



## ГІДРОТЕХНІКА

УДК 626.86

<https://doi.org/10.31713/vt220201>

**Ткачук М. М., д.т.н., професор, Ткачук Р. М., к.т.н.** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

### **ПОКРАЩЕННЯ РЕГУЛЮВАННЯ ВОДНОГО РЕЖИМУ ҐРУНТІВ ІННОВАЦІЙНИМИ ДРЕНАЖНО-МОДУЛЬНИМИ СИСТЕМАМИ. РОЗРАХУНОК ВІДСТАНЕЙ МІЖ РІЗНОРІВНЕВИМИ РЕГУЛЮЮЧИМИ ДРЕНАМИ**

У статті розглянуто водорегулювання дренажно-модульними системами з дворівневим підключенням регулюючих дрен на осушуваних землях, наведено схеми їх конструктивних параметрів. Наведено результати досліджень інноваційних дренажно-модульних систем з різнорівневим підключенням регулюючих дрен та методи розрахунку параметрів регулюючих дрен при живленні їх ґрунтовими та інфільтраційними водами.

**Ключові слова:** покращення регулювання; водний режим; інноваційні дренажно-модульні системи; гідравлічно зв'язані різнорівневі регулюючі дрени; осушувальні системи.

**Вступ.** Сучасна гідромеліоративна наука має величезні надбання в галузі проєктування, будівництва та експлуатації закритого дренажу в гумідній зоні, що постійно характеризується нерівномірними, і часто надмірними, опадами протягом вегетаційного періоду. Проте, як показує досвід експлуатації гідромеліоративних систем, традиційні дренажі справляються з пониженням та відведенням ґрунтової води за межі гідромеліоративних систем, але недостатньо з регулюванням рівнів ґрунтових вод (РГВ), що призводить до втрат частини стоку ефективної води, яку можна з користю використовувати протягом вегетаційного періоду, під час посухи. РГВ – одна з основних характеристик гідромеліоративних систем. Високе положення РГВ у весняний та осінній періоди перешкоджає проведенню сільськогосподарських робіт в оптимальні строки, а в літній період призводить до підтоплення кореневої системи рослин. Занадто глибоке опускання РГВ погіршує умови водного живлення рослин, що призводить до нестачі вологи в кореневмісному шарі і зниження врожайності сільськогосподарських культур.

З метою регулювання водного режиму ґрунтів в сучасних умовах використовуються найрізноманітніші способи. Найбільш поши-

реними у вітчизняній практиці на традиційних гідромеліоративних системах в гумідній зоні способами регулювання водного режиму ґрунтів є попереджувальне та зволожувальне шлюзування, дощування тощо, проте ці способи регулювання вологи кореневмісного шару ґрунту призводять до значних втрат води, а разом з тим, є дорогими і малоефективними. Тому сьогодні, особливо в умовах зміни клімату, оптимізація водного режиму ґрунтів (ВРГ) є неможливою без модернізації і вдосконалення конструкцій регулюючих РГВ систем і методів їх розрахунку.

**Результати досліджень.** Нами розроблені способи, які оптимізують регулювання РГВ, а разом із тим ВРГ, і достатньо досліджені, щоб використовувати їх для модернізації осушувальних систем. Одним із них є дренажно-модульні системи, що дають можливість не тільки інтенсифікувати процес осушення орного горизонту ґрунту до норми осушення, але й протягом тривалого часу регулювати РГВ, підтримувати оптимальну для росту і розвитку рослин вологість ґрунту.

Дренажно-модульна система [1], що включає дренажні модулі (рис. 1), виключає частину недоліків, що відносяться до традиційних дренажних мереж, саме тому, що дренажно-модульні системи працюють у двох водних режимах – пониженні РГВ до норми осушення та накопиченні ґрунтової води між дворівневими регулюючими дренами.

Режим регулювання РГВ дренажно-модульними системами відбувається при дії різнорівневих гідравлічно зв'язаних регулюючих дрен (мілких і глибоких), при цьому відбувається інтенсивне пониження РГВ до норми осушення, а з моменту виключення з роботи мілких дрен відбувається різке зменшення витрати води з глибоких дрен (тому що всі дрени гідравлічно зв'язані між собою). Призупинення витрати ґрунтової води з дрен глибокого закладання призводить до зворотного процесу руху ґрунтової води (РГВ рухаються в верх, до мілких дрен (рис. 2)). При зворотному досягненні водою дрен мілкового закладання, процес динаміки РГВ повторюється. РГВ коливаються між різнорівневими дренами – мілкового і глибокого закладання.

