

# Ўзбекистонда эталон эвапотранспирация ( $ET_o$ )

*ФАОнинг «56-Суғориш ва Дренаж» бюллетенини тадбиқ қилган ҳолда*

Нашр лойиҳаси №2

7-октябрь, 2020 й.

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

Шерзод Б. Рузметов  
@sherzod\_ruzmetov

## 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 Р. гидромет. хизмати маркази” архив маълумотлари асосида тасдиқланиши мақсадга мувофиқ бўларди. Ҳисоботлардаги ўрчата, максимал, ва минимал атамалари арифметик усул билан ҳисобланган. Уларни статистик усуллар билан ҳисоблаш ва тасдиқлаш (хусусан, *аномалияларни аниқлаш алгоритми орқали*) таҳлил сифатини янада оширар эди. Бунда қайддаги хатоликлар ажратиб олиниш имкони пайдо бўлади.

## МУНДАРИЖА

1. Ушбу нашр ҳақида
2. Эвапотранспирация нима?
3. Иқлим маълумотларини йиғиш
4. ЕТо ни ҳисоблаш жараёнига батафсил назар
5. Маълумотларни таҳлил қилиш жараёни
6. Манбаълардан нусха кўчириш
7. Таҳлилдаги ҳал қилиш талаб қилинувчи камчиликлар
8. Ҳисоботлар



### УШБУ НАШР ҲАҚИДА

Лойиханинг ушбу, 2-нашрида, биринчи нашрда йўл қўйилган айрим хатолар тўғирланди. Хусусан:

- Фақат экин майдонлари жойлашган манзилларгина таҳлил қилинди. Олдинги нашрдаги ҳисобот чўл зоналарини ҳам ичига олган эди;
- Обҳаво маълумотларида 10 метр баландликдаги шамол тезлиги қайд қилинган экан. Уни Пенман-Монтит тенгламасига қўйишдан олдин 2 метр баландликдаги шамолга ўгиришда хатолик кетган экан. Ушбу нашрда бу хато тўғирланди;
- Шунингдек бу нашрда вилоятлардаги маълумот йиғилган пунктлар ҳам айтиб ўтилди;

Юқоридаги камчиликлар тўғирлангач эталон эвапотранспирация сезиларли равишда камайди.

## 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 қонуниятлари:

мм	$m^3 / га$	$MJ / m^2 / кун$
1мм	$10m^3 / га$	$2.45 MJ / m^2 / кун$

Бу мавзунини тўлақонли таҳлиқ 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

ЕТо ни 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 университетининг “Global Weather Data” проекти орқали олишимиз осонроқ кечди (<https://globalweather.tamu.edu/>). Бу маълумотлар 1979 йил бошидан 2014 йилнинг Август ойигача бўлган иқлимни акс этиб, биз талаб қилган барча маълумотларни тақдим қилди. Нукталарни танлашда Google Earth дастури орқали фақатгина экин майдонларини танлашга ҳаракат қилдик; чўл зоналаридаги куруқ ҳаво ўртача кўрсаткичларни ошириб кўрсатишига йўл қўймасликка ҳаракат қилдик. Файллар формати: .csv

## ЕТо НИ ҲИСОБЛАШ ЖАРАЁНИГА БАТАФСИЛ НАЗАР

UN-FAOнинг 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 эришнинг имкони йўқ. Пенман-Монтит тенгласи эса барча иқлим шароитларда қўшимча хатти ҳаракат талаб қилмасдан жуда аниқ натижа бериши тасдиқланган.



*Ушбу тенлама натижаларини ўзимизнинг Хоразм вилоятида ўрнатилган об-ҳаво станциямизнинг ЕТо кўрсаткичлари билан солиштирганимизда қониқарли натижага эришганмиз. Ушбу жараённинг видео тақдими [youtube.com](https://youtu.be/3c6CI07YF9E) саҳифасида чоп қилинди:*

Бюллетендан фойдаланиб тенламанинг алгоритми Python тилида яратилди; натижада **penmon.eto** модули дунёга келди. Ушбу модулни <https://github.com/sherzodr/penmon> саҳифасидан кўчириб олишингиз мумкин.

