

УДК 631.67; 631.445: 631.95

## НОРМУВАННЯ ВОДОПОТРЕБИ У ЗРОШЕННІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР З УРАХУВАННЯМ СУЧАСНИХ УМОВ ВОДОЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ

О.І. ЖОВТОНОГ, докт. с.-г. наук,  
Л.А. ФІЛІПЕНКО, канд. геогр. наук,  
Т.Ф. ДЕМЕНКОВА,  
А.О. АМАРІ,  
Я.О. БУЛЬБА,  
Н.О. ДІДЕНКО,  
А.Ф. САЛЮК

ІНСТИТУТ ВОДНИХ ПРОБЛЕМ І МЕЛІОРАЦІЇ НААН

*На основі обробки дослідних даних та аналітичних досліджень багаторічних рядів метеорологічних спостережень переглянуто норми водопотреби сільськогосподарських культур у зрошенні з урахуванням потепління клімату та сучасних умов водоземлекористування. Оцінено розподіл норм водопотреби помісячно за вегетаційний період та виконано їхнє районування за територіальним розподілом коефіцієнта природного зволоження.*

*Ключові слова:* норми водопотреби с.-г. культур, коефіцієнт природного зволоження, районування, зміна клімату

**Вступ.** В умовах загострення дефіциту водних ресурсів в Україні зростає актуальність питань з нормування водопотреби у зрошуваному землеробстві на основі ресурсозбереження. Нормування водопотреби сільськогосподарських культур у зрошенні здійснюють на основі районування території за коефіцієнтом природного зволоження, що змінюється відповідно до кліматичних умов, а також водобалансових розрахунків дефіциту водоспоживання для різних сільськогосподарських культур. Норма водопотреби у зрошенні – це розрахунковий об'єм води потрібної якості, яку необхідно подати за зрошувальний сезон на меліорацію (зрошення, експлуатаційні промивки) одного гектара площі з метою забезпечення заданого рівня врожайності у певних природних і техніко-економічних умовах [ 1 ].

Норми водопотреби можна класифікувати за різними ознаками: забезпеченістю вологості року, урахуванням витрат, періодом дії, технологій поливу, ступенем укрупнення, критерієм оптимальності тощо.

Залежно від зміни природних умов та поточного економічного стану норми водопотреби періодично перераховують як у бік зростання (біологічно оптимальні для сільськогосподарських культур), так і обмеження (водозберігаючі режими зрошення). У статті розглянуто біологічно оптимальні зрошувальні норми нетто при поливі дощуванням для умов сучасного водоземлекористування у роки різного природного зволоження.

Важливість розрахунків науково обґрунтованих норм водопотреби пов'язана з постановою Уряду щодо відновлення та сталого використання зрошуваних земель, що гарантує продовольчу безпеку країни. Норми водопотреби (*Mn*) призначено для використання при складанні річних регіональних та локальних планів зрошення та басейнових схем комплексного управління і охорони водних та земельних ресурсів. Ці норми застосовують також у передпроектних проробках при будівництві чи реконструкції зрошувальних систем та при

визначенні економічно обґрунтованих параметрів проектних режимів зрошення сільськогосподарських культур, для складання бізнес-планів на різних рівнях ведення зрошуваного землеробства.

Обласні та районні управління водного господарства застосовують норми водопотреби, крім складання річних планів водокористування, також при визначенні для водокористувачів плати за послуги з подачі води. Таким чином, норми водопотреби на зрошення в умовах платного водокористування є інструментом діалогу між постачальниками послуг – управліннями водного господарства та водокористувачами, що дозволяє узгоджувати різні інтереси та встановлювати об'єктивну ціну на послуги з урахуванням місцевих природних та господарських умов. Норми водопотреби окремих культур є основою для визначення середньозваженої зрошувальної норми на структурний гектар сівозміни та загальних обсягів водоподачі у господарство.

