



# **Технология создания безоблачных бесшовных ежемесячных композитных изображений по данным спутников серии Sentinel-2**

*Кашницкий А.В., Бурцев М.А., Прошин А.А.*

Институт космических исследований РАН

Девятнадцатая международная конференция  
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА»  
15 - 19 ноября 2021, г. Москва

## Введение

Для изучения изменений, происходящих на поверхности Земли, во многих случаях необходимо получать регулярные и сопоставимые спутниковые данные. Особенно остро стоит вопрос получения периодической съемки в задачах изучения растительности. Например, для получения карт растительного покрова или анализа его изменений необходима информация о динамике в течение сезона вегетации отражательной способности в различных диапазонах электромагнитного спектра каждой точки картируемой территории. Надежное регулярное получение такой информации по спутниковым данным может быть затруднено, в основном из-за влияния облачности. При этом для разработки автоматических методов анализа на большую территорию более применимыми могут быть полностью ее покрывающие однородные бесшовные данные, в которых полностью отсутствует облачность и связанные с ней мешающие факторы. Одним из основных путей получения таких данных является создание безоблачных композитных изображений.

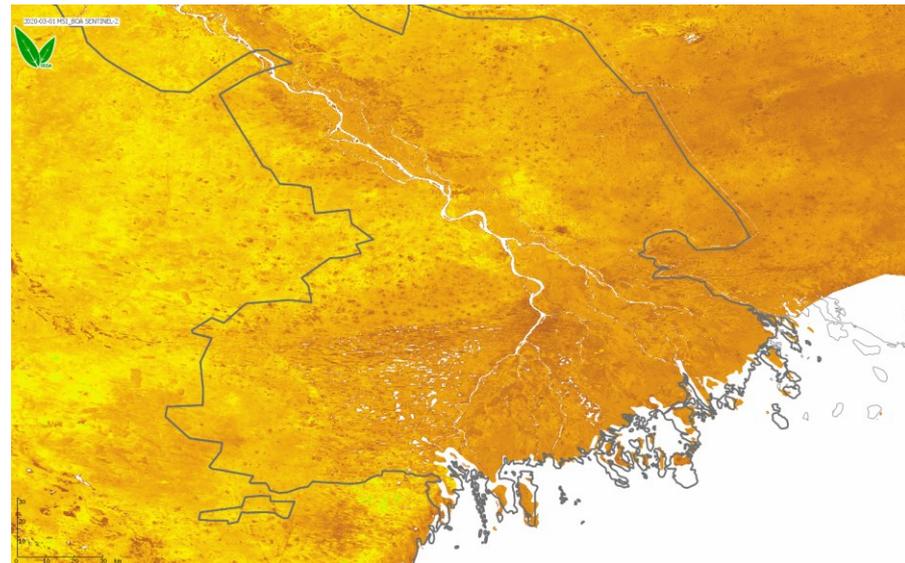
# Введение

В настоящем докладе описывается технология создания безоблачных бесшовных композитных изображений по данным спутников Sentinel-2, а также полученный с ее помощью экспериментальный набор ежемесячных данных.

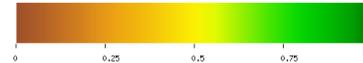


Легенда продукта "Естественный синтез, Медиа за месяц"

- R** MSI\_BOA 4 (длины волн=650-680 nm, пространственное разрешение=10 m), Диапазон визуализации от 0 до 0.25 КСЯ
- G** MSI\_BOA 3 (длины волн=542-577 nm, пространственное разрешение=10 m), Диапазон визуализации от 0 до 0.25 КСЯ
- B** MSI\_BOA 2 (длины волн=456-523 nm, пространственное разрешение=10 m), Диапазон визуализации от 0 до 0.25 КСЯ



Легенда продукта "NDVI, Медиа за месяц"