**pandas** ва **penmon.eto** модулларидан фойдаланилган ҳолда маълумотларнинг ЕТо рақамлари ҳисоблаб чиқилди. Якуний жадвал қуйидаги шаклга эга бўлди:

Out[2]:

	date	longitude	latitude	altitude	temp_max	temp_min	precip	wind_speed	humidity_mean	solar_radiation	NaN	eto
0	1979-01-01	66.875	37.6236	401	16.438	6.655	0.0	3.280757	0.389999	10.437468	NaN	1.97
1	1979-01-02	66.875	37.6236	401	15.260	7.025	0.0	4.589078	0.330150	10.298419	NaN	2.45
2	1979-01-03	66.875	37.6236	401	15.336	6.856	0.0	5.436256	0.361547	10.459294	NaN	2.66
3	1979-01-04	66.875	37.6236	401	14.454	7.882	0.0	6.653929	0.374802	10.508286	NaN	2.95
4	1979-01-05	66.875	37.6236	401	16.820	7.656	0.0	5.522275	0.278040	10.887414	NaN	3.13

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 қўйиб қолмаслигини таъминладик. Аммо маълумотлар жадвалларнинг асл нусхасида сақланиб қолинди.

Маълумотлар йиғилган нуқталар денгиз сатҳидан 7 метрдан 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 нуқталарда суғориловчи экинлар йўқлиги, ва у манзиллардаги иқлим шароитлари паст иқлимлардан тубдан фарқ қилиб, жами ҳисоботда хатолик яратиши мумкунлигидан хавотир бўлдик.

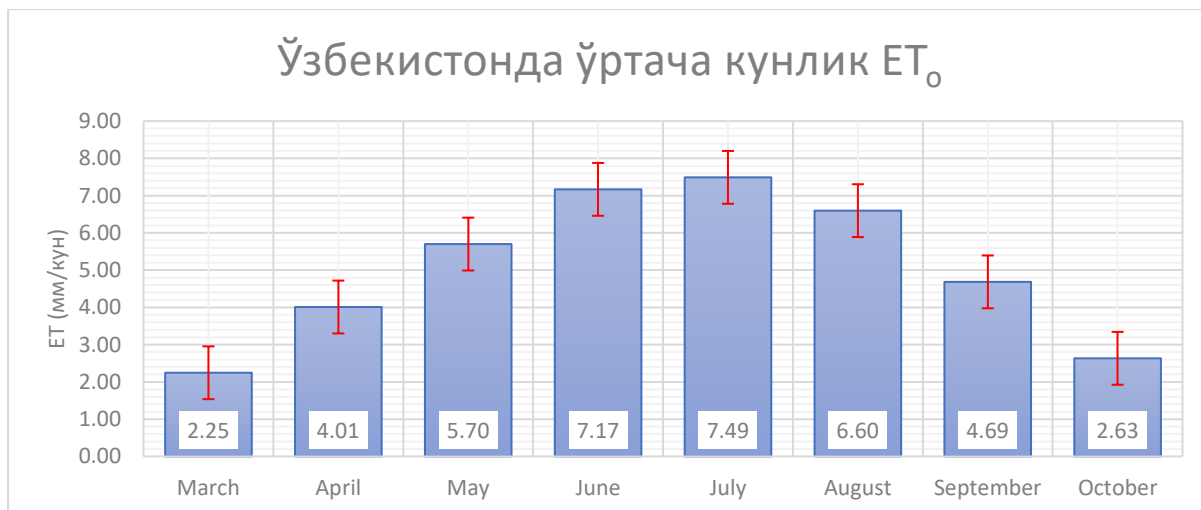
## МАНБАЪЛАРДАН НУСХА КЎЧИРИШ

Ушбу тадқиқотда ишлатилган барча маълумотлар, шу жумладан яратилган дастурни ҳам, <https://github.com/sherzodr/agriclimuz> саҳифасидан кўчириб олишингиз мумкун.

