



**Институт вычислительного моделирования СО РАН
Федеральный исследовательский центр
«Красноярский научный центр СО РАН»**

**ТЕХНОЛОГИЯ ПОДГОТОВКИ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ
СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ И ДАННЫХ АЭРОФОТОСЪЕМКИ ДЛЯ
СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ**

Кадочников Алексей Анатольевич

Россия, Владивосток - 2025

Системы приема спутниковых данных



Корпус экологии
ФИЦ КНЦ СО РАН

В Красноярском научном центре СО РАН работает несколько спутниковых приемных комплексов, осуществляющих круглосуточный прием данных (эксплуатируются совместно с МЧС, СФУ, СибГУ им. академика М.Ф. Решетнева)

Спутники и сенсоры, с которых ведется прием данных

Спутник	Сенсор / уровень обработки	Продукт
1. TERRA (до лета 2024)	MODIS / L1	MOD02, MOD03 (250 – 1000 м)
2. AQUA	MODIS / L1	MYD02, MYD03
3. Suomi NPP 4. NOAA-20 5. NOAA-21 (с весны 2024)	VIIRS / L1	SVI (5 каналов/375 м), SVM (16 каналов/750 м), SVDNB (1 канал/750 м)
	VIIRS / L2	ICCMO (маска облачности), AVAFO (пожары)
	ATMS / L1	22 канала в спектральном диапазоне 23-183 ГГц
	CrIS / L1	Гиперспектральный ИК-зондировщик
6. FengYun 3C, 3D	MERSI	5 каналов/250 м (в т.ч. тепловой 11.5 мкм) + 15 каналов/1000 м

Сибирский региональный центр

Сибирский региональный центр дистанционного зондирования Земли (СРЦ ДЗЗ) в структуре Роскосмоса, открыт 22 сентября 2015 года на базе АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва.



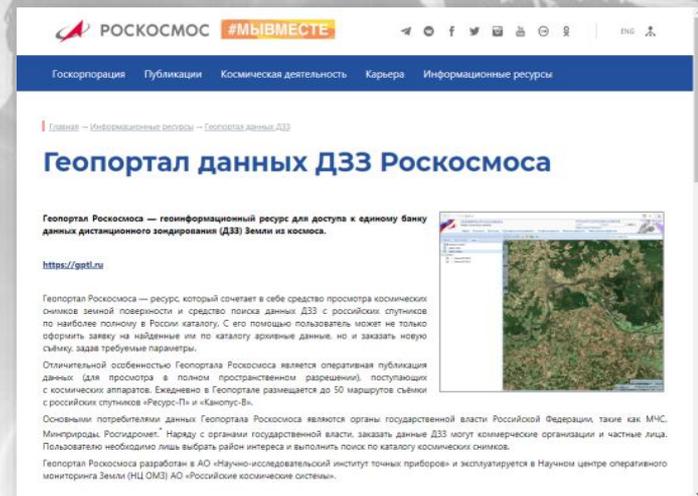
На момент запуска в СРЦ ДЗЗ функционировали четыре антенных и аппаратно-программных комплекса, обеспечивая работу со спутниками: «Канопус-В», «Метеор-М2», «Ресурс-П», «Ресурс-ДК», «БелКА», Terra, Aqua и др.

Геопортал данных ДЗЗ Роскосмоса

В 2019 была решена задача организации каталога спутниковых данных для ограниченного числа пользователей с Российских космических аппаратов Ресурс-П и Канопус-В, получаемых от НЦ ОМЗ АО «Российские космические системы».

Данные централизованно загружаются для нужд подразделений, входящих в ФИЦ КНЦ СО РАН, по общей заявке для всех подразделений. Для удобства конечных пользователей каталога полученные данные обрабатываются и приводятся к единому формату.

Данные автоматически загружаются с геопортала Роскосмоса (<https://www.gptl.ru>) и предварительно обрабатываются в полуавтоматическом режиме.