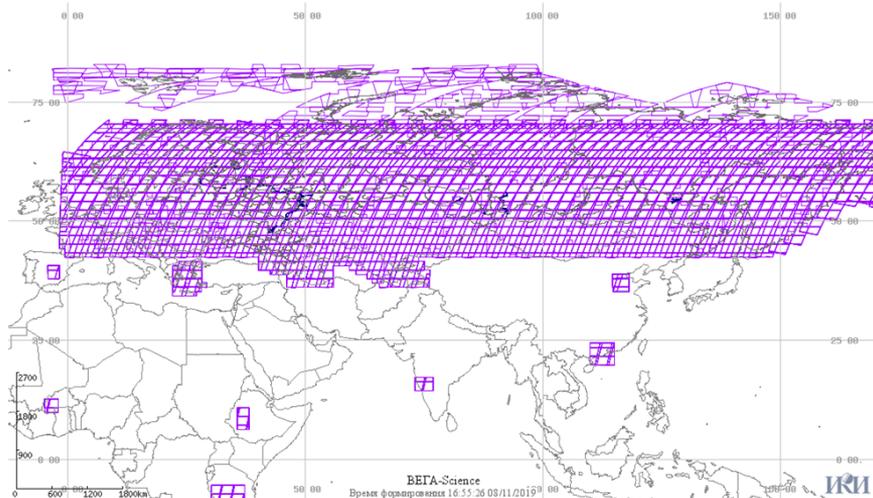
NDVI=(NIR-RED)/(NIR+RED), NDVI по данным MSI, вычисление в элемент запроса с использованием компонентов каналов Red и NIR, Диапазон визуализации от 0 до 1

Пример ежемесячных композитов на территорию дельты Волги с 2020 по 2021, период с марта по октябрь, продукты Естественный синтез и NDVI

# Получение и обработка данных прибора MSI спутников Sentinel2

Получение данных реализовано в полностью автоматическом режиме из следующих центров распространения: Sentinel Scientific Data Hub (<https://scihub.copernicus.eu/>) и Google Cloud (<https://cloud.google.com/storage/docs/public-datasets/sentinel-2>). Данные представляют из себя тайлы размером приблизительно 100 на 100 км.

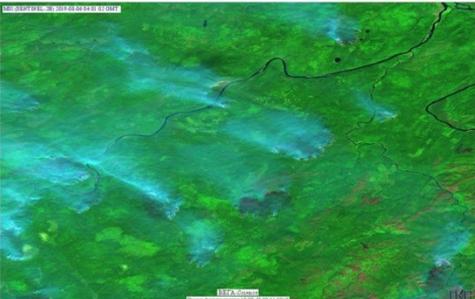
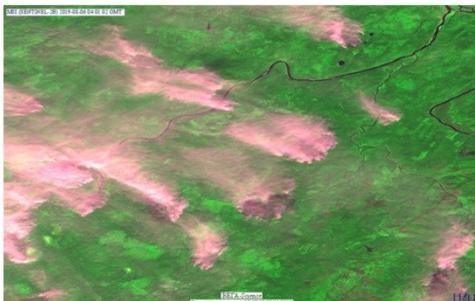
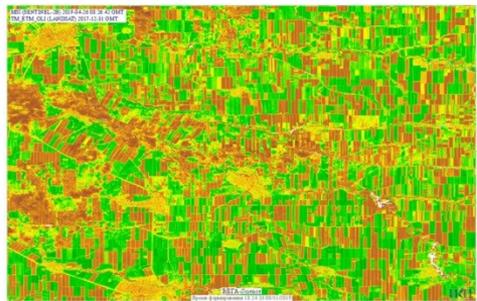
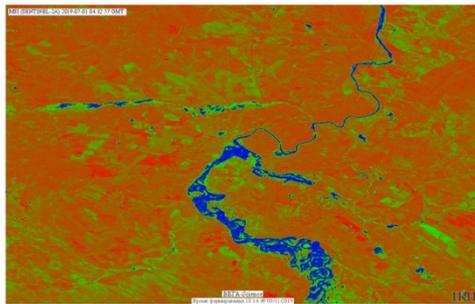
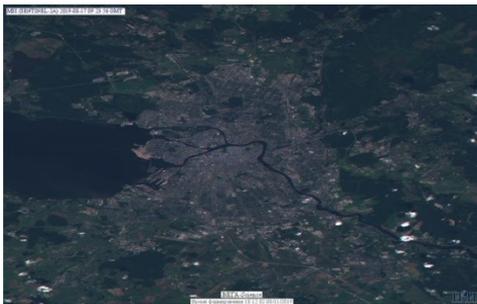
Статистика наличия в архивах ЦКП ИКИ-Мониторинг данных прибора MSI спутников Sentinel2 в ЦКП ИКИ-Мониторинг



