

**РАСЧЁТ ИСПАРЕНИЯ ДЛЯ ОБЪЕКТА «КОМПЛЕКС ПО ОБРАБОТКЕ И
РАЗМЕЩЕНИЮ (ЗАХОРОНЕНИЮ) ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ НА
ТЕРРИТОРИИ КРАСНОКАМСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН»**

Оглавление

Введение	2
Методика и данные	2
Метод отношений	2
Среднее многолетнее годовое испарение	2
Среднее многолетнее месячное испарение	2
Расчёт с помощью глобальных данных	2
GLDAS.....	2
MOD16.....	3
Результаты	4
Среднее годовое испарение и среднее многолетнее месячное испарение ..	4
Обеспеченные значения испарения за тёплый период	4
Список использованных материалов	7

Введение

Цель – определение значений испарения для города Дюртюли Республики Башкортостан.

Задачи:

- Загрузка данных об испарении;
- Расчёт среднегодового испарения;
- Расчёт среднемесячного испарения;
- Расчёт испарения 1%, 3%, 50% обеспеченностей для месяцев тёплого периода (май-октябрь);

Методика и данные

Метод отношений

Среднее многолетнее годовое испарение

Значения среднего многолетнего годового испарения снимаются непосредственно с карты изолиний испарения.

Карта изолиний испарений предназначена для определения среднего многолетнего годового испарения с больших площадей, порядка 6000-7000 км². Погрешность снимаемых с карты значений испарения для большей части равнинной территории составляет 15%. Средний годовой слой испарения, снятый с карты, составил 460 мм [1].

Среднее многолетнее месячное испарение

Среднее многолетнее месячное испарение определяется приближенно с помощью таблиц внутригодового распределения испарения по месяцам (метод отношений) по известной годовой сумме испарения.

Метод отношений позволяет рассчитать среднее многолетнее месячное испарение по заданному внутригодовому ходу и по известной средней годовой сумме испарения. Внутригодовой ход характеризуется выраженными в процентах отношениями месячного испарения к годовой сумме. Отношения по месяцам закономерно изменяются по геоботаническим (почвенно-климатическим зонам) и задаются в виде специально разработанной таблицы [приложение 5; 1].

Расчёт с помощью глобальных данных

С целью расчёта значений испарения использовались два типа данных:

1. Данные Глобальной системы ассимиляции данных (GLDAS-2.2) Принстонского метеорологического центра. В настоящее время в GLDAS используются модели поверхности суши (LSM): Noah, CLSM, VIC [2].
2. Данные Глобального проекта эвапотранспирации MODIS (MOD16) [3].

GLDAS

С целью расчёта значений испарения использовались данные Глобальной системы ассимиляции данных (GLDAS-2.2) Принстонского метеорологического центра. В настоящее время в GLDAS используются модели поверхности суши (LSM): Noah, CLSM, VIC.

Моделирование суточной модели водосбора GLDAS-2.2 началось 1 февраля 2003 года с использованием условий из моделирования суточной модели водосбора GLDAS-2.0. Это моделирование было выполнено с использованием полей метеорологического анализа из интегрированной системы прогнозирования Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды (ECMWF) (<https://www.ecmwf.int/en/publications/ifs-documentation>). Было обобщено общее наблюдение аномалий содержания воды в ходе эксперимента по восстановлению силы тяжести

(GRACE). Данные GRACE RL06 и последующих наблюдений GRACE были предоставлены Центром космических исследований Техасского университета. При моделировании ежедневной модели водосбора используется схема растительного покрова UMD из карты растительного покрова AVHRR [2].

С целью расчета испарения использовалась характеристика модели "Evap_tavg" с единицей измерения $\text{кг/м}^2/\text{с}$ за период с 01.02.2003 по 31.12.2022 гг.

Таблица 1 – Основные характеристики GLDAS.

