

Александр В. Бочаров



Тверской
государственный
университет



Институт океанологии
РАН

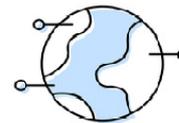
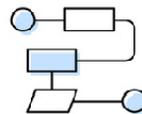
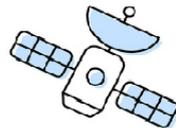


Институт водных
проблем РАН

Возможности платформы Google Earth Engine (GEE)



Google Earth Engine



Тренды в хранении и обработке ДДЗ

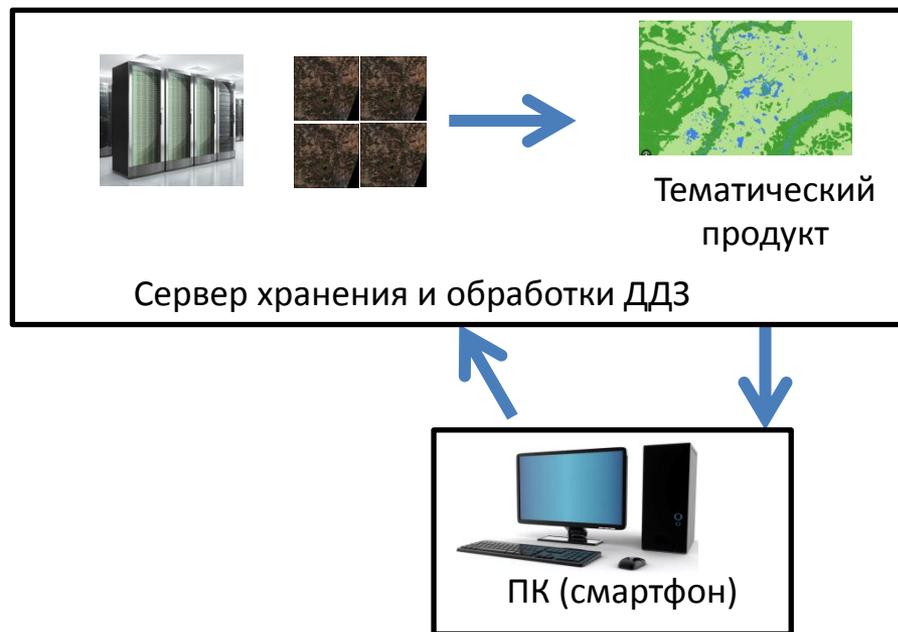
Обычная схема работы пользователя с ДДЗ



Минусы:

- затраты времени на скачку ДДЗ
- требуется мощный ПК
- вычисления происходят долго
- случаются сбои и зависания
- место для хранения данных

Схема работы пользователя с ДДЗ при проведении вычислений на удаленном сервере



Минусы:

- как правило, существует необходимость использования языка программирования

Плюсы:

- гибкость запросов на получение информации
- скорость получения и обработки данных
- отсутствие потребности в вычислительных мощностях
- быстрый доступ к наборам данных по средствам учетной записи

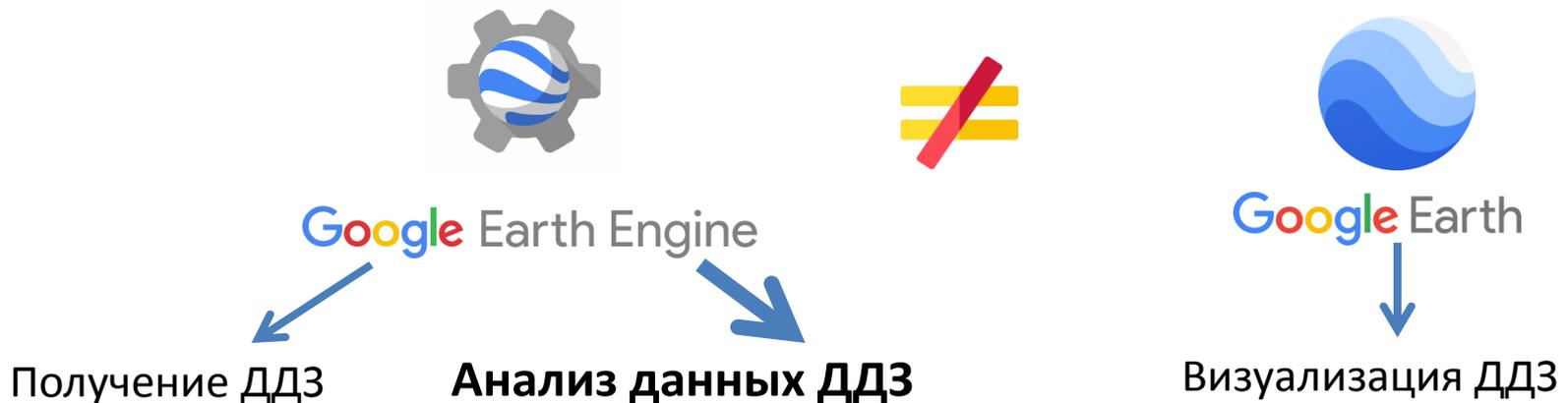


Google Earth Engine

Google Earth Engine — это **облачная** платформа для геопространственного анализа данных. Она позволяет использовать огромные вычислительные мощности компании Google для обработки данных дистанционного зондирования Земли (ДДЗ).

Прототип платформы был представлен в 2009 году на Международной конференции ООН по изменению климата в Копенгагене. В 2010 году на следующей конференции ООН по изменению климата в Канкуне, проект был запущен проект Earth Engine.