Таким чином за допомогою різнорівневих гідравлічно зв'язаних регулюючих дрен дренажно-модульних систем відбувається саморегулювання режиму РГВ, а разом з тим і осушення, і двостороннє регулювання (попереджувальне і зволожувальне шлюзування), без споруд РТ (РТК) на відкритій мережі і регуляторів на провідній закритій мережі.

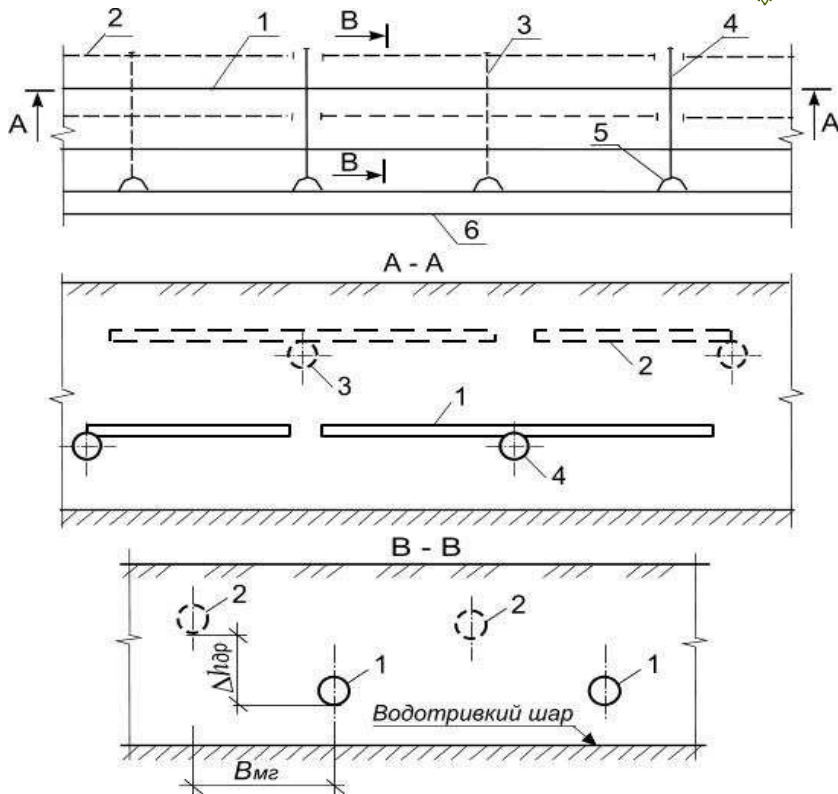


Рис. 1. Дренажно-модульна система з різнорівневими гідравлічно зв'язаними регулюючими дренами: 1 – мілкі дрена; 2 – глибокі дрена; 3 – мілкий колектор; 4 – глибокий колектор; 5 – гирловий оголовок; 6 – відкритий водоприймач

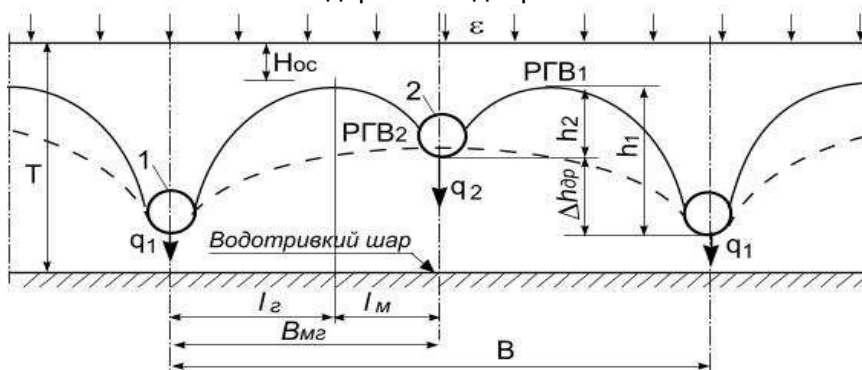


Рис. 2. Схема до розрахунку відстаней між різнорівневими гідравлічно зв'язаними регулюючими дренами дренажного модуля:  $B$  – відстані між глибокими дренами; 1 – глибока регулююча дрена; 2 – мілка регулююча дрена; РГВ1 – рівень ґрунтової води (висотне розташування вільної поверхні фільтраційної води в ґрунті, в повільні і літні паводки); РГВ2 – рівень ґрунтової води (висотне розташування вільної поверхні фільтраційної води в ґрунті, при роботі дренажного модуля в регулюючому режимі)

