

**ФИЦ КНЦ СО РАН «Институт Биофизики»**  
Лаборатория экологической информатики

**Спутниковое зондирование  
сельскохозяйственных угодий с использованием  
Google Earth Engine**

**Авторы:** Рачинский М.И. , Ботвич И. Ю.



Красноярск, 2025



# Введение

Современное сельское хозяйство предъявляет высокие требования к оперативности и точности контроля за состоянием угодий. Традиционные методы полевых обследований не отвечают этим требованиям в полной мере, поскольку характеризуются высокими временными и ресурсными затратами, а также ограниченным пространственным охватом. Технологии дистанционного зондирования предоставляют необходимые исходные данные, в то время как облачные платформы, в частности Google Earth Engine, обеспечивают вычислительные ресурсы для их анализа. Тем не менее, между получением обширных массивов данных и их практическим применением для решения задач агроменеджмента все еще существует значительный разрыв.

Ключевая проблема заключается в отсутствии унифицированных и автоматизированных инструментов, способных эффективно преобразовывать спутниковые данные в практически значимые показатели, особенно при работе в условиях высокой облачности, характерной для многих аграрных регионов.

В связи с этим, нами был разработан программно-алгоритмический комплекс на платформе GEE, который автоматизирует полный цикл обработки данных: от маскирования и фильтрации облачности до расчета ключевых спектральных индексов и температуры поверхности.

# Цель и задачи исследования

**Цель:** Разработка и практическая оценка методов спутникового зондирования сельскохозяйственных угодий на базе Sentinel-2, MODIS и Google Earth Engine для повышения эффективности агромониторинга.

**Задачи:**

1. Анализ литературы и методов ДЗЗ в агромониторинге.
2. Разработка алгоритмов GEE для Sentinel-2.
3. Разработка алгоритмов GEE для MODIS.
4. Сравнительный анализ данных Sentinel-2 и MODIS.
5. Оценка потенциала разработанных GEE-скриптов для агромониторинга.





# »»» Платформа Google Earth Engine

- **Облачная платформа GEE:** Предоставляет доступ к архивам спутниковым данным и инструментам для их обработки.
- **Преимущества:**
  - Не требует загрузки и хранения больших объемов данных.
  - Высокая производительность вычислений.
  - Широкий набор геоаналитических инструментов.
  - **Языки программирования:** JavaScript, Python.





# Среда разработки и анализа: Google Earth Engine Code Editor

Google Earth Engine

Search places and datasets...

ee-6zero96

Scripts Docs Assets

MCDQ1\_Point\_EL

Get Link Save Run Reset Apps

```
1 var table = ee.FeatureCollection("projects/ee-6zero96/assets/point_el");
2 var dataset = ee.ImageCollection("MODIS/061/MCD12Q1");
3 var igbpLandCover = dataset.select('LC_Type1');
4 var igbpLandCoverVis = {
5   min: 1.0,
6   max: 17.0,
7   palette: [
8     '05450a', '086a10', '54a708', '78d203', '009900', 'c6b044', 'dcd159',
9     'dade48', 'fbff13', 'b6ff05', '27ff87', 'c24f44', 'a5a5a5', 'ff6d4c',
10    '69fff8', 'f9ffa4', '1c0dff'
11  ],
12 };
13
14 Map.addLayer(igbpLandCover, igbpLandCoverVis, 'IGBP Land Cover');
15 Map.addLayer(table);
16 Map.centerObject(table, 6);
```

Inspector Console Tasks

Click on the map to inspect the layers.

Layers Карта Спутник



# Используемые спутниковые наборы данных



Спутник	Краткая характеристика	Пространственное разрешение	Временной охват	Интервал повторной съемки
Sentinel-2	Данные поверхностной отражательной способности	10 м (B2,B3,B4,B8), 20 м (B5,B6,B7,B8A,B11,B12), 60 м (B1,B9)	с 28 марта 2017 г. по настоящее время	5 дней
MODIS/MOD09A1	Данные поверхностной отражательной способности	500 м	с 18 февраля 2000 г. по настоящее время	8 дней
MODIS/MOD09Q1	Данные поверхностной отражательной способности	250 м	с 18 февраля 2000 г. по настоящее время	8 дней
MODIS/MOD11A2	Данные о температуре поверхности земли	1 км	с 5 марта 2000 г. по настоящее время	8 дней

# Используемые спектральные индексы

- Вегетационные индексы:  
NDVI — (Normalized Difference Vegetation Index)  
- нормализованный относительный индекс растительности.

