



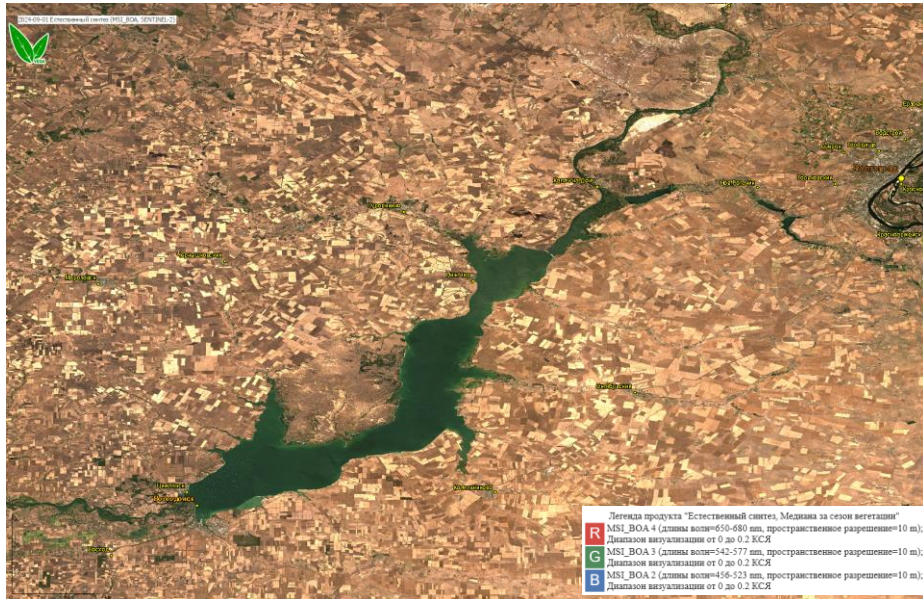
**Ежемесячные и сезонные продукты по данным спутников серии Sentinel-2 в архивах ЦКП ИКИ-Мониторинг: текущее состояние, технология создания и возможности доступа**

Кашницкий А.В., Лупян Е.А.  
Институт космических исследований РАН

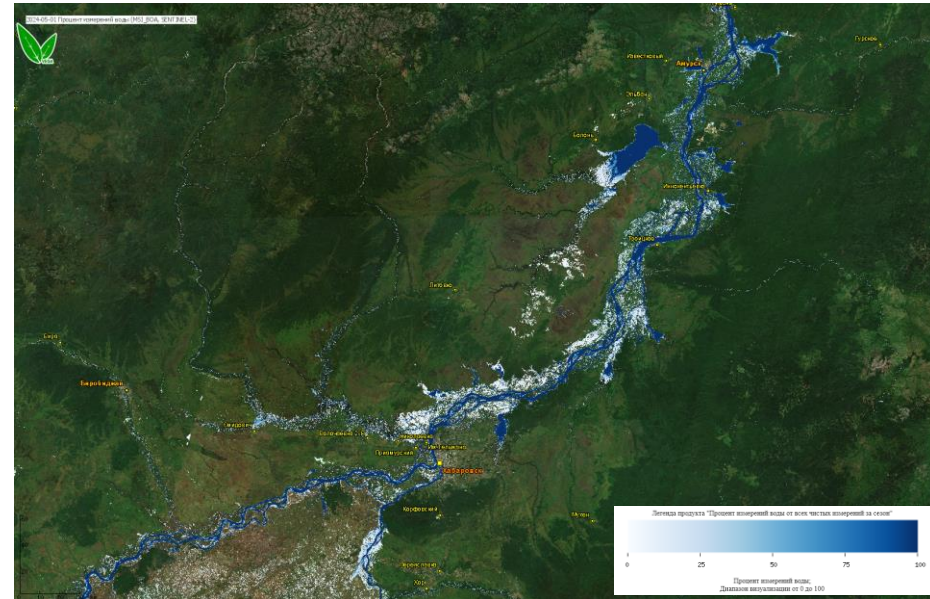
Двадцать вторая международная конференция  
"Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса"  
11 – 15 ноября 2024 г.

# Введение

Доклад посвящен созданию по данным прибора MSI спутников серии Sentinel-2 безоблачных композитных изображений, а также и продуктов на основе частоты детектирования типа земной поверхности. Описываются технологии получения, особенности процесса обработки, текущее состояние и возможности доступа к созданному набору данных.

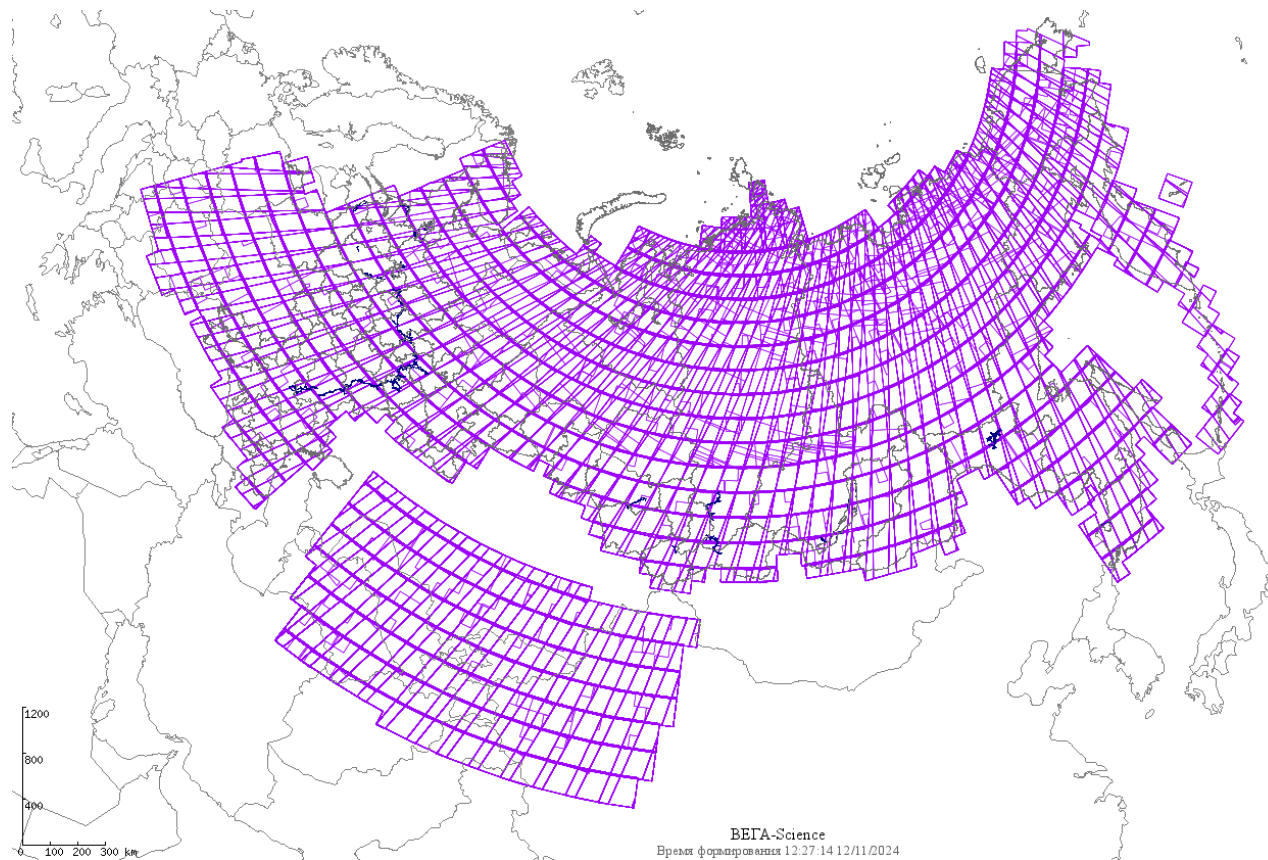


Примеры из набора данных композитных изображений: ежемесячные композитные изображения с апреля по октябрь 2024 года, синтез в естественных цветах