Беспилотные летательные аппараты



АВАКС

Авиационные
авиационные
системы



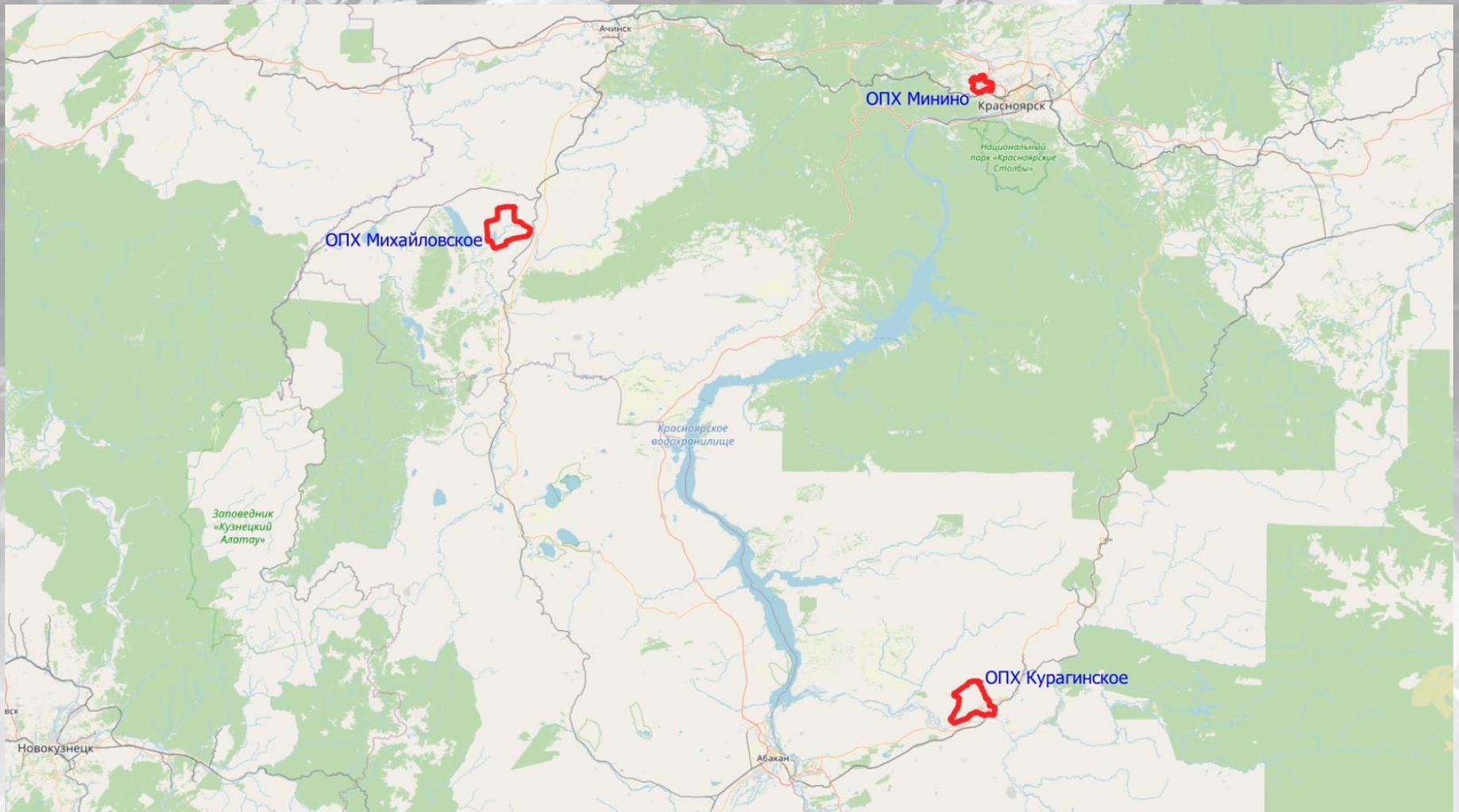
Беспилотная авиационная система
miniSIGMA с вертикальным взлетом и
посадкой



Квадрокоптер DJI Matrice 350 RTK



Расположение ОПХ ФИЦ КНЦ СО РАН



Тематические веб-приложения

Первый этап:

Каталог спутниковых снимков с набором оперативных сервисов визуализации и анализа данных
на основе технологий геопортала, открытого программного обеспечения

Используется опыт разработки –
система спутникового мониторинга МЧС, геопортал ИВМ СО РАН

Второй этап:

Информационные продукты по различным темам:
изменение растительного покрова, пожары и пожароопасность,
снегозапасы и паводки, аэрозоли, вегетационные индексы

Использование оперативных метеоданных.

Стандартизация прикладных пользовательских сервисов.

Продукты на базе приемного комплекса

Каталог включает в себя подсистему формирования архива спутниковых данных космических аппаратов TERRA, AQUA, Suomi NPP, NOAA-20 и NOAA-21, поступающих с приемного комплекса. Выполняется загрузка и каталогизация спутниковых данных с иностранных серверов для аппаратов Sentinel-2, Landsat-8, Landsat-9. Выполняется загрузка данных для Российских аппаратов Канопус-В и Ресурс-П. Выполняется каталогизация данных аэрофотосъемки с БПЛА.

Реализованы программные средства оперативной предварительной обработки спутниковых данных.

Этапы подготовки тематических данных

1. Многоканальные мультимасштабные растры

Содержат подмножество спектральных каналов, необходимое для визуализации на геопортале композитных изображений (например, для MODIS: 1-4-3, 7-2-1, 3-6-7, 31)

Уровень детализации (до 500 м для MODIS, 750 м – VIIRS) определяется экономией дискового пространства системы хранения данных.

