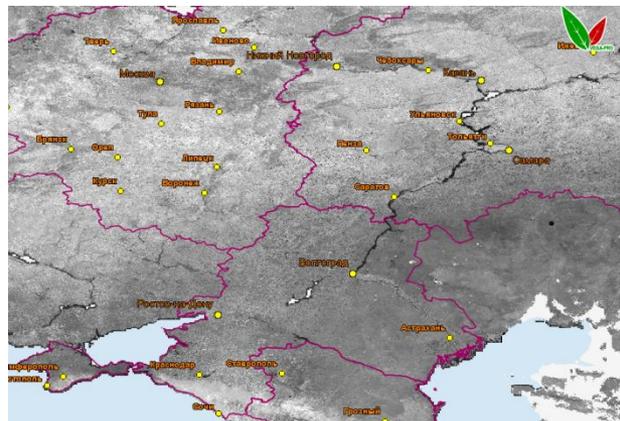
Продукты и результаты обработки



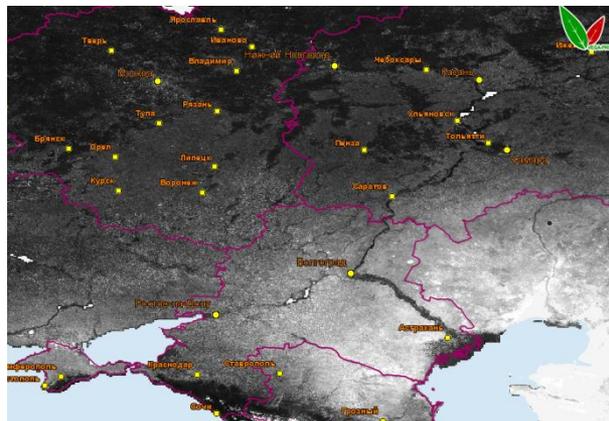
Текущее покрытие «ежедневками» КМСС-М



Результаты использования технологии на больших территориях



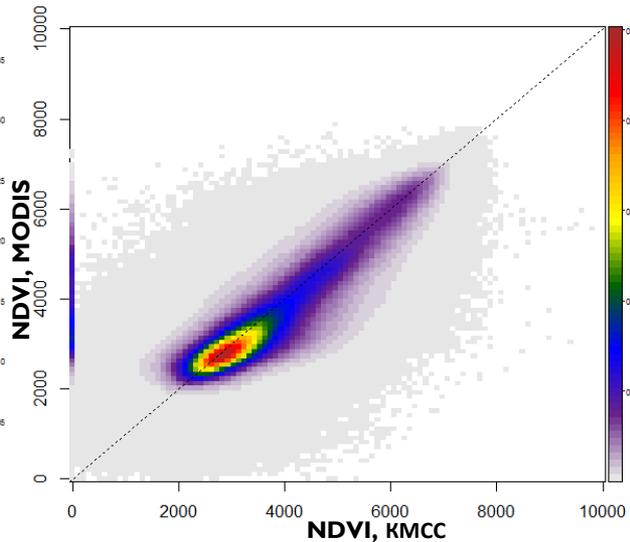
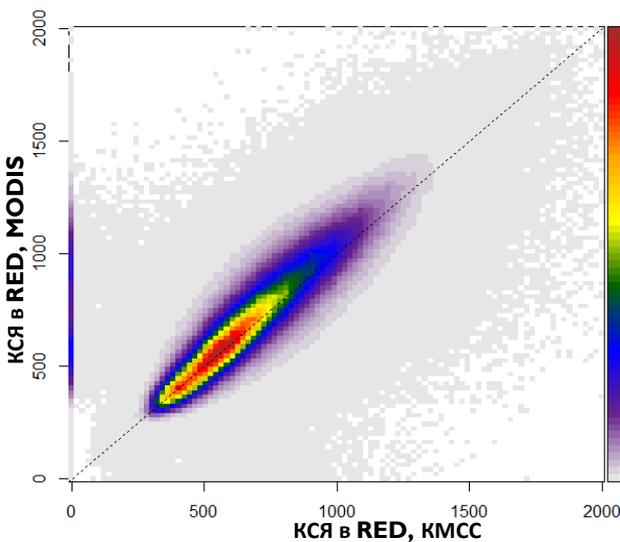
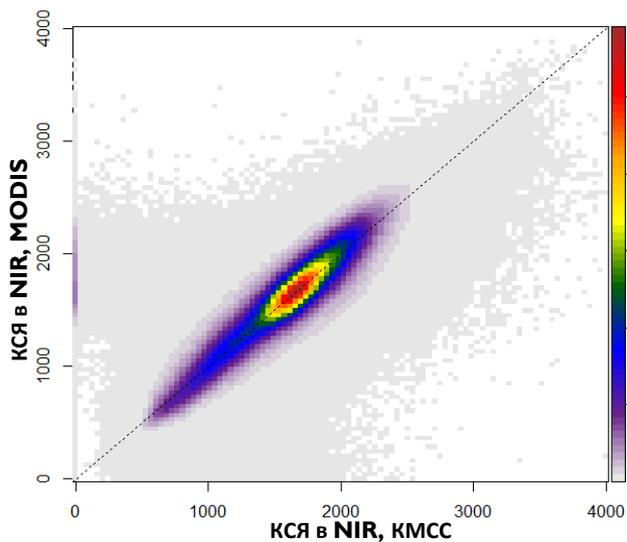
Однодневный композит КМСС в NIR (1.08.2020)

