

3. Гігієнічна оцінка якості питної води і методів її поліпшення. URL: [http://www.medcollege.te.ua/sayt1/Practics/Practics\\_osnovi/5Voda.htm](http://www.medcollege.te.ua/sayt1/Practics/Practics_osnovi/5Voda.htm) (дата звернення 07.05.21)

4. Аналіз актуальних чинників погіршення якості питного водопостачання в контексті національної безпеки України". Аналітична записка. URL: <https://niss.gov.ua/doslidzhennya/nacionalna-bezpeka/analiz-aktualnikh-chinnikiv-pogirshennya-yakosti-pitnogo> (дата звернення 07.05.21)

5. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні URL: <https://www.minregion.gov.ua/napryamki-diyalnosti/zhkh/teplo-vodopostachannya-ta-vodovidvedennya/natsionalna-dopovid/> (дата звернення 07.05.21)

УДК 631.67

*кандидат сільськогосподарських наук Доценко В.І.  
кафедра водогосподарської інженерії  
факультет водогосподарської інженерії та екології  
Дніпровський державний аграрно-економічний університет  
здобувач вищої освіти групи групи ГМ-17 Капуста М.  
Дніпровський державний аграрно-економічний університет*

## **РОЗРАХУНОК РЕЖИМУ ЗРОШЕННЯ КУКУРУДЗИ МЕТОДОМ ФАО В УМОВАХ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

Метод ФАО на сьогодні має найкраще теоретичне обґрунтування і найчастіше застосовується в більшості країн світу. Розрахунок водоспоживання пропонують проводити в два етапи.

На першому визначають потенційну евапотранспірацію еталонної культури  $E_0$ . За еталонну поверхню приймається гіпотетична трав'яниста поверхня з висотою трави 0,12 м, опором поверхні 70 с/м і альбедо 0,23. Еталонна поверхня близька до поверхні, яка покрита зеленою, добре зволоженою травою однакової висоти, що активно росте і повністю затіняє землю. Фіксований опір поверхні 70 с/м передбачає помірно суху поверхню ґрунту внаслідок рідких поливів [1].  $E_0$  може бути розрахована за метеоданими. В результаті експертної консультації 1990 р. метод *Пенмана-Монтейта* був рекомендований як єдиний для визначання і розрахунку  $E_0$ . Цей метод потребує наявності даних по радіації, температурі і вологості повітря та швидкості вітру [2].

На другому етапі ведеться розрахунок різних культур вводячи коефіцієнти, які характерні для конкретної культури і фази її розвитку.

Нами був розроблений алгоритм розрахунку режиму зрошення різних сільськогосподарських культур в середовищі Microsoft Excel методом ФАО.

Евапотранспірацію еталонної культури розраховують комбінованим рівнянням Пенмана-Монтейта, яке має такий вигляд [3]:

$$E_0 = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)}, \quad (1)$$

де  $E_0$  – еталонна евапотранспірація, мм/добу;

$R_n$  – чиста радіація на поверхні рослин, МДж/(м<sup>2</sup>·добу);

$G$  – щільність теплового потоку ґрунту, МДж/(м<sup>2</sup>·добу);

$T$  – середньодобова температура повітря на висоті 2 м, °С;

$u_2$  – швидкість вітру на висоті 2 м, м/с;

$e_s$  – тиск пари насичення в повітрі, кПа;

$e_a$  – фактичний тиск пари в повітрі, кПа;

$(e_s - e_a)$  – дефіцит тиску пари насичення повітря, кПа;

$\Delta$  – уклон кривої тиску пари, кПа/°С;

$\gamma$  – психрометрична постійна, кПа/°С.

Всі інші показники розраховуються за формулами і зведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Результати розрахунку режиму зрошення кукурудзи методом ФАО за даними метеостанції Дніпро за 2020 р.