2. Одноканальный растр с маской облачности

Одноканальное изображение для определения процента облачности.

3. Обзорные растры для веб-браузера (в формате PNG)

Предназначены для быстрого масштабирования на стороне веб-клиента без обращения к серверу (полностью загружаются в память веб-браузера).

4. Тематические продукты для отображения в веб-браузере

Индекс NDVI, температура MODIS, VIIRS.

5. Тематические информационные продукты для специалистов

Маска облачности, пожары MODIS, VIIRS-375м, ...

Продукты на основе The International Polar Orbiter Processing Package v.2.6

Продукты на базе приемного комплекса

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – нормализованный относительный индекс биомассы.

NDWI (Normalized Difference Water Index) – нормализованный разностный водный индекс.

SAVI (Soil-Adjusted Vegetation Index) – индекс растительности, уменьшающий влияние яркости почвы.

MSAVI2 (Modified Soil Adjusted Vegetation Index) – модифицированный индекс растительности с коррекцией по почве, минимизирует влияние открытой почвы на индекс SAVI.

VARI (Visible Atmospherically Resistant Index) – индекс разработан для выделения растительности в видимой части спектра, при ослаблении влияния разницы освещения и атмосферных явлений.

GCI (Green Chlorophyll Index) – индекс чувствителен к содержанию хлорофилла в листьях у различных видов растений, отражает физиологическое состояние растительности.

RGB цветное изображение.

Каталог спутниковых снимков

Центр дистанционного зондирования Земли ФИЦ КНЦ СО РАН :: Каталог спутниковых снимков

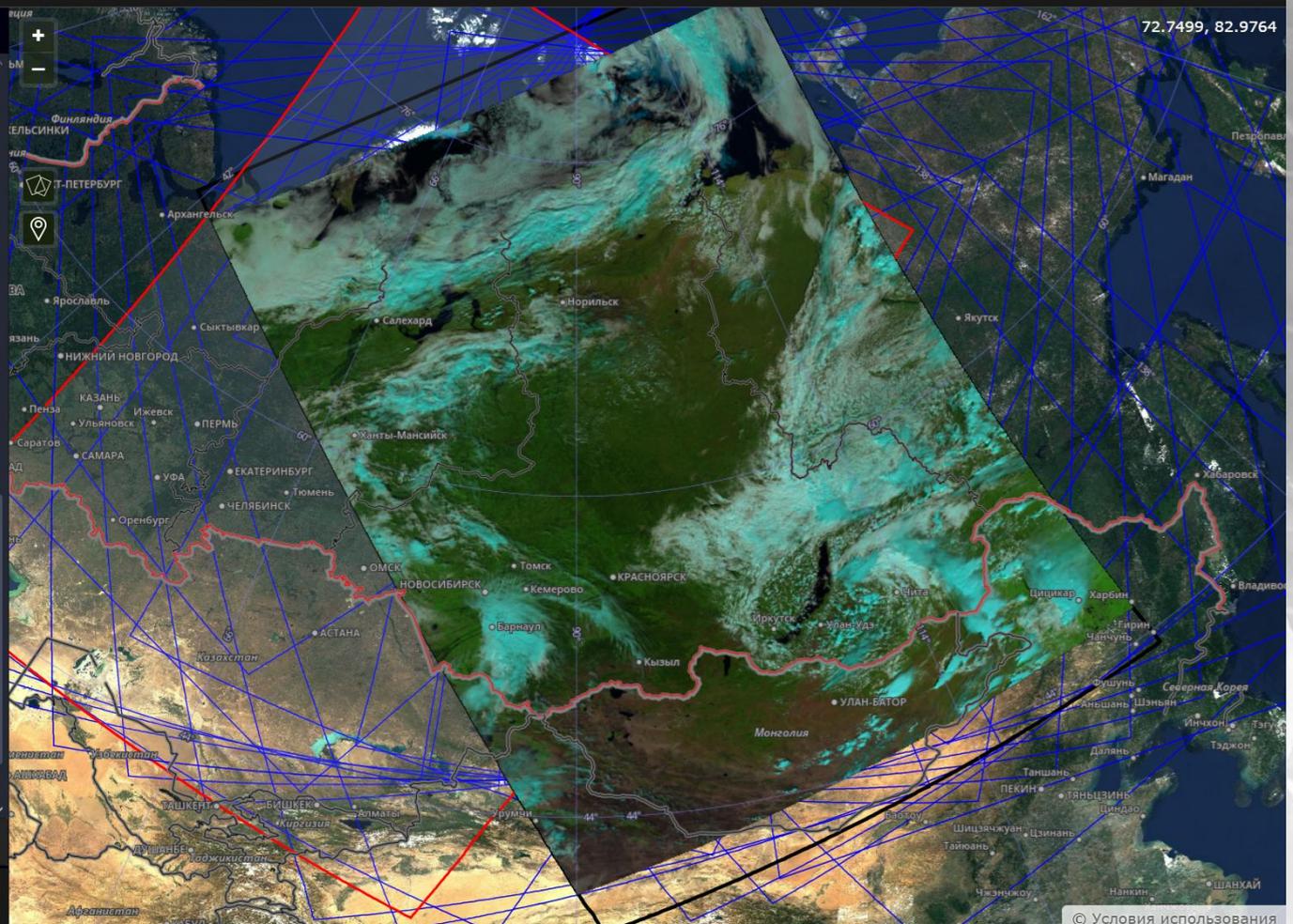
[Вход]