Експериментальні дослідження (лабораторні і натурні) показали, що при регулюванні РГВ дренажно-модульними системами накопичена вода між різнорівневими гідравлічно зв'язаними регулюючими дренами може ефективно використовуватися при короткотривалих посухах, що постійно мають місце у гумідній зоні, тому розрахунки елементів ступеня осушення (співвідношення глибини укладання дрен і відстаней між ними) необхідно виконувати для стадії інтенсивного осушення і для стадії саморегулювання.

В даній статті пропонується (також) методика розрахунку відстаней між регулюючими різнорівневими гідравлічно зв'язаними регулюючими дренами при живленні їх ґрунтовими та інфільтраційними водами, що дозволяє ефективно забезпечувати регулювання РГВ дренами у двох водних режимах:

- інтенсивному пониженні РГВ1 (вода інтенсивно відводиться за межі осушувальної системи) до норми осушення під час весняних повеней та літніх паводків;

- регулюванні протягом усього вегетаційного періоду (накопичена ґрунтова вода використовується для поповнення РГВ2 на гідромеліоративній системі при короткочасних посухах, що виникають протягом вегетаційного періоду).

Оскільки спосіб для регулювання РГВ дренажно-модульними системами попереджує перезволоження і пересушення ґрунтів, зменшує потребу в попереджувальному чи зволожувальному шлюзуванні або дощуванні – без використання споруд типу РТ (РТК) на відкритій і регулюючих споруд на закритій мережі, то він повинен враховувати гідрологічну дію різнорівневих гідравлічно зв'язаних регулюючих дрен. Тому першою умовою для розрахунку параметрів дренажно-модульних систем (відстаней між різнорівневими гідравлічно зв'язаними регулюючими дренами) є якнайповніше використовувати методи розрахунку традиційних систем.

Сучасні методики розрахунку відстаней між дренами розроблені для традиційних дренажів і ґрунтуються на формулах усталеної фільтрації, за умови інтенсивного пониження РГВ до норми осушення 0,5...0,7 м.

Аналітичні дослідження теоретичних методик Івицького А. І. [2], Авер'янова С. Ф. [3], Маслової Б. С. [4], Мурашка А. І. [5], Олійника О. Я. [6], Янголя А. М. [7] та ін. для розрахунків параметрів традиційних гідромеліоративних дренажів в гумідній зоні, які ввійшли до нормативних документів і отримали широке практичне застосування, показали їх придатність (після внесення корективів) для розрахунків відстаней між різнорівневими гідравлічно зв'язаними регулюючими дренами дренажно-модульних систем. Це насамперед методики:

- Івицького А. І. [2] для розрахунку відстані між традиційними



дренами

$$B = 4 \sqrt{\frac{2 k_{\phi} t h'}{\pi \delta \ln \frac{(h_n - h')(h_k + h')}{(h_n + h')(h_k - h')}}}, \quad (1)$$

де  $h_n = t_{др} - H_n$ ;  $h_k = t_{др} - H_k$ ;  $t_{др}$  – глибина дрени, м;  $H_n$  – початкове положення РГВ (рис. 2), м;  $h'$  – перевищення РГВ біля дрени над її дном в кінці розрахункового часу  $t$ , м.

- Янголя А. М. [7] для розрахунку відстані між дренами глибокого закладання

$$B = 2 \sqrt{\frac{k b h_n h_k t_p}{\delta (h_n - h_k \alpha) + O - \varepsilon_e}} \quad (2)$$

- Костякова А. Н. [8] для недосконалих дренажів, укладених в однорідні ґрунти при глибокому заляганні водотривкого шару ( $B/m < 3$ ,  $m$  – глибина від дрени до водотривкого шару)

$$B = \frac{\pi k_{\phi} t \left(1 + \frac{\beta'}{90}\right)}{\phi \delta \left(\ln \frac{B}{d} - 1\right) \ln \frac{h_n - h'}{h_k - h'}}. \quad (3)$$