№ з/п	Показник	Вегетаційний період													
		Травень			Червень			Липень			Серпень			Верес.	
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	
1	$P$ , мм	15	11	53	18	27	4	0	17	13	0,1	0,9	11	0,4	
2	$T$ , °С	14,6	13,7	13,3	19,1	22,6	23,4	25,4	21,7	23,4	23,1	21,3	21,8	23,1	
3	$T_{\max}$ , °С	20,9	19,9	19,1	26,0	29,5	29,7	32,9	28,8	30,5	30,7	29,6	29,0	31,0	
4	$T_{\min}$ , °С	9,3	7,7	8,7	12,9	17,8	17,4	18,4	15,5	17,3	16,5	14,5	15,1	16,3	
5	$d$ , кПа	0,7	0,7	0,5	1,0	1,0	1,2	1,8	1,3	1,6	1,6	1,4	1,4	1,9	
6	$n$ , год.	70	78	70	110	90	120	122	110	108	121	110	118	80	
7	$J$ , день	125	135	145	156	166	176	186	196	206	217	227	237	248	
8	$\delta$ , рад.	0,28	0,33	0,37	0,39	0,41	0,41	0,40	0,37	0,34	0,29	0,24	0,18	0,11	
9	$\omega$ , рад.	1,82	1,87	1,91	1,95	1,96	1,96	1,95	1,92	1,89	1,83	1,78	1,73	1,66	
10	$N$ , год.	139	143	146	149	150	150	149	147	144	140	136	132	127	
11	$n/N$	0,50	0,55	0,48	0,74	0,60	0,80	0,82	0,75	0,75	0,86	0,81	0,90	0,63	
12	$d_r$ , рад.	0,98	0,98	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,98	0,98	0,99	
13	$R_a$ , МДж/м <sup>2</sup> /добу	74,8	75,7	76,5	77,0	77,3	77,2	76,9	76,3	75,4	74,3	73,2	72,0	70,6	
14	$R_s$	37,5	39,6	37,4	47,8	42,5	50,2	50,7	47,6	47,2	50,7	47,9	50,2	39,9	
15	$R_{ns}$	28,9	30,5	28,8	36,8	32,7	38,7	39,0	36,7	36,3	39,0	36,9	38,7	30,7	
16	$(T_{\max}^4 + T_{\min}^4)/2$	33,9	33,3	33,4	36,1	38,1	38,1	39,2	37,4	38,3	38,2	37,4	37,4	38,2	
17	$e_0(T)$	1,66	1,57	1,53	2,21	2,74	2,88	3,24	2,60	2,88	2,83	2,53	2,61	2,83	
18	$e_a$	0,96	0,87	1,03	1,21	1,74	1,68	1,44	1,30	1,28	1,23	1,13	1,21	0,93	
19	$(0,34 - 0,14\sqrt{e_a})$	0,20	0,21	0,20	0,19	0,16	0,16	0,17	0,18	0,18	0,18	0,19	0,19	0,21	
20	$R_{so}$	56,2	56,9	57,5	57,9	58,1	58,1	57,8	57,4	56,7	55,9	55,1	54,2	53,1	
21	$1,35 - R_s/R_{so} - 0,35$	0,55	0,59	0,53	0,76	0,64	0,82	0,83	0,77	0,77	0,87	0,82	0,90	0,66	
22	$R_{nl}$	3,78	4,11	3,49	5,11	3,78	4,94	5,62	5,21	5,37	6,17	5,88	6,27	5,21	
23	$R_n$	25,1	26,4	25,3	31,7	29,0	33,7	33,4	31,5	30,9	32,9	31,0	32,4	25,5	
24	$\Delta$ , кПа/°С	0,11	0,10	0,10	0,14	0,17	0,17	0,19	0,16	0,17	0,17	0,16	0,16	0,17	
25	$E_0$ , мм/добу	5,54	5,67	5,26	7,78	7,65	9,04	9,58	8,31	8,58	9,02	8,20	8,61	7,39	
26	$K_c$	0,30	0,30	0,30	0,38	0,80	1,20	1,20	1,20	1,20	0,98	0,72	0,44	0,30	
27	$E$ , мм/декаду	16,6	17,0	15,8	29,6	61,2	108	115	100	103	88	59,1	37,9	22,2	
28	$D$ , мм	1,6	6,0	-37,2	11,6	34,2	104,5	115,0	82,7	90,0	88,3	58,2	26,9	21,8	
29	$W$ , мм	39,0	37,4	31,4	68,6	57,0	22,8	38,4	3,4	0,7	30,7	22,4	4,2	7,3	-14
30	$m$ , мм							120	80	80	120	80	40	30	
31	Дата поливу							22.06 26.06 30.06	3.07 7.07 10.07	15.07 20.07	25.07 29.07	4.08 8.08	14.08	12.08	