Прибор	Спутник	Диапазон дат		Кол-во	Размер, Гб
MSI	SENTINEL-2	2018-01-02	2021-11-09	4 046	8 797
	SENTINEL-2A	2015-07-08	2021-11-15	5 086 473	1 584 757
	SENTINEL-2B	2017-05-15	2021-11-15	3 846 706	1 211 689
MSI (атм.кор.)	SENTINEL-2	2019-05-01	2021-09-01	234	7 812
	SENTINEL-2A	2018-03-26	2021-11-14	472 418	117 231
	SENTINEL-2B	2018-03-26	2021-11-14	477 521	118 576

Покрытие данными территории Евразии за лето 2019 года

# Предоставляемые пользователям ЦКП ИКИ-Мониторинг информационные продукты на основе данных прибора MSI спутников Sentinel2

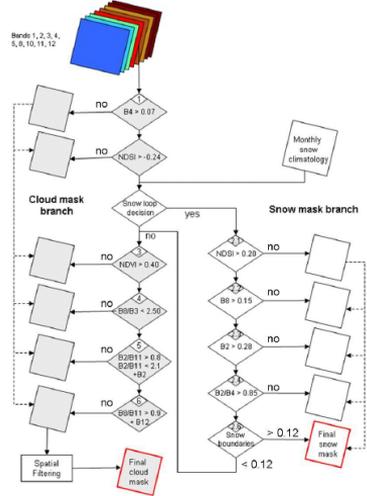
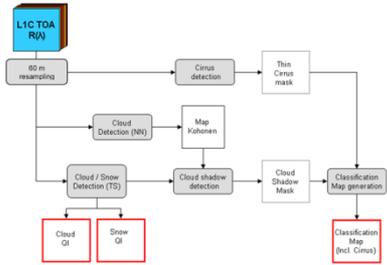


Доступны не только исходные каналные данные, но также и различные тематические информационные продукты, динамически формируемые на основе обработки каналных данных, такие как: индексы растительности, изображение поверхности, тепловые аномалии, льды и снег, дымы и облачность и другие.

С 2019 года доступны данные уровня обработки L2A, после проведения атмосферной коррекции. Также с 2019 года доступен продукт результат классификации сцены алгоритмом Sen2Cor (Louis et.al., 2016).

Примеры предоставляемых пользователям информационных продуктов

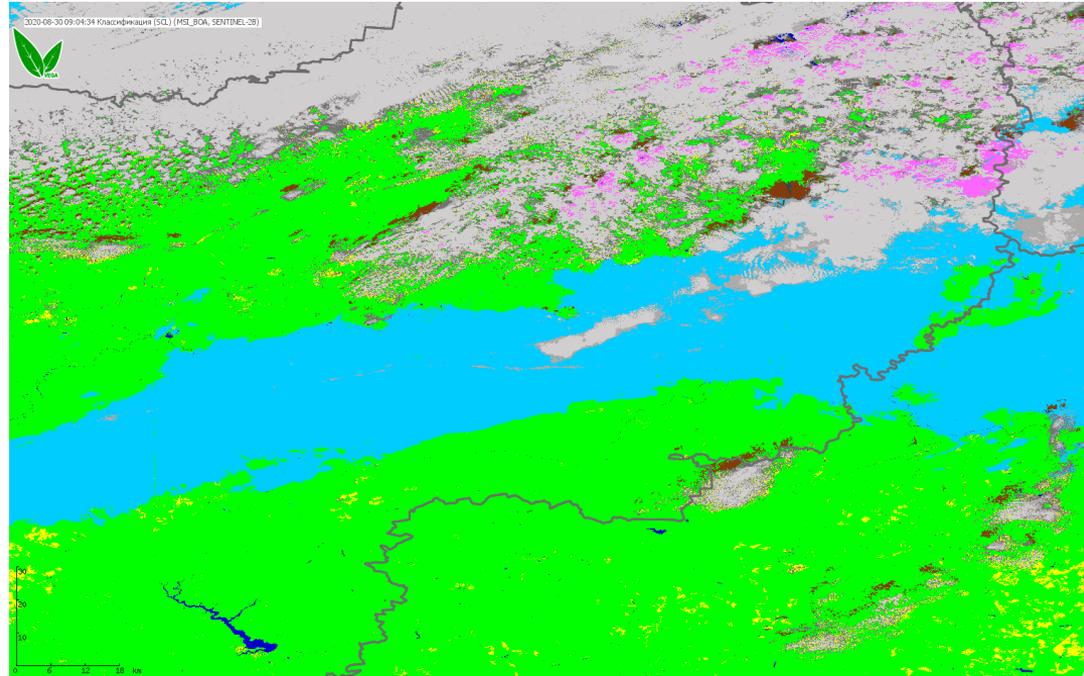
# Продукт “результат классификации сцены”



