

ВОДНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ВОДНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 631.62:504.38

<https://doi.org/10.31713/vt420217>

Рокочинський А. М., д.т.н., професор (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне),
Сташук В. А., д.т.н., професор (Національна академія аграрних наук України, м. Київ), **Волк П. П., к.т.н., доцент**, **Кожушко Л. Ф., д.т.н., професор** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, p.p.volk@nuwm.edu.ua)

ФОРМУВАННЯ МОДУЛІВ ВОДОПОДАЧІ ТА ЇХ ПАРАМЕТРІВ ПРИ ЗВОЛОЖЕННІ ОСУШУВАНИХ ЗЕМЕЛЬ У ЗМІННИХ КЛІМАТИЧНИХ ТА АГРОМЕЛІОРАТИВНИХ УМОВАХ

Як і для модуля дренажного стоку, для обґрунтування розрахункового модуля водоподачі при підґрунтовому зволоженні осушуваних земель аналогічно застосовують емпіричний, аналітичний, водно-балансовий методи або визначають його за рекомендаціями без достатнього економічного та екологічного обґрунтування, що не відповідає сучасним вимогам. Тому на основі імітаційного моделювання для умов Українського Полісся встановлені динаміка, а також поточні та середньозважені значення модулів водоподачі при проведенні підґрунтового улагодження в різних погоднокліматичних умовах, у тому числі з урахуванням їх можливих змін, встановлено значну мінливість їх у часі та просторі. Встановлено, що як поточні, так і середні значення модуля водоподачі в досліджуваних умовах, аналогічно модулю дренажного стоку, мають виражений мінливий характер за кліматичними умовами, видом вирощуваних культур і видом ґрунту. Його величина, як за виділеними основними факторами, так і по системі в цілому, що працює в режимі підґрунтового зволоження, значно (більш ніж у кілька разів) відрізняється, перш за все, як від їх максимальних поточних 2,0–3,0 л/с•га, так і середньовеgetаційних значень від 0,39–0,96 л/с•га, що суттєво відрізняється від рекомендованих розрахункових їх значень. При цьому водопотреба сільськогосподарських культур, що вирощуються, зростає практично в два-три рази. Це зумовлює необхідність обліку такого варіювання даного показника шляхом удосконалення існуючих методів і підходів до обґрунтування розрахункової величини модуля водоподачі при розробці проектів реконструкції, модернізації, будівництва та експлуатації такого роду об'єктів.

Ключові слова: модуль водоподачі; зволоження; осушувачі землі; зміни клімату; агро меліоративні умови.

Постановка проблеми. На сьогоднішній день існуючі ОЗС, перш за все в зоні Полісся, виробили свій ресурсний потенціал і потребують реконструкції та модернізації для підвищення загальної технологічної, економічної та екологічної ефективності їх функціонування, в тому числі і за умовами зміни клімату [1; 2; 3].

Прогнозоване підвищення температури повітря і посилення посушливості при зміні клімату, які спостерігаються вже сьогодні, неминуче призведуть до зменшення природної вологозабезпеченості території, збільшення потенційної випаровуваності й відповідно, загальної вологозабезпеченості при вирощуванні сільськогосподарських культур на осушуваних землях. У свою чергу, нестача природного вологи вимагає додаткового зволоження вирощуваних сільськогосподарських культур шляхом реалізації відповідних технологій водорегулювання для зволоження осушуваних земель.

Тому надзвичайно актуальним постає питання про зміну підходів й розробки ряду нових заходів по адаптації до змін клімату при проектуванні та реконструкції водогосподарсько-меліоративних об'єктів. Перш за все, потрібно удосконалювати технології та режими водорегулювання на осушуваних землях, перевести їх з періодичного на регулярне зволоження, а також зарегулювання та акумуляцію води в ґрунтовому профілі та в межах системи в цілому [4–10].

Цим визначається необхідність перегляду наявних вимог щодо обґрунтування режимно-технологічних та конструктивних рішень при проектуванні та будівництві ОЗС з урахуванням вищезазначених змін.

Одним з найбільш важливих технологічних параметрів ОЗС при роботі колекторно-дренажної мережі в режимі підґрунтового зволоження є модуль водоподачі, як і модуль дренажного стоку при осушенні. Ці показники та їх параметри кількісно та якісно відображають ефективність регулювання водного режиму осушуваних ґрунтів в різні за зволоженістю періоди в профілі ґрунту або осушуваного масиву в цілому [4].