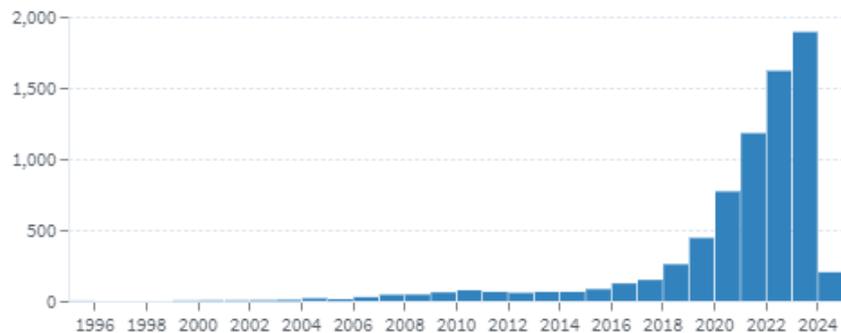
Чтобы избежать путаницы в названиях, стоит уточнить, что **Google Earth** (он же — Google Планета Земля) и **Google Earth Engine** — это два разных продукта.



Анализ упоминания Google Earth Engine в научных публикациях

С каждым годом увеличивается использование Google Earth Engine в научных исследованиях. На данный момент издано **7200** научных работ с упоминанием Google Earth Engine

Публикации с течением времени



Наибольшее количество публикаций принадлежит Китайским учреждениям

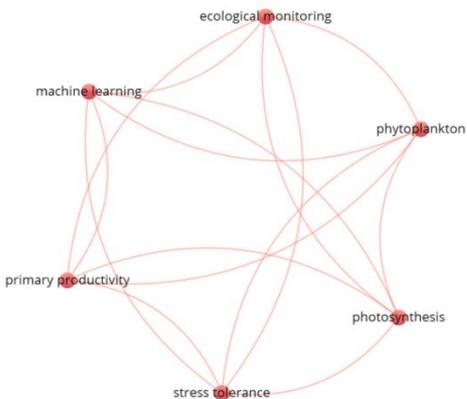
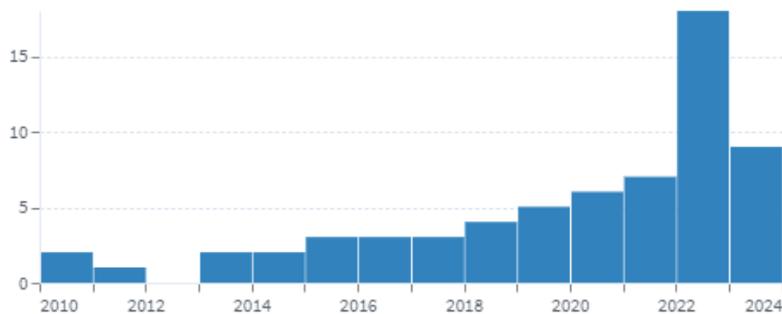
Название учебного заведения



Анализ упоминания Google Earth Engine в научных публикациях в России

В России платформа Google Earth Engine пока не обрела достаточную популярность. За 14 лет существуют упоминания Google Earth Engine только в **65** научных публикациях с участием российских ученых.

Публикации с течением времени



Наиболее часто использованные ключевые слова в этих публикациях соответствуют экологической направленности

Google Earth Engine в РФ использовались преимущественно представителями РАН и МГУ

Название учебного заведения



Russian Academy ...
26



Moscow State Univ...
9



Saint Petersburg S...
5



Aerocosmos
3



Astrakhan State Un...
3



Russian State Hydr...
3



Sukachev Institute...
3

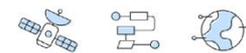


Krasnoyarsk Scien...
2

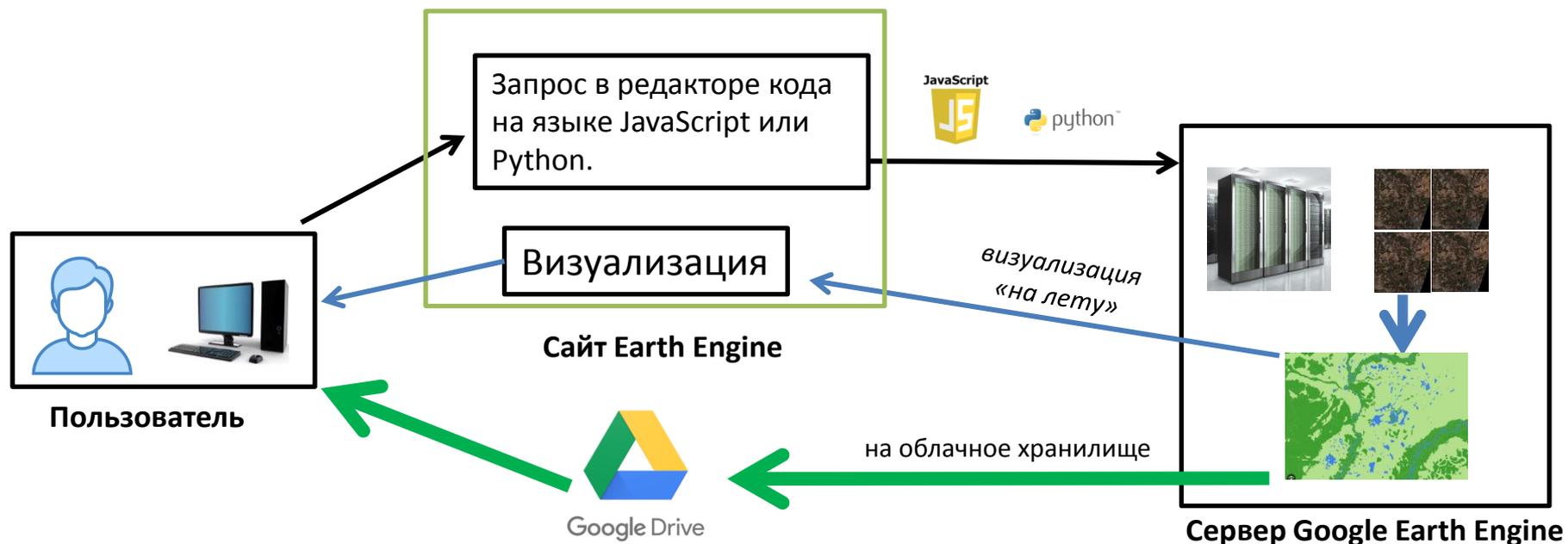
Базовая схема работы с платформой Google Earth Engine



Google Earth Engine



Earth Engine — это многопетабайтный каталог данных, интегрированный с высокопроизводительным кластером серверов для параллельных вычислений. Доступ к системе и управление осуществляется через интерфейс прикладного программирования (API). Пользователь создаёт сценарии обработки данных в интерактивной среде разработки на **JavaScript API***, которая называется редактором кода (Code Editor) и обеспечивает оперативное создание прототипов и визуализацию результатов «на лету». То же самое можно выполнять и через **Python API**. В каждом из вариантов основные вычисления выполняются на серверах Google.