Схемы  
получения

Label	Classification
0	NO_DATA
1	SATURATED_OR_DEFECTIVE
2	DARK_AREA_PIXELS
3	CLOUD_SHADOWS
4	VEGETATION
5	NOT_VEGETATED
6	WATER
7	UNCLASSIFIED
8	CLOUD_MEDIUM_PROBABILITY
9	CLOUD_HIGH_PROBABILITY
10	THIN_CIRRUS
11	SNOW

Легенда  
продукта



Пример продукта по территории центра Европейской России

## Level-2A Algorithm Overview

<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/technical-guides/sentinel-2-msi/level-2a/algorithm>



# Схема обработки

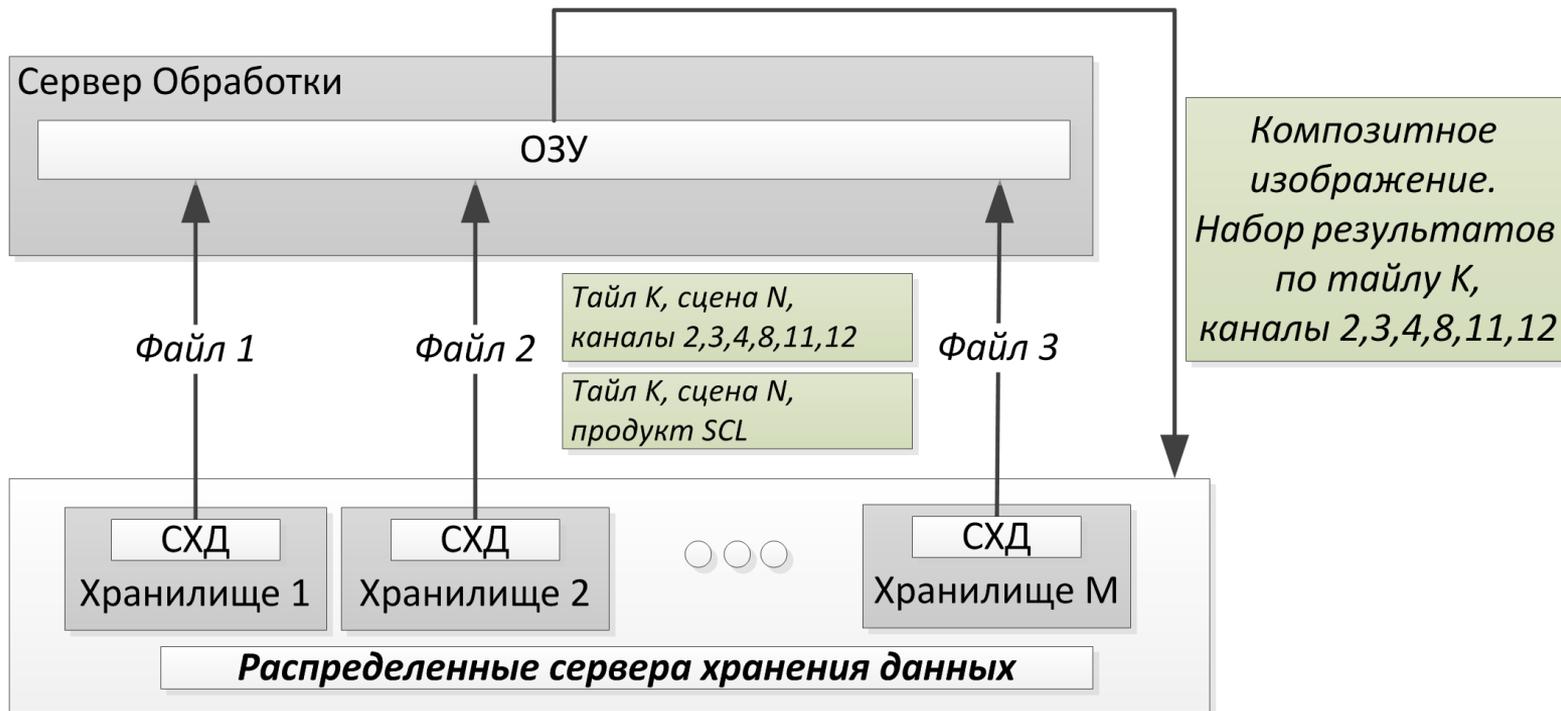


Схема пересылок данных

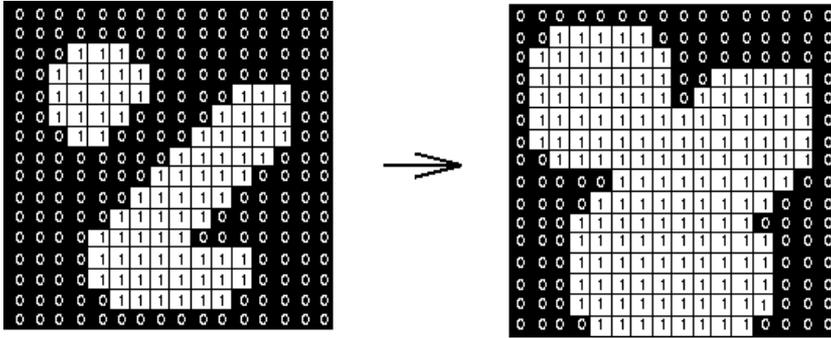
# Проблемы масок по результатам качественной оценки

Label	Classification
0	NO_DATA
1	SATURATED_OR_DEFECTIVE
2	DARK_AREA_PIXELS
3	CLOUD_SHADOWS
4	VEGETATION
5	NOT_VEGETATED
6	WATER
7	UNCLASSIFIED