EVI — (Enhanced Vegetation Index) -  
усовершенствованный вегетационный индекс.

$$NDVI = \frac{(Nir - Red)}{(Nir + Red)}$$

$$EVI = G * \frac{(Nir - Red)}{(Nir + C1 * Red - C2 * Blue + L)}$$

Биофизические индексы и параметры:

LSWI — (Land Surface Water Index) - индекс влажности поверхности земли.

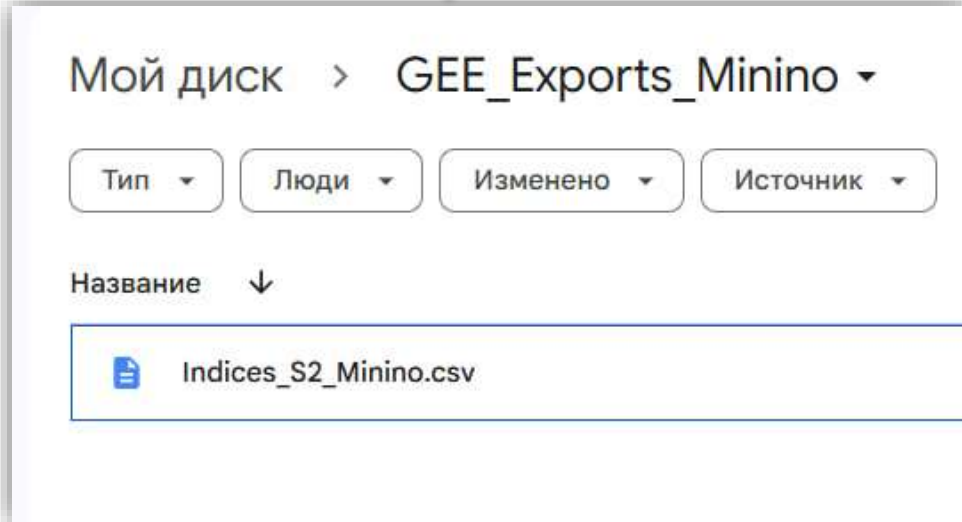
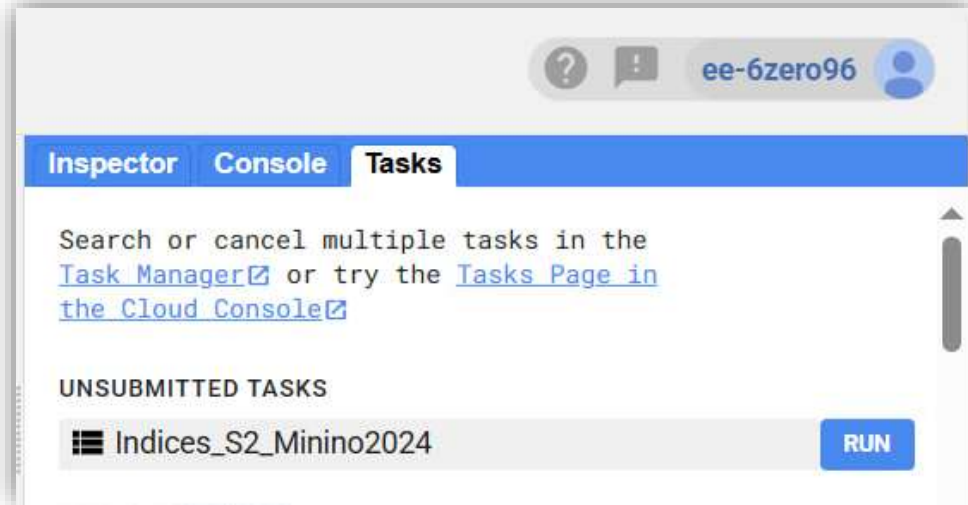
LST — (Land Surface Temperature)- температура поверхности земли.