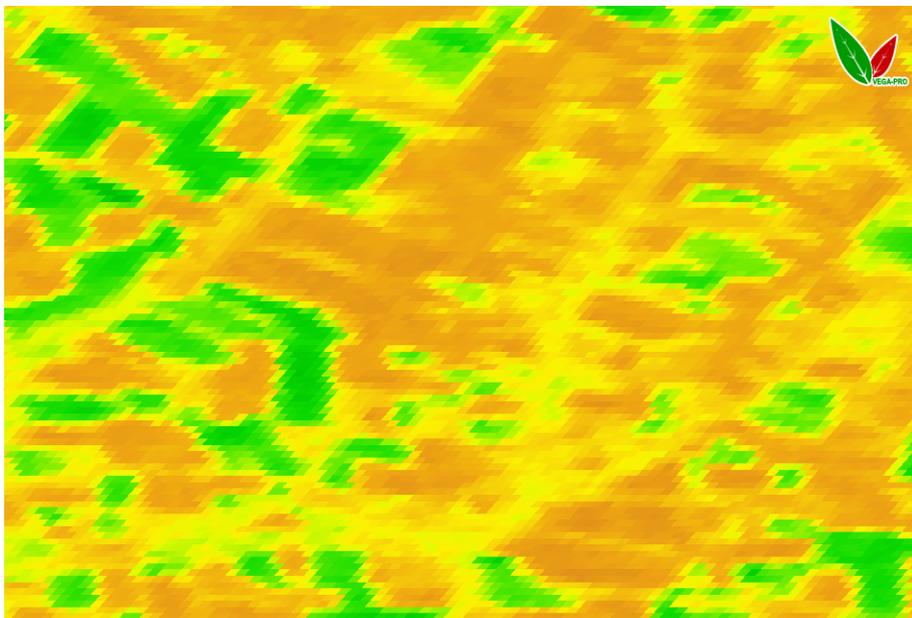


Однодневный композит КМСС в красном канале (1.08.2020)

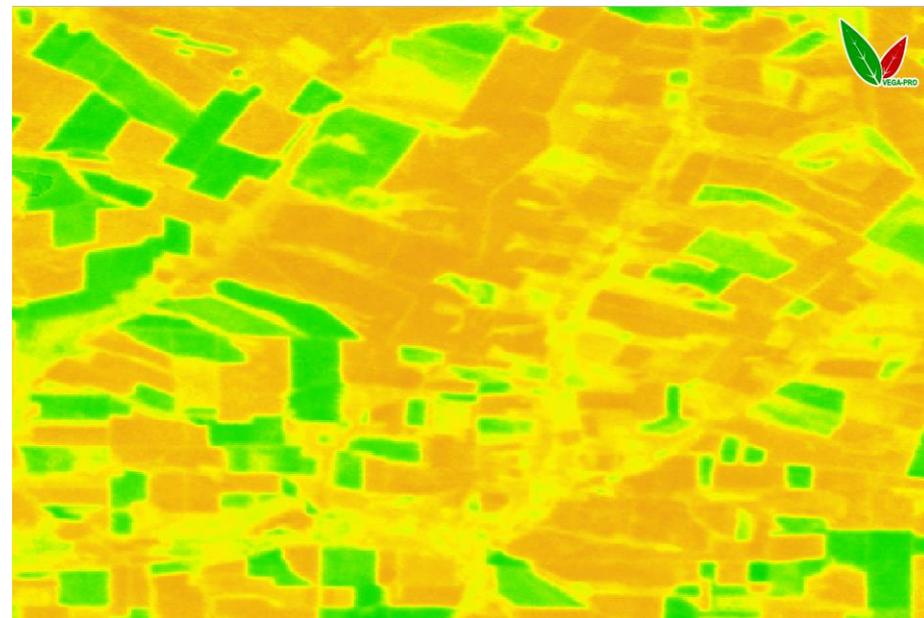


Однодневный композит NDVI по данным КМСС (1.08.2020)