* API (Application programming interface) - интерфейс прикладного программирования. Это совокупность инструментов и функций благодаря которому одна программа будет взаимодействовать с другой.

Интерфейс Google Earth Engine

The image shows a screenshot of the Google Earth Engine web interface. The interface is divided into several main sections:

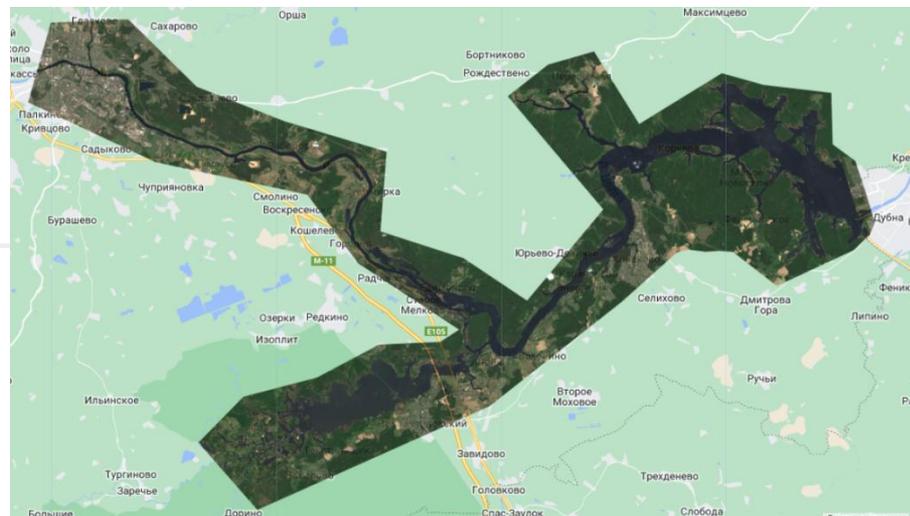
- Top Left:** A sidebar containing a search bar, a 'Scripts' tab, and an 'Assets' manager. Labels point to 'Менеджер скриптов' (Script Manager), 'Документация по API' (API Documentation), and 'Assets менеджер' (Assets Manager).
- Top Center:** A search bar with the text 'Search places and datasets...'. A label points to 'Поиск датасетов или места' (Search for datasets or places).
- Top Right:** A toolbar with buttons for 'Get Link', 'Save', 'Run', 'Reset', and 'Help'. Labels point to 'Сохранение скрипта' (Save script) and 'Запуск скрипта' (Run script).
- Center:** A code editor window titled 'Sentinel 2 18-05-2019-28-08-2019 Ivanovskoe'. It contains JavaScript code for fetching satellite imagery and displaying it on a map. A large label 'Редактор кода' (Code Editor) is overlaid on this section.
- Right Side:** A vertical panel with tabs for 'Inspector', 'Console', and 'Tasks'. Labels point to 'Менеджер задач' (Task Manager), 'Консоль' (Console), and 'Вывод информации с карты' (Map information output).
- Bottom Left:** A toolbar with various map interaction tools like pan, zoom, and measure. A label points to 'Инструменты геометрии' (Geometry tools).
- Bottom Center:** A satellite map of a region in Russia, with a large black text overlay 'КАРТА' (MAP).
- Bottom Right:** A 'Layers' panel with a 'Layers' button and a 'Layers' list. A label points to 'Менеджер слоев' (Layers Manager).



Редактор кода Google Earth Engine

```
SENTINEL 2/Sentinel 2 18-05-2019 Ivankovskoe Get Link Save Run Reset Apps
Imports (1 entry)
  var region: Polygon, 40 vertices
1
2
3 // 1. Выбор коллекции и параметров Sentinel-2
4 var image = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2_SR') // выбор коллекции
5 .filterDate('2019-05-18', '2019-05-19') // даты
6 .filter(ee.Filter.lt('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE', 10)) // процент облачности
7 .filterBounds(region) // фильтр границ
8 .median();
9
10
11 // 2. параметры визуализация и добавление на карту
12 var visParamsTrue = {bands: ['B4', 'B3', 'B2'], min: 0, max: 2500, gamma: 1.1}; //каналы и параметры визуализации
13 Map.addLayer(image.clip(region), visParamsTrue, "StudyArea_18-05-2019"); //добавление слоя на карту
14 Map.centerObject(region, 9); //центрирование и масштаб
15
16
17 // 3. Экспорт на облако Google Drive
18 Export.image.toDrive({
19   image: image.int16(),
20   description: 'Sentinel_2A_18-05-2019',
21   scale: 10,
22   region: region,
23   maxPixels: 1e13
24 });
```

Пример кода для получения данных Sentinel-2 для акватории Иваньковского водохранилища



Результат запуска скрипта



Примеры обработки данных на сервере Earth Engine при разработке методик выделения границ водоемов и границ распространения воздушно-водной растительности

Сложность подбора методики выделения контуров поверхности Иваньковского водохранилища заключается в том, что в Шошинском и Иваньковском плесах много зон временного затопления и заболоченных берегов, которые размывают четкую границу между сушей и водной поверхностью на космическом снимке. Также на берегах водохранилища присутствуют антропогенные объекты, имеющие сигнатуры отраженного излучения близкие к водной поверхности. Для поиска оптимального результатов использовано два метода разделения водной поверхности и суши. **Скорость апробации методик значительно выше при использовании Earth Engine**



Четкость выделения кромки береговой линии:
а) использован один канала ИК-диапазона; б) использован индекс NDWI

Оценки зарастания устья реки Тропка за вегетационный период проводилась по данным спутника Sentinel-2. Для оценки зарастания водохранилища требовались данные съемки, полученные после весеннего половодья, когда уровень водохранилища пришел в норму, и съемка в конце вегетационного периода. Наиболее подходящими из свежих снимков оказались данные полученные в мае и августе 2019 г. **Скорость апробации методик значительно выше при использовании Earth Engine**



Распространения воздушно-водной растительности в устье р. Тропка с 18 мая по 28 августа 2019 г.



