

# Ўзбекистонда эталон эвапотранспирация ( $ET_o$ )

Биринчи нашр лойиҳаси

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma * \left(\frac{900}{T + 273}\right) u_2 * (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$

## ОГОҲ БЎЛИНГ



**УШБУ ҲУЖЖАТ ТАДҚИҚОТ ДАВОМ ҚИЛАЁТГАН ҲИСОБОТНИНГ ҚОРАЛАМА НАШРИДИР. ХАТО ВА КАМЧИЛИКЛАРДАН МУСТАСНО ЭМАС. ФИКР ВА МУЛОҲАЗАЛАР УЧУН ЛОЙИҲА СИФАТИДА НАШР ҚИЛИНДИ. ОХИРГИ НАШРИДА ҚУЙИДА КАМЧИЛИКЛАР БАРТАРАФ ҚИЛИНИШИ ТАЛАБ ҚИЛИНАДИ:**

**Иқлим маълумотлари ишончли манбаъларга асосланиб, хусусан, “Ўзбекистон Республикаси гидромет. хизмати маркази” архив маълумотлари асосида тасдиқланиши мақсадга мувофиқ бўларди. Маълумотларнинг ҳаммаси ҳам экин майдонлари бўлган масканларни ўз ичига олмаган бўлиши мумкун. Уларни тозалашга кўпроқ ресурс ва вақт сафарбар қилиниши талаб қилинади. Ҳисоботлардаги ўрчата, максимал, ва минимал атамалари арифметик усул билан ҳисобланган. Уларни статистик усуллар билан ҳисоблаш ва тасдиқлаш (хусусан, ANOVA) мақсадга мувофиқ бўларди. Бунда қайддаги хатоликлар ажратиб олиниш имкони пайди бўлади.**

## МУНДАРИЖА

1. Эвапотранспирация нима?
2. Иқлим маълумотларини йиғиш
3. ЕТо ни ҳисоблаш жараёнига батафсил назар
4. Маълумотларни таҳлил қилиш жараёни
5. Манбаълардан нусха кўчириш
6. Таҳлилдаги ҳал қилиш талаб қилинувчи камчиликлар
7. Ҳисоботлар:
  - a. Тошкент вилояти
  - b. Наманган вилояти
  - c. Сирдарё вилояти
  - d. Жиззах вилояти
  - e. Самарқанд вилояти
  - f. Қашқадарё вилояти
  - g. Сурхондарё вилояти
  - h. Навоий вилояти
  - i. Бухоро вилояти
  - j. Хоразм вилояти
  - k. Қорақалпоғистон республикаси

## ЭВАПОТРАНСПИРАЦИЯ НИМА?

Бир томонда сувнинг тупроқ юзасидан буғланиши ва бошқа томондан экин баргларида терлаб атмосферага чиқиш жараёнини ўзида жамловчи атама эвапотранспирация (ЕТо) дейилади.

Сувнинг ҳолатини суюқдан буғга айланиши энергия талаб қилади. Асосан Қуёш радиацияси ва қисман атроф муҳит ҳарорати бу энергияни таъминлаб беради. Сув буғини буғланувчи юзадан олиб кетувчи асосий куч сувнинг буғланувчи юзадаги босими билан ҳаводаги босими орасидаги тафовутидир. Буғланиш жараёни мобайнида юза устидаги ҳаво намликка тўйинган сари буғланиш секинлашади, то буғ атмосферага тарқалмагунигача. Сув буғига бўккан ҳавонинг қуруқроқ ҳаво билан алмашиш жараёни асосан шамолга боғлиқ. Шундан экан нафақат Қуёш энергияси ва ҳаво ҳарорати, балки ҳаво намлиги ва шамол тезлиги ҳам буғланишни баҳолаш учун талаб қилинадиган иқлим кўрсаткичларидир.