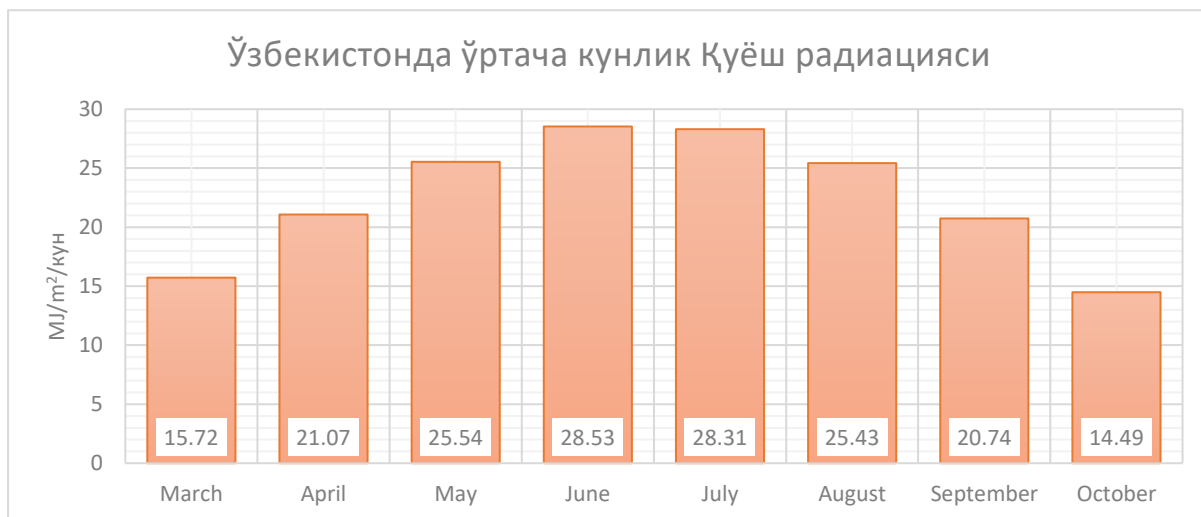
README файлида барча файл ва директорияларнинг таркибига изоҳ берилган. Яратилган дастур ишлаши учун қўшимча тазрда *penmon* ва *pandas* кутубхоналарини ўнатишингиз талаб қилинади.

## ҲИСОБОТЛАР

Бутун Ўзбекистон кесимида ўртача максимал ЕТо кўрсаткичи Июль ойида кузатилади. Бунда Мартдан Октябр ойигача бўлган жами ЕТо 1 240мм.ни ташкил қилади:

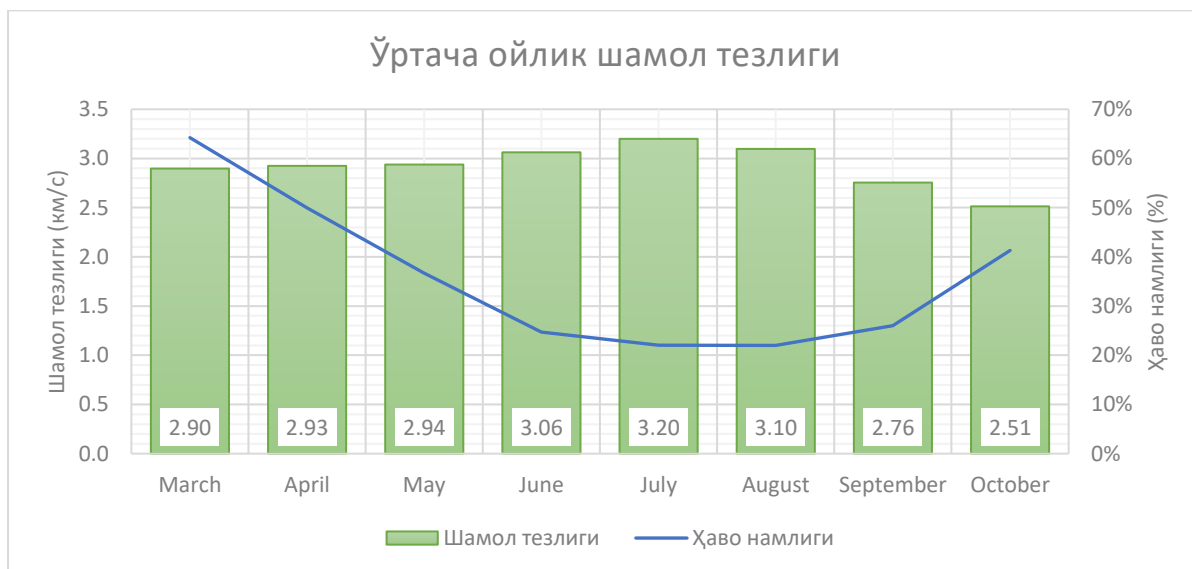


Қуёш радиацияси энг юқори ойлар Июнь ва Июль ойларидир. Бунда жами ойлик радиация миқдори тегишл равишда 855 ва 870 MJ/m<sup>2</sup>/кун ни ташкил қилади:





Июль ойида одатда шамол миқдори бошқа ойларникидан юқори бўлганлиги сабабли айнан Июль ойида экинларнинг сув талабининг ошишини кузатамиз. Шамол эса ҳаводаги нисбий намликни камийишига сабаб бўлади.