8	CLOUD_MEDIUM_PROBABILITY
9	CLOUD_HIGH_PROBABILITY
10	THIN_CIRRUS
11	SNOW

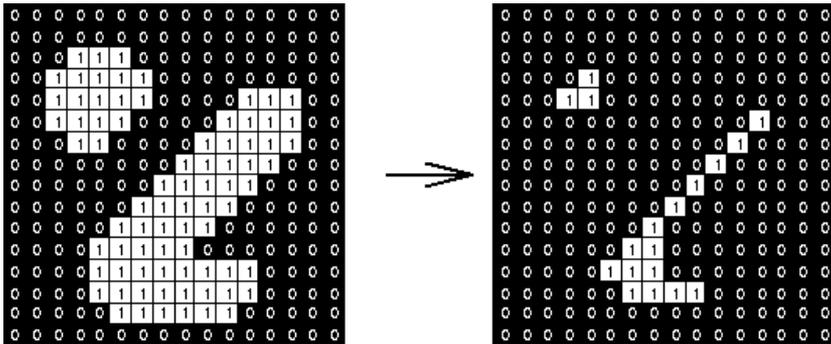
Легенда  
продукта

- Наличие класса 7 “неклассифицированные пиксели”. Особенно частая проблема на урбанизированной территории. Также он присутствует на облачности или тенях от облаков
- Класс “темные объекты” часто перепутан с тенями от облаков
- Существуют одиночные ошибочные пиксели или линии пикселей в разных классах, особенно в классах облаков
- Проблемы границ, особенно актуально для классов облачности
- Класс дымка - есть вопросы необходимости учета
- Классы снега и облаков часто перепутаны

## Уточнения маски



Операция dilation позволяет устранить проблемы маски на границе классов. В основном это необходимо на границе классов облаков.