Earth Engine Data Catalog

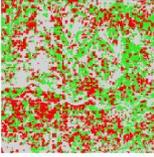
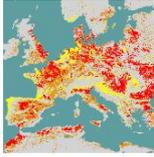
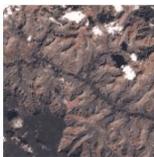
Панель поиска Earth Engine можно использовать для поиска наборов данных в Earth Engine.

Поиск датасетов или места



Datasets tagged landsat in Earth Engine

Filter list of datasets

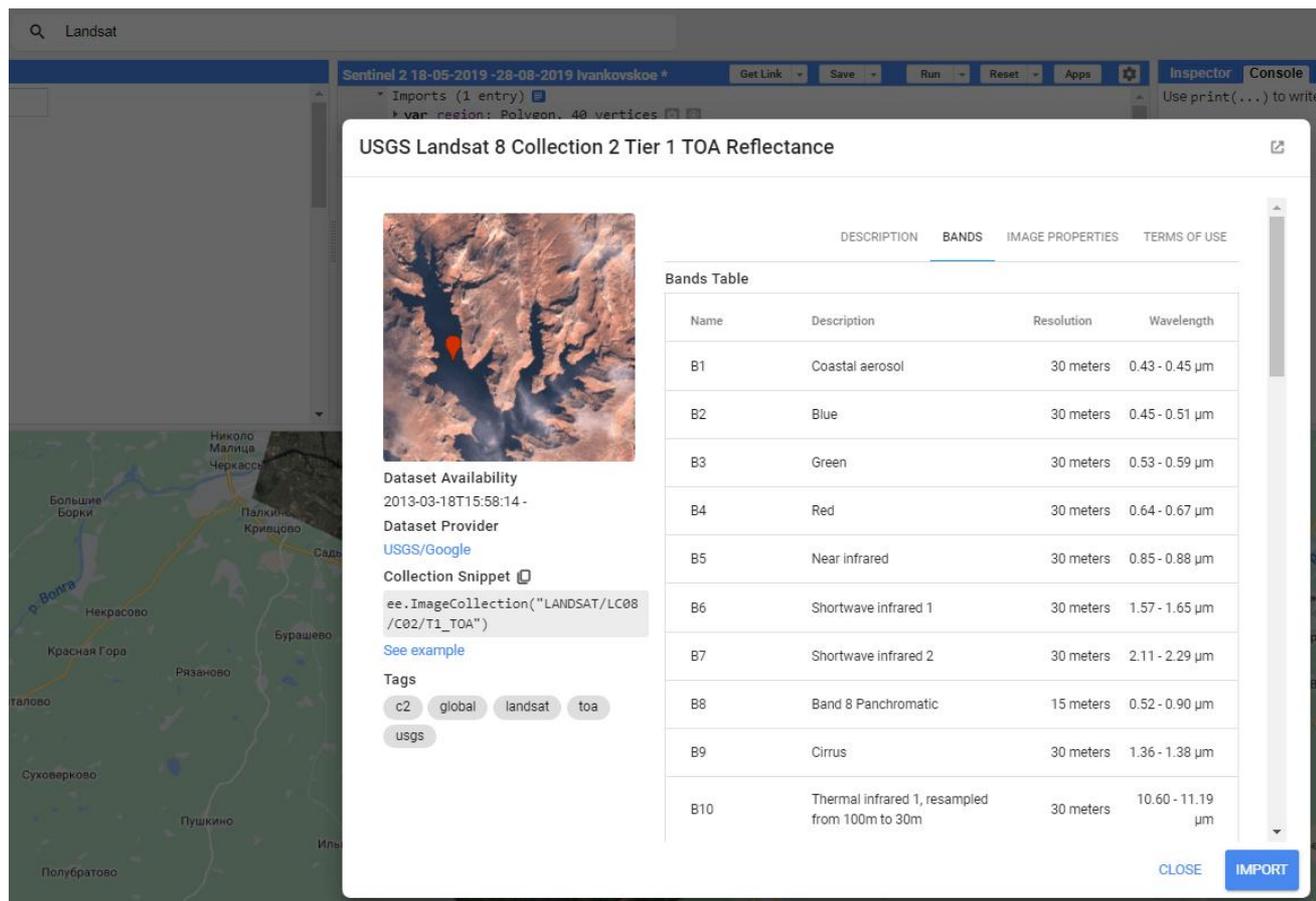
 <p>ESA WorldCereal Active Cropland 10 m v100</p> <p>The European Space Agency (ESA) WorldCereal Active Cropland 10 m 2021 product suite contains global-scale seasonal active cropland markers. They were generated as part of the ESA-WorldCereal project. The active cropland products indicate whether or not a pixel identified as temporary crops has been actively...</p> <p>agriculture copernicus crop esa global landcover</p>	 <p>ESA WorldCereal 10 m v100</p> <p>The European Space Agency (ESA) WorldCereal 10 m 2021 product suite consists of global-scale annual and seasonal crop maps and their related confidence. They were generated as part of the ESA-WorldCereal project. More information on the content of these products and the methodology used to...</p> <p>agriculture copernicus crop esa global landcover</p>	 <p>Landsat Global Land Survey 1975</p> <p>The Global Land Survey (GLS) 1975 is a global collection of imagery from the Landsat Multispectral Scanner (MSS). Most scenes were acquired by Landsat 1-3 in 1972-1983. A few gaps in the Landsat 1-3 data have been filled with scenes acquired by Landsat 4-5 during...</p> <p>global gls landsat radiance usgs</p>	 <p>Landsat Global Land Survey 2005, Landsat 5-7 scenes</p> <p>The GLS2005 data set is a collection of 9500 orthorectified leaf-on medium-resolution satellite images collected between 2004 and 2007 and covering the Earth's land masses. GLS2005 uses mainly Landsat 5 and gap-filled Landsat 7 data with EO-1 ALI and Terra ASTER data filling in any...</p> <p>gls landsat radiance usgs</p>	 <p>Landsat Global Land Survey 2005, Landsat 5 scenes</p> <p>The GLS2005 data set is a collection of 9500 orthorectified leaf-on medium-resolution satellite images collected between 2004 and 2007 and covering the Earth's land masses. GLS2005 uses mainly Landsat 5 and gap-filled Landsat 7 data with EO-1 ALI and Terra ASTER data filling in any...</p> <p>etm gls l5 landsat radiance usgs</p>
 <p>Landsat Global Land Survey 2005, Landsat 7 scenes</p> <p>The GLS2005 data set is a collection of 9500 orthorectified leaf-on medium-resolution satellite images collected between 2004 and 2007 and covering the Earth's land masses. GLS2005 uses mainly Landsat 5 and gap-filled Landsat 7 data with EO-1 ALI and Terra ASTER data filling in any...</p> <p>gls landsat radiance usgs</p>	 <p>USGS Landsat 8 Collection 2 Tier 1 Raw Scenes</p> <p>This dataset contains atmospherically corrected surface reflectance and land surface temperature derived from the data produced by the Landsat 8 OLI/TIRS sensor. This dataset contains Tier 1 data.</p> <p>gls landsat radiance usgs</p>	 <p>USGS Landsat 8 Level 2, Collection 2, Tier 1</p> <p>This dataset contains atmospherically corrected surface reflectance and land surface temperature derived from the data produced by the Landsat 8 OLI/TIRS sensor. This dataset contains Tier 1 data.</p> <p>gls landsat radiance usgs</p>	 <p>USGS Landsat 8 Collection 2 Tier 1 and Real-Time data Raw Scenes</p> <p>This dataset contains atmospherically corrected surface reflectance and land surface temperature derived from the data produced by the Landsat 8 OLI/TIRS sensor. This dataset contains Tier 1 data.</p> <p>gls landsat radiance usgs</p>	 <p>USGS Landsat 8 Collection 2 Tier 1 and Real-Time data TOA Reflectance</p> <p>This dataset contains atmospherically corrected surface reflectance and land surface temperature derived from the data produced by the Landsat 8 OLI/TIRS sensor. This dataset contains Tier 1 data.</p> <p>gls landsat radiance usgs</p>