Згідно з [2] і рис. 2, зону впливу дрени глибокого закладання для дренажно-модульних систем можна визначити за уточненою формулою

$$l_z = 2 \left( \sqrt{L_{f1}^2 + \frac{(h_2 + \Delta h)kT}{2q_1}} - L_{f1} \right), \quad (4)$$

а зону впливу дрени мілкового закладання – за формулою

$$l_m = 2 \left( \sqrt{L_{f2}^2 + \frac{h_2 kT}{2q_2}} - L_{f2} \right). \quad (5)$$

Дослідженнями [10] встановлено, що на осушувальних системах положення РГВ, в більшості, визначається вологообміном на поверхні землі – опадами і сумарним випаровуванням. Саме опади в гумідній зоні, а їх випадає в деякі роки до 970 мм, найбільш суттєво впливають на поповнення запасів ґрунтової води, і цим обумовлюється амплітуда зміни положення РГВ.

Таким чином РГВ можна визначати на основі водобалансових

розрахунків для зони аерації, з врахуванням і дренажу ґрунтової води, і атмосферних опадів, і сумарного випаровування води.

Тому в умовах нерівномірного атмосферного водного живлення (гумідної зони), для розрахунків відстаней між різнорівневими дренажами при регулюванні РГВ дренажно-модульними системами, нами використано (як варіант) рівняння елементів водного балансу.

Для рівнинних територій з надмірним і нерівномірним атмосферним живленням в умовах сільськогосподарського використання рівняння водного балансу, згідно з [2], має вигляд

$$\pm M = E - (P + \Delta W), \quad (6)$$

де  $M$  – показник водного балансу ( $\text{м}^3/\text{га}$ ), який для умов гумідної зони має знак «-»;

$E$  – сумарне за розрахунковий період водоспоживання ( $\text{м}^3/\text{га}$ );

$\Delta W$  – запас продуктивної вологи на початок розрахункового періоду ( $\text{м}^3/\text{га}$ );

$P$  – сума опадів за цей же період ( $\text{м}^3/\text{га}$ );

Проте в цьому випадку регулювання величини  $M$  є проблематичним, оскільки традиційні осушувальні системи працюють, в основному, на відведення води з кореневмісного шару.

При використанні замість традиційного дренажу різнорівневі гідравлічно зв'язані регулюючі дрени дренажно-модульних систем [1], та з урахуванням рекомендацій [9], рівняння водного балансу (6) матиме вигляд

$$\bar{q} = (1 - \alpha)P - E + \Delta W, \quad (7)$$

де  $\bar{q}$  – середньодобова інтенсивність інфільтраційного притоку води до РГВ, яка надходить до різнорівневих дрен дренажно-модульної системи [1], мм/добу,

$$\bar{q} = \frac{q_1 + q_2}{2}, \quad (8)$$

де  $q_1$  – інтенсивність притоку води до глибокої дрени дренажного модуля (рис. 2), за розрахунковий період, мм/добу;  $q_2$  – інтенсивність притоку води до мілкої дрени, за розрахунковий період, мм/добу.

Оскільки в формулах (4) і (5) значення  $q_1$  та  $q_2$  невідомі, то ці рівняння розв'язати складно через множину розв'язків. Якщо ж у рівнянні (7) будуть відомі всі елементи водного балансу, то величини  $q_1$  та  $q_2$  можна визначити за допомогою розподілу дренажного стоку (у долях від  $\bar{q}$ ) з мілкої та глибокої дрен, який спостерігається на дослідках [1].

При цьому ми допускаємо, що при кожному висотному розташуванні дрен (перепад  $\Delta h_{др}$ , рис. 1), розподіл стоку з дрен буде спо-



стерігатись відповідно, тобто

$$q_1 = a_1 \bar{q} ; \quad (9)$$

$$q_2 = a_2 \bar{q} , \quad (10)$$

де  $q_1, q_2$  – притік ґрунтової води відповідно до мілкої та глибокої дрен (рис. 1), мм/добу;  $a$  – коефіцієнт поверхневого стоку, який враховує долю атмосферних опадів, які не надійшли на підживлення ґрунтових вод.