Примеры из набора данных о частоте детектирования: вероятность наблюдения воды за сезон, с 2019 по 2024 годы

# Данные прибора MSI спутников Sentinel-2 в архивах ЦКП ИКИ-Мониторинг



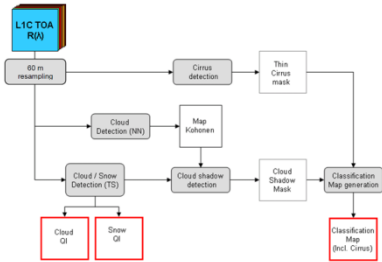
Покрытие данными прибора MSI спутников Sentinel-2 в архивах ЦКП ИКИ-Мониторинг с атмосферной коррекцией за 2023 год, с фильтром на облачность не более 10 процентов

# Предоставляемые пользователям ЦКП ИКИ-Мониторинг информационные продукты

Атмосферная коррекция	Спутник	Диапазон дат		Кол-во	Размер, Гб
Без коррекции	SENTINEL-2 (компози́ты)	2016-05-01	2024-11-09	14 098	94 621
	SENTINEL-2A	2015-07-04	2024-11-11	5 385 826	1 184 600
	SENTINEL-2B	2017-04-24	2024-11-11	5 080 230	1 120 283
Данные с коррекцией	SENTINEL-2 (компози́ты)	2018-12-01	2024-09-01	831	201 412
	SENTINEL-2A	2018-03-26	2024-11-11	1 671 257	565 458
	SENTINEL-2B	2018-03-26	2024-11-11	1 684 862	565 405

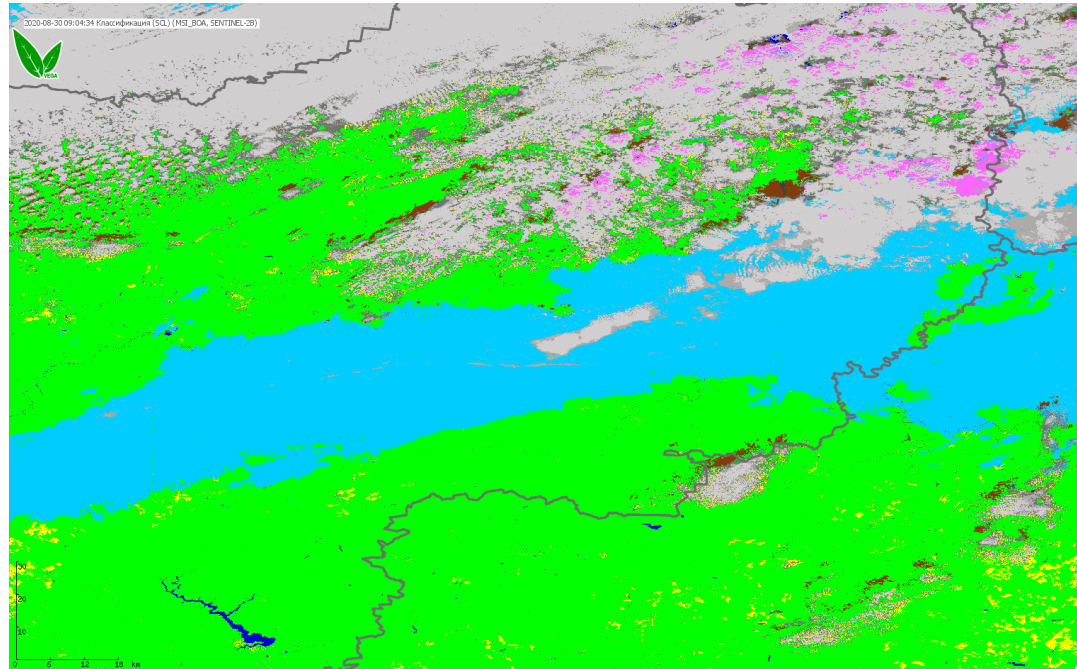
Статистика наличия в архивах ЦКП ИКИ-Мониторинг данных прибора MSI спутников Sentinel2 в ЦКП ИКИ-Мониторинг

# Продукт «результат классификации сцены»



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>

# 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

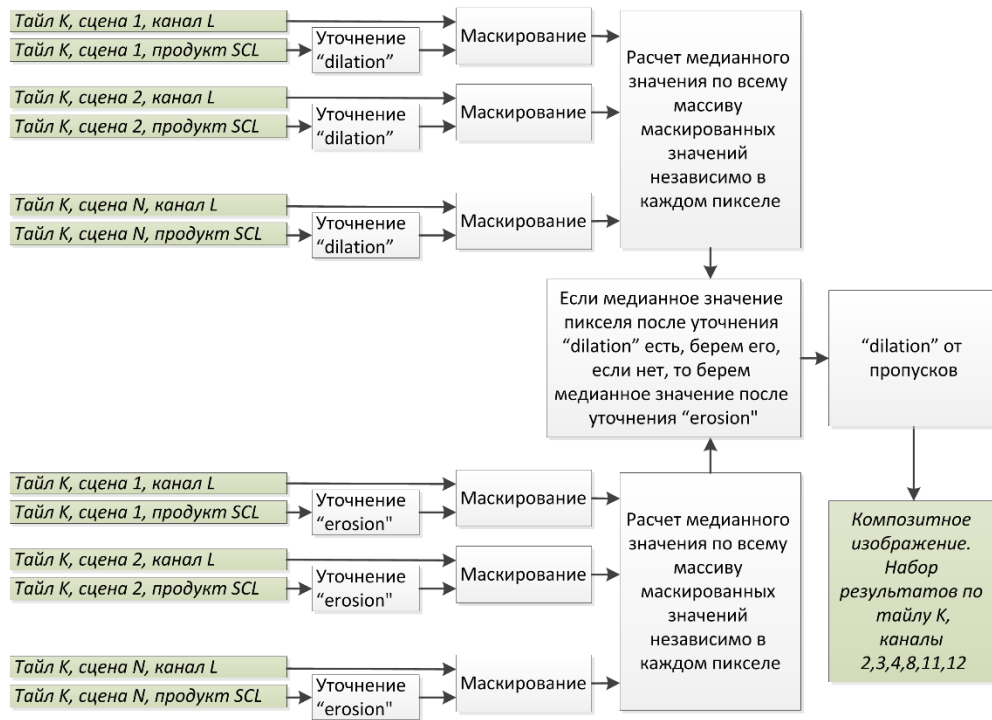
Легенда продукта

- Наличие класса «неклассифицированные пиксели». Особенно часто встречается на урбанизированной территории. Также он присутствует на облачности или тенях от облаков;
- Класс «темные объекты» часто перепутан с тенями от облаков;
- Много проблем на границах классов, когда пограничные или соседние с границей классов пиксели классифицированы неверно. Проблема особенно актуальна для классов облачности;
- Существуют одиночные ошибочные пиксели или линии пикселей в разных классах. Некоторые мелкие объекты, например, в низинах, или на урбанизированной территории могут находиться в классах облачности непрерывно;
- Проблема с классом «дымка» (в документации - THIN\_CIRRUS). Часто дымка незначительно искажает значения яркостей, однако под ней хорошо просматривается чистая поверхность;
- Классы снега и облаков часто перепутаны, особенно это актуально зимой для снежных облачных фронтов;
- Дым от лесных пожаров почти целиком находится в классе «не растительность»

# Создание композитных изображений за период

Для бесснежного периода считаются чистыми классы «растительность», «не растительность», «вода», «темные объекты» и «неклассифицированные пиксели», а для снежного периода (зимний композит) еще и класс «снег». Остальные классы считаются маской. Для снежного (зимнего) композитного изображения операция улучшения маски проводится в один этап, выполняется только стягивание одиночных групп пикселей. Для бесснежного периода к каждой маске применяются независимо морфологические операции расширения и сужения.