$$LSWI = \frac{(Nir - SWIR)}{(Nir + SWIR)}$$





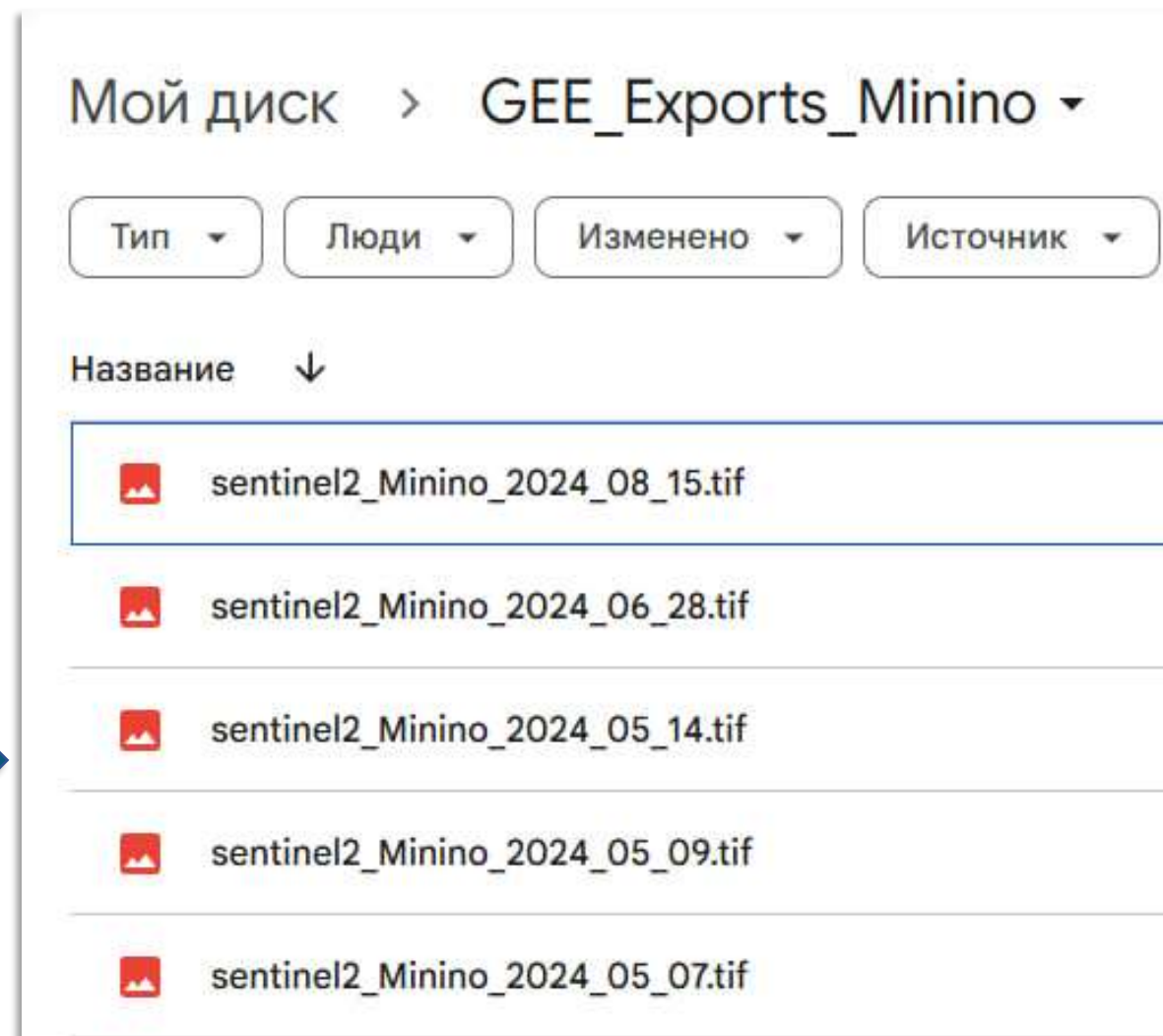