Earth Engine Data Catalog содержит более 500 наборов данных и постоянно пополняется



Earth Engine Data Catalog

Изучая новый набор данных, вы можете найти названия полос на изображениях из этого набора, прочитав сводную документацию.



The screenshot displays the Earth Engine Data Catalog interface. The search bar at the top shows 'Landsat'. The main view is for the 'USGS Landsat 8 Collection 2 Tier 1 TOA Reflectance' dataset. A thumbnail image of a river delta is shown. Below the thumbnail, the 'Dataset Availability' is listed as '2013-03-18T15:58:14 -', and the 'Dataset Provider' is 'USGS/Google'. A 'Collection Snippet' is provided: `ee.ImageCollection("LANDSAT/LC08/C02/T1_TOA")`. There are also 'Tags' for 'c2', 'global', 'landsat', 'toa', and 'usgs'. A 'Bands Table' is displayed with the following data:

Name	Description	Resolution	Wavelength
B1	Coastal aerosol	30 meters	0.43 - 0.45 μm
B2	Blue	30 meters	0.45 - 0.51 μm
B3	Green	30 meters	0.53 - 0.59 μm
B4	Red	30 meters	0.64 - 0.67 μm
B5	Near infrared	30 meters	0.85 - 0.88 μm
B6	Shortwave infrared 1	30 meters	1.57 - 1.65 μm
B7	Shortwave infrared 2	30 meters	2.11 - 2.29 μm
B8	Band 8 Panchromatic	15 meters	0.52 - 0.90 μm
B9	Cirrus	30 meters	1.36 - 1.38 μm
B10	Thermal infrared 1, resampled from 100m to 30m	30 meters	10.60 - 11.19 μm

Buttons for 'CLOSE' and 'IMPORT' are visible at the bottom right of the dataset view.



Примеры наборов данных

LANDSAT-8 Level 2

The screenshot displays a web-based GIS application interface. At the top, there are tabs for 'Scripts', 'Docs', and 'Assets'. Below these, a 'Filter scripts...' field is visible. The main content area is divided into three panels:

- Left Panel (File Explorer):** Shows a tree view of the project structure. The selected item is 'Landsat_Surface Reflectance_probi v cvs 2021' under the '2_LANDSAT' folder.
- Center Panel (Script Editor):** Displays a JavaScript script for adding and processing a Landsat dataset. The script includes comments in Russian and code for adding a layer, converting it to a multiband image, and clipping it to a specific geometry.
- Right Panel (Inspector/Console):** Contains an 'Inspector' tab with the instruction 'Click on the map to inspect the layer...' and a 'Console' tab.

The bottom portion of the image shows a map view of a region in Russia, with a large satellite image overlay. The map includes labels for various locations such as 'Мережа', 'Долоцкое', 'Устюжна', and 'Кукобой'. The satellite image shows a river network and forested areas.