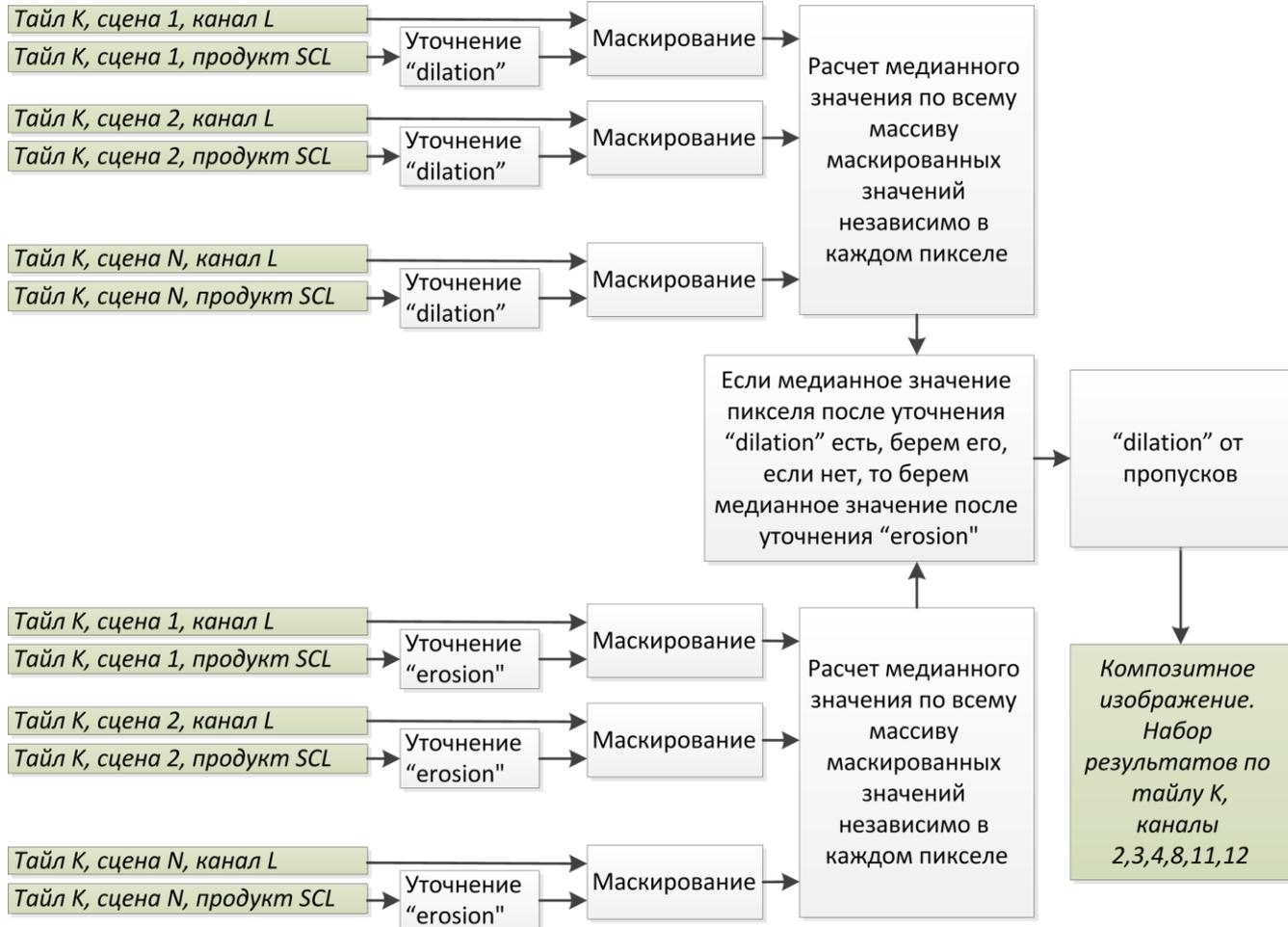
Операция erosion позволяет устранить проблемы маски с отдельными пикселями. В основном это необходимо для урбанизированной территории. То есть затягиваются отдельные пиксели, но остальные все равно расширяются обратно на последнем этапе с помощью операции dilation