У зв'язку з цим, метою дослідження є вивчення умов формування, визначення та обґрунтування модулів водоподачі при проведенні підґрунтового зволоження на осушуваних землях в змінних кліматичних та меліоративних умовах, які визначальним чином впливають на водний режим ґрунтів та території в зоні обслуговування ОЗС [5–9].

Аналіз попередніх досліджень. Як і для модуля дренажного стоку [4**Ошибка! Источник ссылки не найден.**], були проаналізовані та узагальнені традиційно використовувані у вітчизняній та зарубіжній практиці емпіричні, аналітичні, водно-балансові методи та моделі для обґрунтування розрахункових значень модуля водоподачі при підґрунтовому зволоженні осушуваних земель.

Так, свого часу для умов України А. М. Янголь [11] рекомендував визначати розрахункові модулі зволоження в залежності від відстані між дренами E і питомої потоку води із зволожуючих дрен q_3 за такою формулою

$$q_3 = \frac{2ka}{E} \left\{ h_0^2 - \left[\frac{h_1 h_2 T_p}{h_2 T_p - (h_2 - h_1) T} \right]^2 \right\}, \quad (1)$$

де k – коефіцієнт фільтрації, м/добу; T_p – задана тривалість зволоження, ($0 < T < T_p$), діб; h_0 – задана глибина води в каналі або над дренаю в період зволоження, рахуючи від дна, м; h_1, h_2 – початковий (перед зволоженням) і заданий РГВ посередині між зволожувачами, рахуючи від дна зволожувача, м; a – коефіцієнт, який визначається за наступною формулою

$$a = 1 + 2,2 \sqrt{\frac{H_0 - t}{H_0} \cdot \frac{2h_0\pi}{t}}, \quad (2)$$

де H_0 – глибина залягання водоупора від поверхні, м; h_0 – глибина води в зволожувачі (коли дно лежить на водо упорі $H_0 = t$; $a = 1$); β – активна різниця ґрунту в частках від одиниці.

Тоді модуль підґрунтового зволоження q_h пропорційний інтенсивності відтоку води з дрени й густоти дренажної мережі ξ

$$q_h = q_3 \cdot \xi. \quad (3)$$

Для орієнтовних розрахунків рекомендується приймати наступні значення q_h для: пісків і супісків 8,0 ... 6,0 л/с га; середніх суглинків і торфів 4,0...6,0 л/с-га; важких окультурених суглинків 3,0...5,0 л/с-га;

Згідно досліджень Radchenko I. [12], приплив води з дрени в ґрунт визначається за такою формулою

$$q = 115,74 \frac{h_0 k}{E} \cdot \frac{a\beta\gamma}{B} \left(\frac{k \cdot T}{\mu \cdot B \cdot E} \right)^{\beta-1} \exp \left[-a \left(\frac{k \cdot T}{\mu \cdot B \cdot E} \right)^\beta \right], \quad (4)$$

де h_0 – п'єзометрична висота рівня води в дренах; μ – коефіцієнт нестачі насичення ґрунту; T – час від початку процесу інфільтрації під напором; a і β – параметри, які залежать від співвідношення D/E і h_0/E , де E – глибина водоупора; B – параметр, що характеризує вплив активного периметра регулюючих дрен ($l_d = \pi d$) при підвищенні РГВ.

Відповідно максимальний приплив визначається за наступною формулою

$$q_m = 115,74 \frac{kh_0}{E} \cdot \frac{a\beta\gamma}{B} \left[\frac{1}{a} \left(1 - \frac{1}{\beta} \right) \right]^{1-\frac{1}{\beta}} \exp \left[- \left(1 - \frac{1}{\beta} \right) \right]. \quad (5)$$

Згідно досліджень Турбіна В. М. [13], наближений модуль зволоження розраховують за величиною відтоку води з зволожувача

$$q_0 = \frac{K}{L} (h_0^2 - h^2), \quad (6)$$

де q_0 – відтік води з підпертої дрени-зволожувача на одиницю довжини з одного її боку, м³/доб; K – коефіцієнт фільтрації, м/добу; $L - 1/2$ – відстані між дренами – зволожувачами, м; h_0 – висота підпору води в дрен, рахуючи від її дна, м; h – висота РГВ в середині між дренами-зволожувачами, рахуючи від дна дрени, м.

Формула (6) справедлива при заляганні дрени на водоупорі. При розташуванні водоупора нижче дна дрени вводиться коефіцієнт висячості.

Тоді формула набуває вигляду

$$q_0 = \frac{K}{L} (h_0^2 - h^2) \cdot B, \quad (7)$$

де позначення ті ж, що і у формулі (7).