Офіційно затверджені норми водопотреби для зрошення 8 основних сільськогосподарських культур було розроблено у 90-х роках минулого сторіччя [ 1 ]. Вони передбачали оптимальні умови водоспоживання рослин у роки заданої природної водозабезпеченості та були розраховані на стабільне використання водних і енергетичних ресурсів. Ці норми декілька разів коригували і використовували як тимчасові, залежно від існуючого економічного стану та потреб виробництва. Наприклад, наприкінці минулого сторіччя, коли спостерігалось скорочення площ зрошення та виникла необхідність економії ресурсів, широко застосовували водозберігаючі режими зрошення і відповідно зменшували норми водопотреби. Нині існуючі норми не задовольняють вимоги сучасного виробництва, оскільки розраховані для обмеженої кількості сільськогосподарських культур та недостатньо враховують умови водоземлекористування і мінливість природних факторів.

За останні десятиріччя відбулись суттєві зміни у структурі посівних площ та сортовому складі куль-

тур. Потреба в уточненні та розвитку нормативної бази водопотреби у зрошенні виникла також унаслідок необхідності поновлення рядів метеорологічних даних спостереженнями останніх десятиріч, що дозволяє враховувати зміни умов тепловологозабезпеченості територій за рахунок потепління клімату, що спостерігається в цей період. Крім того, на сьогодні, коли на державному рівні вирішується питання відновлення і сталого використання зрошення, а також підвищення продуктивності поливних земель, необхідність розробки оновлених нормативів водопотреби сільськогосподарських культур у зрошенні стає очевидною.

Наукові розробки у напрямку планування адаптивного екологічно безпечного зрошення та обґрунтування ресурсозберігаючих, екологічно безпечних та технологічно обґрунтованих режимів зрошення сільськогосподарських культур є теоретичною та методологічною основою для перегляду методів та нормативних параметрів поливних режимів рослин та норм водопотреби у зрошенні [2, 4].

**Методика розрахунку норм водопотреби у зрошенні.** Розрахунок сучасних норм водопотреби у зрошенні сільськогосподарських культур виконано на підставі їх просторово-часової мінливості і районування зони Південного Степу України за уточненими значеннями коефіцієнта природного зволоження ( $K_z$ ), які одержано на основі аналітичних та натурних досліджень метеорологічних умов останнього десятиріччя. Норми водопотреби розраховано за допомогою інформаційно-обчислювальної системи довгострокового планування зрошення ІОС «Водокористування», опис модельного комплексу та алгоритмів якої надається в [3, 4].

Уточнені норми водопотреби у порівнянні з наведеними у [1] адекватно враховують біологічні особливості сільськогосподарських культур, глибину кореневої системи, неоднорідність природних (грунтових, метеорологічних, екологічних) умов та технологію зрошення при дощуванні. Норми також відповідають екологічним вимогам щодо граничних рівнів водонадходження на зрошуваних полях, що забезпечує збереження родючості ґрунтів та добрий еколого-меліоративний стан земель. Крім того, нові норми водопотреби сприятимуть підвищенню прибутку на поливних землях у зв'язку з раціональним плануванням зрошення. Розрахунки вперше проведено для середнього, посушливого та сухого років (50, 75, 95-відсоткової природної водозабезпеченості) для 22 сільськогосподарських культур зони зрошення. Норми розраховано для рівня підґрунтових вод  $\geq 4$  м, тобто в умовах відсутності підживлення ними кореневмісного шару ґрунту та невисокої їх мінералізації. На територіях, де ці умови порушуються, до  $Mn$  потрібно вводити відповідні поправки.

Норми водопотреби культур у зрошенні визначають на основі дефіциту водоспоживання шляхом рішення рівняння водного балансу у розрахунковому шарі ґрунту, використовуючи багаторічний ряд метеорологічних спостережень (20 - 30 років), репрезентативних для території метеостанцій [4].

Декадні дефіцити водоспоживання  $D_i$  підсумовують за вегетаційний період кожної сільськогосподарської культури. Результат підсумку зменшують на величину легкодоступної вологі в активному шарі ґрунту  $W_0$ , яка спостерігається на початку весни при стійкому переході середньодобової температури повітря через  $+5^{\circ}\text{C}$ .

$$Mn = \sum D_i - W_0, \text{ м}^3/\text{га}. \quad (1)$$

Як правило, у зоні зрошення України на цей період вологість метрового шару ґрунту знаходиться у межах 80-100% найменшої вологоємності, залежно від кількості осінньо-зимових опадів.