Поиск **Результат** Корзина

Сцена

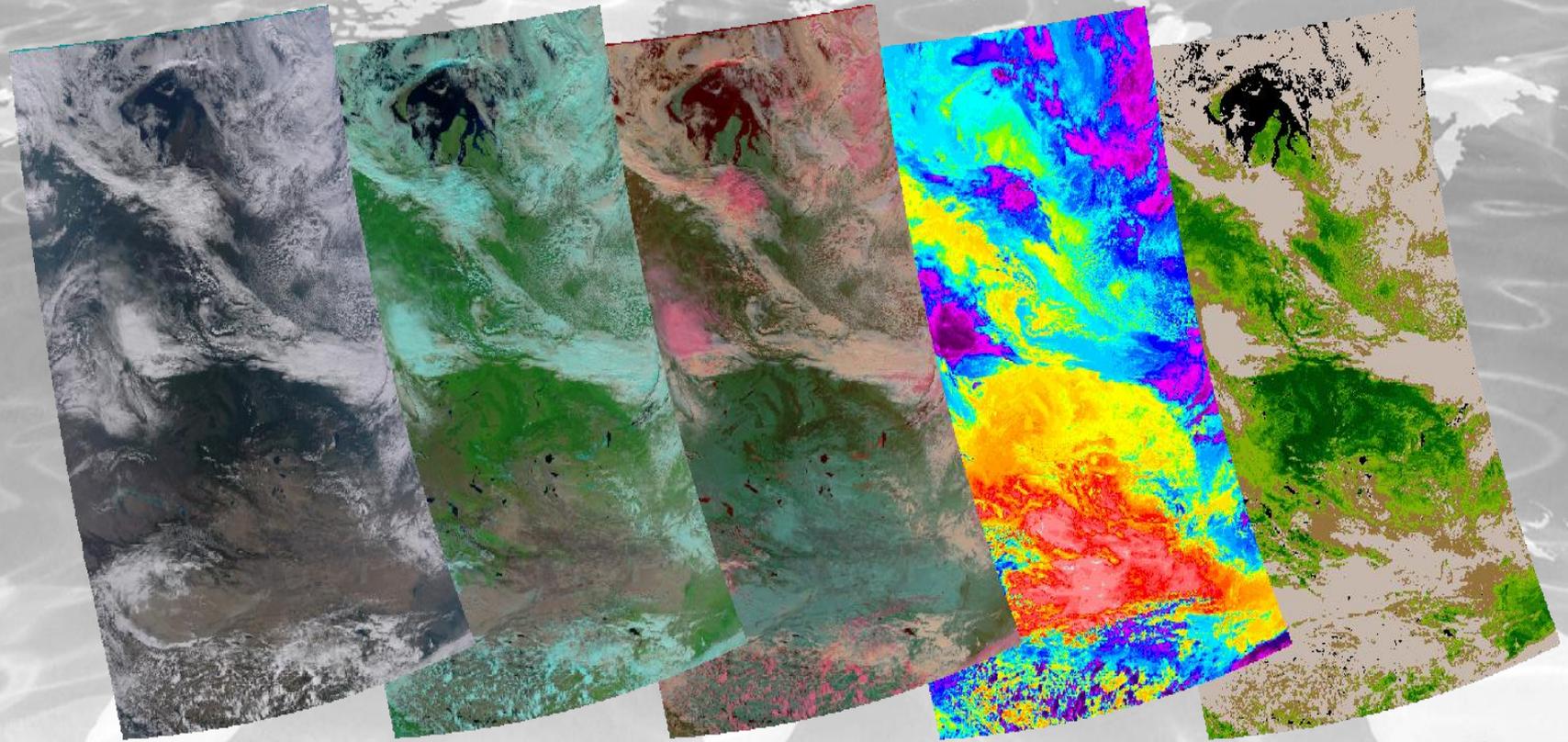
<input type="checkbox"/>	NOAA-21 (VIIRS)	28.07.2025 22:50:26		
<input type="checkbox"/>	NOAA-21 (VIIRS)	28.07.2025 21:09:26		
<input type="checkbox"/>	NOAA-21 (VIIRS)	28.07.2025 19:28:26		
<input type="checkbox"/>	NOAA-21 (VIIRS)	28.07.2025 17:48:51		
<input type="checkbox"/>	NOAA-21 (VIIRS)	28.07.2025 07:22:58		
<input checked="" type="checkbox"/>	NOAA-21 (VIIRS)	28.07.2025 05:40:32		
<input type="checkbox"/>	NOAA-21 (VIIRS)	28.07.2025 04:00:57		
<input type="checkbox"/>	NOAA-21 (VIIRS)	27.07.2025 21:28:21		
<input type="checkbox"/>	NOAA-21 (VIIRS)	27.07.2025 19:47:21		
<input type="checkbox"/>	NOAA-21 (VIIRS)			