Коефіцієнти  $a_1$  та  $a_2$  пов'язані між собою залежностями (9) і (10), а тому з урахуванням (8), можна записати

$$a_2 = 1 - \frac{a_1}{2} . \quad (11)$$

Результати досліджень [1] розподілу стоку між різнорівневими дренами (з різним перепадом мілких і глибоких дрен  $\Delta h_{др}$ ) дренажно-модульної системи наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Частина стоку з глибокої дрени дренажного модуля, залежно від

	$\Delta h_{др}$		
Перепад $\Delta h_{др}$ , м	0,2	0,4	0,6
$a_1$	1,069	1,092	1,116

Сумарний фільтраційний опір  $L_f$ , який використовується у формулах (4) та (5), і визначається за формулою  $L_f = \Phi_1 + \Phi_2$ , не залежить від глибини закладання дрени.

$$\Phi_1 = 0,731g \frac{T}{\pi r_{\partial}} , \quad (12)$$

де  $\Phi_1$  – фільтраційний опір дрени за ступенем розкриття водоносного шару;  $T$  – водопровідність пласту;  $\Phi_2$  – фільтраційний опір дрени за характером розкриття водоносного шару (наприклад, для гончарного дренажу, визначається за формулами Мурашко А. І. [5]);

$$\Phi_2 = \frac{1}{\pi} \ln \frac{4S_1}{d} \ln \frac{1}{\sin \left( \frac{\pi}{2} \cdot \frac{\tau_1}{S_1} \right)} , \quad (13)$$

де  $S_1$  – довжина трубок, м;  $\tau_1$  – ширина стикового зазору між трубками, м.

В результаті отримаємо відстань  $Bmг$  (рис. 2) між різнорівневими – мілкою та глибокою дренами

$$B_{мг} = l_m + l_2, \quad (14)$$

де  $l_m$  – відстань впливу мілкої дрени;  $l_2$  – відстань впливу глибокої дрени.

Як було відмічено, у вегетаційний період режим регулювання РГВ створюють тільки глибокі дрени, а мілкі дрени відіграють роль верхньої межі для створення норми осушення при надлишковій інфільтрації води, за рахунок опадів, або інтенсивного пониження РГВ, спільно з глибокою дренаю, під час повеней і літніх паводків (до глибини закладання мілкої дрени).

Розрахунок параметрів різнорівневих дрен дренажно-модульної системи, при роботі його в режимі регулювання, включає визначення глибини укладання глибоких дрен і відстаней між ними і виконується для середніх умов роботи цих дрен у вегетаційний період, виходячи з критичної для рослин глибини залягання РГВ. Відстань між глибокими дренами (рис. 3) повинна бути такою, щоб забезпечувати необхідне регулювання РГВ за розрахунковий проміжок часу в межах мілкої і глибокої дрен, що дорівнює  $(h_2 + \Delta h_{др}) / 2$ , ( $h_2$  – глибина закладання мілкої дрени;  $\Delta h_{др}$  – різниця між глибиною закладання глибокої і мілкої дрени ( $h_1 - h_2$ )).

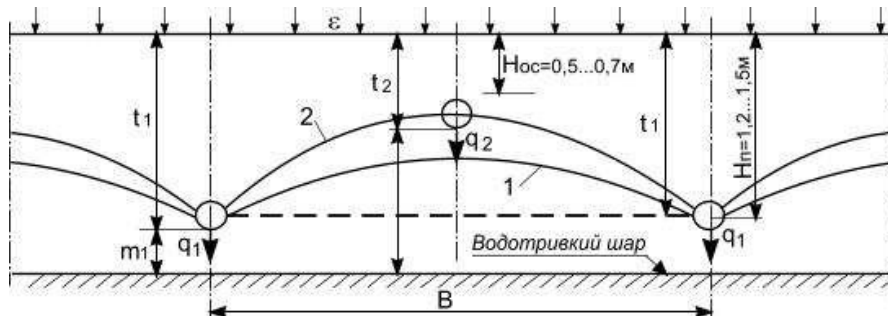


Рис. 3. Схема до розрахунку відстаней між глибокими дренами дренажного модуля при роботі в режимі регулювання РГВ: 1 – глибина РГВ на початку зворотного руху; 2 – глибина в кінці зворотного руху (відповідає верхній допустимій межі норми осушення)

Оскільки інтенсивність пониження РГВ, або підйом в межах мілкої і глибокої дрен, залежить від ряду факторів, і насамперед, глибини закладання різнорівневих дрен, коефіцієнта фільтрації і водовіддачі ґрунту, глибини залягання водотривкого шару і кліматичних факторів, то найбільш суттєве значення має відстань між різнорівневими мілко-глибокими дренами зокрема, і глибокими дренами взагалі.