На дерново-алювіальних середніх суглинках при коефіцієнті фільтрації $k_f = 1,28$ м/добу на глибині 60 см модулі зволоження за 4 роки склали в середньому 6,0...4,0 л/с-га при відстані між дренами 10–15 м і відповідно 4,0...3,0 л/с-га-при відстані між дренами 20–30 м.

За досвідченими даними В. М. Лабренціса [14] відтік води і, отже, модуль зволоження сильно залежить від діаметра дрени (табл. 1). При цьому, вплив діаметра значно більше, ніж це впливає з теоретичних залежностей.

Таблиця 1

Середні значення модулів зволоження (л /с·га) залежно від діаметра (d), відстаней між дренами (E) та ухилом (i)

$i, \%$	$d = 50, \text{мм}$			$d = 70, \text{мм}$		
	$E = 20 \text{ м}$	$E = 16 \text{ м}$	$E = 12 \text{ м}$	$E = 20 \text{ м}$	$E = 16 \text{ м}$	$E = 12 \text{ м}$
0,8	2,5	3,0	3,6	7,5	9,0	10,9
0,6	2,0	2,4	2,9	6,5	7,8	9,5
0,4	1,5	1,8	2,2	5,5	6,6	7,9
0,2	1,0	1,2	1,5	4,0	4,2	5,8

Таким чином, за узагальненими результатами проведених досліджень для зони Полісся і Лісостепу України при розрахунку параметрів дренажу значення модулів водоподачі приймалися в межах: для мінеральних ґрунтів 8,0...6,0 л/с·га; відповідно торф'яних ґрунтів 4,0...6,0 л/с·га.

У свою чергу, ці рекомендовані значення, як розрахункові, не виправдали себе з тієї точки зору, що встановлені по ним параметри дренажу враховують в цілому тільки технологічні умови його роботи. Але при цьому недостатньо враховують технологію зволоження, види вирощуваних культур, мінливість погодно-кліматичних умов, а також умов формування економічного і абсолютно-екологічного ефекту, тобто не є економічно та екологічно оптимальними для розрахунку ОЗС в цілому [3; 4].

Тому виникає об'єктивна необхідність розглядати не тільки дренаж, але і змінні кліматичні, гідрогеологічні, агротехнічні, економічні та екологічні умови, а також вид, цінність, продуктивність та рентабельність вирощуваних сільськогосподарських культур.

У зв'язку з цим, представляє інтерес досліджувати зміни умов формування модулів водоподачі і їх параметрів при зволоженні осушуваних земель в змінних природно-агро-меліоративних умовах реального об'єкта з метою уточнення їх розрахункових значень при розробці проектів реконструкції та нового будівництва ОЗС.

Результати досліджень

Для реалізації зазначеного завдання нами був спланований та здійснений широкомасштабний машинний експеримент з використанням сучасних інформаційних і комп'ютерних технологій.

Об'єктом дослідження є дренажна система «Бірки» в Рівненській області. На даній системі представлені як мінеральні, так і торфові ґрунти, а за конструктивною побудовою тут є можливість реалізації практично всіх основних технологій водорегулювання осушуваних земель. Площа системи бруто 544,9 га, гончарний дренаж закладений на пло-

щі 444 га, двохстороннє регулювання можливе на площі 177,9 га, площа польдера з механічним водовідведенням становить 470 га. Водоприймачем системи служить річка Стир. В посушливі періоди вода із системи не відкачується, а залишається для підґрунтового зволоження.

Прогнозні розрахунки при імітаційному моделюванні виконані за такими множинними змінними умови:

– за ґрунтами $\{g\}$, $g = \overline{1, n_g}$ ($n_g = 3$), які характеризуються різним рівнем потенційної родючості за бонітетом у відповідних балах та часткою f_g розповсюдження в межах об'єкта: 1-дерново-опідзолені глеєві зв'язно-супіщані (Б=28 балів), $f_g = 0,4$; 2-торфові середньопотужні малозольні (Б=38 балів), $f_g = 0,6$;

– за типовими районованими для даної зони вирощуваними сільськогосподарськими культурами сукупності $\{k\}$, $k = \overline{1, n_k}$ ($n_k = 3$), та відповідною часткою їх посівних площ f_k : 1-озима пшениця – (проектний врожай 47 ц/га) $f_k = 0,3$; 2-картопля – 250 ц/га $f_k = 0,2$; 3-багаторічні трави – 35 ц/га $f_k = 0,5$;

– за типовими (розрахунковими) щодо умов тепло – й вологозабезпеченості періодами вегетації сукупності $\{p\}$, $p = \overline{1, n_p}$ ($n_p = 5$).