Ёғингарчиликнинг асосий қисми қиш ва куз фаслларида тўғри келади. Ойига 10мм.дан кам ёган ёғин ўсимликнинг сув талабини қондирмайди. Шу сабабли суғориш тизимларини режалаштирганда ёғингарчиликни ҳисобга олмасак ҳам бўлади.



## Ойлик ЕТо вилоятлар кесимида

	Мар	Апр	Май	Июн	Июл	Авг	Сен	Окт
<b>Андижон</b>	2.04	3.56	5.08	6.49	6.83	5.94	4.08	2.17
<b>Бухоро</b>	2.77	5.05	7.10	8.88	9.37	8.37	5.97	3.37
<b>Фарғона</b>	2.26	3.95	5.52	6.86	7.12	6.19	4.31	2.33
<b>Жиззах</b>	2.00	3.66	5.38	6.71	6.82	5.95	4.22	2.35
<b>Наманган</b>	1.82	3.34	4.78	6.14	6.53	5.82	4.12	2.19
<b>Навоий</b>	2.67	4.94	7.12	9.17	9.88	8.83	6.15	3.28
<b>Қашқадарё</b>	2.36	4.19	6.09	7.81	8.48	7.39	5.08	2.92
<b>Самарқанд</b>	2.20	3.90	5.64	7.20	7.63	6.78	4.88	2.77
<b>Сирдарё</b>	2.01	3.66	5.29	6.51	6.65	5.88	4.23	2.32
<b>Сурхондарё</b>	2.84	4.70	6.22	7.33	7.27	6.35	4.84	3.28
<b>Тошкент</b>	2.07	3.61	5.27	6.79	7.01	6.17	4.44	2.52
<b>Хоразм</b>	2.43	4.73	6.44	7.75	7.85	6.90	4.97	2.81

## Ярим ойлик ЕТо вилоятлар кесимида

	Анд	Бух	Фар	Жиз	Нам	Нав	Қаш	Сам	Сир	Сур	Тош	Хор
<b>Март</b>												
1-15	1.70	2.31	1.89	1.66	1.53	2.22	2.01	1.84	1.67	2.49	1.76	1.96
16-31	2.35	3.19	2.61	2.32	2.10	3.09	2.69	2.54	2.33	3.17	2.37	2.87
<b>Апрель</b>												
1-15	3.09	4.47	3.47	3.19	2.88	4.34	3.66	3.43	3.18	4.20	3.14	4.16
16-30	4.01	5.64	4.43	4.13	3.80	5.54	4.72	4.37	4.13	5.19	4.08	5.30
<b>Май</b>												
1-15	4.73	6.68	5.18	4.99	4.45	6.66	5.72	5.27	4.94	5.87	4.89	6.14
16-31	5.41	7.49	5.84	5.74	5.09	7.54	6.44	5.99	5.61	6.55	5.63	6.72
<b>Июнь</b>												
1-15	6.22	8.47	6.63	6.50	5.86	8.65	7.38	6.87	6.33	7.18	6.49	7.54
16-30	6.77	9.29	7.10	6.92	6.41	9.69	8.25	7.53	6.69	7.48	7.08	7.95
<b>Июль</b>												
1-15	6.94	9.39	7.26	6.94	6.61	9.88	8.58	7.69	6.74	7.46	7.15	7.90
16-31	6.73	9.34	6.98	6.71	6.46	9.87	8.39	7.57	6.56	7.09	6.89	7.82
<b>Август</b>												
1-15	6.33	8.92	6.60	6.33	6.18	9.44	7.91	7.22	6.22	6.69	6.54	7.30
16-31	5.57	7.84	5.80	5.60	5.48	8.27	6.90	6.37	5.57	6.03	5.83	6.52
<b>Сентябрь</b>												
1-15	4.62	6.72	4.85	4.74	4.64	7.01	5.74	5.48	4.76	5.26	4.97	5.59
16-30	3.54	5.23	3.77	3.70	3.59	5.30	4.42	4.27	3.71	4.42	3.91	4.35
<b>Октябрь</b>												
1-15	2.58	3.88	2.76	2.78	2.59	3.82	3.33	3.20	2.73	3.62	2.88	3.26
16-31	1.79	2.89	1.92	1.95	1.82	2.77	2.53	2.37	1.93	2.96	2.17	2.39