



ОМСКИЙ НАУЧНЫЙ СЕМИНАР
Современные проблемы радиофизики и радиотехники



**GEE & системы больших геоданных
для решения мониторинговых задач**

Шагарова Л.В.
22.02.2025

Google Earth Engine (GEE)

Google Earth Engine

Platform

Datasets

Noncommercial

Commercial

Timelapse

Case Studies

FAQ

Get Started

Starting November 13, 2024, all Earth Engine access will [require a Cloud project](#). We will be limiting [quotas](#) for accounts without Cloud projects starting September 16, 2024.

A planetary-scale platform for Earth science data & analysis

Powered by Google's cloud infrastructure

Collection 1

LANDSAT/LC08/C01/T1_ ANNUAL_BAI

LANDSAT/LC08/C01/T1_ ANNUAL_EVI

LANDSAT/LC08/C01/T1_ ANNUAL_GREENEST_TOA

LANDSAT/LC08/C01/T1_ ANNUAL_NBR

LANDSAT/LC08/C01/T1_ ANNUAL_NDSI

LANDSAT/LC08/C01/T1_ ANNUAL_NDVI

LANDSAT/LC08/C01/T1_ ANNUAL_NDWI

LANDSAT/LC08/C01/T1_ ANNUAL_RAW

LANDSAT/LC08/C01/T1_ ANNUAL_TOA

Collection 2

LANDSAT/COMPOSITES/C02/T1_L2_ ANNUAL_ BAI

LANDSAT/COMPOSITES/C02/T1_L2_ ANNUAL_ EVI

LANDSAT/COMPOSITES/C02/T1_L2_ ANNUAL_ NBR

Not produced because snow pixels are masked during the compositing process

LANDSAT/COMPOSITES/C02/T1_L2_ ANNUAL_ NDVI

LANDSAT/COMPOSITES/C02/T1_L2_ ANNUAL_ NDWI



Attention Required! You are using a deleted Landsat dataset. Take action to make sure your code keeps working.

Введены 3 категории данных Landsat, которые определяют их качество:

- Tier 1 (T1)
- Tier 2 (T2)
- Real Time (RT)

Каналы Landsat-8 и Landsat-9 с разрешением 30 м.

Канал	Обозначение	Спектральный диапазон, мкм.
SR_B1	Coastal aerosol	0.43 - 0.45
SR_B2	Blue	0.45 - 0.51
SR_B3	Green	0.53 - 0.59
SR_B4	Red	0.64 - 0.67
SR_B5	NIR	0.85 - 0.88
SR_B6	SWIR1	1.57 - 1.65
SR_B7	SWIR2	2.11 - 2.29

Scale	Offset
2.75e-05	-0.2

Code Editor (JavaScript)

```
var dataset = ee.ImageCollection('LANDSAT/LC09/C02/T1_L2')
    .filterDate('2022-01-01', '2022-02-01');

// Applies scaling factors.
function applyScaleFactors(image) {
    var opticalBands = image.select('SR_B.').multiply(0.0000275).add(-0.2);
    return image.addBands(opticalBands, null, true)
        .addBands(thermalBands, null, true);
}

dataset = dataset.map(applyScaleFactors);
```

ГЕЕ-коллекции больших данных ДЗЗ миссии Landsat

Коллекции Landsat	Начало архива	Окончание архива	Кол-во снимков территории РФ в ГЕЕ
Landsat9 OLI-2/TIRS-2	2021	по наст.время	64235
Landsat8 OLI/TIRS	2013	по наст.время	243854
Landsat7 ETM+	1999	2021	289338
Landsat 5 TM	1984	2012	195110
Landsat 4 TM	1982	1993	5576
Landsat 1-5 MSS	1972	1999	515