При визначенні норм водопотреби теплолюбних культур (кукурудзи, сої тощо) розрахунки випаровування з полів до дати початку сходів проводять за залежністю для непокритого рослинністю ґрунту [3]. У величину  $Mn$  озимих культур додатково включають осінній полив фіксованою нормою. Інформаційна база ІОС «Водокористування» містить передбачені технологічною картою вирощування культур на зрошенні спеціальні поливи (передпосівні, післяпосівні та ін.), що дозволяє враховувати їх при визначенні норм водопотреби конкретної сільськогосподарської культури.

Забезпеченість норм водопотреби визначає число років із 100, у яких с.-г. культура буде повністю забезпечена водою для оптимального її росту та розвитку. У практиці зрошувального землеробства найчастіше використовують розрахункові норми 75-відсоткової забезпеченості, що відповідають середньосухому року і покривають потребу сільськогосподарських культур у зрошенні у 75 роках із 100. При цьому допускається, що закономірності розподілу  $D_i$  протягом періоду вегетації, які були визначені в результаті аналізу багаторічних метеорологічних спостережень у минулі роки, будуть повторюватися у майбутньому при експлуатації зрошувальних систем.

Для розрахунку дефіцитів водоспоживання удосконалено нормативну базу ІОС «Водокористування», яка складається з агрометеорологічних параметрів сільськогосподарських культур: фази розвитку, суми активних температур для її настання, нижньої межі оптимального зволоження кореневмісного шару ґрунту та його глибини, коефіцієнту водоспоживання культури та її засухостійкості залежно від фази розвитку тощо. Нормативну базу розроблено для 50 сільськогосподарських культур, що вирощують у степовій зоні України.

Дефіцити водопотреби розраховано за матеріалами спостережень 20 репрезентативних метеостанцій зони Південного Степу України за період 1991-2012рр. У кожній з областей зони обрано 2-3 метеостанції, найбільша кількість інформації є по території Херсонської області – 7 метеостанцій.

**Розрахунок коефіцієнта природного зволоження.** Оцінку природного зволоження території зони зрошення виконували за коефіцієнтом природного зволоження  $K_z$ , що визначають за [1]. У степовій зоні України коефіцієнт природного зволоження

змінюється від 0,30 у прибережній зоні на півдні до 0,60 на північному заході [ 5 ].

**Результати досліджень.** Оновлену з використанням метеорологічних спостережень останніх десятиріч карту районування зони Південного Степу за коефіцієнтом природного зволоження наведено в [ 5 ].

Порівняння цього районування  $K_z$  з виконаним раніше показало суттєві відмінності, пов'язані як з природними, так і антропогенними факторами, головними з яких є циклічність коливань клімату, викиди в атмосферу та значне скорочення площ зрошення на півдні України. Наприклад, на карті районування  $K_z$ , що надається в [ 1 ], територію степового Криму віднесено до зони, де значення коефіцієнта зволоження складало 0,4 – 0,45. При більш детальному районуванні регіону, зробленому наприкінці минулого сторіччя проф. В.П. Остапчиком,  $K_z$  змінювався від 0,50 на півночі до 0,35 на півдні півострова, при чому ізолінії рівних його значень мали широтну направленість як і у [ 1 ]. Територіальний розподіл коефіцієнта зволоження, що наведено в [ 5 ], свідчить, що конфігурація ізоліній однакової величини  $K_z$  набула більш меридіонального характеру, а його значення знаходяться у межах від 0,48 на півдні степової частини Криму до 0,32 на півночі. Крім того, зросли площі з більшою посушливістю вегетаційного періоду по всій зоні Південного Степу, незважаючи на деяке зростання кількості опадів. У зв'язку з територіальним перерозподілом  $K_z$  (табл.1) виникла додаткова необхідність перегляду

норм водопотреби сільськогосподарських культур у південному регіоні.

Норми водопотреби сільськогосподарських культур розраховано для років різної природної водозабезпеченості. Для норм водопотреби 50, 75 і 95-відсоткової забезпеченості різних сільськогосподарських культур було побудовано карти, що надають уявлення щодо просторового розподілу та варіації величини  $M_n$  у регіоні. На побудовані карти було нанесено районований коефіцієнт природного зволоження і визначено змінювання норм водопотреби у межах кожної з адміністративних областей зони залежно від значень  $K_z$ . Приклад районованих норм водопотреби з урахуванням  $K_z$  наведено в табл. 2.