<< < 1 2 3 4 5 > >>



© Условия использования

Комбинация каналов



«Естественные цвета» (MODIS: 1-4-3 / VIIRS: I1-M4-M3)

«Пожары» (MODIS: 7-2-1 / VIIRS: M11-I2-I1)

«Снег и лед» (MODIS: 3-6-7 / VIIRS: M3-I3-M11)

Яркостная температура по тепловому инфракрасному каналу (MODIS: 31 / VIIRS: I5)

Нормализованный относительный индекс биомассы NDVI (MODIS: $(2-1)/(2+1)$ / VIIRS: $(I2-I1)/(I2+I1)$)

Комбинация каналов «Естественные цвета»

Центр дистанционного зондирования Земли ФИЦ КНЦ СО РАН :: Каталог спутниковых снимков [Вход]

Поиск Результат Корзина

Сцена	Цена
<input type="checkbox"/> Sentinel-2C (MSI) (T46UEE) 31.07.2025 05:10:51	
<input type="checkbox"/> Sentinel-2C (MSI) (T46VEH) 31.07.2025 05:10:51	
<input type="checkbox"/> Sentinel-2C (MSI) (T47VLE) 31.07.2025 05:10:51	
<input type="checkbox"/> Sentinel-2C (MSI) (T46VCK) 31.07.2025 05:10:51	
<input type="checkbox"/> Sentinel-2C (MSI) (T46UCE) 31.07.2025 05:10:51	
<input checked="" type="checkbox"/> Sentinel-2C (MSI) (T45UYV) 31.07.2025 05:10:51	4,3,2 12,8,4 2,11,12 NDVI
<input type="checkbox"/> Sentinel-2C (MSI) (T46UCD) 31.07.2025 05:10:51	
<input type="checkbox"/> Sentinel-2C (MSI) (T46VFK) 31.07.2025 05:10:51	
<input type="checkbox"/> Sentinel-2C (MSI) (T45UXV) 31.07.2025 05:10:51	
<input type="checkbox"/> Sentinel-2C (MSI) (T46UCC) 31.07.2025 05:10:51	

91.8460, 53.9105

Усть-Абакан
ЧЕРНОГОРСК
АБАКАН
Белый Яр
Минусинск
Зеленый Бор

© Условия использования

MODIS: 1-4-3 / VIIRS: I1-M4-M3

Эта комбинация каналов «естественные цвета» составлена из набора длин волн в соответствии с тем, что видит человеческий глаз.

Недостатком этого набора каналов является то, что создаваемое изображение, как правило, выглядит однотонно темным, туманным, с плохо различимыми деталями

Комбинация каналов «Пожары»

Центр дистанционного зондирования Земли ФИЦ КНЦ СО РАН :: Каталог спутниковых снимков [Вход]

Поиск Результат Корзина

Сцена	
<input type="checkbox"/> Sentinel-2C (MSI) (T46UEE) 31.07.2025 05:10:51	
<input type="checkbox"/> Sentinel-2C (MSI) (T46VEH) 31.07.2025 05:10:51	
<input type="checkbox"/> Sentinel-2C (MSI) (T47VLE) 31.07.2025 05:10:51	
<input type="checkbox"/> Sentinel-2C (MSI) (T46VCK) 31.07.2025 05:10:51	
<input type="checkbox"/> Sentinel-2C (MSI) (T46UCE) 31.07.2025 05:10:51	
<input checked="" type="checkbox"/> Sentinel-2C (MSI) (T45UYV) 31.07.2025 05:10:51	
<input type="checkbox"/> Sentinel-2C (MSI) (T46UCD) 31.07.2025 05:10:51	
<input type="checkbox"/> Sentinel-2C (MSI) (T46VFK) 31.07.2025 05:10:51	
<input type="checkbox"/> Sentinel-2C (MSI) (T45UXV) 31.07.2025 05:10:51	
<input type="checkbox"/> Sentinel-2C (MSI) (T46UCC) 31.07.2025 05:10:51	

4,3,2 12,8,4
2,11,12 NDVI

1 2 3 4 5

© Условия использования

MODIS: 7-2-1 / VIIRS: M11-I2-I1

Эта комбинация каналов наиболее полезна для разделения гарей после пожаров, незначительной растительности или голой почвы, наводнений. Эта комбинация также помогает отличить снег и лёд от облаков. Толстый лёд и снег отображаются ярко-голубым, маленькие кристаллы льда в облаках будут синеватыми, а водяные облака будут белыми.