После применения маски независимо для улучшений путем расширения и сужения считается медианное значение по всему массиву измерений. Если чистое измерение не было получено в ветке с применением операции расширения, то оно заполняется значением из ветки с применением операции сужения.



# Создание продуктов по основе частоты детектирования типов поверхности

Используются следующие классы: «водная поверхность», «растительность», «не растительность», «темные объекты», «не классифицировано», а для снежного периода также класс «снег». Для каждого пикселя за период построения продукта вычисляется абсолютное число отнесений его к каждому классу и процент таких отнесений от всех чистых измерений. Дополнительно вычисляется наиболее часто встречающееся значение за период и общее число чистых измерений.

Для снежного периода с 1 января по 31

марта созданы продукты:

Число снежных измерений

Процент снежных измерений

Число чистых измерений

Мода по SCL (зимняя)

Для периода с 1 мая по 31 сентября созданы продукты:

Число измерений воды

Процент измерений воды

Число измерений «темные объекты»

Процент измерений «темные объекты»

Число измерений растительности

Процент измерений растительности

Число измерений «не растительность»

Процент измерений «не растительность»

Число измерений «не классифицировано»

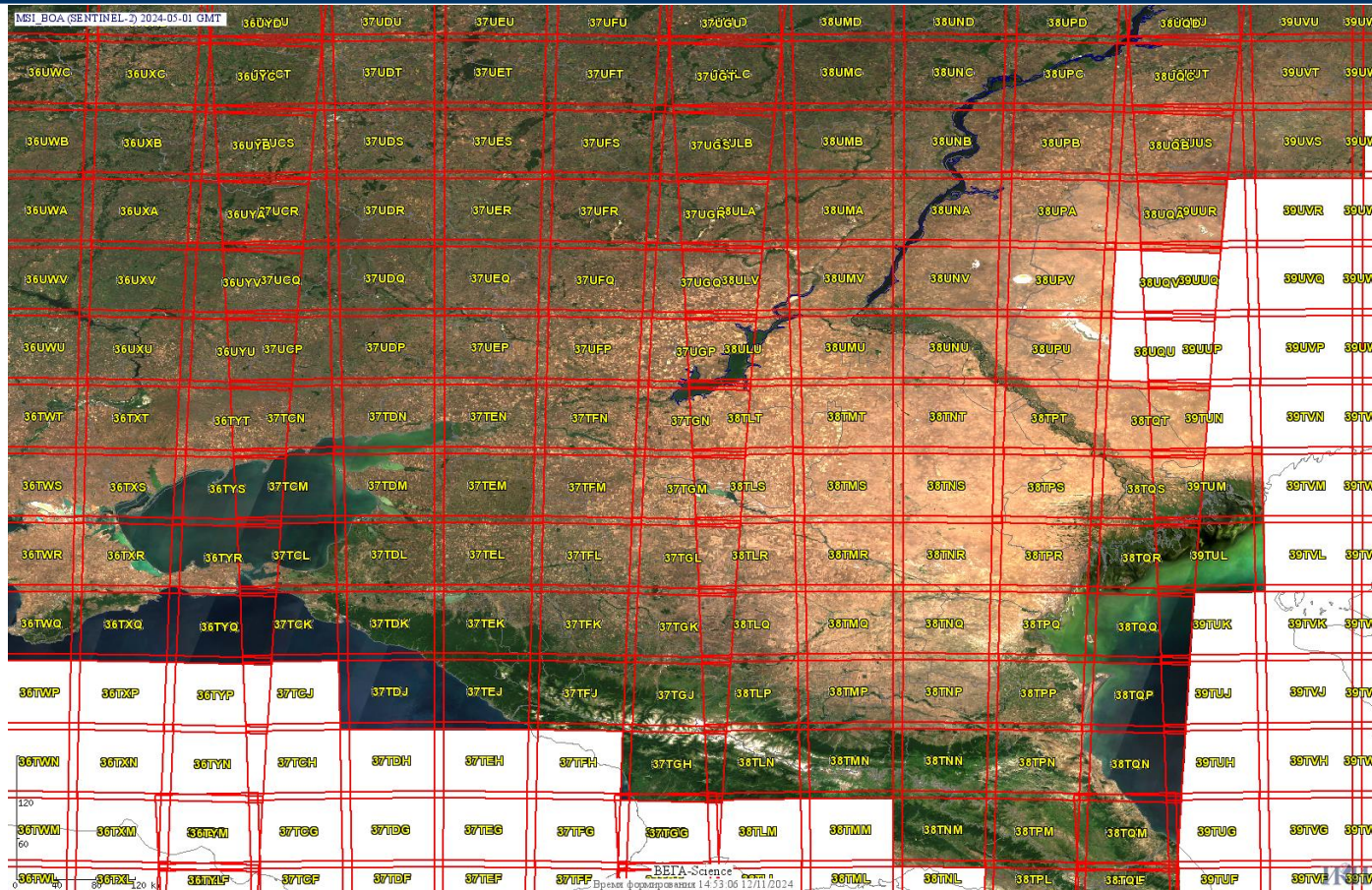
Процент измерений «не классифицировано»