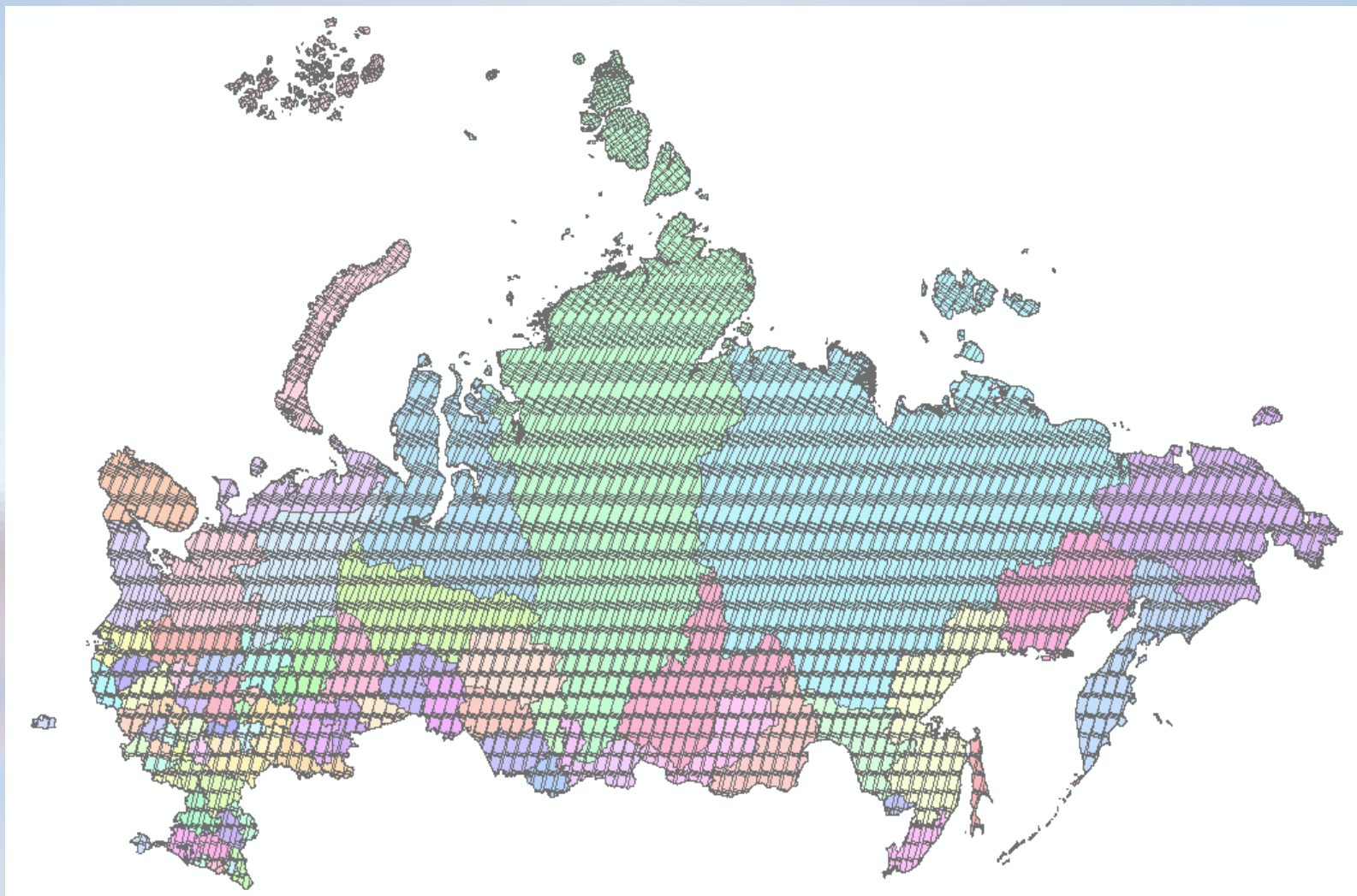
Tier 1, 798628 сцен
(по сост. на 15.02.2025)

ГЕЕ-коллекции больших данных ДЗЗ миссии Landsat

```
mod-l9-geol ru (Landsat) *  Get Link Save Run Reset
1 // геологические индексы
2 var geometry = ee.FeatureCollection('projects/dependable-link-441210-t1/assets/ru');
3 // Landsat-9
4 var L9_image_count = ee.ImageCollection(ee.ImageCollection("LANDSAT/LC09/C02/T1_L2"))
5 .filterBounds(geometry)
6 .filterDate('2021-10-31','2025-02-15');
7 print(L9_image_count.size());
8 // Landsat-8
9 var L8_image_count = ee.ImageCollection(ee.ImageCollection("LANDSAT/LC08/C02/T1_L2"))
10 .filterBounds(geometry)
11 .filterDate('2013-03-18','2025-02-15');
12 print(L8_image_count.size());
13 // Landsat-7
14 var L7_image_count = ee.ImageCollection(ee.ImageCollection("LANDSAT/LE07/C02/T1_L2"))
15 .filterBounds(geometry)
16 .filterDate('1999-05-28','2024-01-19');
17 print(L7_image_count.size());
18 // Landsat-5TM
19 var L5TM_image_count = ee.ImageCollection(ee.ImageCollection("LANDSAT/LT05/C02/T1_L2"))
20 .filterBounds(geometry)
21 .filterDate('1984-03-16','2012-05-05');
22 print(L5TM_image_count.size());
23 // Landsat-5 MSS
24 var L5MSS_image_count = ee.ImageCollection(ee.ImageCollection("LANDSAT/LM05/C02/T1"))
25 .filterBounds(geometry)
26 .filterDate('1984-04-07','2013-01-01');
27 print(L5MSS_image_count.size());
```