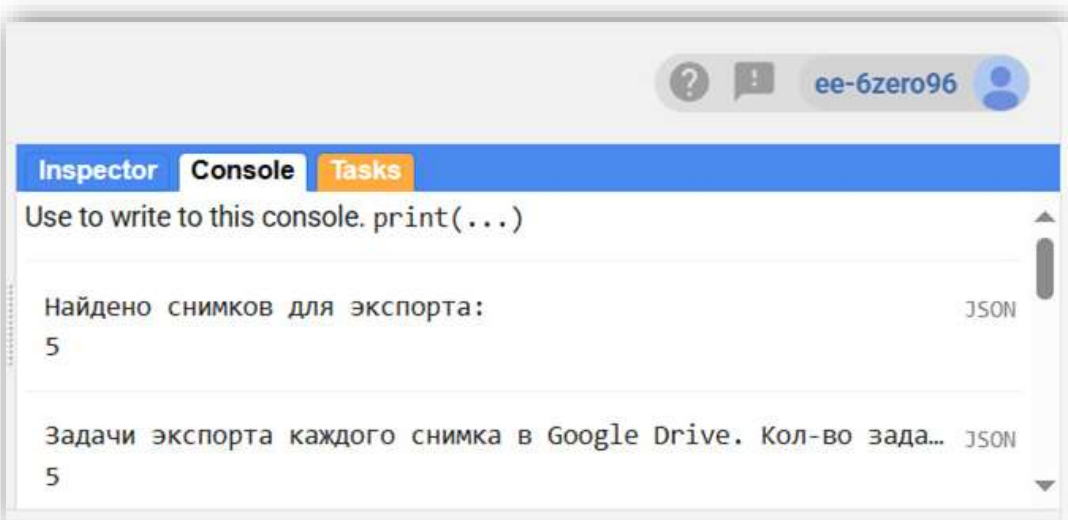
# Результаты: Расчет спектральных индексов Sentinel-2