Число чистых измерений

Мода по SCL

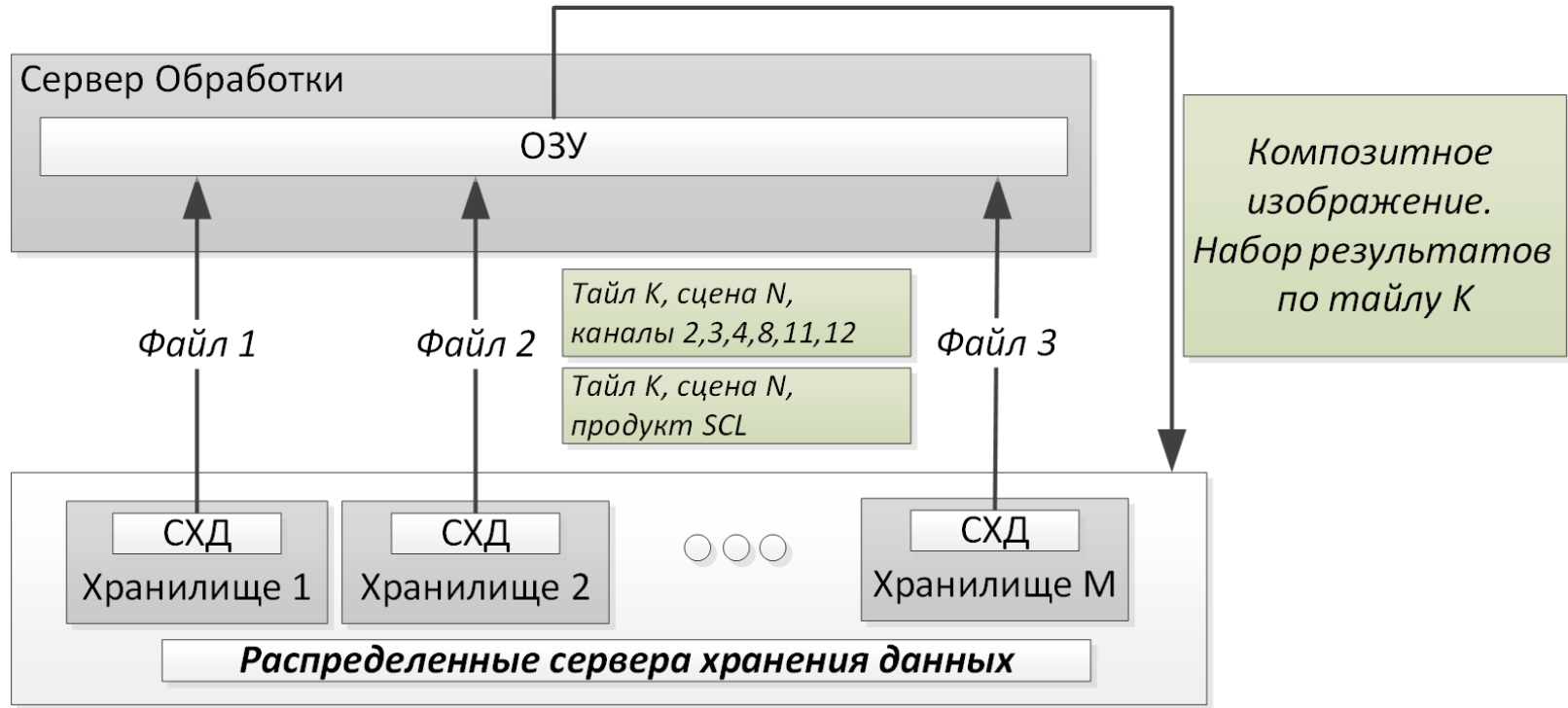


# Сетка тайлов Sentinel-2



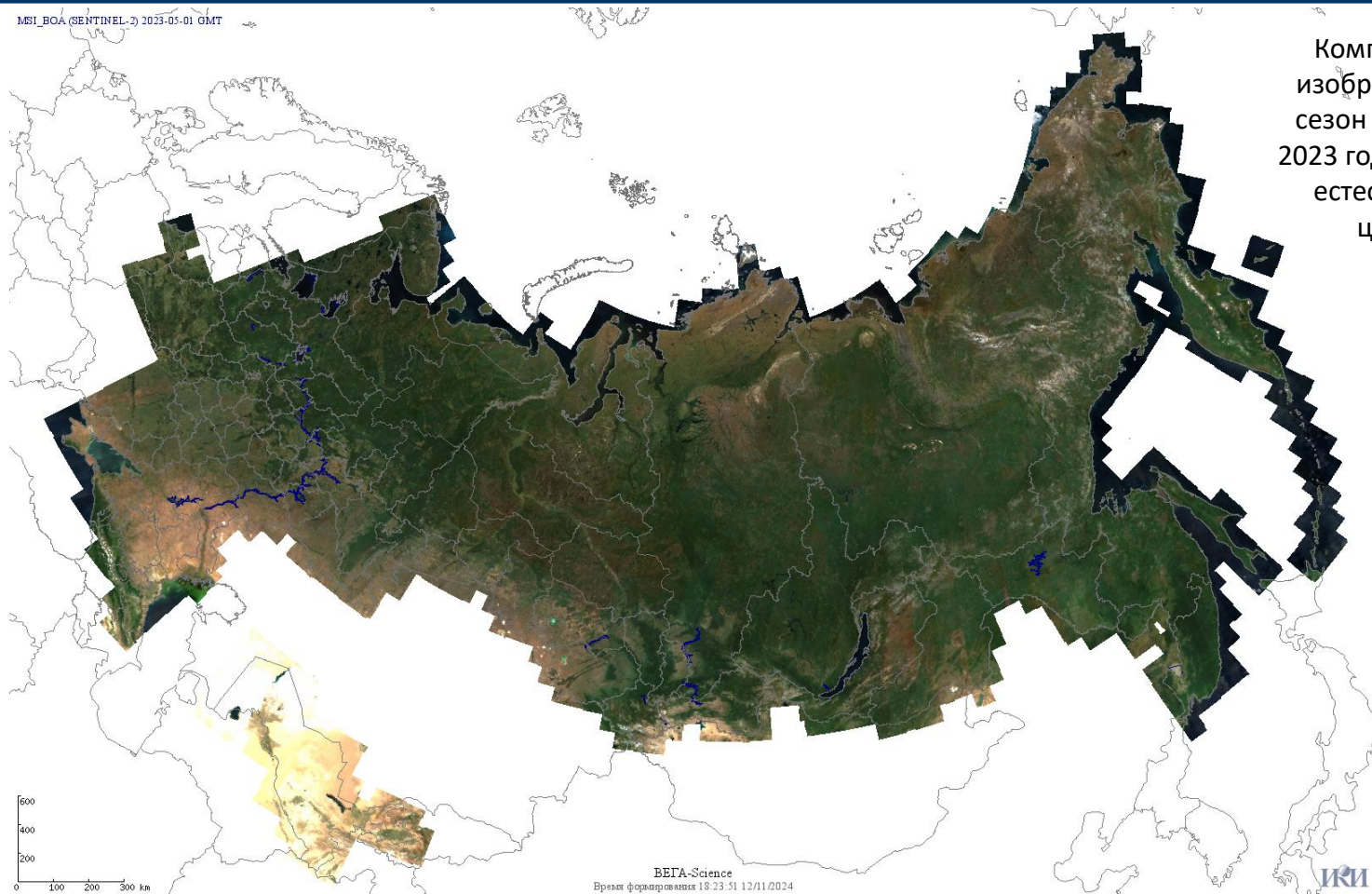
Тайлы сетки данных на фоне композитного изображения, построенного за летний период 2024 года по данным Sentinel-2

# Схема пересылок данных при обработке



# Область построения

MSI\_BOA (SENTINEL-2) 2023-05-01 GMT



Композитное  
изображение за  
сезон вегетации  
2023 года, синтез в  
естественных  
цветах