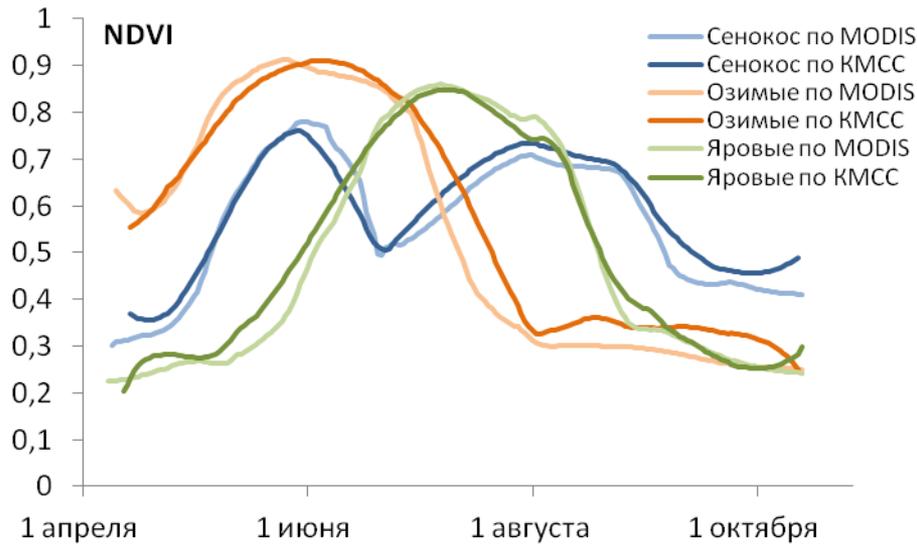




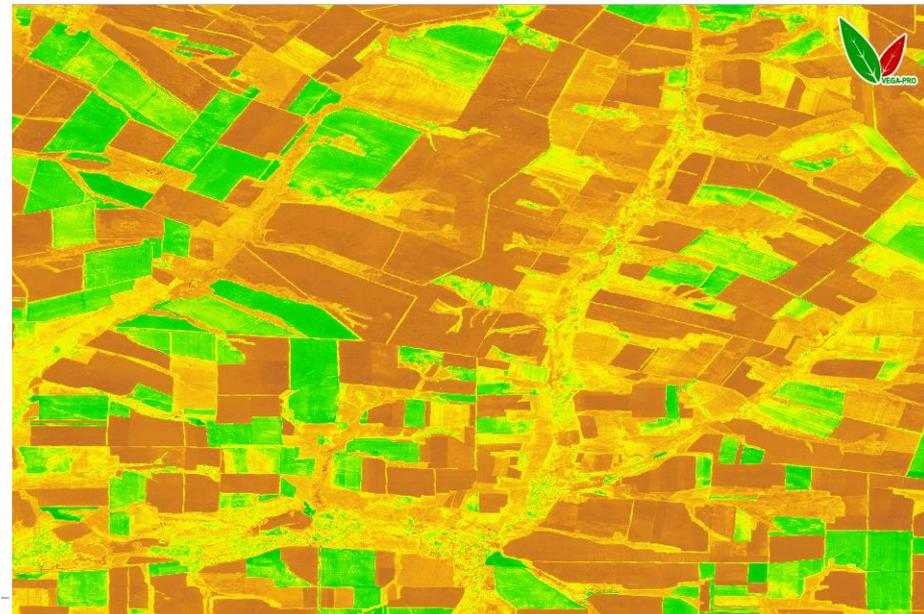
Изображение NDVI по данным прибора MODIS (01.05.2020) – 250 метров



Изображение NDVI по данным KMCC (01.05.2020) – 60 метров

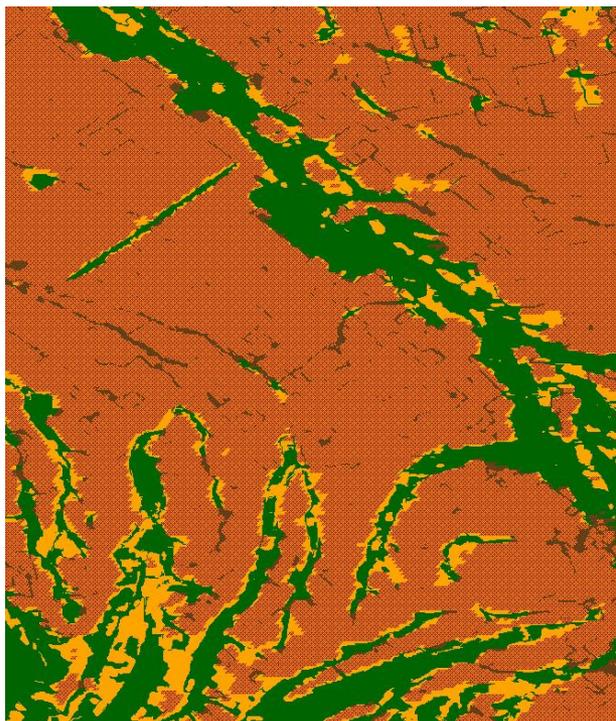


Временные серии ежедневных измерений NDVI сельскохозяйственных культур по данным MODIS и KMCC