Проведені на основі прогнозно-імітаційного моделювання дослідження за відповідним комплексом моделей щодо кліматичних умов місцевості, водного режиму, технологій водорегулювання (підґрунтове зволоження) та продуктивності осушуваних земель показали, що, як і для модуля дренажного стоку при роботі ДС в режимі осушення відбувається значна зміна в часі та просторі динаміки поточних середньодекадних значень модулів водоподачі, які формуються на системі при проведенні підґрунтового зволоження з тривалим підпором рівнів води в різні розрахункові за умовами тепло- й вологозабезпеченості періоди вегетації, як в сучасних, так і прогнозованих умовах їх реалізації, вирощуванні основних видів сільськогосподарських культур на мінеральних і торфових ґрунтах у зоні Західного Полісся України (рисунок).

Встановлено, що поточні максимальні середньодекадні значення модуля водоподачі при підґрунтовому зволоженні осушуваних земель, аналогічно модулю дренажного стоку, також мають виражений мінливий характер. Відбувається значна зміна їх значень щодо сучасних кліматичних умов за їх варіюванням (від 0,55 л/с-га в сухий рік до 2,0 л/с-га в дуже сухий рік), виду вирощуваних культур (від

0,17 л/с-га по зернових до 0,9 л/с-га по травах), виду ґрунту (від 0,5 л/с-га до 2,2 л/с-га). Для прогнозних умов ці зміни складають щодо варіювання кліматичних умов (від 0,55 л/с-га в сухий рік до 3,8 л/с-га в дуже сухий рік), виду вирощуваних культур (від 0,5 л/с-га по зернових до 3,9 л/с-га по травах), виду ґрунту (від 0,5 л/с-га до 3,9 л/с-га). При цьому водопотреба вирощуваних сільськогосподарських культур зростає практично в два-три рази та визначає необхідність їх регулярного зволоження в означеній зоні.

Узагальнені результати щодо варіювання та формування усереднених середньодекадних значень модулів водоподачі при проведенні підґрунтового зволоження за змінними сучасними та прогнозними погодно – кліматичними, агроеліоративними умовами та по системі в цілому в зоні Західного Полісся України подані у табл. 2.