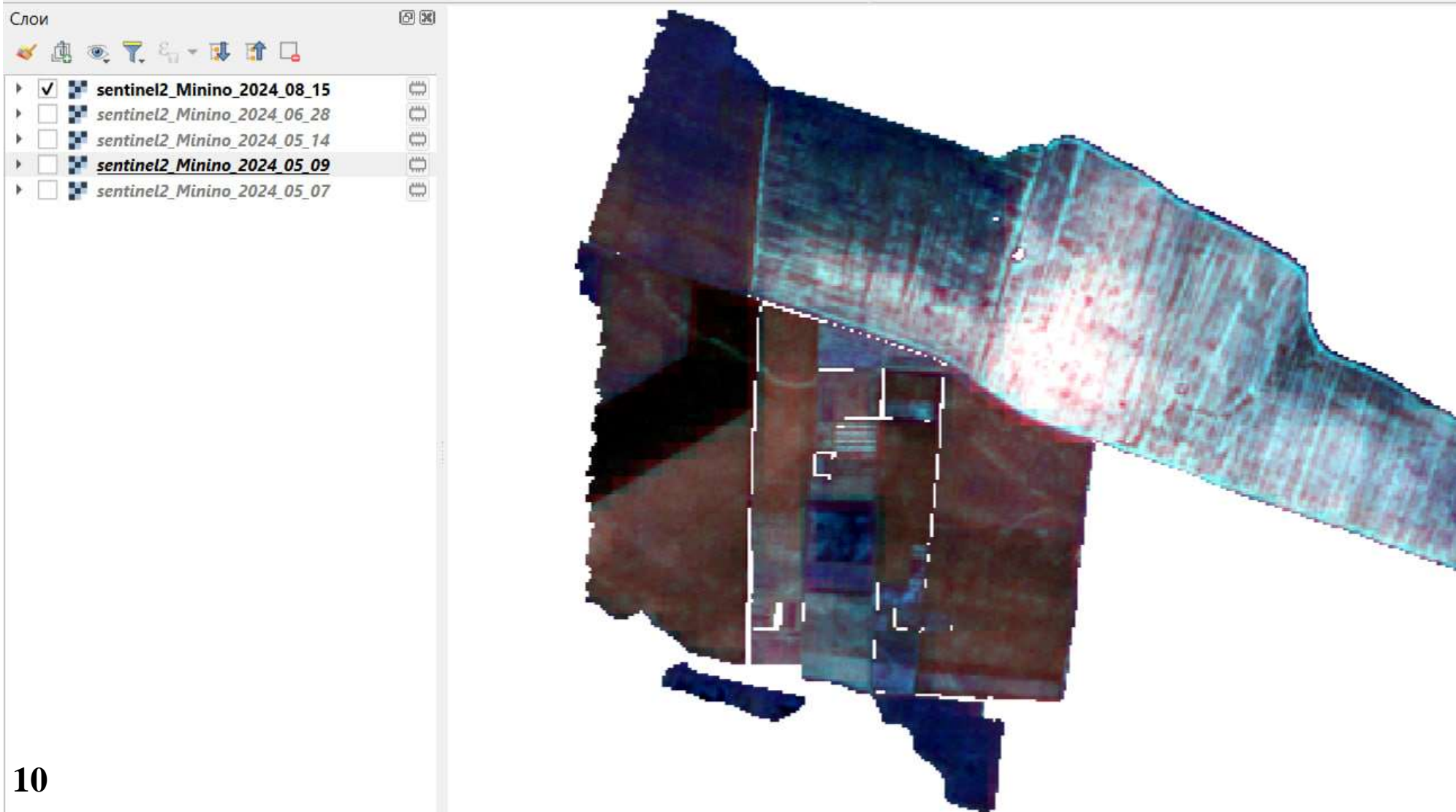
	A	B	C	D
1	date	NDVI_mean	EVI_mean	LSWI_mean
2	2018_12_27	0.04893885456	0.1980641277	0.598020381
3	2018_12_30	0.04672462335	0.1533559348	0.5945092973
4	2019_01_01	0.0194274027	0.07559978646	0.6910227933
5	2019_01_04	0.03540373593	0.1666340686	0.6662181728
6	2019_01_06	0.04420611857	0.1927538618	0.6651542457
7	2019_01_24	0.02261023913	0.07242165552	0.7179493849
8	2019_02_08	0.04539178808	0.1617696055	0.5996665986
9	2019_03_27	0.2179608446	0.06743048492	-0.264729811
10	2019_04_06	0.2235691183	0.0790954063	-0.2830020254
11	2019_04_09	0.2222863912	0.07602002337	-0.2988307024
12	2019_04_11	0.2244948657	0.07789807841	-0.2912909729
13	2019_04_16	0.2285749226	0.07928199064	-0.2899411786
14	2019_05_04	0.1937257295	0.07439359161	-0.2779199495
15	2019_06_05	0.224863036	0.1138301212	-0.2509991436
16	2019_06_28	0.3542959022	0.2267575097	-0.04728390032
17	2019_07_08	0.6103258372	0.3737916427	0.1143416554
18	2019_08_02	0.5552064711	0.3193397274	0.09080845545
19	2019_08_04	0.4991736776	0.3154531697	0.0564747707
20	2019_08_09	0.4463008104	0.2686433733	0.008231228912