ВЕГА-Science  
Время формирования: 18:23:51 12/11/2024

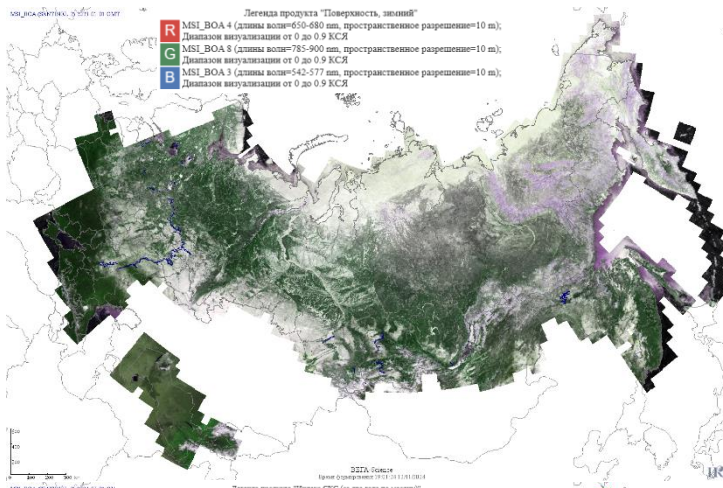
IRI

# Полученный набор данных

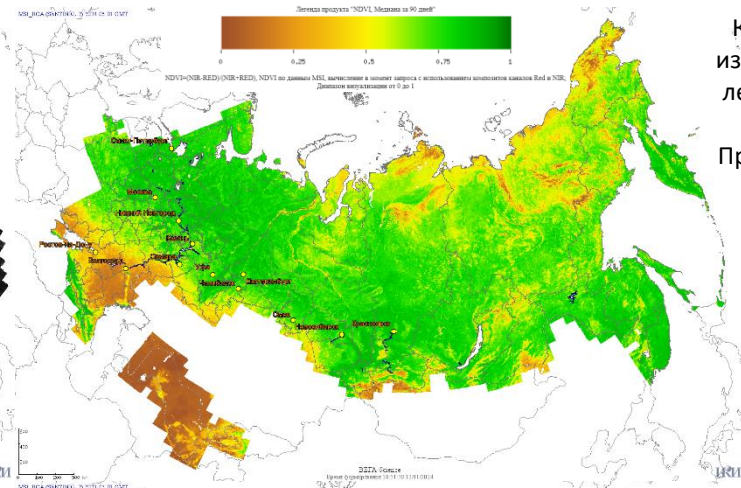
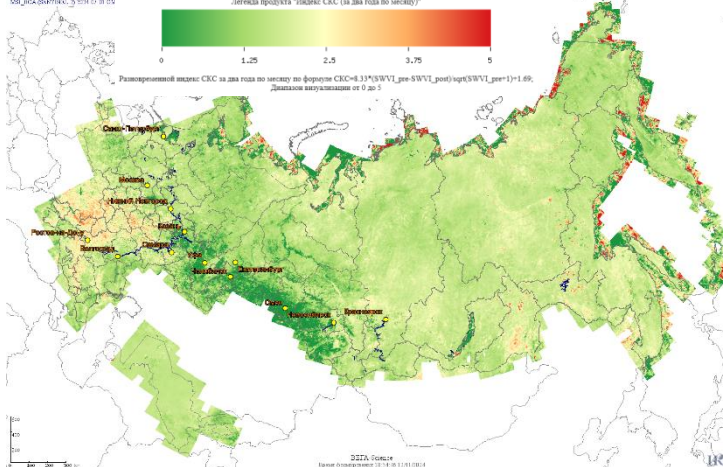
Название	Периоды	Годы	Продукты
<b>Композитные изображения по данным с атмосферной коррекцией</b>			
<b>Ежегодный за сезон вегетации</b>	С 1 мая по 30 сентября	2019-2024	Blue, Green, Red, Nir (10м) SWIR1, SWIR2 (20м)
<b>Ежемесячный</b>	Каждый месяц с марта по ноябрь с первого до последнего числа месяца	2019-2024	Blue, Green, Red, Nir (10м) SWIR1, SWIR2 (20м)
<b>Ежесезонный</b>	Весенний (с 1 марта по 31 мая) Летний (с 1 июня по 31 августа) Осенний (с 1 сентября по 30 ноября)	2019-2024	Blue, Green, Red, Nir (10м) SWIR1, SWIR2 (20м)
<b>Снежный (зимний)</b>	С 1 января по 31 марта С 1 декабря по 31 декабря	2019-2024	Blue, Green, Red, Nir (10м) SWIR1, SWIR2 (20м)
<b>Композитные изображения по данным без атмосферной коррекции</b>			
<b>Ежегодный за сезон вегетации</b>	За период с 1 мая по 30 сентября	2016-2018	Blue, Green, Red, Nir (10м) SWIR1, SWIR2 (20м)
<b>Ежемесячный</b>	Каждый месяц с мая по сентябрь с первого до последнего числа месяца	2016-2018	Blue, Green, Red, Nir (10м) SWIR1, SWIR2 (20м)
<b>Данные о частоте детектирования</b>			
<b>Ежегодный за сезон вегетации</b>	С 1 мая по 30 сентября	2019-2024	Число и процент измерений классов «водные объекты», «темные объекты», «растительность», «не растительность», «не классифицировано», число чистых измерений, мода по SCL (все 20м)
<b>Снежный (зимний)</b>	С 1 января по 31 марта	2019-2024	Число снежных измерений, процент снежных измерений, число чистых измерений, мода по SCL зимняя (все 20м)
<b>60 дней</b>	15 июля – 15 сентября	2024	Число водных измерений, процент водных измерений, число чистых измерений (все 20м)

# Примеры безоблачных композитных изображений и продуктов на их основе

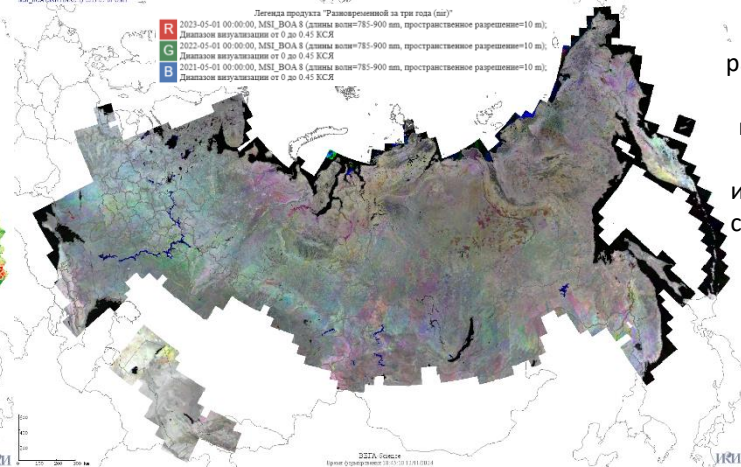
Снежное композитное изображение за зиму 2023-2024 гг. Продукт синтеза каналов red-nir-green.



Продукт разновременной СКС за два года на основе месячных композитных изображений за июль 2024 и 2023 гг.

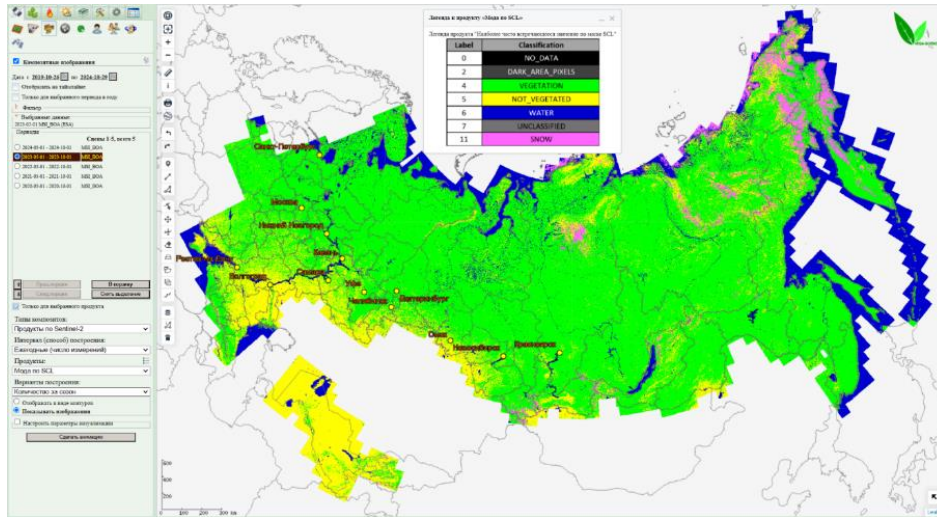


Композитное изображение за летний период 2023 года. Продукт индекс NDVI.