Фрагмент программного кода API GEE JavaScript

Схема разграфки административно-территориального деления России по системе индексации WRS-2



Для покрытия космосъемкой территории РФ требуется 2068 сцен Landsat с учетом их идентификаторов в системе WRS-2.
путь (Path) изменяется от 83го до 210, ряд (Row) - с 1го по 248.

Большие геоданные для решения мониторинговых задач

Одной из распространенных задач, связанных с обработкой больших наборов данных ДЗЗ, является анализ временных рядов.

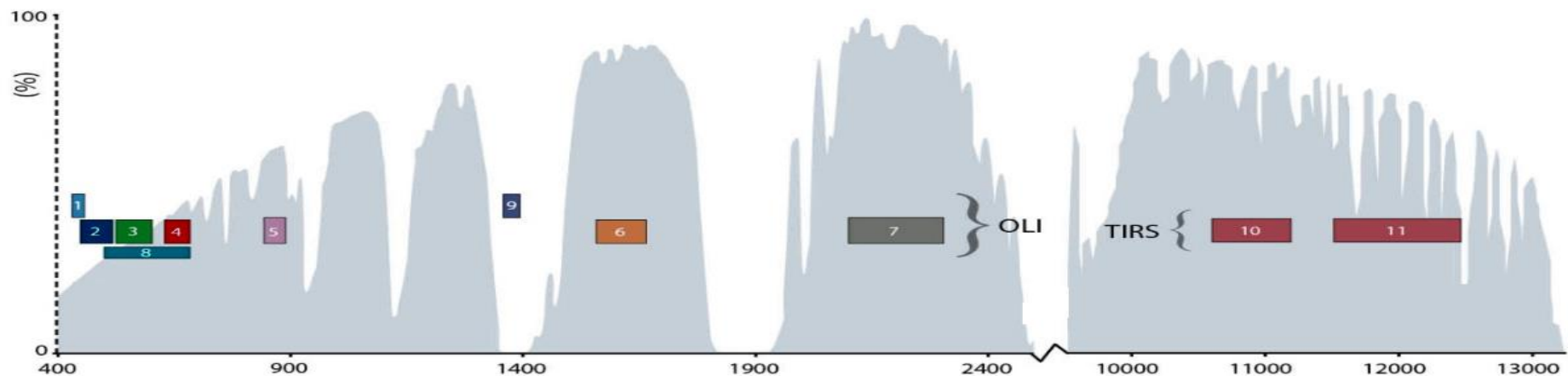
Для мониторинга изменений вычисляется разница между соответствующими анализируемыми композитами разновременных данных.

Построение индексных изображений – не менее распространенная форма анализа цифровой информации.

Спектральные индексы – это показатели, рассчитываемые в результате математических операций с различными спектральными диапазонами (каналами) данных ДЗЗ, имеющие отношение к параметрам изучаемого объекта.

Индексные изображения

Для геологических изысканий применяют **геологические индексы**. Например, глинистые минералы и оксид железа, могут быть обнаружены по данным мультиспектральной съемки в результате анализа спектральных характеристик на основании знаний о том, что гидроксильные минералы отражают электромагнитное излучение в диапазоне 1,55–1,75 мкм значительно сильнее, чем в других диапазонах электромагнитного спектра, и весомерно поглощают в диапазоне от 2,05 до 2,35 мкм



Спектральные диапазоны и каналы Landsat-8

Геологические индексы

Глинистый коэффициент (CMR - Clay Minerals Ratio)

вычисляется как соотношение каналов SWIR1 и SWIR2.

При вычислении CMR использует тот факт, что водосодержащие минералы, такие как глина и квасцовый камень, поглощают излучение в части спектра 2,0-2,3 мкм [URL].

$$CMR = SWIR1 / SWIR2$$

где *SWIR1* - значения пикселей из коротковолнового инфракрасного диапазона (канал 6)
SWIR2 - значения пикселей из коротковолнового инфракрасного диапазона (канал 7).