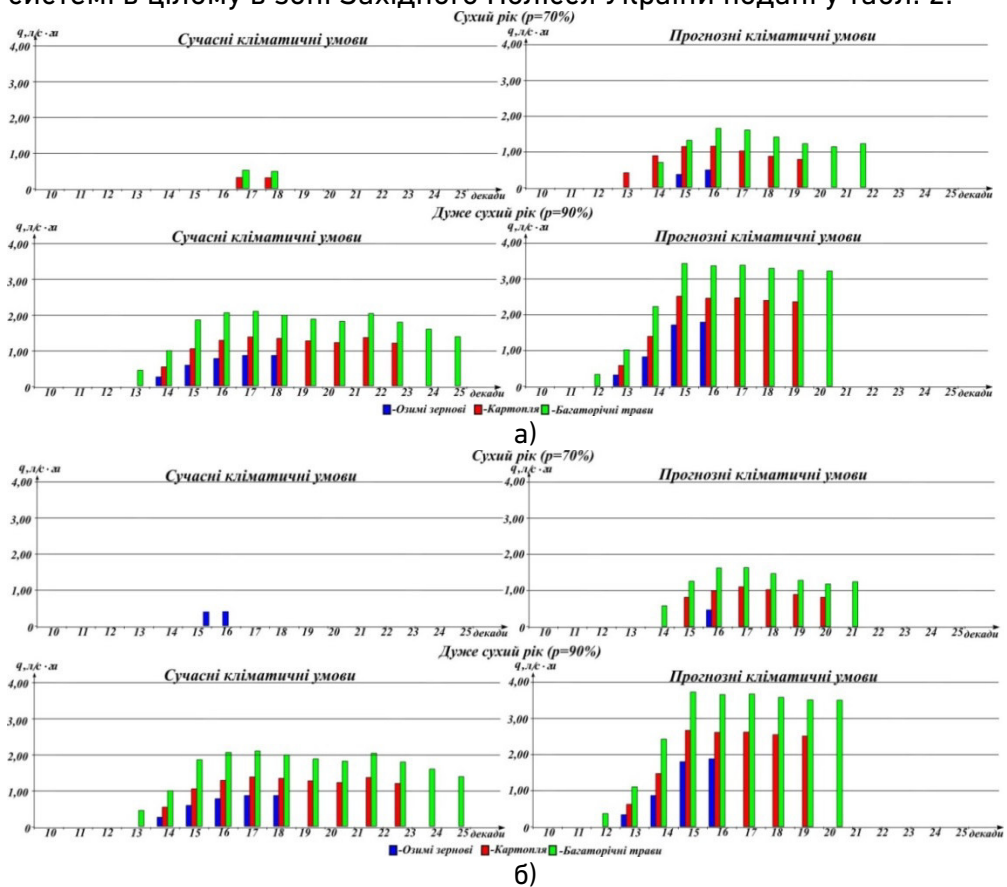


Рисунок. Динаміка поточних максимальних середньодекадних значення модулів водоподачі при проведенні підґрунтового зволоження в досліджуваних умовах

Наведені результати свідчать, що значення модулів водоподачі при підґрунтовому зволоженні як по виділених основних факторах, так і по системі в цілому, значно (більш ніж в кілька разів) відрізняються, перш за все, як від їх максимальних поточних (сучасні умови від 0,12 л/с·га до 0,44 л/с·га, прогнозні від 0,37 л/с·га до 0,96 л/с·га), так і середньовеgetаційних значень (сучасні умови від 0,04 л/с·га до 0,44 л/с·га, прогнозні від 0,39 л/с·га до 0,96 л/с·га), що істотно відрізняються рекомендованим розрахунковим їх значень.

Таблиця 2

Варіювання усереднених значень модулів водоподачі при проведенні підґрунтового зволоження

Культура	Частка культури в сівозміні	Розрахункові модулі водоподачі, л/с·га					
		Сучасні умови			Прогнозні умови		
		p=70%	p=90%	Середньозважені значення	p=70%	p=90%	Середньозважені значення
Мінеральні ґрунти							
Озимі зернові	0,2	<u>0,00-0,00</u> 0,00	<u>0,86-0,25</u> 0,17	<u>0,12-0,04</u> 0,02	<u>0,49-0,00</u> 0,12	<u>1,79-0,27</u> 0,69	<u>0,39-0,04</u> 0,13
Картопля	0,3	<u>0,32-0,02</u> 0,06	<u>1,35-0,53</u> 1,06	<u>0,28-0,08</u> 0,17	<u>1,16-0,72</u> 0,70	<u>2,66-0,52</u> 1,67	<u>0,68-0,26</u> 0,42
Багаторічні трави	0,5	<u>0,54-0,02</u> 0,06	<u>2,08-0,44</u> 1,32	<u>0,44-0,07</u> 0,21	<u>1,66-0,51</u> 0,86	<u>3,67-0,91</u> 2,13	<u>0,96-0,26</u> 0,53
По системі в цілому	1,0	<u>0,33-0,01</u> 0,04	<u>1,48-0,37</u> 0,90	<u>0,30-0,05</u> 0,14	<u>1,16-0,49</u> 0,59	<u>2,72-0,36</u> 1,53	<u>0,69-0,17</u> 0,37
Торфові ґрунти							
Озимі зернові	0,2	<u>0,00-0,00</u> 0,00	<u>0,86-0,25</u> 0,30	<u>0,13-0,03</u> 0,05	<u>0,41-0,6</u> 0,06	<u>1,75-0,32</u> 0,60	<u>0,37-0,13</u> 0,10
Картопля	0,3	<u>0,00-0,00</u> 0,00	<u>1,35-0,53</u> 0,97	<u>0,20-0,07</u> 0,14	<u>0,97-0,41</u> 0,55	<u>2,73-0,61</u> 1,62	<u>0,65-0,19</u> 0,38
Багаторічні трави	0,5	<u>0,46-0,02</u> 0,05	<u>2,08-0,44</u> 1,04	<u>0,43-0,06</u> 0,17	<u>1,44-0,69</u> 0,76	<u>3,95-0,36</u> 2,51	<u>0,95-0,22</u> 0,57
По системі в цілому	1,0	<u>0,23-0,01</u> 0,03	<u>1,62-0,37</u> 0,87	<u>0,30-0,05</u> 0,14	<u>1,09-0,54</u> 0,56	<u>3,14-0,48</u> 1,86	<u>0,74-0,38</u> 0,42

Примітка: 0,23-0,26 – максимальні та мінімальні значення модулів водоподачі
0,03 – середньозважені значення модулів водоподачі.