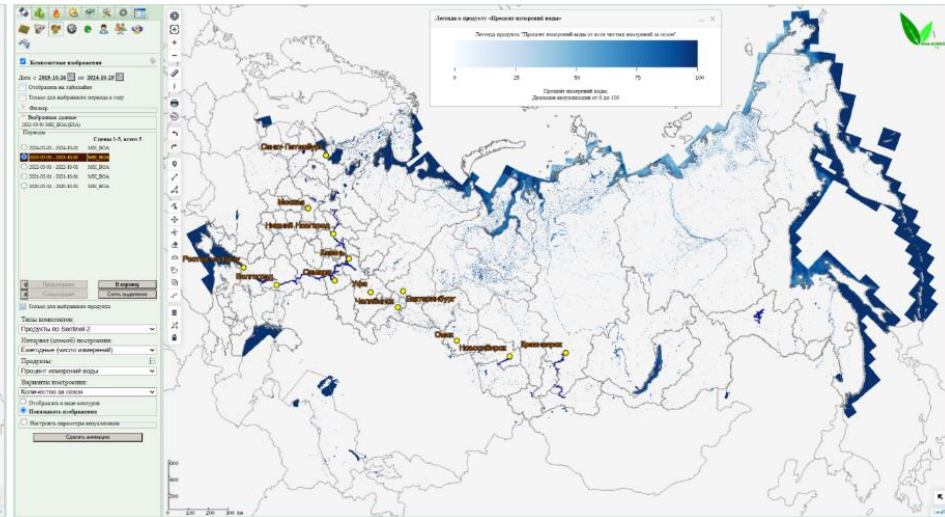


Продукт разновременной синтез за три года на основе композитных изображений за сезон вегетации 2023, 2022 и 2021 годов

# Примеры продуктов на основе частоты наблюдения типа земной поверхности

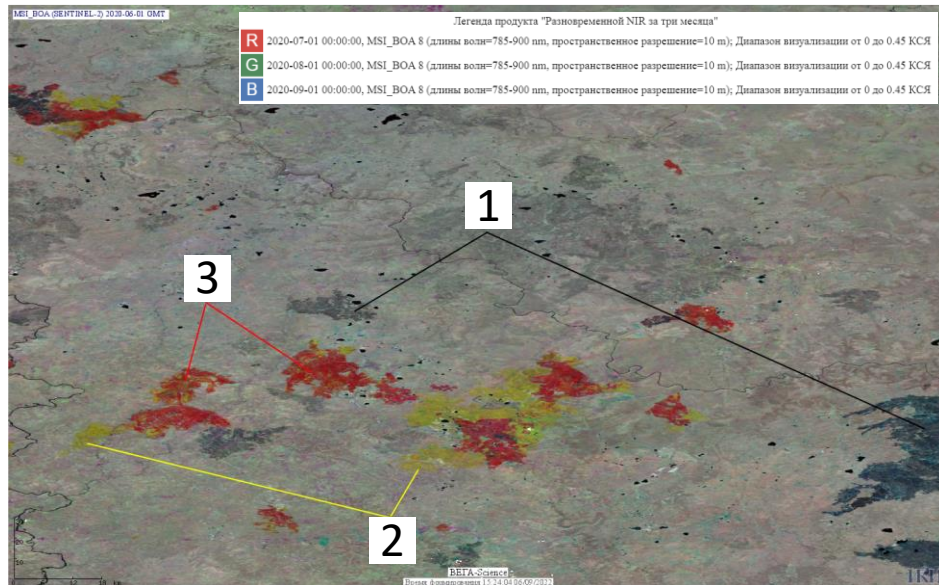


Наиболее часто встречающееся значение для каждой точки за период с 1 мая по 1 октября 2023 года

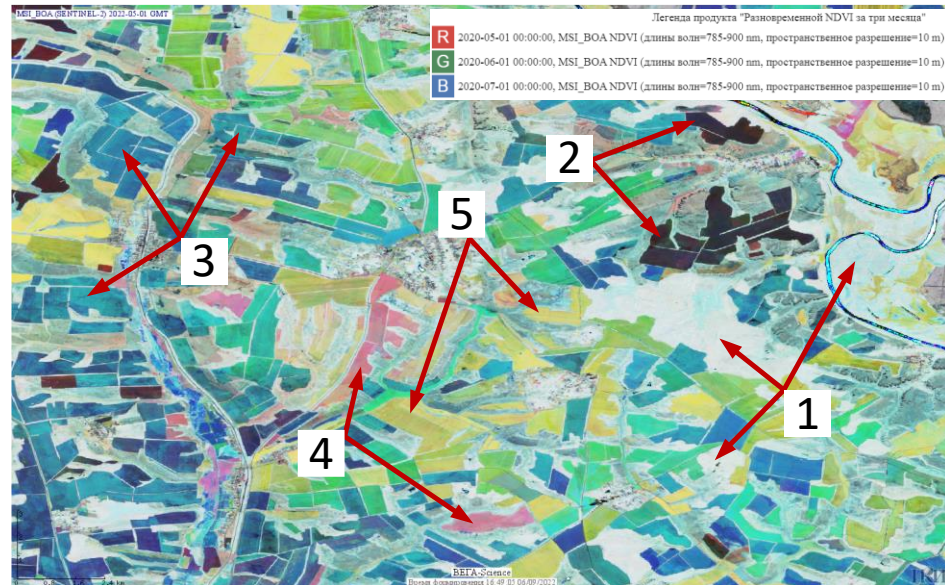


Процент измерений воды от всех чистых наблюдений для каждой точки за период с 1 мая по 1 октября 2023 года

# Примеры использования набора данных



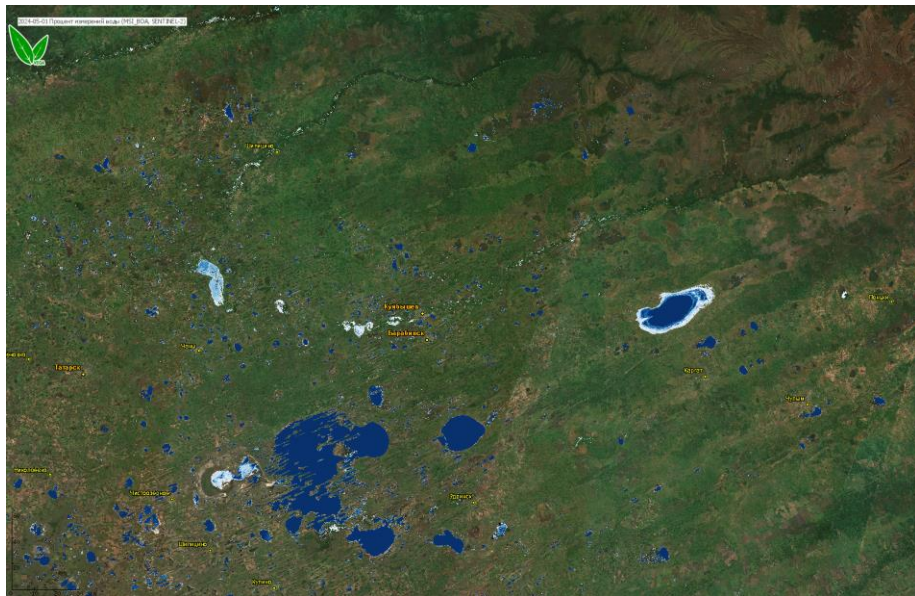
Синтез КСЯ в канале NIR по композитным изображениям за июль, август, сентябрь 2020 года, территория Якутии. Различные цвета при синтезе показывают период появления поврежденных участков леса: 1 – присутствуют во всех месяцах (появились до июля). 2 – появились в августе, 3 – появились только в сентябре.