Примеры наборов данных

Sentinel -2

The screenshot displays the Google Earth Engine interface. On the left, the 'Scripts' panel shows a list of assets, including 'Sentinel 2 18052019 Ivankovskoe'. The central console contains the following JavaScript code:

```
Imports (1 entry)
var region: Polygon, 19 vertices
// Download Sentinel 2A Images using Google Earth Engine?
1
2
3 // 1. Load Sentinel 2A image
4 var image = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2_SR')
5 .filterDate('2019-05-18', '2019-05-19')
6 .filter(ee.Filter.lt('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE', 10))
7 .filterBounds(region)
8 .median();
9
10 // 2. Set visualization parameter for sentinel 2A image
11 var visParamsTrue = {bands: ['B4', 'B3', 'B2'], min: 0, max: 2500, gamma: 1.1};
```

The right panel, 'Inspector', shows the message: 'Click on the map to inspect the layers.' The map itself shows a satellite image of a region in Russia, with a green overlay indicating a specific region of interest. The map includes labels for various locations such as Барыково, Калазин, Алферовское, Василево, Поречье, Нерльское, Устье, Белый Городок, Центральный, Кимры, Надежда, Губна, Вережьево, Талдом, Федорцово, Торга, Селково, Богородице, Красн Пересв, Скоропусков, Сергиев Посад, Хотьково, Икша, Яхрома, Дмитров, Новосиньково, Рогачево, Запрудня, Вотрея, Вербилки, Солнечногорск, М-11, М-9, М-2, Зубцов, Звягино, Ржев, Бахмутово, Павликово, Луковниково, Ельцы, Малое Анапкино, Большая Коша, Страшево, Прямухино, Сокольничское, Заовражье, Ранцево, Васильково, Кувшиново, Мясково, Могилевка, Красный Городок, Есеновичи, and Геометрия Imports.



Примеры наборов данных

WDPA: World Database on Protected Areas (Всемирная база особо охраняемых территорий)

The screenshot displays a web application interface for visualizing protected areas. On the left, a sidebar contains a file tree under 'Assets' with the following items: 'тест извлечения данных в точках работает (нет маски)', 'DATASETS', 'JRC Global Surface Water Mapping Layers, v1.4', 'JRC Monthly Water Recurrence, v1.4', 'OOPT_WDPA_World Database on Protected Areas (polygons)', 'SWISSIMAGE 10 cm RGB imagery', 'WWF HydroSHEDS Flow Accumulation, 15 Arc-Seconds', and 'Image', 'HSV Pan-Sharpening'. The main area shows a map of Europe with green polygons representing protected areas. The code editor on the right contains the following JavaScript code:

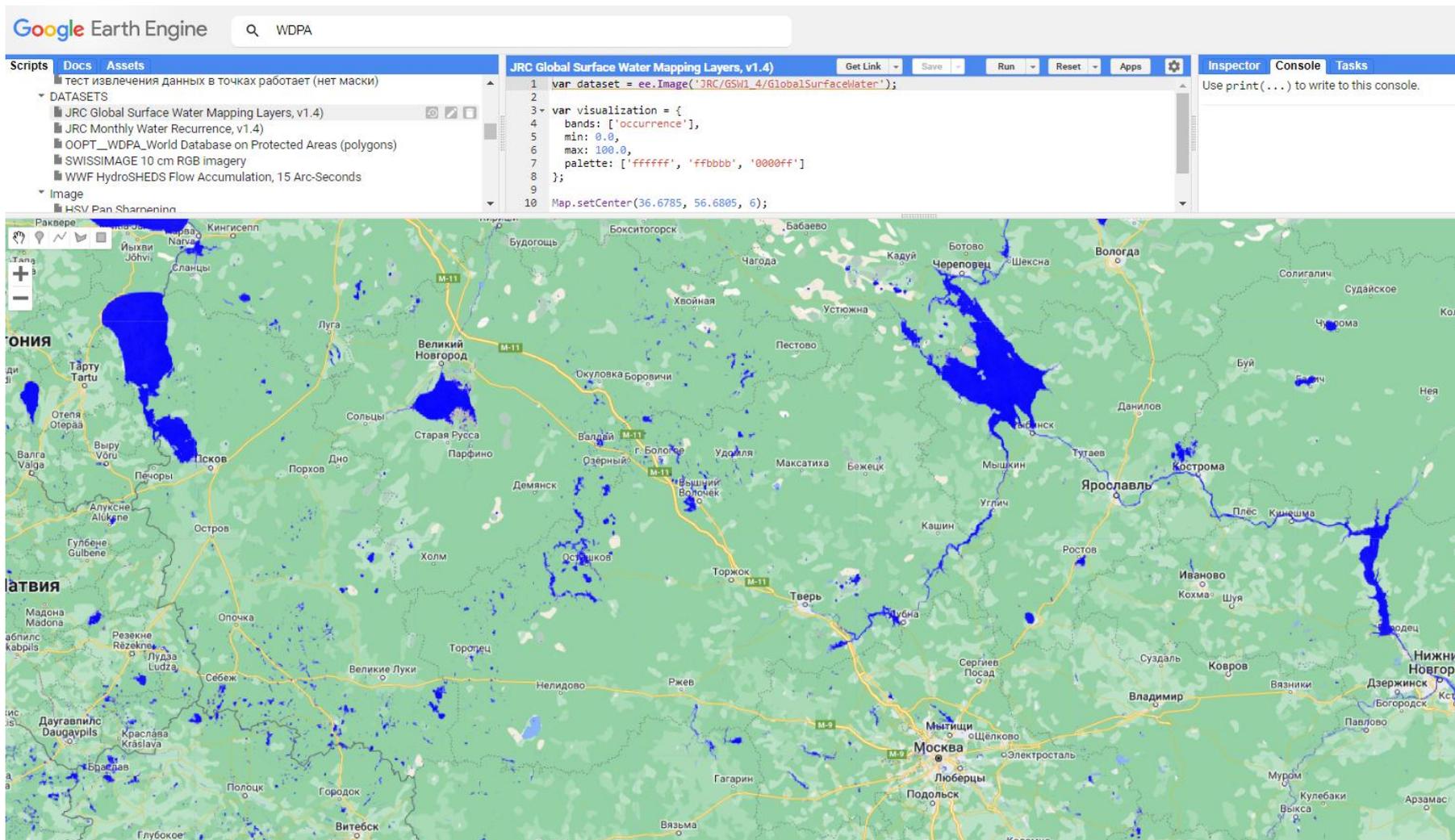
```
1 var dataset = ee.FeatureCollection('WCNC/WDPA/current/polygons');
2 var visParams = {
3   palette: ['2ed033', '5aff05', '67b9ff', '5844ff', '0a7618', '2c05ff'],
4   min: 0.0,
5   max: 1550000.0,
6   opacity: 0.8,
7 };
8 var image = ee.Image().float().paint(dataset, 'REP_AREA');
9 Map.setCenter(36.6785, 56.6805, 6);
10 Map.addLayer(image, visParams, 'WCNC/WDPA/current/polygons');
```