## Ўлчов бирлиги

Эвапотранспирация мм ўлчов бирлигида ифодаланади. Қуйида бошқа оммавий ўлчов бирликларга ўгириш қонунияти:

мм	М <sup>3</sup> / га	МД / м <sup>2</sup> / кун
1мм	10м <sup>3</sup> /га	2.45 МД/м <sup>2</sup> /кун

Бу мавзу тўлақонли тадқиқ қилган ҳужжат UN-FAO нинг “56-суғориш ва дренаж бюллетени”дир: <http://www.fao.org/3/X0490E/x0490e00.htm> (бундан буюн “бюллетен” деб ишора қилинади).

## ИҚЛИМ МАЪЛУМОТЛАРИНИ ЙИҒИШ

Етони ҳисоблаш учун бизга айрим иқлим маълумотлари талаб қилинади. Бу маълумотлар энг камида:

- Маконнинг гео кардинатаси
- Маконнинг денгиз сатхидан баландлиги
- Ҳавонинг кунлик минимум ва максимум ҳарорати
- Ҳаво ўртача нисбий намлиги
- Юзадан 2м баландликдаги шамол тезлиги
- Қуёш радиацияси

Бу маълумотлар Ўзбекистон Гидрометеорология марказидан ололганимизда энг маъқул йўл тутган бўлардик. Аммо биз учун иқлим маълумотларини АҚШнинг Texas A&M унивеситетининг “Global Weather Data” проекти орқали олишимиз осонроқ кечди (<https://globalweather.tamu.edu/>) .

Бу маълумотлар 1979 йил бошидан 2014йилнинг Август ойигача бўлган иқлимни акс этиб, биз талаб қилган барча маълумотларни тақдим қилди. Жами маълумотлар 5 млн қайддан иборат бўлиб, Ўзбекистоннинг аксарият ҳудудини қоплаган экан. Файллар формати: .csv

## ЕТо НИ ҲИСОБЛАШ ЖАРАЁНИГА БАТАФСИЛ НАЗАР

UN-FAОнинг 56-бюллетенига кўра биз Пенман-Монтит тенгласидан фойдаланишга қарор қилдик.

Шу пайтгача маълум бўлган тенгламалардаги маълумотлар маъул иқлим шароитларига калибрланиши назарда тутилган эди. Акс ҳолда улардан барча иқлим шароитларда ишончли натижага эришининг имкони йўқ. Пенман-Монтит тенгласи эса барча иқлим шароитларда қўшимча хатти ҳаракат талаб қилмасдан жуда аниқ натижа бериши тасдиқланган.

Бу тенглама ва унинг қисмлари бюллетенда батафсил изоҳланган.

Бюллетендан фойдаланиб тенгламанинг алгоритми Python тилида яратилди; *penmon.eto* кутубхонаси чоп қилинди. Уни <https://github.com/sherzodr/penmon> саҳифасида кўчириб олишингиз мумкин.

*pandas* ва *penmon.eto* кутубхонасидан фойдаланилган ҳолда барча 5млндан ошқ қаторлик маълумотларнинг ЕТо рақамлари ҳисоблаб чиқилди. Қизиқувчилар учун қуйида ёзилган дастурнинг айнаи коди:

```
In [ ]: import pandas, glob, penmon.eto as pm

def calculate_eto(col):
    station = pm.Station(col["latitude"], col["altitude"])
    day = station.get_day(col["date"].strftime("%Y-%m-%d"))
    day.temp_min = col["temp_min"]
    day.temp_max = col["temp_max"]
    day.wind_speed = col["wind_speed"]
    day.humidity_mean = round(col["humidity_mean"] * 100, 0)
    day.radiation_s = col["solar_radiation"]
    return day.eto()

all_csv_files = glob.glob("data/*.csv")
all_dataframes = []
count = 0
for csv_file in all_csv_files:
    df = pandas.read_csv(csv_file, header=0,
                        names=["date", "longitude", "latitude", "altitude", "temp_max",
                              "temp_min", "precip", "wind_speed", "humidity_mean", "solar_radiation", None],
                        parse_dates=[0], index_col=None)
    df["eto"] = df.apply(calculate_eto, axis=1)
    path = csv_file.split('\\')
    df.to_csv("data/eto"+path[1], index=False,
            columns=["date", "longitude", "latitude", "altitude", "temp_min", "temp_max",
                    "wind_speed", "humidity_mean", "solar_radiation", "eto"])
    count += 1
print("Processed ", count, "files")
```