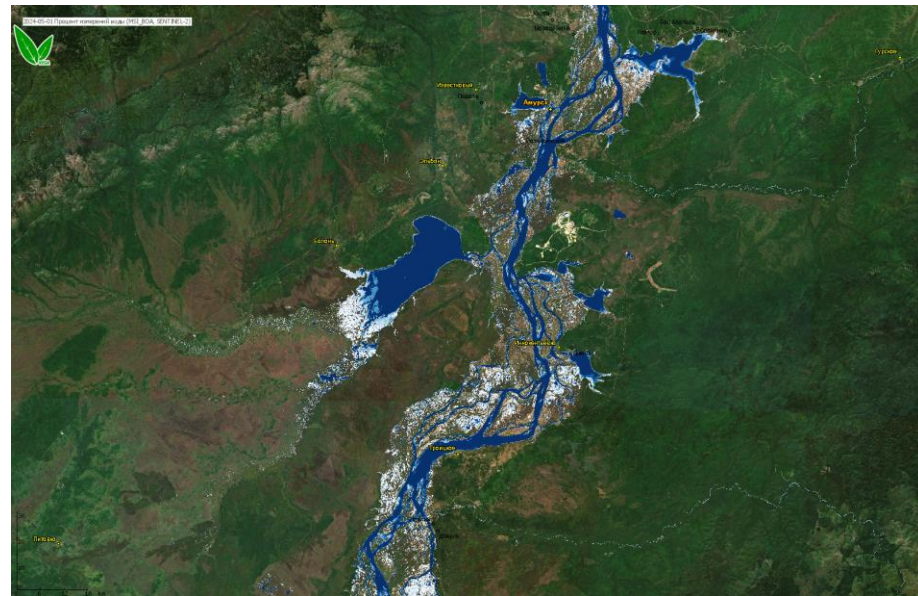
Синтез индекса NDVI по композитным изображениям за май, июнь, июль 2022 года, территория Воронежской области. Различные цвета при синтезе показывают тип использования: 1 – лес или неиспользуемые земли, 2 – земли под паром, 3 – яровые культуры, 4 – травы или сенокосы, 5 – озимые культуры.

# Примеры использования набора данных

## Изменения водного зеркала озер в Сибири



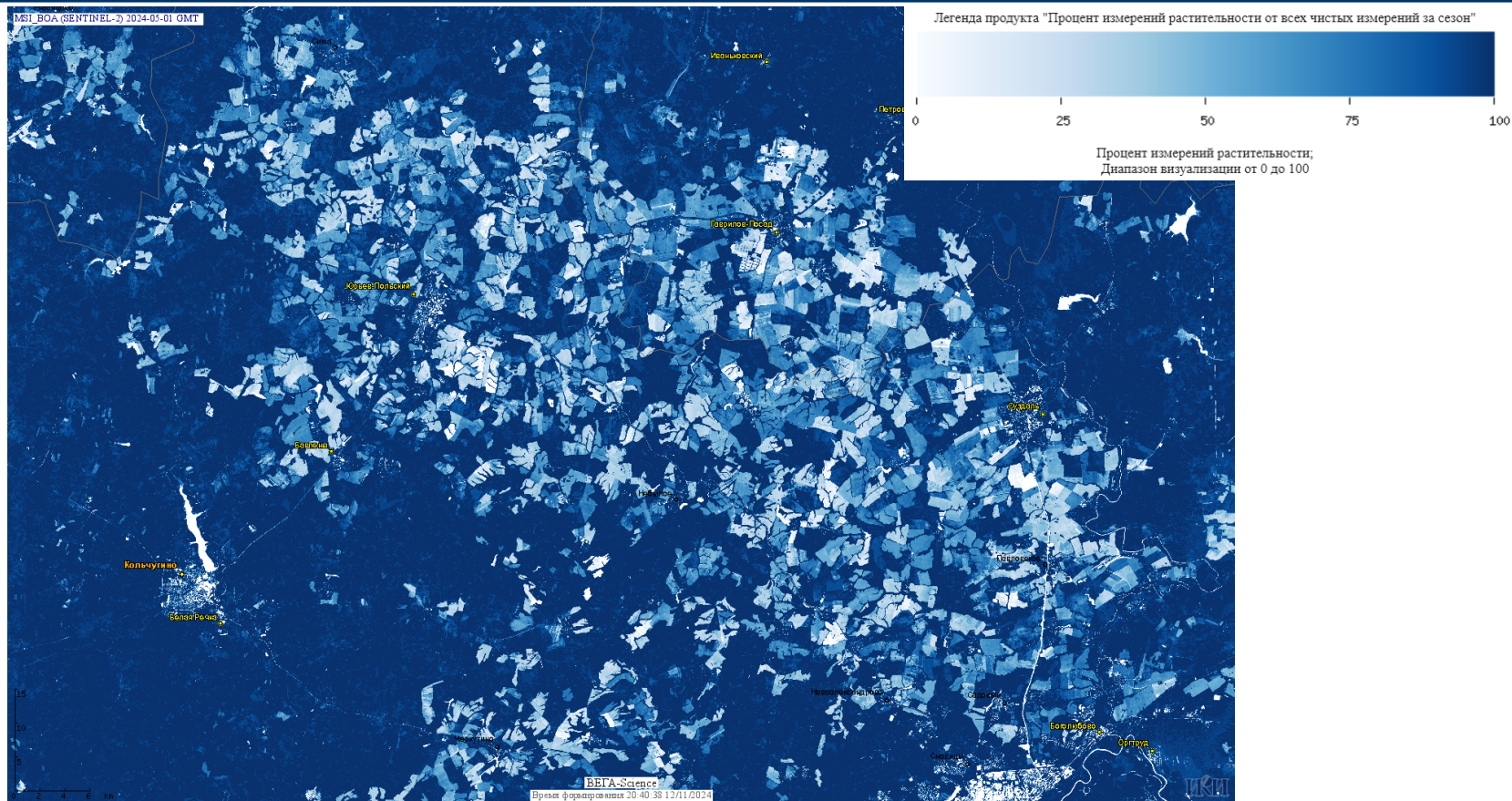
## Разливы реки Амур



Созданные с помощью инструментов картографического интерфейса анимированные изображения продукта Процент измерений воды за период с 1 мая по 1 октября. Каждый кадр соответствует одному году, с 2019 по 2024. Подложка – композитное изображение по данным Sentinel-2, синтез в естественных цветах.



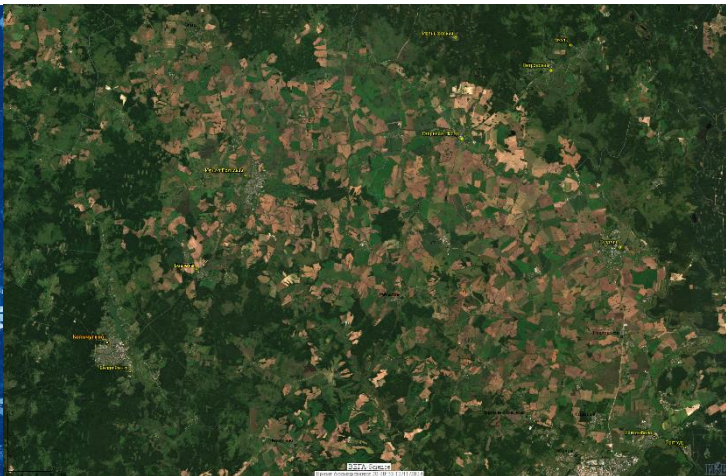
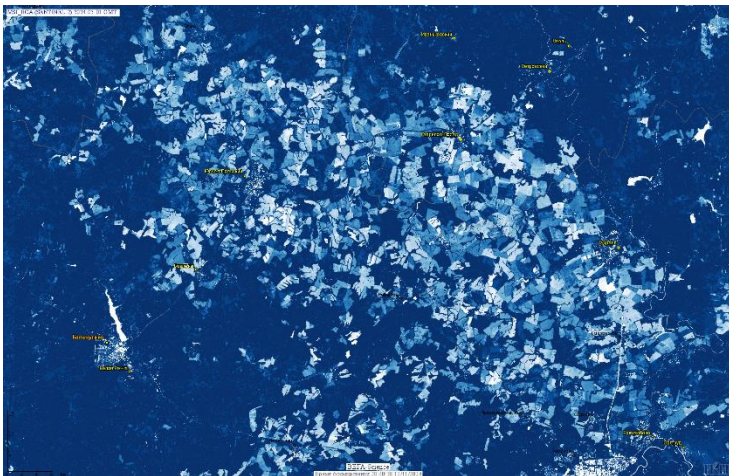
# Примеры использования набора данных



Продукт процент измерений класса «растительность» за период с 1 мая по 31 сентября 2024 года.  
Фрагмент данных на территорию Владимирской области.