Contents	Outputs from Land Surface Models
Format	NetCDF
Latitude Extent	-60° to 90°
Longitude Extent	-180° to 180°
Spatial Resolution	1.0°, 0.25°
Temporal Resolution	3-hourly, daily, monthly
Temporal Coverage	GLDAS-2.0: 03Z January 1, 1948 – 21Z December 31, 2014
	GLDAS-2.1: 03Z January 1, 2000 – Present
	GLDAS-2.2: February 1, 2003 – Present
Dimensions	360 (lon) x 150 (lat) for the 1.0° x 1.0° data
	1440 (lon) x 600 (lat) for the 0.25° x 0.25° data
Origins (1 st grid center)	(179.5 W, 59.5 S) for the 1.0° x 1.0° data
	(179.875 W, 59.875 S) for the 0.25° x 0.25° data
Land Surface Models	Noah-3.6, CLSM-F2.5, VIC-4.1.2

MOD16

Проект MOD16 (MODIS GLOBAL EVAPOTRANSPIRATION PROJECT) является частью проекта NASA/EOS по оценке глобальной земной эвапотранспирации (испарения) с поверхности Земли с использованием данных дистанционного зондирования со спутников. Продукт MOD16 может использоваться для расчета регионального водного и энергетического баланса, состояния водных ресурсов, почвы; следовательно, он предоставляет ключевую информацию для управления водными ресурсами. С помощью долгосрочных данных испарения можно количественно оценить влияние изменений климата, землепользования и нарушений экосистем (например, лесных пожаров и вспышек насекомых) на региональные водные ресурсы.

Разрешение MOD16 составляет 500 м.

С целью расчета испарения использовалась характеристика модели "ET" с единицей измерения $\text{кг/м}^2/8\text{-day}$ за период с 01.01.2000 по 31.12.2022 гг.

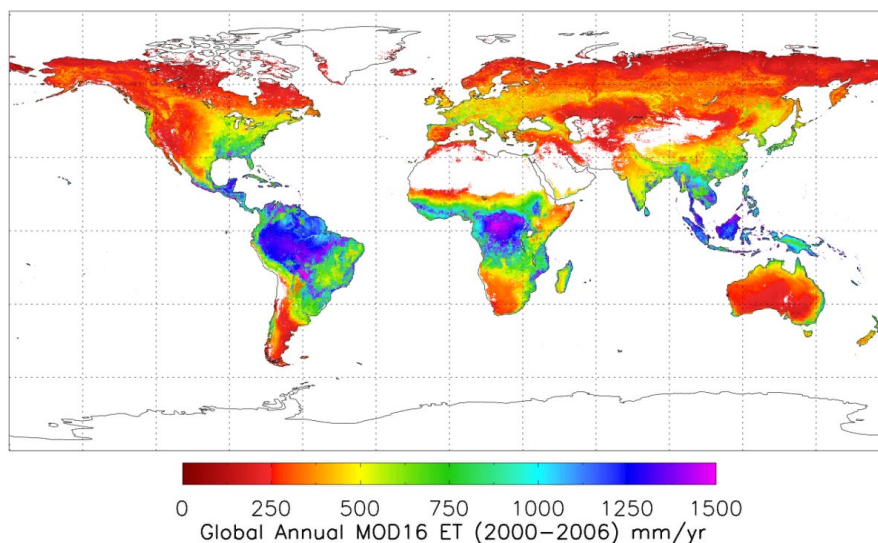


Рисунок 1 – Среднегодовое испарение по данным MOD16

Результаты

Данные об испарении загружались в точку с координатами 55.990389 с.ш. 54.325228 в.д. с помощью Google Earth Engine и языка программирования python. Расчёт выполнялся с помощью библиотеки pandas. Обеспеченные значения рассчитывались с помощью библиотеки scipy с использованием аналитической кривой распределения Пирсона третьего типа.

Среднее годовое испарение и среднее многолетнее месячное испарение

Произведён расчёт среднего годового и среднего многолетнего месячного испарения по двум методикам – методом отношения и с использованием данных GLDAS и MOD16. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Среднее годовое испарение и среднее многолетнее месячное испарение.