Комбинация каналов «Снег и лед»

Центр дистанционного зондирования Земли ФИЦ КНЦ СО РАН :: Каталог спутниковых снимков [Вход]

Поиск Результат Корзина

Сцена	
<input type="checkbox"/> Sentinel-2C (MSI) (T46UEE) 31.07.2025 05:10:51	
<input type="checkbox"/> Sentinel-2C (MSI) (T46VEH) 31.07.2025 05:10:51	
<input type="checkbox"/> Sentinel-2C (MSI) (T47VLE) 31.07.2025 05:10:51	
<input type="checkbox"/> Sentinel-2C (MSI) (T46VCK) 31.07.2025 05:10:51	
<input type="checkbox"/> Sentinel-2C (MSI) (T46UCE) 31.07.2025 05:10:51	
<input checked="" type="checkbox"/> Sentinel-2C (MSI) (T45UYV) 31.07.2025 05:10:51 4,3,2 12,8,4 2,11,12 NDVI	
<input type="checkbox"/> Sentinel-2C (MSI) (T46UCD) 31.07.2025 05:10:51	
<input type="checkbox"/> Sentinel-2C (MSI) (T46VFK) 31.07.2025 05:10:51	
<input type="checkbox"/> Sentinel-2C (MSI) (T45UXV) 31.07.2025 05:10:51	
<input type="checkbox"/> Sentinel-2C (MSI) (T46UCC) 31.07.2025 05:10:51	

53°40' 53°20' 53°00' 52°40' 52°20' 52°00'

90.3755, 53.6751

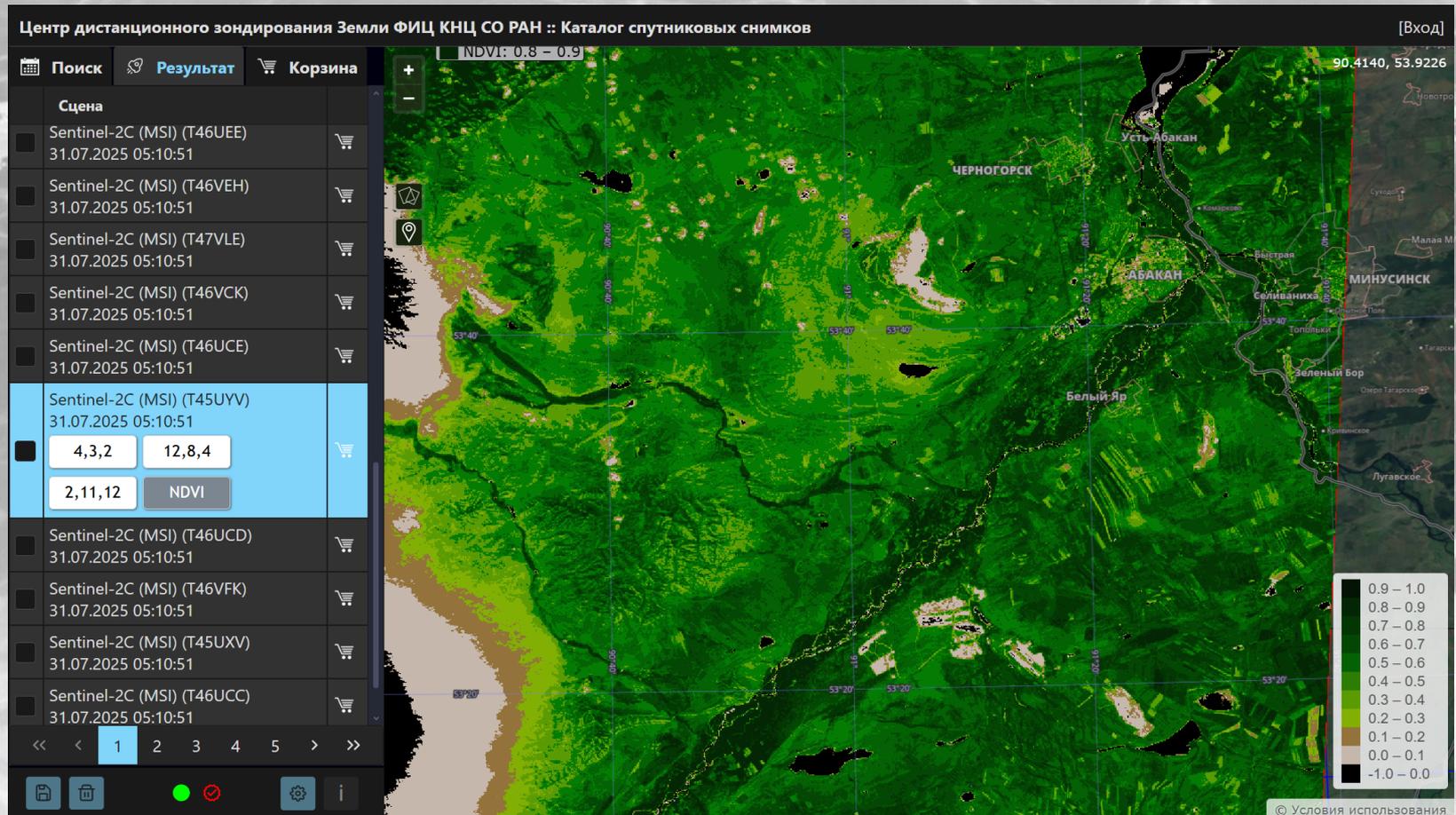
Усть-Абакан
ЧЕРНОГОРСК
АБАКАН
Белый Яр
Минусинск
Саливаниха
Зеленый Бор
Лугавское