The console on the right shows the message: 'Use print(...) to write to this console.'



Примеры наборов данных

JRC Global Surface Water Mapping Layers, v1.4 (Распределения поверхностных вод)



Asset manager

Для загрузки своих наборов геопространственных данных и управления ими используется **Asset Manager**. Наборы данных, загруженные через Asset Manager, становятся личными активами в папке, принадлежащей учетной записи пользователя. Существует возможность добавления как векторных, так и растровых данных.

Asset details

Feature Index	A (String)	B (Long)	Date (String)	ID (Long)	Lat (Float)	Lon (Float)	Time (String)	system:index (String)
0	A	1	2008-07-19	401643997	40.864	49.505	17:49:06	
1	L	1	2008-07-19	401643859	41.076	49.544	12:25:41	
2	L	1	2008-07-19	401643969	41.1	49.713	10:46:05	
3	N	1	2008-07-19	401643684	41.185	49.79	9:24:54	
4	N	1	2008-07-19	401643822	41.104	49.663	11:11:22	
5	N	1	2008-07-19	401643988	40.817	49.644	23:32:29	
6	N	1	2008-07-19	401643945	41.179	49.748	9:23:37	
7	N	1	2008-07-19	401643978	41.125	49.679	11:10:06	
8	A	2	2008-07-19	401643859	41.822	50.257	16:11:39	

Векторные данные о перемещении и дрейфтеров в Каспийском море

Вкладка Asset manager

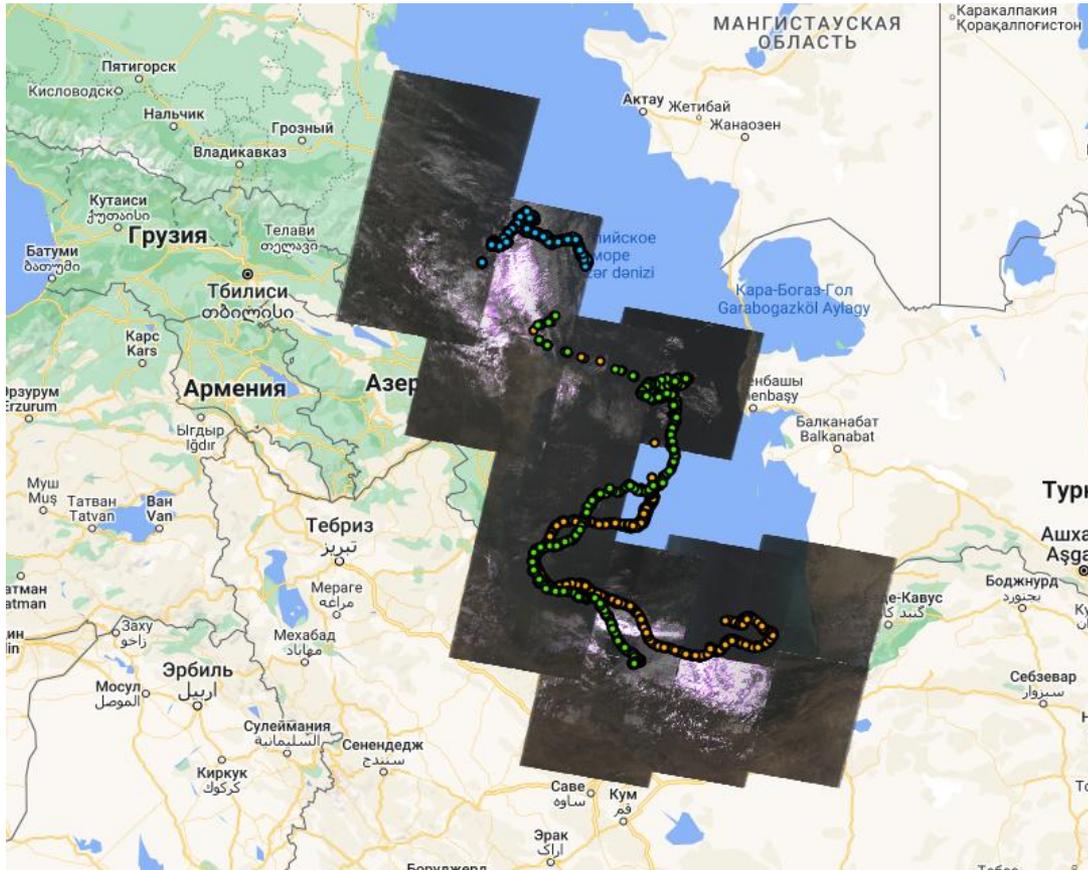
Пример импорта точечных shp-файлов (ArcGis) в Earth Engine

- Имеется возможность поделиться загруженными активами для совместного использования несколькими пользователями.
- Не нужно сильно беспокоиться о разных проекциях, Earth Engine автоматически переносит данные между разными системами координат.