Тому розрахунок відстані між регулюючими глибокими дренами, для реальних умов, необхідно уточнювати (наприклад за формулою (16), використавши (15) А. М. Янголя [7]).

$$B = 2 \sqrt{\frac{k b h_n h_k t_p}{\delta (h_n - h_k \alpha) + O - \varepsilon_e}}; \quad (15)$$

звідки відстань між глибокими дренами  $B_p$  для регулюючого дренажного модуля

$$B_p = 2n \sqrt{\frac{k b h_n h_k t_p}{\delta (h_n - h_k \alpha) + O - \varepsilon_e}}; \quad (16)$$

де  $n$  – число проміжків між глибоко-мілкими дренами;  $k$  – коефіцієнт фільтрації ґрунту, м/добу;  $b$  – коефіцієнт, що враховує «висячість» глибоких дрен над водотривким шаром (визначається за формулою Козлова С. В.);  $h_n$  – початкове положення ґрунтової води, м;  $h_k$  – положення РГВ в кінці розрахункового часу  $t_p$ , м;

$t_p$  – час пониження ґрунтової води від  $h_n$  до  $h_k$ , діб;  $\alpha$  – коефіцієнт, що враховує кривизну депресійної поверхні біля  $h_k$  (для дрен коливається від 0,8 до 1,0);

$O$  – опади, що просочилися до РГВ за розрахунковий період  $t_p$ , м;

$\varepsilon_e$  – сумарне випаровування за розрахунковий період, м;

$\delta$  – коефіцієнт об'ємної (питомої) водовіддачі ґрунту, розраховується за формулами:

- для торфовищ визначається за формулою Івицького А. І. (17) і (18);

$$\delta = \frac{0,116 \sqrt[8]{k \phi^3}}{H_p - H_n} \left( H_p \sqrt[4]{H_p^3} - H_n \sqrt[4]{H_n^3} \right) \quad (17)$$

- для мінеральних ґрунтів за формулою Еркіна Г. Д., уточненою Івицьким А. І. [2]

$$\delta = \frac{0,056 \sqrt{k \phi}}{H_p - H_n} \left( H_p \sqrt[3]{H_p} - H_n \sqrt[3]{H_n} \right); \quad (18)$$

$$H_p = H_k + \left( 1 - \frac{\pi}{4} \right) (h_k - h'), \quad (19)$$

де  $h'$  – перевищення РГВ біля дрени (над дном дрени) в кінці розрахункового часу  $t$ , м.

Практика показує, що після весняної повені дуже часто тривалий час, інколи навіть більше місяця, в гумідній зоні не випадає опадів або їх кількість незначна. Тим часом земля пересихає, а в кореневмісному шарі вологи недостатньо для нормального відновлення вегетації озимих та проростання насіння культур весняного посіву. В цей час виникає небезпека вітрової ерозії, особливо на торф'яних ґрунтах під час їх обробітку. Такі посухи несуть, як правило, значні збитки для сільського господарства.

Цієї небезпеки можна уникнути, застосувавши спосіб регулювання РГВ дренажно-модульними системами. Після інтенсивного відведення (глибокою та мілкою дренами) повеневих вод на глибину 0,5...0,6 м, мілка дрена виключається з роботи. Це відбувається, коли напір над нею  $h_2 < 0,1$  м. Тоді відстань між дренами зростає від  $B_{мг}$  до  $B=2B_{мг}$  (див. рис. 2), а інтенсивність пониження рівня ґрунтових вод різко зменшується, а згодом призупиняється.

Для тривалості роботи глибоких дрена нами використана формула Авер'янова С. Ф. [3]

$$B = \sqrt{\frac{8k \cdot h_2 \cdot (h_1 - h_0)^2}{\delta(h_1^2 - h_2^2)}} \cdot t_p. \quad (20)$$

Формула (20) уточнена на випадок можливих надлишкових опадів протягом періоду роботи глибоких дрена.

Якщо внаслідок опадів інтенсивністю  $\varepsilon$  відбувається притік їх до ґрунтових вод, то ця величина  $\varepsilon$  впливає лише на елемент  $h_1$  у формулі (20). Шар опадів, що надійшли на збільшення  $h_1$ , можна записати як  $\varepsilon \cdot t$ , де  $t$  – тривалість їх випадання.