# Результаты: Пакетная выгрузка снимков Sentinel-2



# Визуализация экспортированных изображений

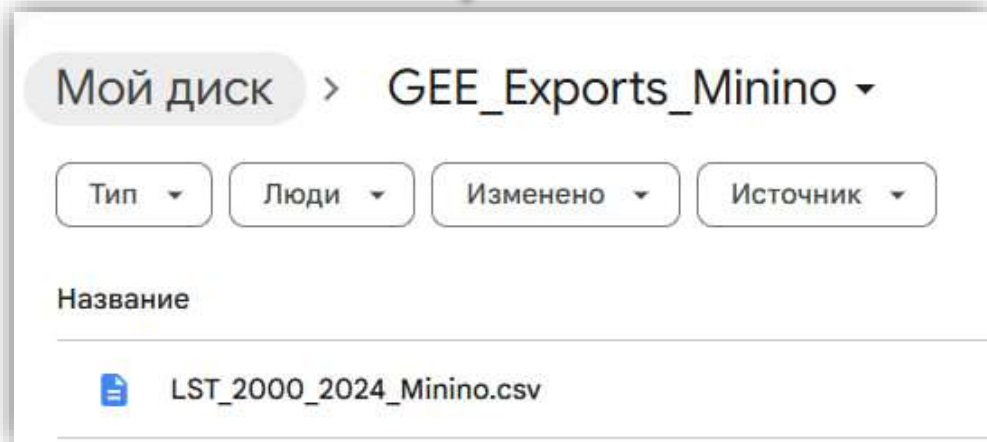
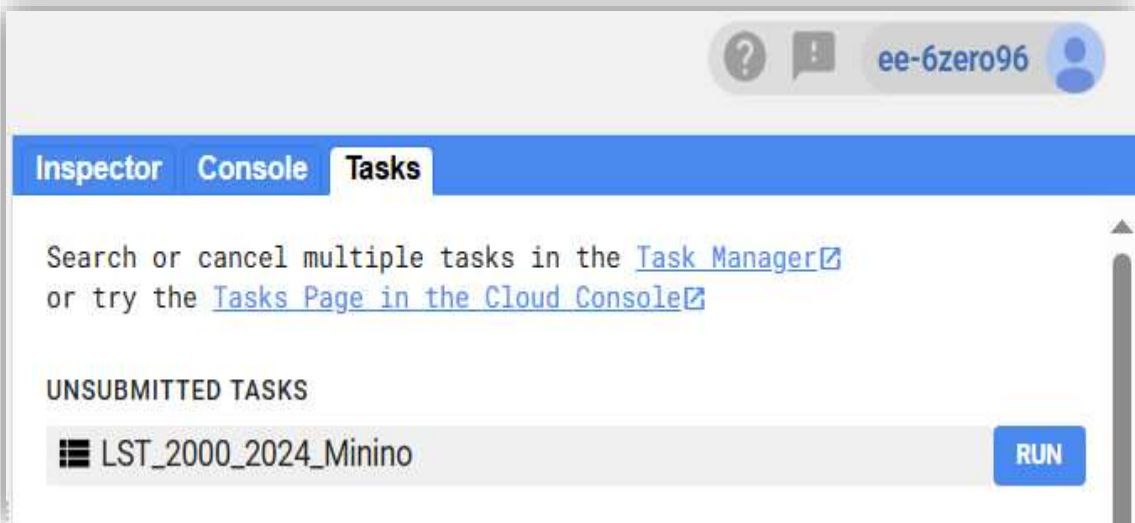


# Результаты: Расчет спектральных индексов MODIS



	A	B
1	system:index	NDVI
2	2000_02_18	
3	2000_02_26	
4	2000_03_05	
5	2000_03_13	
6	2000_03_21	
7	2000_03_29	0.2408722129
8	2000_04_06	0.2373463288
9	2000_04_14	0.2128435297
10	2000_04_22	
11	2000_04_30	0.2587920593
12	2000_05_08	
13	2000_05_16	0.3579833896
14	2000_05_24	0.4063634864

# Результаты: Температура поверхности земли (MODIS LST)



	A	B
1	system:index	LST
2	2000_02_18	
3	2000_02_26	-5.411710526
4	2000_03_05	-4.160583333
5	2000_03_13	-2.262776831
6	2000_03_21	
7	2000_03_29	6.33
8	2000_04_06	
9	2000_04_14	19.60882353
10	2000_04_22	15.69
11	2000_04_30	24.01535572
12	2000_05_08	
13	2000_05_16	26.92764988
14	2000_05_24	31.45211031



# Заключение

- В ходе выполнения исследования поставленная цель достигнута: разработан комплекс алгоритмов для автоматизированного спутникового зондирования сельскохозяйственных угодий с использованием Google Earth Engine.
- Реализованные алгоритмы обеспечивают эффективную обработку и анализ данных Sentinel-2 и MODIS, позволяя:
  - Рассчитывать спектральные индексы (NDVI, EVI, LSWI, LST).
  - Выгружать очищенные от облачности снимки и временные ряды показателей.
- Применение Google Earth Engine и разработанного инструментария открывает новые возможности для:
  - Оперативного и высокоточного агромониторинга.
  - Повышения эффективности управления сельскохозяйственным производством.
  - Поддержки принятия решений в точном земледелии.

«Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ (проект № FWES-2021-0018)»