Характеристика	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Распределение испарения с поверхности суши по месяцам (в % от годового) [1]	0.5	1	3	9	18	20	18	13	9	5	3	0.5	100
Среднее многолетнее месячное испарение, мм [1]	2.3	4.6	13.8	41.4	82.8	92	82.8	59.8	41.4	23	13.8	2.3	460
Среднее многолетнее месячное испарение, мм (GLDAS, 2003-2022 гг.) [2]	0.3	1.9	10.0	36.0	86.7	107.1	108.9	77.7	34.3	13.1	3.4	0.0	479
Среднее многолетнее месячное испарение, мм (MOD16, 2000-2022 гг.) [3]	7.7	7.5	12.1	36.0	51.3	83.4	95.3	58.4	33.5	19.5	9.5	7.5	422

Обеспеченные значения испарения за тёплый период

Месячное испарение и испарение за тёплый период (май-октябрь) рассчитано с использованием данных GLDAS и MOD16. Обеспеченные значения рассчитывались с помощью библиотеки scipy с использованием аналитической кривой распределения Пирсона третьего типа.

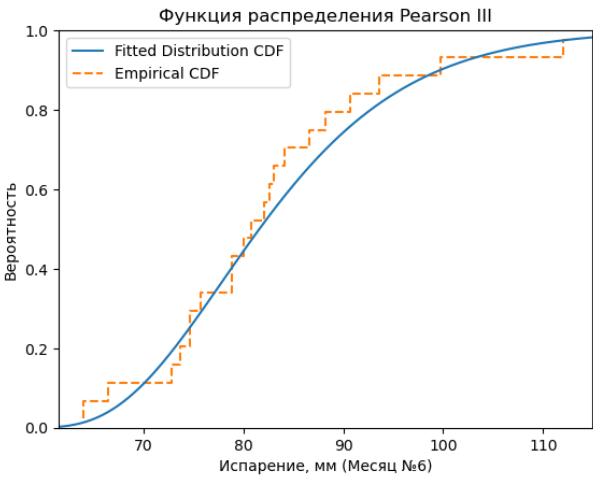
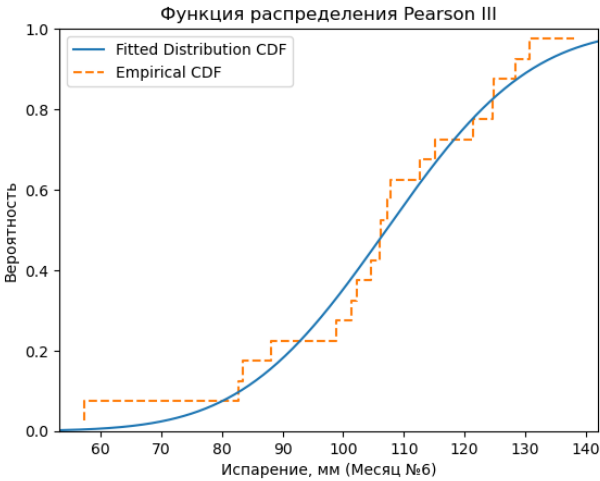
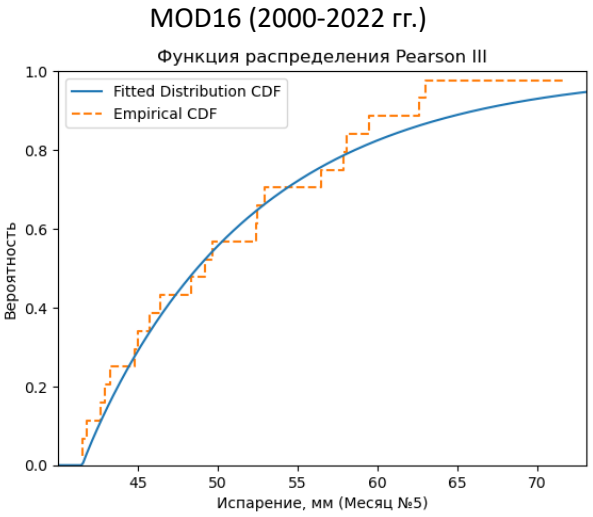
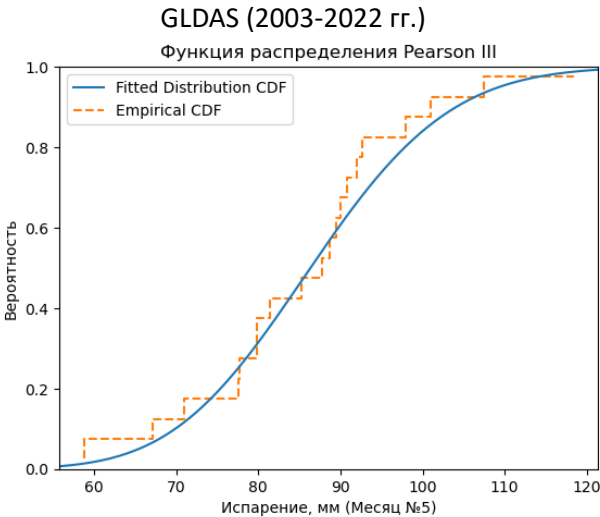
Таблица 3 – Значения месячного испарения (тёплый период) обеспеченностью 1, 3, 50% (2003-2022 гг.).