Зважаючи на те, що  $B = 2 \cdot B_{мг} = 2 \cdot (l_m + l_r)$ , то час зниження РГВ до повного призупинення дренажного стоку буде рівний

$$t_p = \frac{l_m + l_r}{\sqrt{\frac{2k}{\delta} \cdot \frac{(h_1 + \varepsilon \cdot t) \cdot (h_1 + \varepsilon \cdot t - h_0)^2}{((h_1 + \varepsilon \cdot t)^2 - h_2^2)}}}, \quad (21)$$

де  $h_1, h_2$  – напір на дрена відповідно на початок та кінець розрахункового періоду, м;

$h_0$  – ордината кривої депресії біля дрени на кінець цього періоду;

$\delta$  – коефіцієнт об'ємної водовіддачі ґрунту.

Слід зазначити, що час пониження РГВ в легких ґрунтах, до



призупинення стоку з дрен в посушливий період, при регулюванні його дренажними модулями за аналізом складає 15–40 діб, залежно від різниці глибин закладання дрен  $\Delta h$ . Дослідженнями встановлено, що цього достатньо для подолання посухи рослинами. Отже, застосування дренажних модулів, порівняно з традиційними способами регулювання РГВ, дозволяє [1]: 1) інтенсивно відводити надлишкову воду до передпосівної норми осушення та підтримувати РГВ на доступній для культур глибині протягом їх вегетації; 2) зменшити тривалість застосування гідротехнічних споруд для регулювання РГВ та проведення зволень; 3) значно зменшити об'єми земляних робіт при будівництві регулюючої та водопровідної відкритої мережі; 4) широко застосовувати дренажно-модульні системи в гумідній зоні.

### **Висновки**

1. Запропонований спосіб регулювання водного режиму ґрунтів дренажно-модульними системами з різнорівневим підключенням регулюючих дрен об'єднує відомі традиційні способи регулювання водного режиму – осушення та шлюзування (попереджувальне і зволожувальне) без використання регулюючих споруд на каналах і колекторах. Він дозволяє в гумідній зоні на гідромеліоративних землях накопичувати та ефективно розподіляти в часі і просторі надлишкову вологу.

2. За результатами теоретичних та експериментальних (лабораторних і польових) досліджень удосконалено загальноприйняті методи та математичні моделі, що описують рух води в ґрунті.

3. В розрахунках відстані між дренами мілкою та глибокою закладання враховано особливості роботи ДМС з різнорівневими регулюючими дренами.

1. Ткачук М. М., Ткачук Р. М., Білецький А. А. Водорегулювання дренажно-модульними системами на осушуваних землях. *Вісник НУВГП. Сер. Технічні науки* : зб. наук. праць. Рівне : НУВГП, 2019. Вип. 2(86). С. 79–91.
2. Ивицкий А. И. Основы проектирования и расчётов осушительных и осушительно-увлажнительных систем. Мн. : Наука и техника, 1988. 311 с.
3. Аверьянов С. Ф. Борьба с засолением орошаемых земель. М. : Колос, 1978. 288 с.
4. Маслов Б. С., Станкевич В. С., Черненко В. Я. Осушительно-увлажнительные системы. Москва : Колос, 1980. 279 с.
5. Мурашко А. И. Горизонтальный пластмассовый дренаж. Мн. : Ураджай, 1973. 208 с.
6. Олейник А. Я. Геогидродинамика дренажа. Киев : Наукова думка, 1981. 283 с.
7. Янголь А. М., Скрипчинская Л. В. и др. Сельскохозяйственные гидротехнические мелиорации. К. : «Вища школа», 1977. 352 с.
8. Костяков А. Н. Основы мелиорации. М. : Сельхозгиз, 1960. 751 с.
9. Расчёты оптимальных параметров сельскохозяйственного дренажа / Климко А. И. и др. М. : Колос, 1979. 143 с.