Висновки. Отже проведені дослідження та отримані за ними результати визначають необхідність врахування значної мінливості реальних значень модуля водоподачі за змінними природно – агро – меліоративними умовами реального об'єкта при підґрунтовому зволоженні осушуваних земель шляхом удосконалення існуючих методів і підходів до обґрунтування їх розрахункових оптимальних величин при розробці проектів реконструкції, модернізації, будівництва та експлуатації ДС з двобічним регулюванням водного режиму на ре-

гулярній основі.

- 1.** Про схвалення Концепції реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2030 року : розпорядження Кабінету Міністрів № 932-р від 7 грудня 2016 р. URL: <https://www.kmu.gov.ua/ua/npas/249573705> (дата звернення: 29.04.2020).
- 2.** Watkiss P. 2015. The Cost of Climate Change in Europe. In: Steininger K., König M., Bednar-Friedl B., Kranzl L., Loibl W., Prettenthaler F. (eds) *Economic Evaluation of Climate Change Impacts*. Springer Climate. Springer, Cham. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-319-12457-5_2 (дата звернення: 29.04.2020).
- 3.** Pyotr Kovalenko, Anatoliy Rokochinskiy, Yury Mazhayskiy, Pavlo Volk, Liubov Volk, Olga Chernikova. Construction and agricultural drainage parameter optimization considering economic and environmental requirements. *ENGINEERING FOR RURAL DEVELOPMENT*. Jelgava, 20–22.05.2020. P. 1009–1017. DOI: 10.22616 / ERDev.2020.19.TF237. URL: <http://www.tf.llu.lv/conference/proceedings2020/Papers/TF237.pdf> (дата звернення: 29.04.2020).
- 4.** A. Rokochynskiy, P. Volk, V. Turcheniuk, L. Tokar, L. Volk, Y. Mazhayskiy, O. Chernikova. The drainage module is an important factor in the design of drainage systems reconstruction and construction projects in the polesia region engineering for rural development. *ENGINEERING FOR RURAL DEVELOPMENT*. Jelgava, 20–22.05.2020. P. 36–47. DOI: 10.22616 / ER-Dev.2020.19.TF010. URL: <http://www.tf.llu.lv/conference/proceedings2020/Papers/TF010.pdf> (дата звернення: 29.04.2020).
- 5.** Hebbink A. J. Land drainage. In: *Environmental Geology. Encyclopedia of Earth Science*. Springer, Dordrecht. 1999. URL: https://doi.org/10.1007/1-4020-4494-1_196 (дата звернення: 29.04.2020).
- 6.** Pasaribu K. N., Lambert L. H., Lambert D. M. et al. Profitability of irrigating for corn, cotton, and soybeans under projected drought scenarios in the Southeastern United States. *Irrig Sci*. 2021. 39. 315–328. URL: <https://doi.org/10.1007/s00271-020-00707-x> (дата звернення: 29.04.2020).
- 7.** Łabędzki L., Kaca E., Brandyk A. Irrigation and Drainage in Polish Agriculture: State, Problems and Needs. In: Zeleňáková M., Kubiak-Wójcicka K., Negm A.M. (eds). *Quality of Water Resources in Poland*. Springer Water. Springer, Cham. 2021. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-64892-3_5 (дата звернення: 29.04.2020).
- 8.** Kamra S. K., Kumar S., Kumar N., Dagar J. C. Engineering and Biological Approaches for Drainage of Irrigated Lands. In: Dagar J., Yadav R., Sharma P. (eds). *Research Developments in Saline Agriculture*. Springer, Singapore. 2019. URL: https://doi.org/10.1007/978-981-13-5832-6_18 (дата звернення: 29.04.2020).
- 9.** Seyedmohammadi J., Esmaeelnejad L. & Ramezanzpour H. Land suitability assessment for optimum management of water consumption in precise agriculture. *Model. Earth Syst. Environ*. 2016. 2. 162. URL: <https://doi.org/10.1007/s40808-016-0212-9> (дата звернення: 29.04.2020).
- 10.** Rokochinskiy A., Frolenkova N., Turcheniuk V., Volk P.,

Prykhodko N., Tykhenko R., Openko I. The variability of natural and climatic conditions in investment projects in the field of nature management. *Journal of Water and Land Development*. 2021. No. 48 (I–III). P. 48–54. DOI 10.24425/jwld.2021.136145. **11.** Янголь А. М. Рекомендации по увлажнению осушаемых земель. К. : Урожай, 1965. 88 с. **12.** Radchenko I. Ursovanie navrhovych parametrov regulacnej drenaze. *Agromelio-76*. Karlovy Vary, 1986. D. 2. S. 102–108. **13.** Турбин В. Н. Двустороннее регулирование водного режима почв. М. : Россельхозиздат, 1977. 72 с. **14.** Лабренцис В. М. Исследования вопросов регулирования режима влажности почв дренажными системами двустороннего действия в условиях Латвийской ССР : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Елгава, 1974. 38 с.