Asset manager

Загруженные данные можно использовать в редакторе кода. В данном случае были использованы координаты и даты точечных объектов для извлечения значений пикселей снимков соответствующих измерениям in situ.

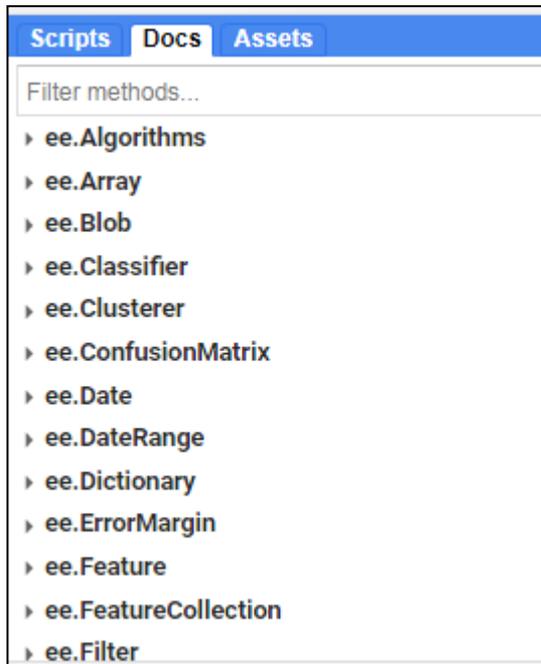


Векторные данные о перемещении дрейфтеров в Каспийском море добавлены на карту

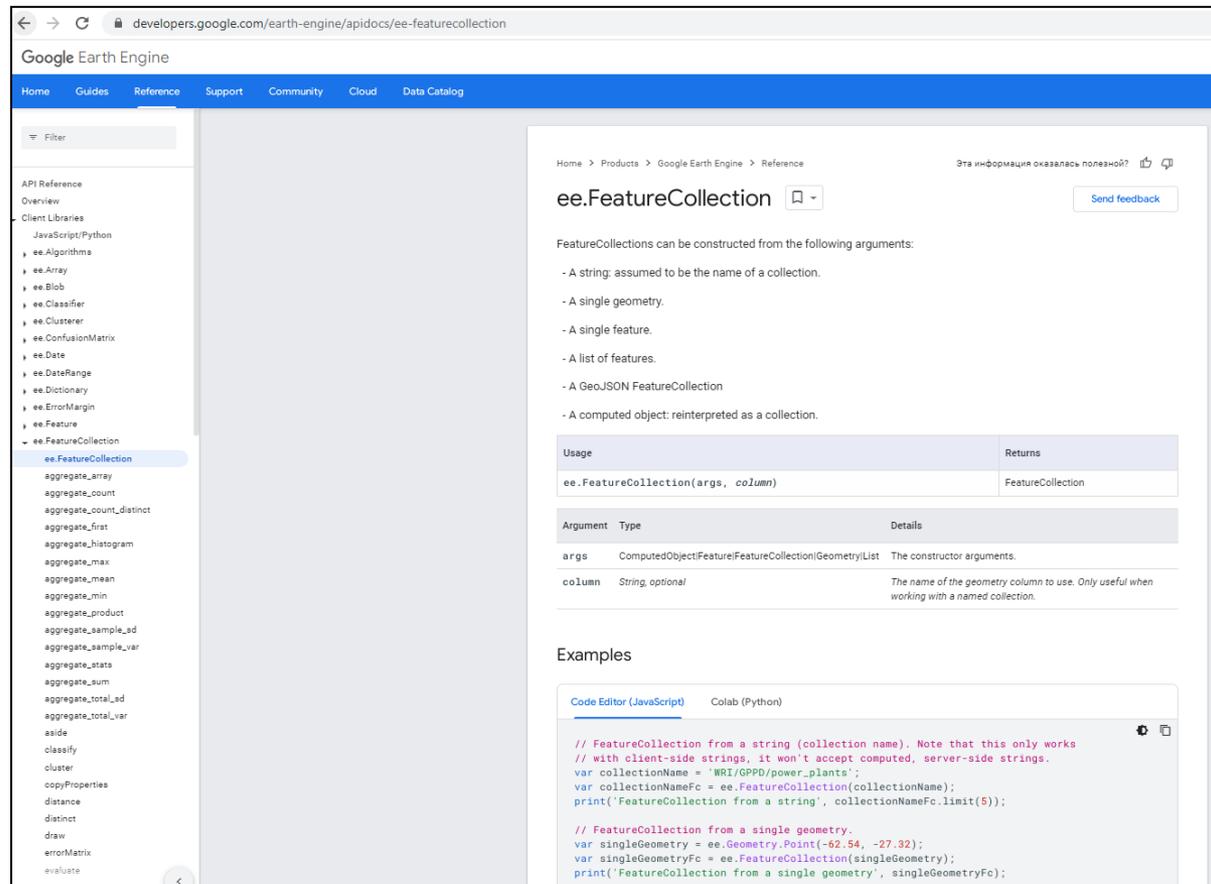
Справочная информация по API

Для облегчения написания кода для API в главном окне имеется вкладка Docs. Более детальная информация доступна в «Справочнике по API»

<https://developers.google.com/earth-engine/apidocs>



Вкладка Docs



Справочник по API



Исследования по автоматизации обработки больших массивов ДДЗ на основе платформы Google Earth Engine с целью разработки новых методических подходов к оценке гидроэкологического статуса водного объекта выполнена в рамках темы № FMWZ-2022-0002 Государственного задания ИВП РАН.

Часть работы по уточнению алгоритмов расчета температуры поверхности моря (ТПМ) по данным продуктов Landsat выполнены при поддержке гранта РФФ N 23-77-00027 «Исследование климатической изменчивости термогидродинамического режима Каспийского моря по данным дистанционного зондирования», <https://rscf.ru/project/23-77-00027/>.