## REFERENCES:

1. Tkachuk M. M., Tkachuk R. M., Biletskyi A. A. Vodorehulivannia drenazhno-modulnymi systemamy na osushuvanykh zemliakh. *Visnyk NUVHP. Ser. Tekhnichni nauky* : zb. nauk. prats. Rivne : NUVHP, 2019. Vyp. 2(86). S. 79–91.
2. Ivitskiy A. I. Osnovy proektirovaniya i raschetov osushitelnykh i osushitelno-uvlajnitelnykh sistem. Mn. : Nauka i tehnika, 1988. 311 s.
3. Averyanov S. F. Borba s zasoleniem oroshaemykh zemel. M. : Kolos, 1978. 288 s.
4. Maslov B. S., Stankevich V. S., Chernenok V. YA. Osushitelno-uvlajnitelnyie sistemy. Moskva : Kolos, 1980. 279 s.
5. Murashko A. I. Gorizontalnyy plastmassovyy drenaj. Mn. : Uradjay, 1973. 208 s.
6. Oleynik A. Ya. Geogidrodinamika drenaja. Kiev : Naukova dumka, 1981.
7. Yangol A. M., Skripchinskaya L. V. i dr. Selskohozyaystvennyie gidrotehnicheskie melioratsii. K. : «Vyshcha shkola», 1977. 352 s.
8. Kostyakov A. N. Osnovy melioratsii. M. : Selhozgiz, 1960. 751 s.
9. Raschetyi optimalnykh parametrov selskohozyaystvennogo drenaja / Klimko A. I. i dr. M. : Kolos, 1979. 143 s.

---

**Tkachuk M. M., Doctor of Engineering, Professor, Tkachuk R. M., Candidate of Engineering (Ph.D.)** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

### **IMPROVING THE REGULATION OF SOIL WATER REGIME BY INNOVATIVE DRAINAGE-MODULAR SYSTEMS. CALCULATION OF DISTANCES BETWEEN REGULATING DRAINS ARRANGED AT DIFFERENT LEVELS**

**The article considers water regulation by means of drainage-modular systems with different levels connecting regulating drains on drained lands, schemes of their design parameters are given.**

**The research results and methods for calculating the parameters of these systems are presented. A new solution to the scientific and technical problem is substantiated, which consists in improving the design and improving the technology of water regulation of drained lands based on a combination of self-regulation and accumulation of water by installing a drainage-modular system with different levels of connection of hydraulically coupled drains regulating. Design and technical and technological parameters of such drainage-modular systems (regime of groundwater levels, depth of drainage, distance between them, drainage flow modules, moisture accumulation), their interaction and impact on the effectiveness of water regulation have been theoretically substantiated theoretically and investigated in laboratory and field conditions. The regularities of the formation of drainage flow and water regime of soils depending on the parameters of the drainage-modular system are investigated. It is established that the required intensity of drainage during sowing and during floods can**



be provided by a drainage-modular system with hydraulically connected regulating drains, while an important condition for designing a drainage-modular system is that hydraulically connected regulating drains located nearby should be laid at different depths, which ensures the best efficiency of their work. It has been established that, compared with traditional irrigation and drainage systems, drainage-modular systems during the growing season, with an increase in the difference between drains, accumulate groundwater within deep and shallow drains. The generally accepted methods and mathematical models that describe the movement of water in the soil to calculate the basic parameters (depth of laying, distance and difference between drains) of the drainage-modular system with different levels of hydraulically connected regulating drains have been improved.

Improved technology for the construction of drainage and modular systems with hydraulically connected different levels of control drains, which can significantly accelerate the pace of construction of the regulatory network, reduce the complexity of work and construction costs.

It is shown that this development is the best in terms of technological and environmental, economic efficiency and investment attractive.

**Keywords:** water regulation; improvement of water regulation; drainage-modular systems; multilevel regulating drains; drained lands.

---

**Ткачук Н. Н., д.т.н., профессор, Ткачук Р. Н., к.т.н.** (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

**УЛУЧШЕНИЕ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОДНОГО РЕЖИМА ГРУНТОВ  
ИННОВАЦИОННЫМИ ДРЕНАЖНО-МОДУЛЬНЫМИ СИСТЕМАМИ.  
РАСЧЕТ РАССТОЯНИЙ МЕЖДУ РАЗНОУРОВНЕВЫМИ  
РЕГУЛИРУЮЩИМИ ДРЕНАМИ**

В статье рассмотрено водорегулирование дренажно-модульными системами с разными уровнями подключения регулирующих дрен на осушаемых землях, приведены схемы их конструктивных параметров, а также результаты исследований и методы расчета параметров этих систем.

**Ключевые слова:** улучшение регулирования, водный режим, инновационные дренажно-модульные системы, гидравлически связаны разноуровневые регулирующие дрены, осушительные системы.

---