REFERENCES:

1. Pro skhvalennia Kontseptsii realizatsii derzhavnoi polityky u sferi zminy klimatu na period do 2030 roku : rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv № 932-r vid 7 hrudnia 2016 r. URL: <https://www.kmu.gov.ua/ua/npas/249573705> (data zvernennia: 29.04.2020).
2. Watkiss P. 2015. The Cost of Climate Change in Europe. In: Steininger K., König M., Bednar-Friedl B., Kranzl L., Loibl W., Prettenthaler F. (eds) *Economic Evaluation of Climate Change Impacts*. Springer Climate. Springer, Cham. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-319-12457-5_2 (data zvernennia: 29.04.2020).
3. Pyotr Kovalenko, Anatoliy Rokochinskiy, Yury Mazhayskiy, Pavlo Volk, Liubov Volk, Olga Chernikova. Construction and agricultural drainage parameter optimization considering economic and environmental requirements. *ENGINEERING FOR RURAL DEVELOPMENT*. Jelgava, 20–22.05.2020. P. 1009–1017. DOI: 10.22616 / ERDev.2020.19.TF237. URL: <http://www.tf.llu.lv/conference/proceedings2020/Papers/TF237.pdf> (data zvernennia: 29.04.2020).
4. A. Rokochynskiy, P. Volk, V. Turcheniuk, L. Tokar, L. Volk, Y. Mazhayskiy, O. Chernikova. The drainage module is an important factor in the design of drainage systems reconstruction and construction projects in the polesia region engineering for rural development. *ENGINEERING FOR RURAL DEVELOPMENT*. Jelgava, 20–22.05.2020. P. 36–47. DOI: 10.22616 / ERDev.2020.19.TF010. URL: <http://www.tf.llu.lv/conference/proceedings2020/Papers/TF010.pdf> (data zvernennia: 29.04.2020).
5. Hebbink A. J. Land drainage. In: *Environmental Geology. Encyclopedia of Earth Science*. Springer, Dordrecht. 1999. URL: https://doi.org/10.1007/1-4020-4494-1_196 (data zvernennia: 29.04.2020).
6. Pasaribu K. N., Lambert L. H., Lambert D. M. et al. Profitability of irrigating for corn, cotton, and soybeans under projected drought scenarios in the Southeastern United States. *Irrig Sci*. 2021. 39. 315–328. URL: <https://doi.org/10.1007/s00271-020-00707-x> (data zvernennia: 29.04.2020).
7. Łabędzki L., Kaca E., Brandyk A. Irrigation and Drainage in Polish

Agriculture: State, Problems and Needs. In: Zeleňáková M., Kubiak-Wójcicka K., Negm A.M. (eds). *Quality of Water Resources in Poland*. Springer Water. Springer, Cham. 2021. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-64892-3_5 (data zvernennia: 29.04.2020). **8.** Kamra S. K., Kumar S., Kumar N., Dagar J. C. Engineering and Biological Approaches for Drainage of Irrigated Lands. In: Dagar J., Yadav R., Sharma P. (eds). *Research Developments in Saline Agriculture*. Springer, Singapore. 2019. URL: https://doi.org/10.1007/978-981-13-5832-6_18 (data zvernennia: 29.04.2020). **9.** Seyedmohammadi J., Esmaeelnejad L. & Ramezanpour H. Land suitability assessment for optimum management of water consumption in precise agriculture. *Model. Earth Syst. Environ.* 2016. 2. 162. URL: <https://doi.org/10.1007/s40808-016-0212-9> (дата звернення: 29.04.2020). **10.** Rokochinskiy A., Frolenkova N., Turcheniuk V., Volk P., Prykhodko N., Tykhenko R., Openko I. The variability of natural and climatic conditions in investment projects in the field of nature management. *Journal of Water and Land Development*. 2021. No. 48 (I–III). P. 48–54. DOI 10.24425/jwld.2021.136145. **11.** Yangol A. M. Rekomendatsii po uvlajneniyu osushaemyih zemel. K. : Urojay, 1965. 88 s. **12.** Radchenko I. Ursovanie navrhovych parametrov regulacnej drenaze. *Agromelio-76*. Karlovy Vary, 1986. D. 2. S. 102–108. **13.** Turbin V. N. Dvustoronnee regulirovanie vodnogo rejima pochv. M. : Rosselhozizdat, 1977. 72 s. **14.** Labrentsis V. M. Issledovaniya voprosov regulirovaniya rejima vlajnosti pochv drenajnyimi sistemami dvustoronnego deystviya v usloviyah Latviyskoy SSR : avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk. Elgava, 1974. 38 s.