Якуний маълумотлар базасида, юқоридаги иқлим кўрсаткичкларидан ташқари, “ето” устуни қўшилди. Куйида янги маълумотнинг биринчи 5 қаторидан кўчирма:

Out[179]:

	date	longitude	latitude	altitude	temp_max	temp_min	wind_speed	humidity_mean	solar_radiation	eto
0	1979-01-01	64.375	37.311298	263	17.353	8.399	3.303726	0.503025	9.721242	2.54
1	1979-01-02	64.375	37.311298	263	17.149	8.650	3.160064	0.503016	9.331872	2.47
2	1979-01-03	64.375	37.311298	263	18.110	8.583	3.171808	0.465327	9.766629	2.67
3	1979-01-04	64.375	37.311298	263	19.278	9.860	3.767108	0.419957	9.840988	3.32
4	1979-01-05	64.375	37.311298	263	18.654	9.995	4.415612	0.382099	10.184175	3.77

Янги маълумотлар Excel дастурига ўтказилди; Power Pivot кўмакчи дастуридан фойдаланиб маълумотлар таҳлил қилинди.

## МАЪЛУМОТЛАРНИ ТАҲЛИЛ ҚИЛИШ ЖАРАЁНИ

Маълумотларда қўшни мамлакатлардаги иқлим маълумотлари ҳам бор экан. Уларни гео координацияларидан фойдаланган ҳолда белгилаб чиқдик, ва ҳисоботларга қўйишлиб қолмаслигини таъминладик. Аммо маълумотлар жадвалларнинг асл нусхасида сақланиб қолинди.

Маълумотлар йиғилган нуқталар денгиз сатҳидан 7 метердан тортиб токи 3 000 метргача бўлган масканларни ўз ичида олган эди. Аммо биз 1 500 метрдан пастда бўлган нуқталардаги маълумотлар билан чекландик. Бу қарорнинг ортида ётган сабаб шунда эдики, бундан баланд нуқтларда суғориловчи экинлар йўқлиги, ва у манзиллардаги иқлим шароитлари паст иқлимлардан тубдан фарқ қилиб, жами ҳисоботда хатолик яратиши мумкунлигидан хавотир бўлдик.