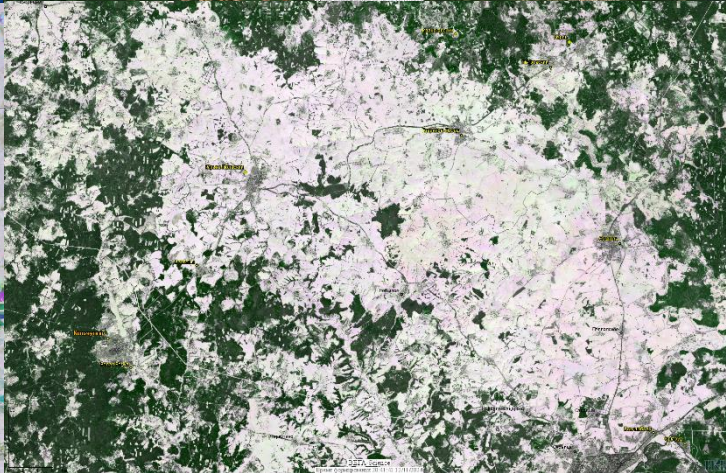
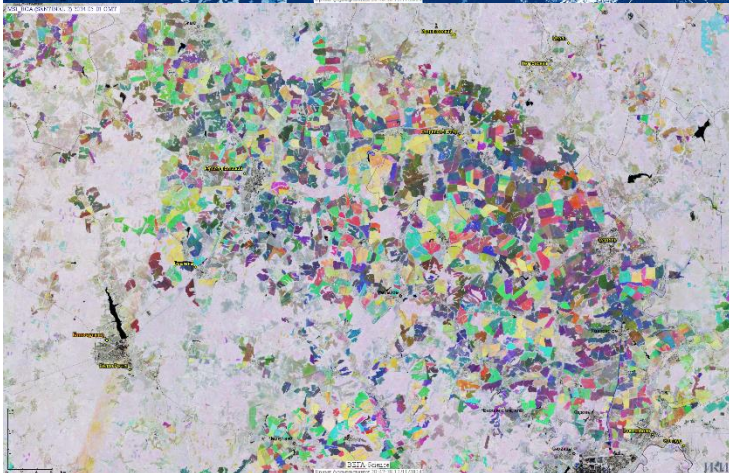
# Примеры использования набора данных

Процент измерений класса «растительность» за период с 1 мая по 31 сентября 2024 года



Композитное изображение за сезон вегетации 2024 года, синтез в естественных цветах

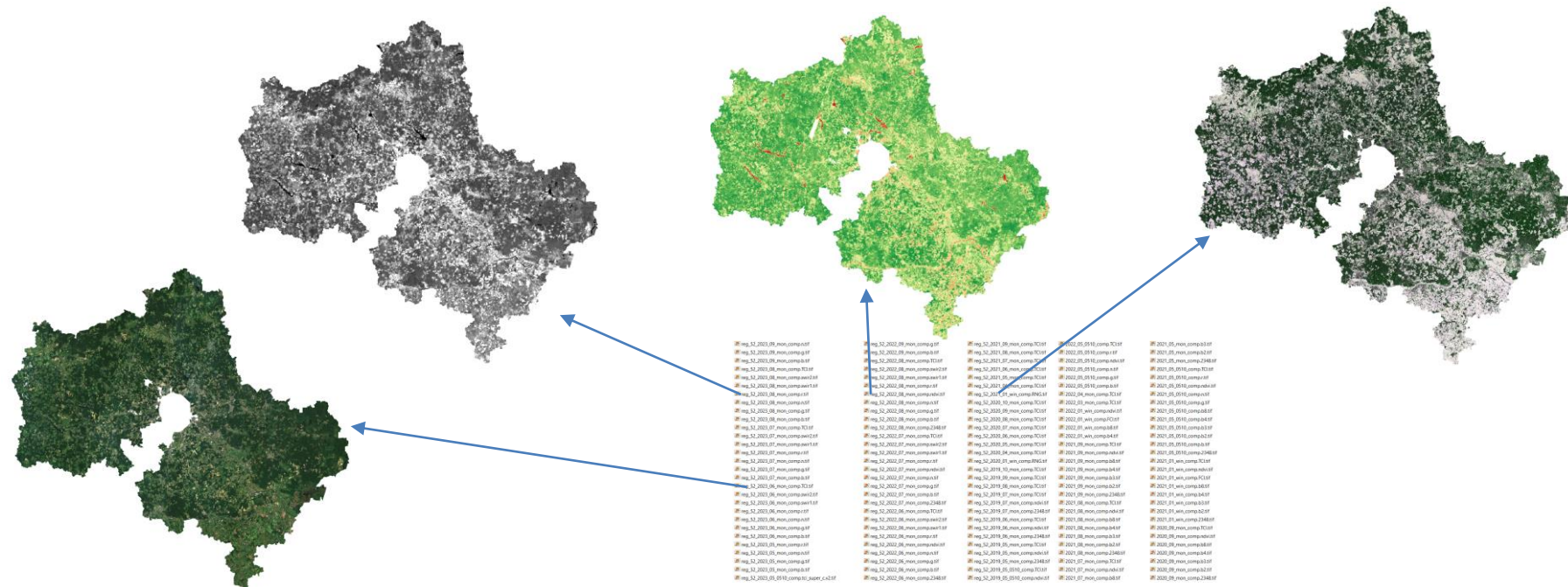
Синтез индекса NDVI на основе композитных изображений за май, июнь, июль 2024 года



Снежное композитное изображение за зиму 2023-2024 гг., синтез каналов red-ir-green.

# Доступ к набору данных

Полученный набор данных за разные периоды 2019-2024 годов опубликован на ресурсах ЦКП «ИКИ-Мониторинг» и предлагается для решения научных задач широкому кругу исследователей. Все наборы данных доступны в системе Vega-Science (<http://sci-vega.ru/>). Также реализована схема предоставления отдельных наборов данных на любой регион по запросу.



Пример выгрузки данных на Московскую область для анализа на внешних ресурсах

## Заключение

- Реализована технология создания безоблачных композитных изображений и продуктов о частоте детектирования типов поверхности за любой период
- Реализованный подход позволяет достаточно быстро создавать продукты на большую территорию
- Созданный набор данных уже нашел применение в ряде задач
- Полученный набор ежемесячных и ежесезонных данных опубликован на ресурсах ЦКП «ИКИ-Мониторинг» и предлагается для решения научных задач широкому кругу исследователей



Спасибо за внимание

Продукт синтеза разновременных композитных изображений за три последовательных месяца

Работа выполнена в рамках темы ИКИ РАН «Космос -Д» (госрегистрация № 122042500019-6) с использованием инфраструктуры Центра коллективного пользования «ИКИ-Мониторинг» (Лупян и др., 2019), функционирование и развитие которого осуществляется при поддержке Минобрнауки (тема "Мониторинг" , госрегистрация № 122042500031-8)"