Иллюстрация взята с ресурса

<https://www.cs.auckland.ac.nz/courses/compsci773s1c/lectures/ImageProcessing-html/topic4.htm>

# Схема обработки

## Схема создания композитного изображения за период



# Экспериментальный набор данных

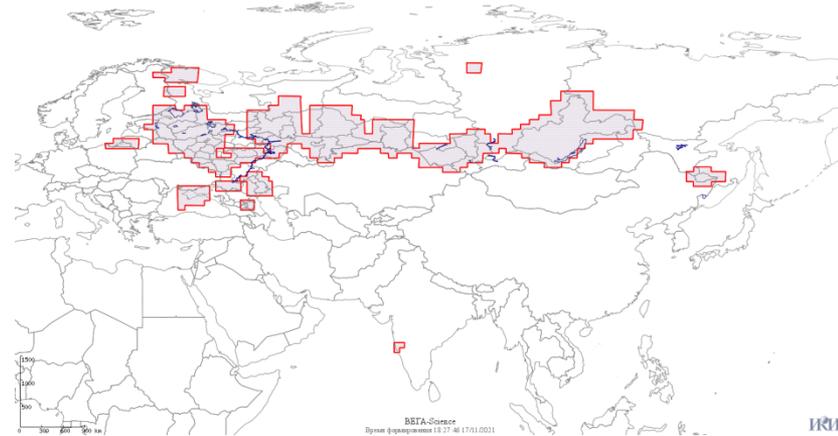
## Периоды:

- Ежемесячные с марта по ноябрь 2019-2021
- 45-ти дневные 2020-2021
- Сезон с 1 мая по 1 октября 2019-2021

## Продукты:

- Каналы Blue, Green, Red, Nir (10м)
- Каналы SWIR1, SWIR2 (20м)
- Производные продукты, в том числе NDVI, синтез в естественных цветах и с использованием каналов в ИК-диапазоне, а также разновременные продукты.
- Также есть сезонный и отдельные месяцы по данным уровня L1C на территорию России