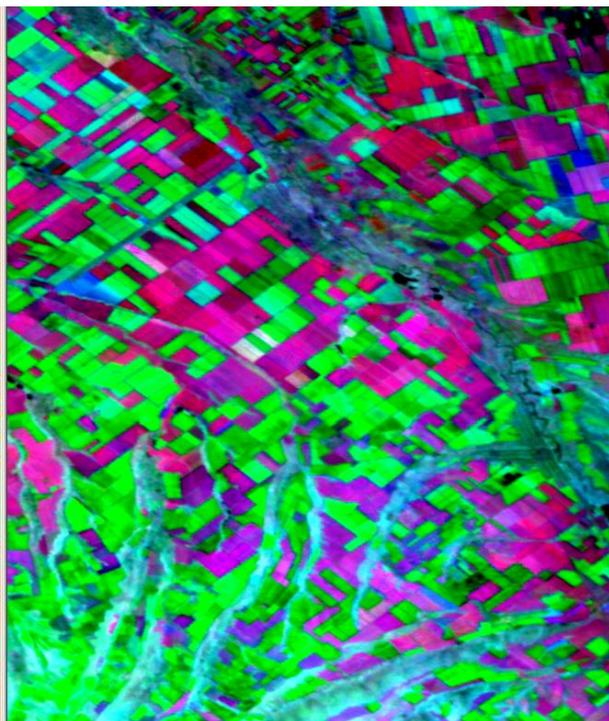


Изображение NDVI по данным прибора MSI (01.05.2020) – 10 метров

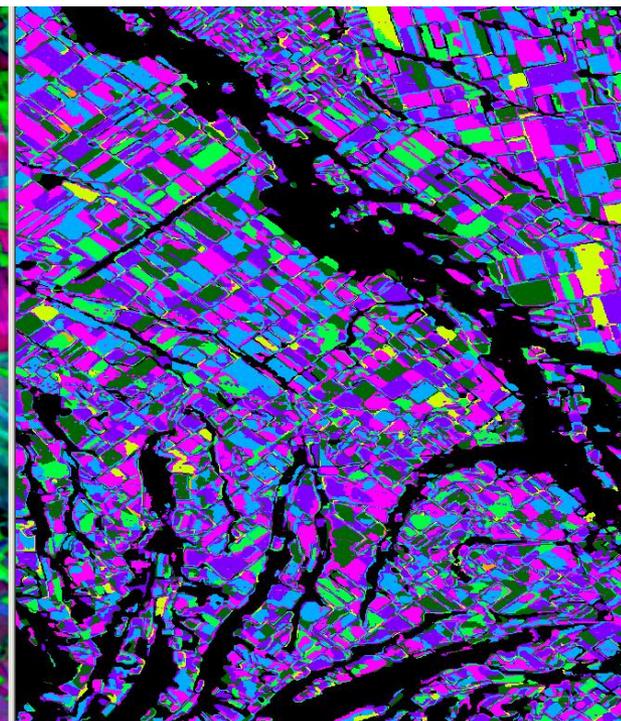
Автоматическое формирование тематических продуктов для континентального сельскохозяйственного мониторинга на основе ежедневных безоблачных данных КМСС уровня L2A



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

Текущее состояние

- ▶ Созданная автоматическая технология позволяет формировать ежедневные безоблачные мультиспектральные композитные изображения КМСС на большие территории – в настоящее время покрыта территория Европейской РФ и близлежащих стран;
 - ▶ Получаемые с её помощью временные ряды КСЯ **совместимы** с имеющимися историческими многодекадными временными сериями данных Terra\Aqua (MODIS), Landsat(ETM+, OLI), NPP(VIIRS);
 - ▶ Технология обладает достаточно высокой гибкостью и способна аналогичным образом обрабатывать данные многих других спутниковых систем
-

Текущее состояние

- ▶ В ближайшее время будет завершена обработка всей зоны интереса РФ за 2020 год с получением временных серий ежедневных восстановленных измерений
 - ▶ Реализована потоковая обработка оперативно поступающих данных за 2021 год на тестовые регионы РФ
-

В перспективе

- ▶ Включение в обработку данных КМСС-2, а также данных перспективных комплексов серии КМСС (планируемые запуски аппаратов серии Метеор в 2022 году и далее);
 - ▶ Расширение охвата: территориального – на всю РФ и временного – на весь имеющийся и перспективный архив данных КМСС-М, КМСС-2 и следующих приборов серии
-

Спасибо за внимание!