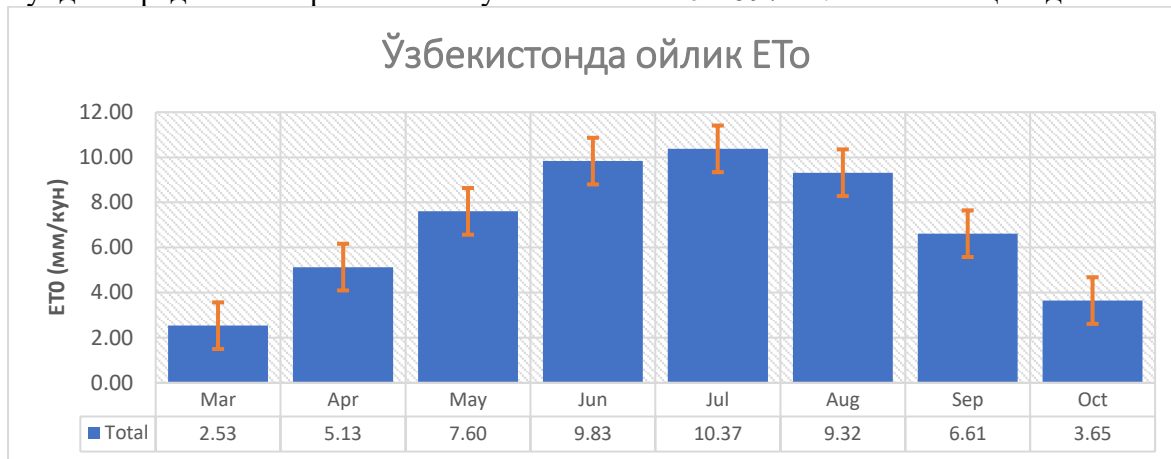
## МАНБАЪЛАРДАН НУСХА КЎЧИРИШ

Ушбу тадқиқотда ишлатилган барча маълумотлар, шу жумладан яратилган дасутрни ҳам, <https://github.com/sherzodr/agriclimuz> саҳифасидан кўчириб олишингиз мумкун. README файлида барча файл ва директорияларнинг таркибига изоҳ берилган.

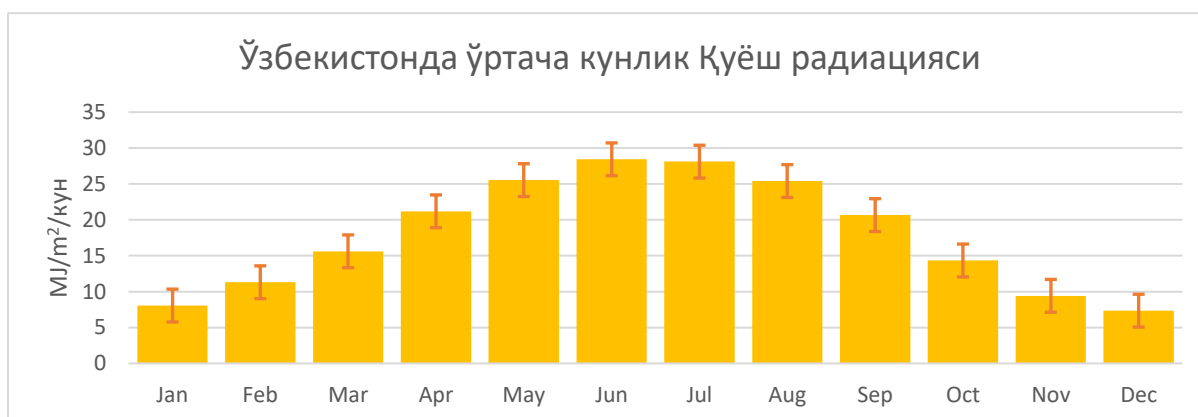
Яратилган дастур ишлаши учун қўшимча тазрда **penmon** ва **pandas** кутубхоналарини ўнатишингиз талаб қилинади.

## ҲИСОБОТЛАР

Бутун Ўзбекистон кесимида Ўртача максимал ЕТо кўрсаткичи Июль ойида кузатилади. Бунда Мартдан Октябр ойигача бўлган жами ЕТо 1 597мм.ни ташкил қилади.



Куёш радиацияси Июнь ва Июль ойларидаги миқдори деярли бир хил (853 ва 871 МД/м<sup>2</sup>/кун, тегишли равишда):



Аммо Июль ойида одатда шамол миқдори бошқа ойларникидан юқори бўлганлиги сабабли айнан Июль ойида экинларнинг сув талабининг ошишини кузатамиз:



## Ўзбекистонда эталон эвапотранспирация (ЕТо)

### Ойлик ЕТо вилоятлар кесимида

	Мар	Апр	Май	Июн	Июл	Авг	Сен	Окт
Бухоро	2.95	5.82	8.49	11.00	11.76	10.65	7.53	4.10
Жиззах	2.09	3.99	6.12	8.08	8.55	7.71	5.49	3.01
Наманган	1.98	3.75	5.50	7.40	8.08	7.37	5.43	3.01
Навоий	2.45	5.39	8.11	10.43	10.92	9.83	6.86	3.61
Қашқадарё	2.64	4.83	7.37	9.96	10.97	9.74	6.78	3.87
Қорақолпоғистон Р.	2.57	5.67	8.16	10.15	10.44	9.30	6.65	3.65
Самарқанд	2.46	4.62	7.11	9.65	10.57	9.51	6.74	3.74
Сирдарё	2.42	4.33	6.39	8.17	8.32	7.40	5.40	3.11
Сурхондарё	3.03	5.16	7.10	8.79	8.97	7.98	6.11	4.11
Тошкент	2.09	3.73	5.61	7.65	8.19	7.41	5.45	3.07
Хоразм	2.81	5.71	7.91	9.70	9.95	8.88	6.46	3.66

### Ярим ойлик ЕТо вилоятлар кесимида

	Кунлар сони	Бух	Жиз	Нам	Нав	Қаш
Март (1-15)	15	2.41	1.73	1.66	1.92	2.25
Март (16-31)	16	3.46	2.43	2.29	2.95	3.00
Апрель (1-15)	15	5.06	3.41	3.18	4.58	4.15
Апрель (16-30)	15	6.58	4.57	4.31	6.21	5.50
Май (1-15)	15	7.96	5.63	5.07	7.62	6.81
Май (16-31)	16	8.98	6.58	5.91	8.57	7.89
Июнь (1-15)	15	10.40	7.68	6.96	9.91	9.30
Июнь (16-30)	15	11.60	8.48	7.84	10.96	10.61
Июль (1-15)	15	11.72	8.63	8.13	10.90	11.06
Июль (16-31)	16	11.80	8.48	8.03	10.95	10.88
Август (1-15)	15	9.99	7.29	7.01	9.20	9.13
Август (16-31)	16	11.35	8.17	7.75	10.51	10.38
Сентябрь (1-15)	15	8.54	6.19	6.09	7.84	7.68
Сентябрь (16-15)	15	6.50	4.78	4.78	5.88	5.88
Октябрь (1-15)	15	3.49	2.52	2.54	3.04	3.36
Октябрь (16-31)	16	4.75	3.53	3.51	4.22	4.41



Ярим ойлик ET<sub>0</sub> вилоятлар кесимида (давоми)

	Кунлар сони	Қар. Р	Сам	Сир	Сурх	Тош	Хор
Март (1-15)	15	2.00	2.06	2.05	2.65	1.78	2.24
Март (16-31)	16	3.10	2.84	2.77	3.39	2.38	3.34
Апрель (1-15)	15	4.84	3.98	3.74	4.57	3.20	4.97
Апрель (16-30)	15	6.50	5.27	4.91	5.74	4.26	6.45
Май (1-15)	15	7.76	6.54	5.90	6.61	5.15	7.55
Май (16-31)	16	8.53	7.64	6.86	7.56	6.04	8.26
Июнь (1-15)	15	9.78	9.04	7.87	8.51	7.21	9.40
Июнь (16-30)	15	10.52	10.25	8.47	9.07	8.08	10.00
Июль (1-15)	15	10.43	10.61	8.45	9.17	8.30	9.95
Июль (16-31)	16	10.45	10.53	8.20	8.79	8.08	9.94
Август (1-15)	15	8.81	8.94	7.04	7.59	7.03	8.42
Август (16-31)	16	9.82	10.11	7.77	8.40	7.81	9.37
Сентябрь (1-15)	15	7.55	7.63	6.03	6.65	6.10	7.28
Сентябрь (16-15)	15	5.75	5.84	4.76	5.56	4.80	5.63
Октябрь (1-15)	15	3.08	3.21	2.68	3.70	2.67	3.13
Октябрь (16-31)	16	4.26	4.32	3.57	4.55	3.50	4.23