© Условия использования

MODIS: 3-6-7 / VIIRS: M3-I3-M11

Эта комбинация каналов хороша для разделения жидкого состояния воды от твердого (мерзлого), например, облаков от снега, ледяных облаков от водяных облаков; или наводнений от густой растительности. Толстый лед и снег кажутся ярко-красными (или красно-оранжевыми), капли воды в облаках – белыми, растительность будет зеленой.

Нормализованный относительный индекс биомассы NDVI



MODIS: $(2-1)/(2+1)$ / VIIRS: $(I2-I1)/(I2+I1)$

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) - нормализованный относительный индекс растительности. Простой количественный показатель количества фотосинтетически активной биомассы.

Формирование изображения сцены

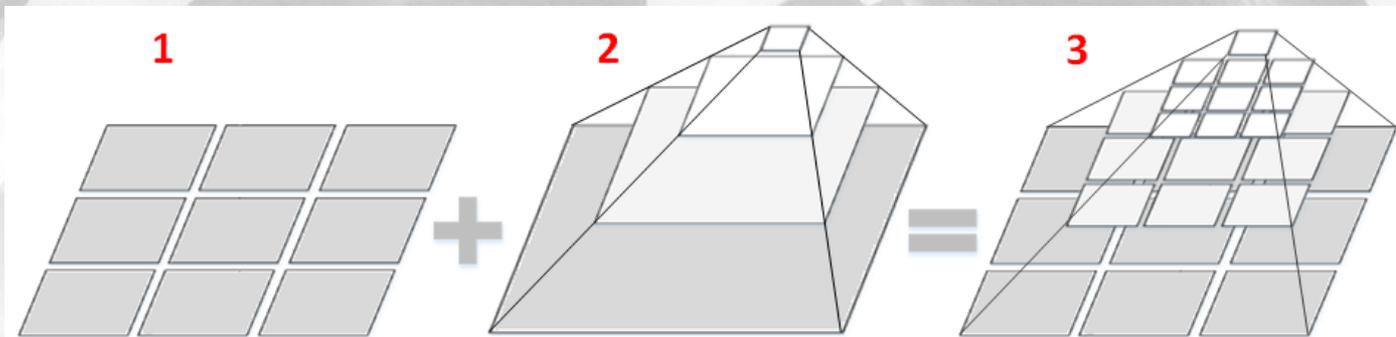
1. Формирование изображения на минимальном масштабе, включающего всю область снимка. Для решения этой подзадачи для исходного изображения создаются обзорные изображения меньшего масштаба. Обычно такие изображения создаются путем уменьшения исходного в 2, 4, 8, 16 и т.д. раз до размера 256 пикселей по одной из сторон изображения. Такой способ помогает увеличить скорость формирования изображений по запросу пользователя на масштабе с низкой детализацией.

2. Формирование изображения на детальном масштабе, включающего некоторый фрагмент от всего изображения. В этом случае используется механизм с разбивкой исходного изображения на более мелкие изображения (тайлы). Обычно размер тайла равен 256x256 пикселей, реже 512x512 пикселей. Такой способ позволяет при получении части изображения читать только несколько тайлов, а не все изображение. Такой способ помогает увеличить скорость формирования изображений по запросу пользователя на детальном масштабе.

Публикация в Интернет растровых данных

Для доставки данных по запросу клиента до недавнего времени наиболее популярными являлись следующие две технологии публикации данных:

- технология Web Map Service (WMS), разрабатываемая консорциумом Open Geospatial Consortium (OGC);
- сервисы представления данных в тайловом виде (например, Tile Map Service (TMS), Web Map Tile Service (WMTS), WMS Tile Caching (WMS-C)).