У табл. 3 надається порівняння норм водопотреби, розрахованих у різні роки протягом останніх трьох десятиріч. Дані табл.3, що включають лише вегетаційні поливи, свідчать, що у наведених сільськогосподарських культур спостерігається зростання норм водопотреби у зрошенні при порівнянні з існуючими раніше нормативами на 10-15% у роки 75-відсоткової природної водозабезпеченості, що складає від половини до двох поливних норм. В екстремально посушливі роки ця різниця по окремих сільськогосподарських культурах досягає 20%.

Для розрахунків проектного режиму зрошення та об'ємів водоподачі на зрошувальну систему або сівозміну вихідними даними є розподіл дефіциту водопотреби кожної вирощуваної культури протягом періоду її вегетації. Інформаційна обчислювальна

### 1. Варіація коефіцієнта природного зволоження ( $K_z$ ) по території степового Криму (1) та Херсонської області (2), розрахованого за різні періоди метеорологічних спостережень

Значення $K_z$ за період			Середньозважене значення $K_z$ по території		
1960-1985рр.	1995р.	1991-2012 рр.	1960-1985рр.	1995р.	1991-2012 рр.
(1)0,40 - 0,45	(1)0,35-0,50	(1)0,32 – 0,48	(1) 0,426	(1) 0,418	(1) 0,386
(2)0,37 - 0,43	-	(2)0,32 – 0,45	(2) 0,389	-	(2) 0,345

### 2. Приклад районованих за коефіцієнтом $K_z$ норм водопотреби озимої пшениці, кормового буряку, сої, $m^3/га$ , для років 50, 75 і 95-відсоткової забезпеченості по Херсонській області

Сільськогосподарська культура	$K_z$	Забезпеченість $M$ , %		
		95	75	50
Пшениця озима	<0,35	2200	1700	1400
	0,35-0,40	2100	1500	1300
	0,40-0,45	2000	1400	1100
	>0,45	2000	1300	1000
Кормовий буряк	<0,35	4400	3800	3300
	0,35-0,40	4200	3600	3100
	0,40-0,45	4000	3300	2900
	>0,45	3800	3200	2800
Соя ранньостигла	<0,35	3500	3000	2600
	0,35-0,40	3300	2900	2300
	0,40-0,45	3100	2700	2200
	>0,45	3000	2600	2100

### 3. Порівняння норм водопотреби, м<sup>3</sup>/га, які було визначено у різні періоди досліджень (P =75%) по Одеській обл.

Сільськогосподарська культура	*) Збірник норм водопотреби видання 1984 р.	**) Ін-тут зрошувального землеробства, 1986р.	*) Ін-тут водних проблем і меліорації, 2014р.	Різниця, м <sup>3</sup> /га
Кукурудза на зерно (середньостиглі гібриди)	2300	1900	2500	100 -600
Люцерна 2-року	3600	3500	3700	100- 200
Кормовий буряк	2800	3300	3600	300 – 800
Томати	2700	2600	3000	300 – 400
Кукурудза стерньова	1900	1900	2000	100
Соя рання	-	2500	2700	200

\*) оптимальні норми

\*\*) водозберігаючі норми

### 4. Приклад найбільш вірогідного сезонного розподілу дефіциту водопотреби ( $D_i$ , мм) та гідромодуля водоподачі ( $q_i$ , л/с.га) у гостропосушливому та середньопосушливому році, метеостанція Асканія Нова