Фрагмент программного кода для расчета индекса CMR:

```
var CMR = image_med.expression('(SWIR1/SWIR2)',  
{  
  SWIR1: image_med.select('SR_B6'),  
  SWIR2: image_med.select('SR_B7')  
});
```

Геологические индексы

Железистые минералы

Индекс железистых минералов (FMR - Ferrous Minerals Ratio) выделяет все железосодержащие материалы. Он использует соотношение каналов SWIR и NIR [URL].

$$FMR = SWIR1 / NIR$$

где *SWIR1* - значения пикселей коротковолнового инфракрасного диапазона (канал 6)
NIR - значения пикселей ближнего инфракрасного диапазона (канал 5).

Фрагмент программного кода для расчета индекса FMR:

```
var FMR = image_med.expression('(SWIR1/NIR)',  
{  
  SWIR1: image_med.select('SR_B6'),  
  NIR: image_med.select('SR_B5')  
});
```

Геологические индексы

Индекс оксида железа (IOR - Iron Oxide Ratio) рассчитывается как соотношение значений отражательной способности поверхности в красной и синей длинах волн [URL].

$$IOR = Red / Blue$$

где *Red* - значения пикселей красного канала (канал 4),

Blue - значения пикселей синего канала (канал 2).

Фрагмент программного кода API GEE JavaScript для расчета индекса IOR:

```
var IOR = image_med.expression('(Red/Blue)',  
{  
  Red: image_med.select('SR_B4'),  
  Blue: image_med.select('SR_B2')  
});
```

В индексном изображении области с сильным изменением железа имеют более высокие значения.

Геологические индексы

Индексные изображения используются при создании карт потенциального распространения глинистых минералов и оксида железа, что способствует более эффективному поиску полезных ископаемых и разведки минерального сырья.

Данные Landsat успешно использовались для выявления месторождений некоторых полезных ископаемых в разных странах мира.



Ледовый индекс (GI)



отношение
коэффициентов
отражения излучения
с длиной волны
0,85-0,88 мкм и
1,57-1,65 мкм.

$$GI = \frac{NIR}{SWIR}$$

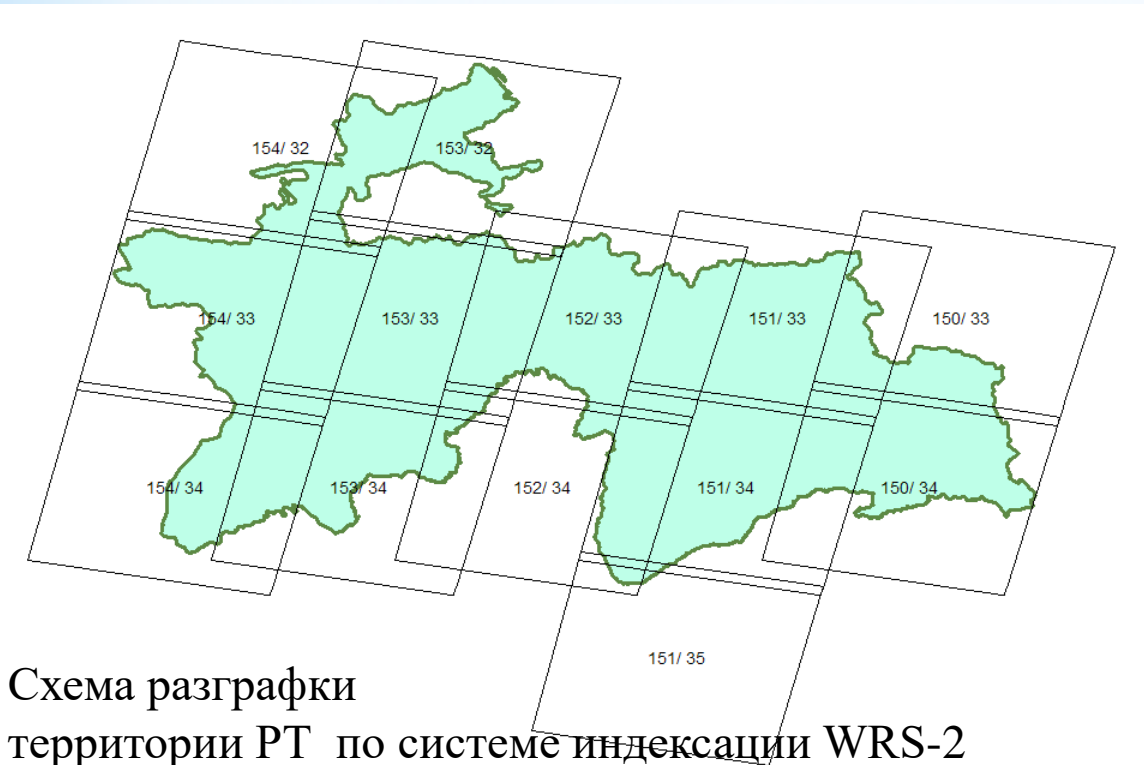
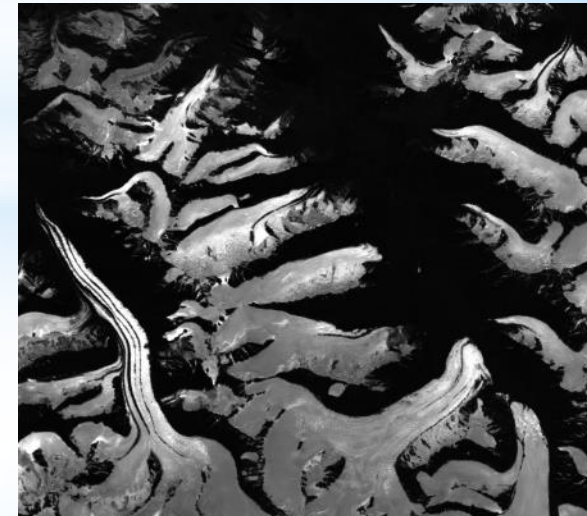