Cloud Optimized GeoTIFF

Два года назад общественности был представлен новый формат данных Cloud Optimized GeoTIFF (COG). COG представляет собой обычный многоканальный растровый файл в формате GeoTIFF, размещенный на файловом веб-сервере. Этот формат построен с использованием обзорных изображений и тайловой организации файлов. Обе эти возможности уже давно были реализованы в GeoTIFF файлах по отдельности. Новый стандарт описывает порядок записи этих данных внутри файла. Одновременно с этим была разработана открытая и свободно распространяемая библиотека `geotiff.js` (<https://geotiffjs.github.io/>) с поддержкой ряда архиваторов данных (LZW, Deflate, LERC и др.), используемых в GeoTIFF. Библиотека позволяет работать с файлами формата GeoTIFF на стороне клиентского приложения – современного веб-браузера.

Формат файлов COG сегодня поддерживается рядом открытого и популярного программного обеспечения:

GDAL (<https://www.gdal.org/>), OpenLayers (<https://www.openlayers.org/>), GeoServer (<https://geoserver.org/>), QGIS (<https://www.qgis.org/>) и др.

Cloud Optimized GeoTIFF

В результате, используемая ранее в ряде проектов технология WMS, была заменена технологией публикации пространственных данных с использованием формата COG. Созданная в предыдущие годы подсистема подготовки и обработки спутниковых данных и данных БПЛА была изменена. Заменен блок, включающий в себя WMS-сервисы и обновлен алгоритм подготовки данных.

Для защиты файлов спутниковых данных и данных аэрофотосъемки используются технология JSON Web Tokens (JWT). Технология JWT защищает файлы данных от несанкционированного доступа.

Технология JWT поддерживается некоторыми веб-серверами без использования дополнительного программного обеспечения.

Проект Angie создан Российскими разработчиками и сегодня активно развивается, содержит все преимущества веб-сервера Nginx и ряд дополнительных возможностей, включая встроенную поддержку JWT в виде модуля.

Демонстрация работы JavaScript библиотеки и веб-приложения со сценой с БПЛА и камеры Zenmus



1.357

1 6 803 2.4

92.7770, 55.9892

Настройки Подложка Справка Описание

Область
Красноярск

Запрос
 время период

Слой
 GPM GFS GFS (contour)
 UAV Satellite Тайлы

Дата
17.05.2024 + -

дополнительные параметры UAV

20240517T130000E140000_kk	name
rgb	продукт

20240517 130000 (kk, zenmus, RGB) 4

zenmus аппараты

Видимость тематического слоя

i

Глобальные модели

Проведены исследования и разработана технология подготовки данных проектов Global Precipitation Measurement (GPM) и Global Forecast System (GFS) для решения задач, связанных с темой экологического мониторинга атмосферного воздуха и исследованиях для агропромышленного комплекса.

Проект Global Precipitation Measurement – предоставляет централизованный доступ к глобальным картам осадков.

Global Forecast System – модель прогноза погоды, которая генерирует данные для десятков атмосферных и почвенных показателей, включая данные о температуре, ветре, осадках, влажности почвы и др.

Ежедневно выполняется загрузка новых данных. Результаты обработки этих данных позволяют оперативно анализировать состояние атмосферного воздуха и поверхности почвы на выбранном участке с помощью специализированных веб-приложений.

Комплекс программно-технологических решений

Разработка алгоритмов и программ для ежедневной обработки:

- данных моделей Global Forecast System (GFS) и Global Precipitation Measurement (GPM). Создание базы данных и картографических сервисов.
- спутниковых данных с иностранных космических аппаратов Sentinel-2, Landsat, NOAA-20, Suomi NPP, Terra, Aqua. Создание производных продуктов, базы данных и картографических сервисов на основе стандартов OGC (Open Geospatial Consortium).
- данных съемки с БПЛА. Создание производных продуктов и картографических сервисов на основе стандартов OGC.

На основе данных обработки создан каталог продуктов, система картографических веб-сервисов для доступа к этим данным и инструменты для тестирования сервисов и просмотра данных каталога.

Данные и сервисы используются в системе мониторинга атмосферного воздуха и системе аграрного мониторинга.

Используемые технологии и стандарты



Open Source Geospatial Foundation

The main activities are to support and facilitate the development of open geospatial technology projects and databases.

The Open Geospatial Consortium (OGC) is an international consortium of more than 530 businesses, government agencies, research organizations, and universities driven to make geospatial (location) information and services FAIR - Findable, Accessible, Interoperable, and Reusable.



Web Map Service (WMS), Web Feature Service (WFS) и др.



OpenLayers





Спасибо за внимание!

Кадочников Алексей Анатольевич

Институт вычислительного моделирования СО РАН

scorant@icm.krasn.ru

Россия, Красноярск