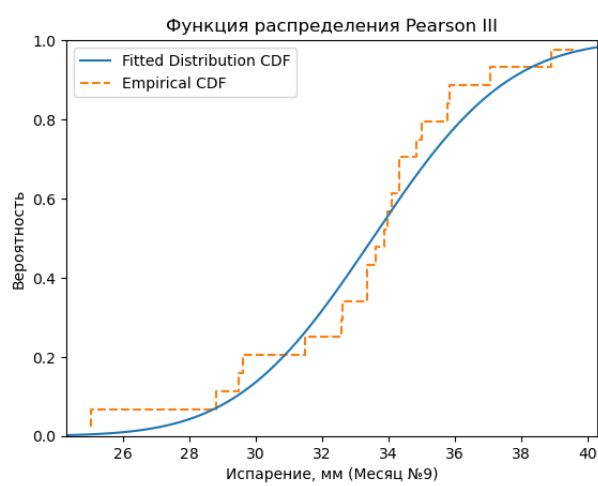
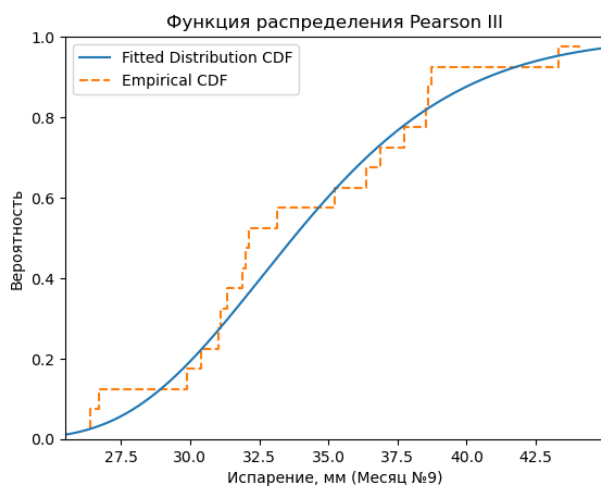
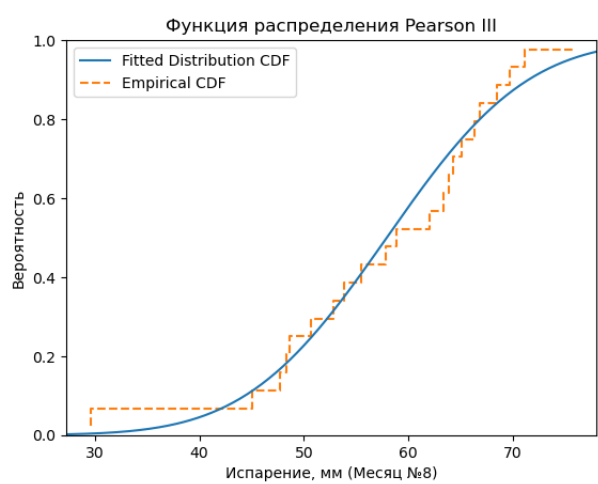
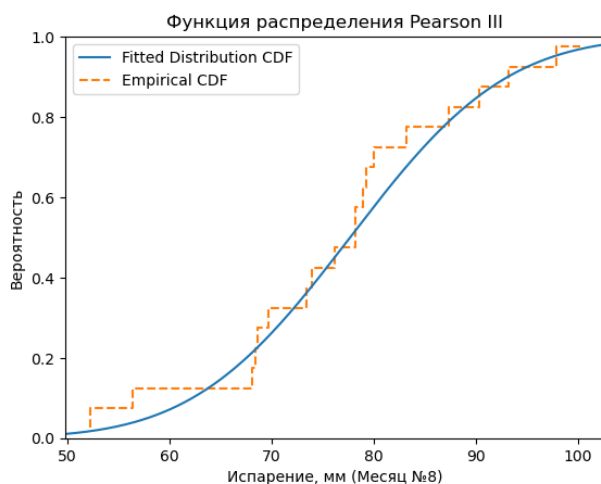
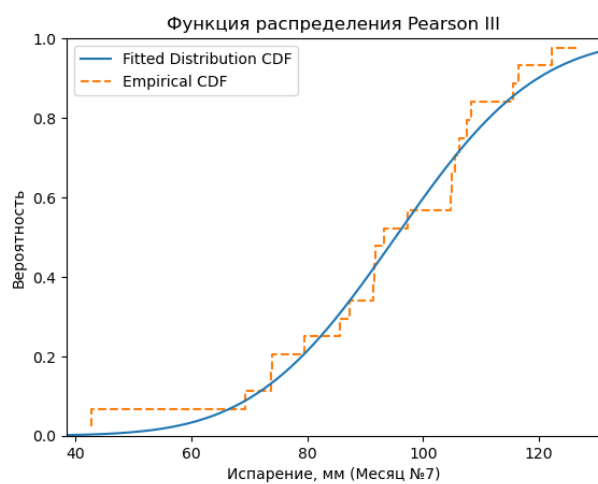