Схема разграфки
территории РТ по системе индексации WRS-2

2025 год - Международный год сохранения ледников



Ледники - важнейший аккумулятор водных ресурсов,

Таджикистан - центр современного оледенения Центральной Азии,
благодаря орографическим особенностям и климату.

Ледники Таджикистана активно исследуются как в стране, так и за ее пределами. Результаты исследований и мониторинга ледников Таджикистана включены в ряд международных баз данных:

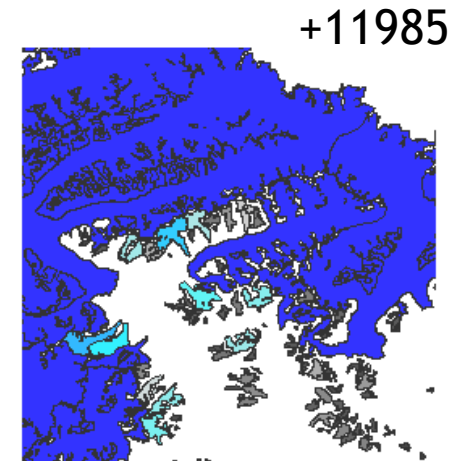
- ❖ NSIDC (Snow and Ice Data Center) - Центр данных по снегу и льду, который собирает и предоставляет информацию о состоянии ледников и снежному покрову
- ❖ WGMS (World Glacier Monitoring Service) - Глобальная служба мониторинга ледников, предоставляющая данные об их изменении
- ❖ **GLIMS (Global Land Ice Measurement from Space) - Международная программа, занимающаяся инвентаризацией и мониторингом ледников по всему миру**

В GEE сведения о ледниках мира, многократно обследованных в рамках миссии GLIMS, представлены наборами данных GLIMS2021 и **GLIMS2023**:

GLIMS 2021: Global Land Ice Measurements From Space

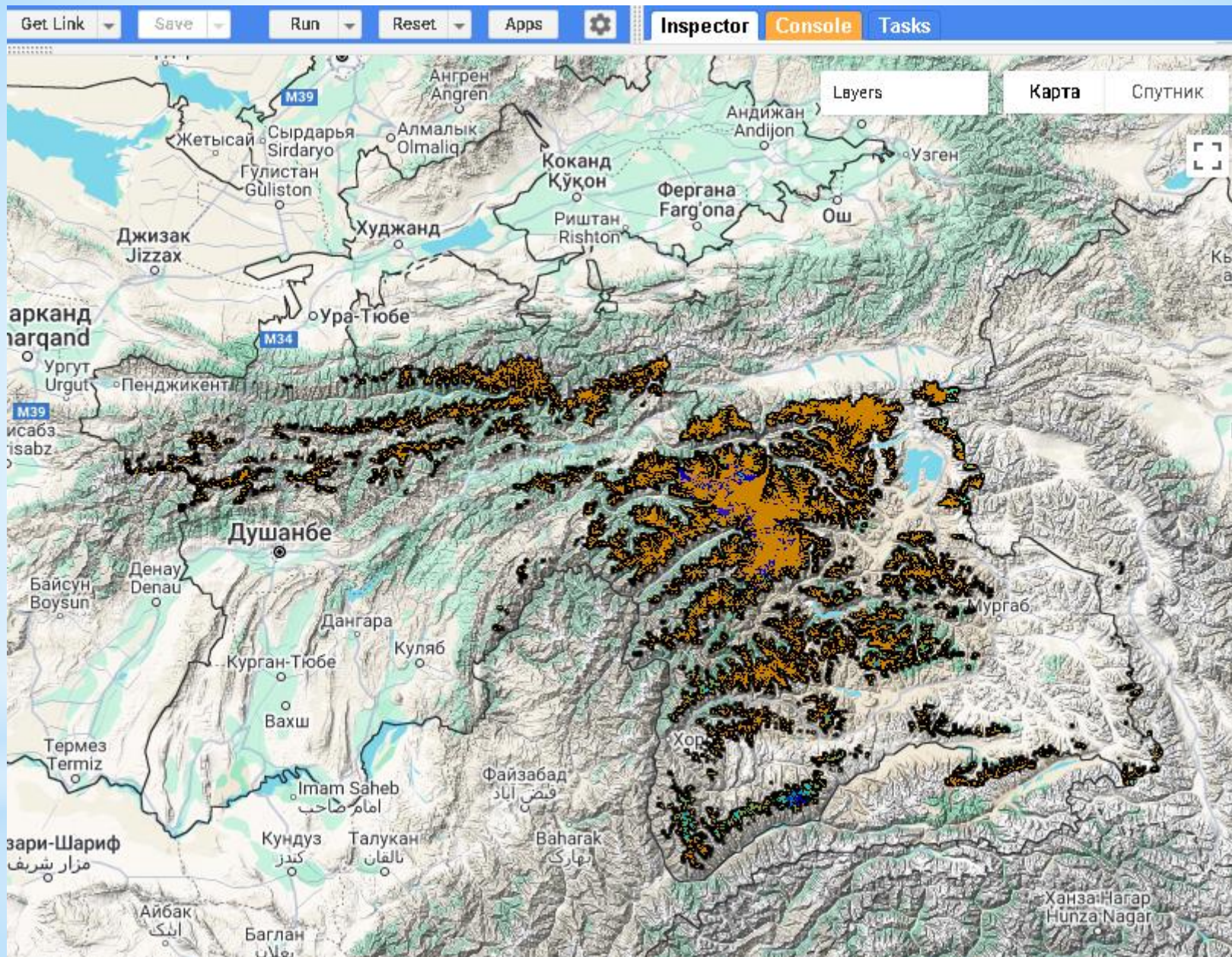


GLIMS 2023: Global Land Ice Measurements From Space

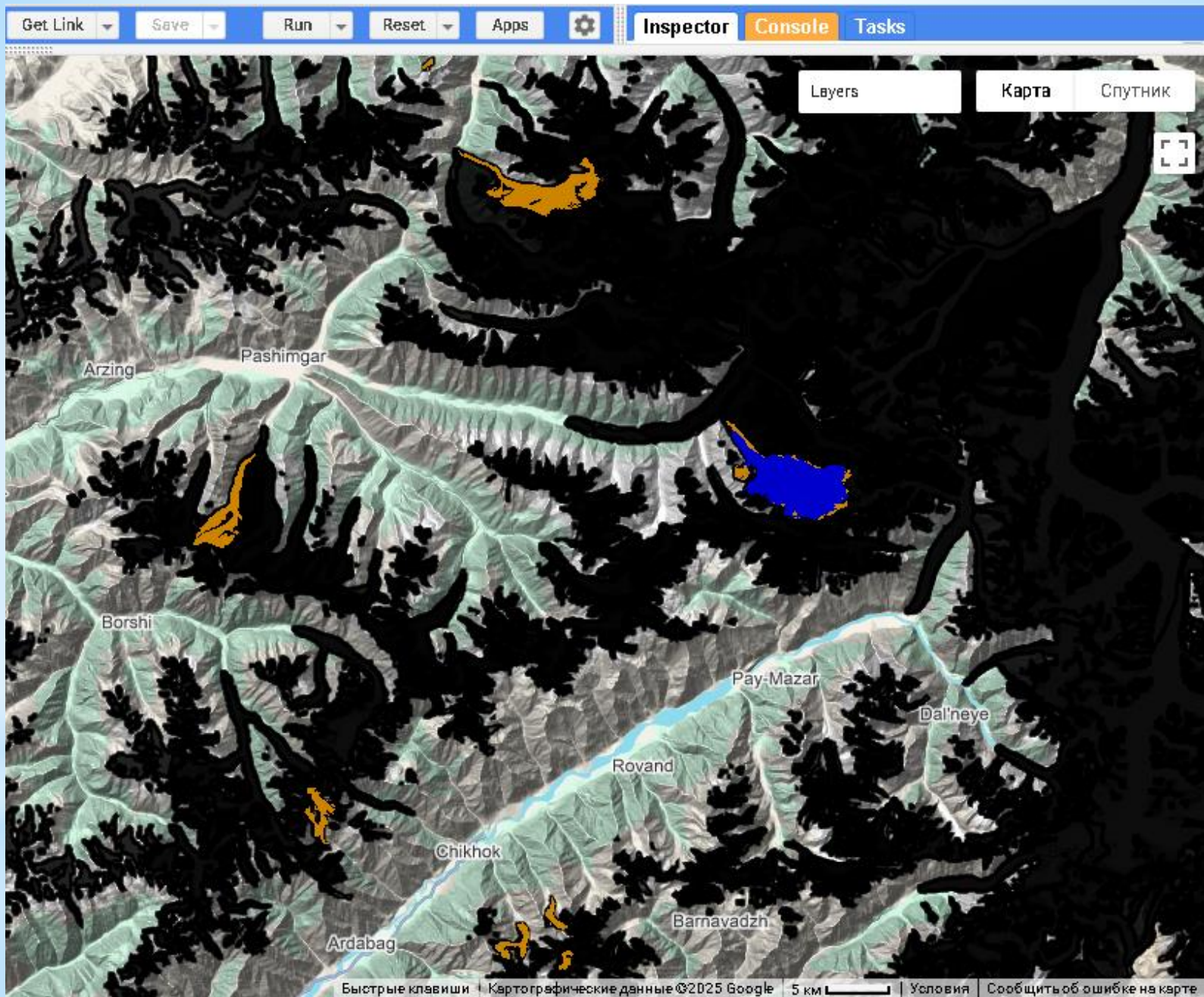


```
GLIMS_RT (copy) *  Get Link  Save  Run  Reset  Apps  ⚙️
1  var rt = ee.FeatureCollection('projects/dependable-link-441210-t1/assets/TJK_adm0');
2  // Импорт коллекции GLIMS в пределах РТ:
3  var dataset = ee.FeatureCollection('GLIMS/20230607').filterBounds(rt);
4  // Удаление ледников, у которых имя равно "None"
5  var nameGlaciers = dataset.filter(ee.Filter.neq('glac_name', 'None'));
6  var visParams = {
7    palette: ['orange', 'cyan', 'blue'],
8    min: 0.0,
9    max: 10.0,
10   opacity: 0.8,
11 };
12 var image = ee.Image().float().paint(dataset, 'area');
13 var imageGN = ee.Image().float().paint(nameGlaciers, 'area');
14 var AOI1 =
15   ee.Geometry.Point(
16     [71.979, 38.7876]); // Map.addLayer(AOI1);
17 Map.setCenter(71, 39, 7);
18 //Вывод информации:
19 Map.addLayer(dataset, null, 'for Inspector', false);
20 Map.addLayer(image, visParams, 'GLIMS/20230607');
21 Map.addLayer(imageGN, visParams, 'GLIMS/glac_name');
22 print('Количество ледников Таджикистана с названием в GLIMS ":", nameGlaciers.size());
23 print('Количество ледников в Таджикистане ":", dataset.size());
```