Забезпеченість, %	Квітень			Травень			Червень			Липень			Серпень			Вересень			Всього
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Багаторічні трави																			
декади	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
$D_i$ , мм 95%	115	140	170	215	225	230	260	270	270	360	350	337	348	340	360	260	200	150	4600
$q_i$ , л/с.га 95%	0,13	0,16	0,20	0,25	0,26	0,27	0,30	0,31	0,31	0,41	0,41	0,39	0,40	0,39	0,42	0,30	0,23	0,17	
$D_i$ , мм 75%	50	90	110	170	160	190	240	210	230	320	350	360	360	350	270	190	180	120	3950
$q_i$ , л/с.га 75%	0,06	0,10	0,13	0,20	0,19	0,22	0,28	0,24	0,27	0,37	0,41	0,42	0,42	0,41	0,31	0,22	0,21	0,13	
Озима пшениця																			
$D$ , мм 95%		200	260	410	450	440	430												2190
$q_i$ , л/с.га 95%		0,23	0,30	0,48	0,52	0,51	0,50												
$D_i$ , мм 75%		110	160	260	340	280	350												1500
$q_i$ , л/с.га 75%		0,12	0,18	0,30	0,39	0,32	0,41												

система «Водокористування» вирішує таку задачу моделювання найбільш вірогідного розподілу сезонного ходу дефіцитів водопотреби с.-г. культур у роки різної природної забезпеченості. Приклад розрахунків наведено у табл. 4.

**Висновки.** Проблеми відновлення та ефективного використання зрошуваних земель, зміни клімату у бік потепління, що спостерігаються в

останні десятиріччя, впровадження нових сортів і гібридів та уточнення агрокліматичних параметрів сільськогосподарських культур, що визначають водоспоживання рослин протягом періоду вегетації, обумовили необхідність перегляду норм водопотреби у зрошенні культур, які вирощують у степовій зоні України. Зміни величини коефіцієнта природного зволоження  $K_z$  також вказують на зрос-

тання посушливості у регіоні. Норми водопотреби  $Mn$  перераховано за матеріалами спостережень метеостанцій південного регіону України за період 1991-2012 рр. для 22 сільськогосподарських культур. У більшості районів зони Південного Степу порівняно з нормативами 1984 р. відбулося зростання норм водопотреби у середньопосушливі роки на 10-15%, залежно від тривалості вегетаційного періоду сільськогосподарських культур, в екстремально посушливі роки ця різниця збільшується до 20%. Суттєвого внутрішньосезонного перерозподілу по місяцях норм водопотреби (% від  $Mn$ ) не відмічається. Наведені результати досліджень призначено для використання у виробництві при розрахунках водоподачі у господарства, складанні річних планів водокористування управліннями водного господарства, при відновленні та сталому використанні зрошуваних земель, реконструкції та будівництві зрошувальної мережі.

#### Бібліографія

1. Укрупненные нормы водопотребности для орошения по природно-климатическим зонам СССР // Минводхоз СССР. – М.: – 1984, -344 с.
2. Методичні рекомендації з оперативного планування режимів зрошення // О.І Жовтоног., П.І. Ковальчук., В.А. Писаренко Л.А. Філіпенко. / К: ІВЦ Держкомстат України, 2004. – 49 с.
3. Остапчик В.П.. Информационно-советующая система управления орошением. / В.П. Остапчик, В.А. Костромин, А.М. Коваль. – К: «Урожай».-1989.-246 с.
4. Філіпенко Л.А. Довгострокове планування водокористування /Л.А. Філіпенко// Меліорація і водне господарство. – 2004. – Вип. 91. – с. 63-73.
5. Філіпенко Л.А. Адаптація планів водокористування до змін кліматичних умов у зоні зрошення України/ / Л.А. Філіпенко, О.І. Жовтоног, Т.Ф. Деменкова //Водне господарство України, №4. –2010. –с.23-29.
6. Рождественский А.В. Статистические методы в гидрологии. / А.В. Рождественский, А.И. Чеботарев. – Л.: Гидрометеиздат. – 1974, - 422 с.

*На основе обработки опытных данных и аналитических исследований многолетних рядов метеорологических наблюдений пересмотрены нормы водопотребности сельскохозяйственных культур в орошении с учетом потепления климата и современных условий водоземлепользования. Оценено распределение норм водопотребности помесечно за вегетационный период и выполнено их районирование по территориальным делениям коэффициента естественного увлажнения.*

*The crop water requirements were recalculated on the basis of experimental data processing and analysis of long-term series of the meteorological data. Climate changes and current water and land use conditions were taken into account. The distributions of monthly crop water requirement during the growing season were estimated. Zoning of crop water requirement have been carried out according to the natural humidity factor of the territories.*