Rokochynskiy A. M., Doctor of Engineering, Professor (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne),
Stashuk V. A., Doctor of Engineering, Professor (National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Kyiv), **Volk P. P., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor, Kozhushko L. F., Doctor of Engineering, Professor** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

FORMATION OF WATER SUPPLY MODULES AND THEIR PARAMETERS AT HUMIDITY OF DRAINED LANDS IN VARIABLE CLIMATE AND AGROMELIORATIVE CONDITIONS

To justify the calculated water supply module for subsurface irrigation of drained lands, as well as for the drainage flow module, empirical, analytical, water-balance methods are similarly used, or it is determined according to recommendations without sufficient eco-

nomie and environmental justification, which does not meet modern requirements. Therefore, on the basis of simulation modeling for the conditions of the Ukrainian Polesie, the dynamics, as well as the current and weighted average values of the water supply modules during subsurface humidification in various weather and climatic conditions, including taking into account their possible changes, are established, their significant variability in time and space is established. It is established that both the current and average values of the water supply module under the studied conditions, similar to the drainage flow module, have a pronounced variable character in climatic conditions, the type of crops grown and the type of soil. Its value, both for the identified main factors and for the system as a whole operating in the subsurface humidification mode, differs significantly (more than several times), first of all, both from their maximum current 2,0–3,0 l·s⁻¹·ha, and from the average vegetation values of 0,39–0,96 l·s⁻¹·ha, which significantly differs from their recommended calculated values. At the same time, the water demand of cultivated crops increases almost two to three times. This makes it necessary to take into account this variation of this indicator by improving existing methods and approaches to substantiating the calculated value of the water supply module, when developing projects for the reconstruction, modernization, construction and operation of such facilities.

Keywords: water supply module; humidification; drained lands; climate change; agromeliorative conditions.

Рокочинский А. Н., д.т.н., профессор (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно), **Сташук В. А., д.т.н., профессор** (Национальная академия аграрных наук Украины, г. Киев), **Волк П. П., к.т.н., доцент**, **Кожушко Л. Ф., д.т.н., профессор** (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

ФОРМИРОВАНИЕ МОДУЛЕЙ ВОДОПОДАЧИ И ИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ УВЛАЖНЕНИИ ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ В ИЗМЕНЧИВЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ И АГРОМЕЛИОРАТИВНЫХ УСЛОВИЯХ

Как и для модуля дренажного стока, для обоснования расчетного модуля водоподачи при подпочвенном увлажнении осушае-

мых земель аналогично применяют эмпирический, аналитический, водно-балансовой методы или определяют его по рекомендациям без достаточного экономического и экологического обоснования, что не соответствует современным требованиям. Поэтому на основе имитационного моделирования для условий Украинского Полесья установлены динамика, а также текущие и средневзвешенные значения модулей водоподачи при проведении подпочвенного увлажнения в различных погодно-климатических условиях, в том числе с учетом их возможных изменений, установлена значительная изменчивость их во времени и пространстве. Установлено, что как текущие, так и осредненные значения модуля водоподачи в исследуемых условиях, аналогично модулю дренажного стока, имеют выраженный изменчивый характер по климатическим условиям, виду выращиваемых культур и виду почвогрунта. Его величина, как по выделенным основным факторам, так и по системе в целом, работающей в режиме подпочвенного увлажнения, значительно (более чем в несколько раз) отличается, прежде всего, как от их максимальных текущих 2,0–3,0 л/с·га, так и средневегетационных значений от 0,39–0,96 л/с·га, что существенно отличается от рекомендуемых расчетных их значений. При этом водопотребность выращиваемых сельскохозяйственных культур возрастает практически в два-три раза. Это обуславливает необходимость учета такого варьирования данного показателя путем усовершенствования существующих методов и подходов к обоснованию расчетной величины модуля водоподачи при разработке проектов реконструкции, модернизации, строительства и эксплуатации такого рода объектов.

Ключевые слова: модуль водоподачи; увлажнение; осушаемые земли; изменения климата; агромелиоративные условия.