Фрагмент программного кода API GEE JavaScript



Ледники Таджикистана по данным GLIMS 2023



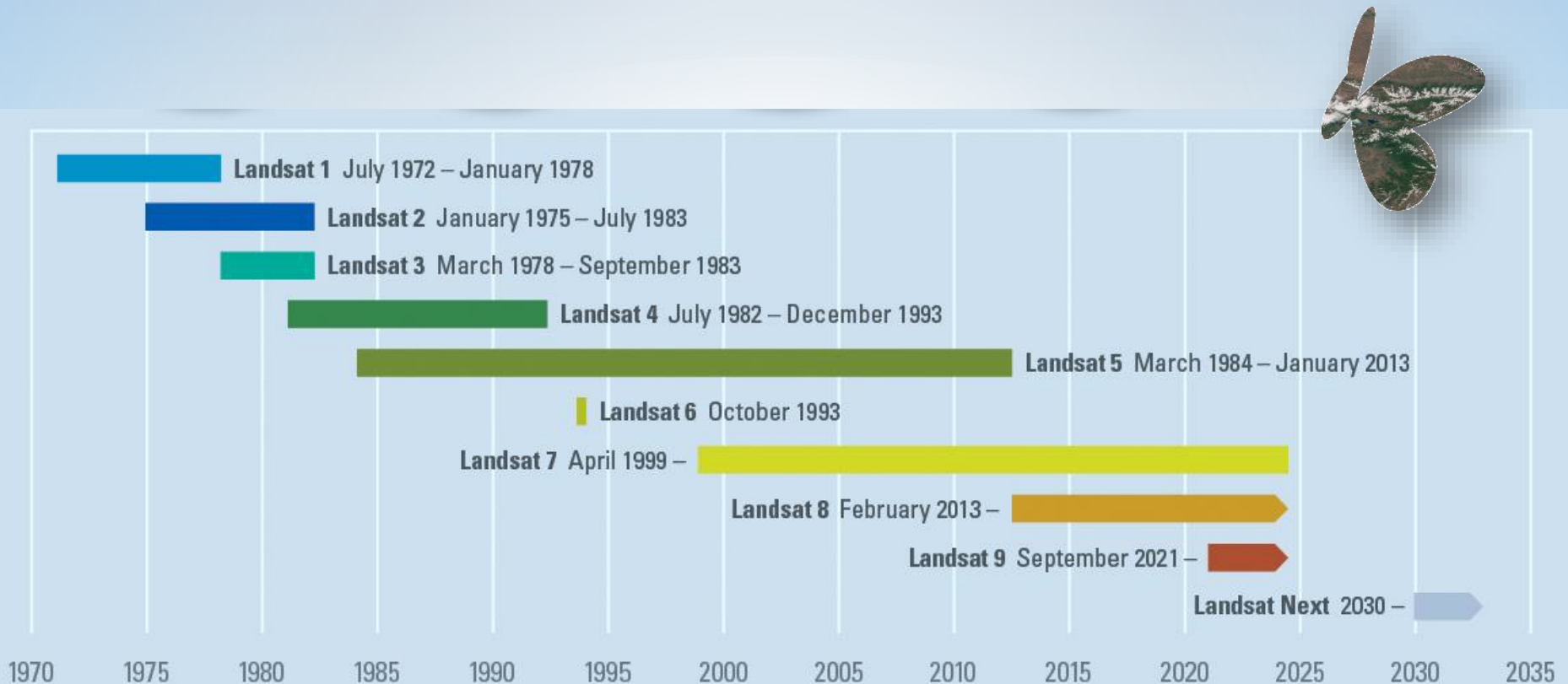
Фрагмент карты небезымянных ледников по реестру GLIMS

Фрагмент базы данных, включающий метод мониторинга и даты создания «моментной» инвентаризации ледника Шокальского

Организация	Дата анализа	Дата снимка	Метод
Институт географии РАН	02.02.2007	11.09.2004	Ручная оцифровка контуров ледника по снимку ASTER с использованием дополнительных данных: аэрофотоснимков, топографических карт, инвентаризации ледников бывшего СССР
Грацский технический университет	10.10.2013	16.09.2000	Использовалось соотношение каналов Landsat TM 3/5 с ручным улучшением
Колорадский университет	16.07.2015	16.09.2000	Полуавтоматическая классификация ледников; Randolph Glacier Inventory 5.0. http://www.glims.org/RGI/ . Классификация по мультиспектральным снимкам с последующей ручной коррекцией ошибок.
Нагойский университет	01.07.2018	10.07.2002	Полуавтоматическая классификация ледников; полуавтоматическое картографирование по оптическим снимкам с ручным редактированием.

Выводы

Наличие архивных и актуальных данных ДЗЗ создают условия для мониторинга исследуемых объектов



Миссия Landsat - одна из наиболее продолжительных программ мониторинга Земли

GLIMS2023 и GEE являются доступными ресурсами повышения уровня знаний о состоянии ледников в условиях изменения климата и мониторинга их изменений.

Обработка и анализ больших данных, доступных в GEE, позволяет учитывать разнообразные факторы и использовать мультидисциплинарные подходы для решения мониторинговых задач, что делает результаты более обоснованными.



*СПАСИБО
ЗА ВНИМАНИЕ!*