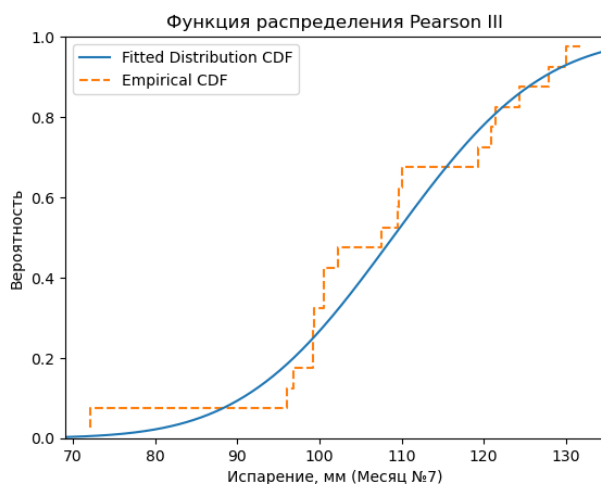
Месяц	GLDAS (2003-2022 гг.)			MOD16 (2000-2022 гг.)		
	Обеспеченность					
	1%	3%	50%	1%	3%	50%
5	119.6	112.9	86.3	94.0	80.6	47.8
6	150.7	142.4	107.1	119.5	110.5	81.6
7	142.2	135.9	108.9	139.9	131.3	95.3