Рівняння використовує стандартні кліматичні величини сонячної радіації, температури та вологості повітря і швидкості вітру. Для підвищення сумісності даних,

вимірювання величин повинні здійснюватись на висоті 2 м (або перераховані для цієї висоти) над поверхнею зеленої трави, яка затіняє поверхню і добре зволожена.

Як приклад для розрахунку прийняті метеорологічні величини метеостанції Дніпро за 2020 рік. Вихідними даними прийняті декадні: атмосферні опади ( $P$ , мм), середня декадна температура повітря ( $T$ , °C), максимальна ( $T_{max}$ , °C) і мінімальна ( $T_{min}$ , °C) температура повітря, дефіцит вологості повітря ( $d$ , мб), тривалість сонячного сяяння за декаду (год.) і порядковий номер середньої дати декади ( $J$ ). Немаловажним показником для розрахунку евапотранспірації є географічна широта ділянки досліджень: для м. Дніпро –  $48^{\circ}28'00''$  пн. ш., або  $48,47^{\circ}$ , або  $\varphi = \frac{\pi}{180} 48,47 = 0,846$  рад.

2. При розрахунках сумарного водоспоживання конкретної сільськогосподарської культури визначають коефіцієнт  $K_C$  цієї культури, який змінюється з часом. Умовно період вегетації розбивається на 4 періоди і характеризується трьома коефіцієнтами  $K_{C,ini} = 0,3$ ,  $K_{C,mid} = 1,20$ ,  $K_{C,end} = 0,35$ .

Розрахунок евапотранспірації по декадах для кукурудзи визначають як добуток  $E = E_0 \cdot K_C$ . Значення коефіцієнта  $K_C$  для кожної декади приймають з графіка рис. 9.3.

3. При глибокому заляганні рівня ґрунтових вод дефіцит водоспоживання ( $D$ , мм) залежить від евапотранспірації і атмосферних опадів

$$D = E - P. \quad (2)$$

Запаси легкодоступної ґрунтової вологи розраховують балансовим способом від декади до декади

$$W_i = W_{i-1} - D, \quad (3)$$

де  $W_i$  і  $W_{i-1}$  – запаси вологи в ґрунті відповідно на кінець і початок декади, мм.

Для початку розрахунку (початок першої декади) запаси легкодоступної вологи розраховують за формулою

$$W_0 = 10 \cdot \gamma \cdot h (\beta_{\phi} - \beta_{\min}), \quad (4)$$

де  $\gamma$  – щільність активного кореневмісного шару ґрунту. В даному випадку прийнята середня для чорноземів звичайних важкосуглинкових  $1,3 \text{ г/см}^3$ ;

$h$  – глибина активного кореневмісного шару ґрунту. В даному випадку для кукурудзи  $h=0,8$  м

$\beta_{\phi}$  – фактична вологість ґрунту на початок вегетації. Для кукурудзи, як пізньої ярої культури  $\beta_{\phi}$  прийняте значення  $0,9\beta_{\text{НВ}}$ ;

$\beta_{\min}$  – передполивна вологість ґрунту. Для початкового періоду вегетації  $\beta_{\min} = 0,75\beta_{\text{НВ}}$ ;

$\beta_{\text{НВ}}$  – вологість ґрунту при НВ, для чорноземів звичайних важкосуглинкових в середньому вона складає 25 %.

В даному випадку  $W_0 = 10 \cdot 1,3 \cdot 0,8 \cdot (22,5 - 18,75) = 39$  мм.

В разі вичерпання легкодоступних запасів вологи  $W_i < 0$ , необхідно здійснити полив поливною нормою  $m$ , в даному випадку поливна норма прийнята 40 мм.

Дату поливу визначають виходячи і запасів легкодоступної вологи на початок декади і дефіциту водоспоживання за цю декаду.