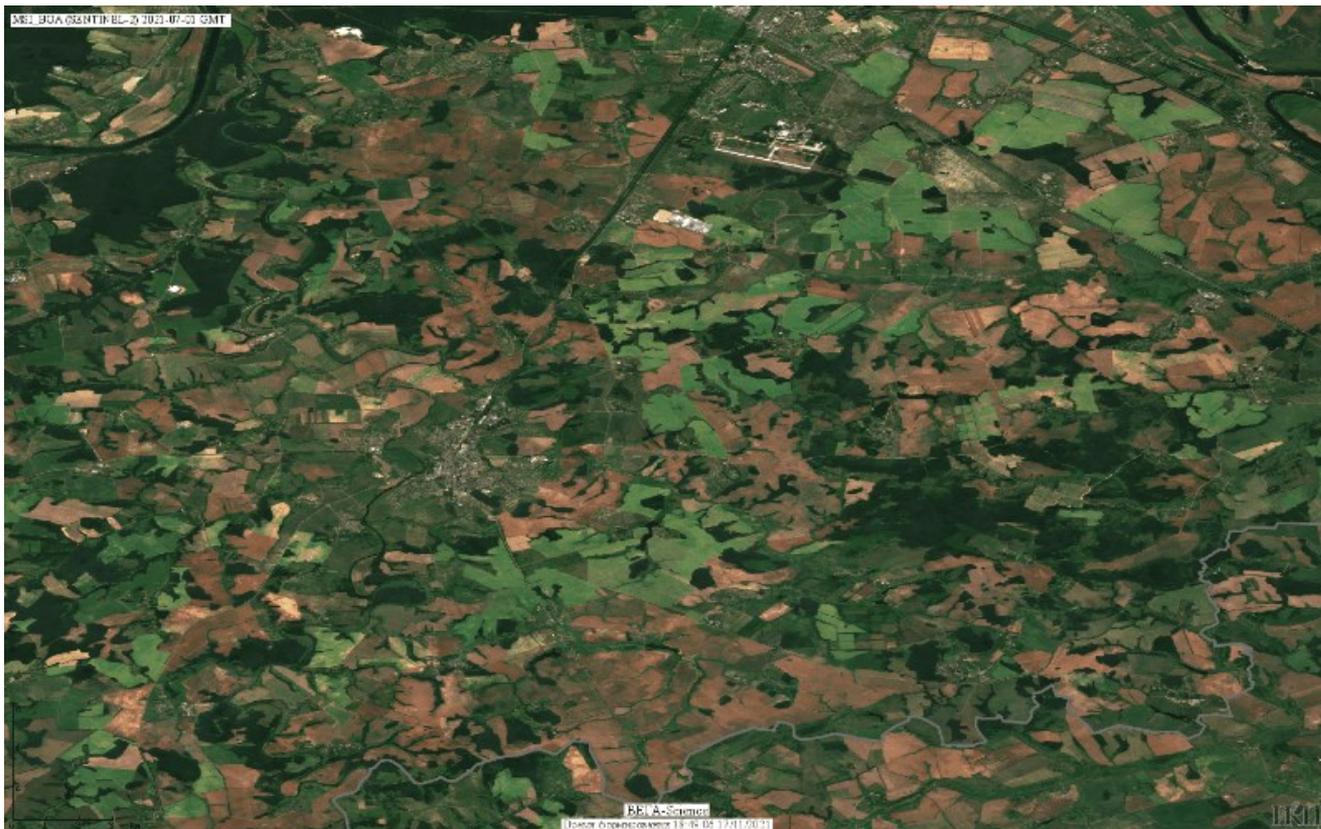
MIL\_VQA\_ORBITRNL\_3 2021-07-21 GMT



Покрытие композитного  
изображения за июль 2021 года

**На данный момент есть много пропусков из-за отсутствия исходных данных в архивах ЦКП ИКИ-Мониторинг. Оценочное время поступления всех данных за период с 2019 по 2021 года на Россию – весна 2022 г. Построение всего набора ежемесячных композитных изображений с 2019 года – лето 2022 года. В дальнейшем предполагается вести оперативный расчет всех продуктов.**

# Пример использования экспериментального набора данных



Пример использования серии ежемесячных композитных изображений для экспертного определения типа с/х культур на полях

## Заключение

- Разработана технология создания безоблачных композитных изображений за любой период
- Расчетная скорость создания на территорию России месячного композита на одном сервере составляет всего две недели
- Технологию легко масштабировать и распределять нагрузку по ресурсам
- Созданный экспериментальный набор данных уже нашел применение в ряде задач

## Что дальше

- Закрывать технические вопросы: устранить пробелы в данных в архиве и пересчитать композиты с 2019 года, создать систему оптимального управления и контроля расчетов, реализовать схему создания обзорных уровней
- Технология легко может быть усовершенствована и доработана, например, можно вернуться к экспериментам по восстановлению и интерполяции
- Используя даже ежемесячные наборы данных можно переходить к задачам автоматического картирования
- Использование зимних данных



Спасибо за внимание

Продукт синтеза разновременных композитных изображений за три последовательных месяца

Работа выполнена при поддержке гранта МК-4903.2021.1.5.  
Получение и обработка спутниковых данных были выполнены с помощью возможностей Центра коллективного пользования ИКИ-Мониторинг (Лупян и др., 2019), развиваемого при поддержке темы «Мониторинг» (госрегистрация № 01.20.0.2.00164).