Месяц	GLDAS (2003-2022 гг.)			MOD16 (2000-2022 гг.)		
	Обеспеченность					
	1%	3%	50%	1%	3%	50%
8	105.8	100.4	77.7	82.8	78.1	58.4
9	48.0	44.7	33.7	41.1	39.6	33.6
10	22.2	20.4	13.0	26.8	25.3	19.4

Таблица 4 – Значения испарения за тёплый период обеспеченностью 1, 3, 50%.

P, %	GLDAS (2003-2022 гг.)	MOD16 (2000-2022 гг.)
	Испарение, мм	
1	502	428
3	488	411
50	428	342





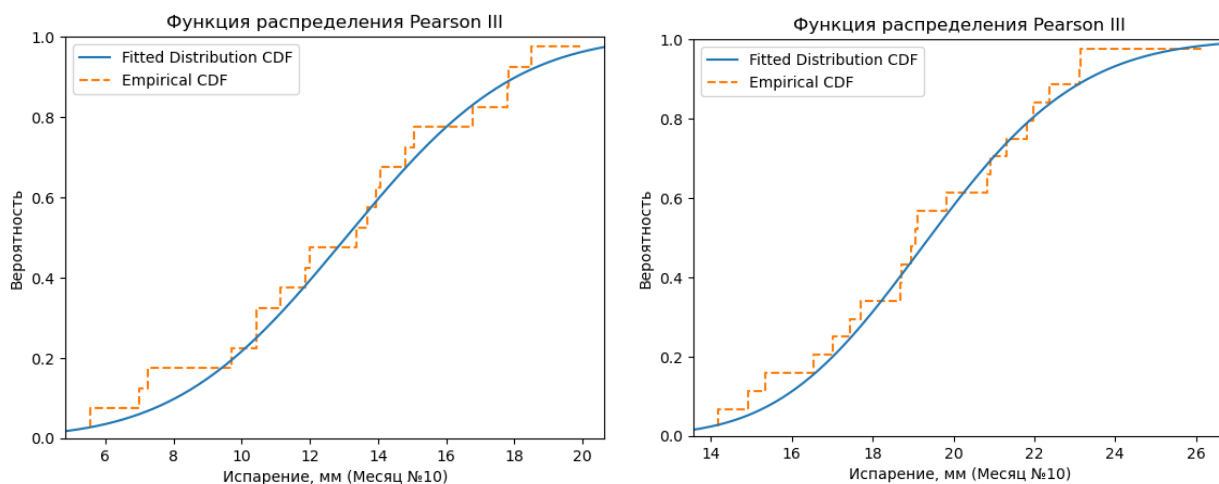


Рисунок 2 – Функции распределения среднемноголетнего испарения
GLDAS (2003-2022 гг.)

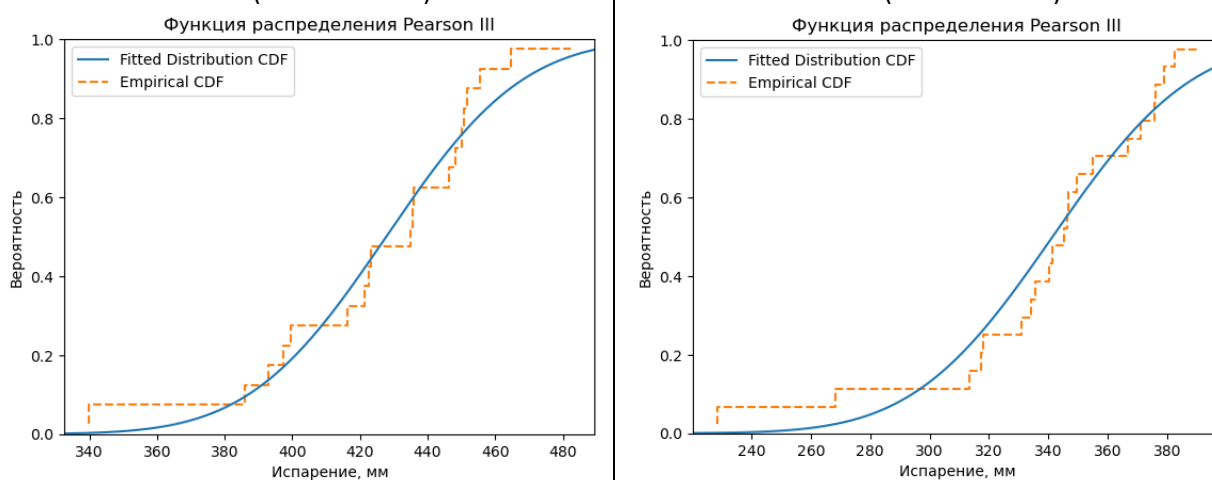


Рисунок 3 – Функции распределения испарения тёплого периода (май-октябрь)

В результате работы:

- Рассчитаны среднегодовые и среднемесячные значения испарения.
- Рассчитаны обеспеченные среднемесячные значения и за тёплый период.

Рекомендуется использовать данные Глобального проекта эвапотранспирации MODIS (MOD16), которые лучше отражают состояние подстилающей поверхности малых по площади объектов в связи с более крупным разрешением пространственных данных (500 м).

Список использованных материалов

1. Рекомендации по расчёту испарения с поверхности суши. Гидрометеиздат. 1976.
2. Сайт Google Earth Engine с информацией о GLDAS-2.2: Global Land Data Assimilation System https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/NASA_GLDAS_V022_CLSM_G025_DA1D#description
3. Сайт Google Earth Engine с информацией о MOD16 MODIS GLOBAL EVAPOTRANSPIRATION PROJECT https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/MODIS_061_MOD16A2GF