Аналіз отриманих результатів показав значно завищені значення дефіцитів водоспоживання і як наслідок зрошувальної норми.

Порівнюючи евапотранспірації еталонної культури з випаровуваністю розраховану за формулою М.М. Іванова або графіками М.І. Будико при одних і тих же погодних умовах, її значення приблизно в 1,5 рази більше, тому методика визначення евапотранспірації еталонної культури в подальшому потребує додаткових досліджень і адаптації для умов України. Коефіцієнти культури за фазами їх розвитку за абсолютними значеннями приблизно однакові наведені в методах розрахунку сумарного водоспоживання удосконаленим методом В.П. Остапчика і комплексним (тепловоднобалансовим) методом С.І. Харченка.

Метод розрахунку режиму зрошення ФАО краще застосовувати при розрахунку оперативного режиму зрошення де обчислення ведуться за добові періоди (інші методи дають велику похибку за такі короткі періоди).

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Allen, R.G. Evaluation of a temperature difference method for computing grass reference evapotranspiration. Report submitted to UN-FAO Water Resources Development and Management Service, Land and Water Dev. / R. G. Allen. – Div., Rome, 1992. – 50 p.
2. Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements – FAO Irrigation and drainage paper 56 / Richard G. Allen, Luis S. Pereira, Dirk Raes, Martin Smith (електронний ресурс) <http://www.fao.org/3/X0490E/x0490e00.htm#Contents>
3. Penman-Monteith, FAO-24 reference crop evapotranspiration and class-A pan data in Australia / F. H. S. Chiew, N. N. Kamadalasa, H. M. Malano, T. A. McMahon // Agric. Water Management. – 1995. – Vol. 28. – P. 9–21.

УДК 631.672.3

**доктор геол. наук Орлінська О.В.**

*кафедра цивільної інженерії, технологій будівництва і захисту довкілля  
факультет водогосподарської інженерії та екології  
Дніпровський державний аграрно-економічний університет*

**канд. техн. наук Чушкіна І.В.**

*кафедра цивільної інженерії, технологій будівництва і захисту довкілля  
факультет водогосподарської інженерії та екології  
Дніпровський державний аграрно-економічний університет*

**здобувачка вищої освіти Шинкаренко А.**

*спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія», магістр  
Дніпровський державний аграрно-економічний університет*

#### **ВИЗНАЧЕННЯ ДІЛЯНОК ФІЛЬТРАЦІЇ ВОДИ МАГІСТРАЛЬНОГО КАНАЛУ МК-1 ВИЩЕТАРАСІВСЬКОЇ ЗРОШУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ**

**Актуальність.** Тривала експлуатація магістральних каналів зрошувальних систем та відсутність належного догляду, призвели до погіршення їх показників технічного стану, що насамперед, проявляється в значних втратах води на фільтрацію. На сучасному рівні експлуатації ці втрати можуть перевищувати 35% і більше, а світовий та вітчизняний досвід свідчить, що фільтраційний потік впливає на міцність та стійкість ґрунтів таких споруд і призводить до аварій у понад 30% випадків. Оскільки одночасно відремонтувати ці споруди неможливо, виникає необхідність у виявленні та локалізації ділянок найбільш інтенсивних втрат води. Порушення наземної частини споруд, як правило, має наочні прояви деформації протифільтраційного покриття або суфозії. Разом з тим, значна частина споруд може втратити фільтраційну міцність та стійкість ґрунтового насипу або знаходитись на початкових стадіях формування таких ділянок і не мати зовнішніх ознак прояву цих процесів. Складнішим, також, є виявлення підземних шляхів фільтрації та конструктивних порушень елементів споруд. Таким чином, питання комплексної оцінки прихованих зон фільтрації на початкових стадіях, локалізація та їх своєчасне усунення є актуальною задачею. Для ремонту водогосподарських мереж, магістральних каналів зрошувальних систем необхідне застосування недорогих ефективних методів з встановлення їх технічного стану. Такими є відомі і раніше нами вже застосовувалися, геофізичні методи, які дозволяють виділяти зони фільтрації, обводнення, порушень захисних екранів в магістральних каналах зрошувальних систем.