

Удосконалення розрахунку параметрів дренажу з урахуванням глибокого розпушення ґрунту

<https://doi.org/10.31713/MCIT.2025.015>

Євген Ромащенко

Національний університет водного господарства та інженерії природокористування, м. Рівне, Україна
e.v.romashchenko@nuwm.edu.ua

Олександр Онопко

Національний університет водного господарства та інженерії природокористування, м. Рівне, Україна
o.s.onopko@nuwm.edu.ua

Павло Волк

Національний університет водного господарства та інженерії природокористування, м. Рівне, Україна
p.p.volk@nuwm.edu.ua

Анатолій Рокочинський

Національний університет водного господарства та інженерії природокористування, м. Рівне, Україна
a.m.rokochinskiy@nuwm.edu.ua

Анотація — визначено технологічні та конструктивні параметри спільної роботи дренажу з різними технологіями глибокого розпушення, за якими удосконалено методи їх розрахунку шляхом поєднання гідромеханічного й водобалансового методів: відповідно удосконалено розрахункову двошарову схему та визначено середньозважені за профілем та площею розповсюдження значення показників водно-фізичних властивостей (коефіцієнти фільтрації й водовіддачі тощо), глибини залягання водоупору на осушуваному масиві, а також гідрологічні характеристики впливу на умови роботи дренажу, що дасть змогу, на відміну від наявних, підвищити точність й обґрунтованість відповідних проектних рішень на 20...30%.

Ключові слова — параметри дренажу, глибоке розпушення.

I. ВСТУП

У зв'язку з несприятливими водно-фізичними властивостями, насамперед підорних горизонтів осушуваних дерново-підзолистих ґрунтів Західного Полісся, що негативно впливає на їх вологозабезпеченість й, відповідно, родючість, а також неоднозначним впливом осушення на ґрунтові процеси в них, при їх освоєнні та використанні рекомендується одночасно з улаштуванням дренажу проводити низку агро меліоративних заходів, спрямованих на збільшення акумуляційної здатності активного шару ґрунту, покращання поверхневого і внутрішньогрунтового стоку, збагачення ґрунту поживними елементами, підтримання сприятливого еколого-меліоративного стану осушуваних ґрунтів. Найбільш ефективним з таких заходів для переважаючих в даному регіоні дерново-підзолистих ґрунтів є їх глибоке розпушення у поєднанні з дренажем. Вплив глибокого розпушення на ефективність роботи систематичного матеріального дренажу на мінеральних осушуваних ґрунтах призводить насамперед до прискорення відведення зайвої вологи та посилення дернованості

осушуваної території у періоди перезволоження. Під періодами перезволоження слід сьогодні розуміти не тільки традиційний для обґрунтування параметрів дренажу весняний розрахунковий період, але й критичні періоди, що виникають впродовж періоду вегетації внаслідок часто локального випадіння інтенсивних атмосферних опадів (зливового характеру), пов'язаних зі змінами клімату, і призводить до значного підвищення навантаження на роботу дренажу [1-6]. При цьому залежно від виду та технологій глибокого розпушення можлива часткова акумуляція вологи в підорному шарі розпушеного ґрунту, що може частково знижувати навантаження на дренаж.

II. МЕТОДИ ТА МАТЕРІАЛИ

У загальному випадку, для розрахунку параметрів дренажу (відстані між дренами), згідно ДБН В.2.4-1-99, рекомендовано використовувати загальноприйняту формулу з урахуванням розробок О. Я. Олійника та О. І. Мурашко для однорідних і шаруватих ґрунтів в умовах атмосферно-ґрунтового живлення [3], оскільки вона досить повно враховує конструктивні особливості горизонтального дренажу і реалізується за такими розрахунковими схемами щодо різної шаруватості ґрунтів та їх водопроникності за сталої відстані від поверхні ґрунту до водоупору.

Проведення глибокого розпушення на мінеральних осушуваних ґрунтах призводить до змін водно-фізичних властивостей ґрунту і, відповідно, його водопроникності та акумулятивної здатності, що визначає необхідність внесення змін в розрахунок дренажу з урахуванням застосування різних технологій розпушення. Ці зміни дають змогу виділити два водопровідних пласти ґрунту з вираженими характерними особливостями. Верхній пласт має підвищену штучну водопровідність, що надана йому за рахунок першого верхнього орного

шару ґрунту потужністю (m_1) з відповідним коефіцієнтом фільтрації K_1 , розпушеного другого шару ґрунту за відповідною технологією глибокого розпушення (щільове, смугове, суцільне) (m_2), K_2 та третього шару до глибини влаштування дренажних траншей (m_3), K_3 що за своїми характеристиками аналогічний смуговому глибокому розпушенню ґрунту). А нижній пласт характеризується природною водопровідністю K_4 з можливою структурною його шаруватістю та різною глибиною залягання водоупору (m_{Dn}) [148].

Тому, на підставі та в розвиток розробок Олійника О. Я. [155,156], Полякова В. Л. [3,7], Кожушка Л. Ф. [3], та, що стосується визначення параметрів дренажу, в тому числі з урахуванням глибокого розпушення, нами розроблено і пропонується, на відміну від наявних розрахункових різних багат шарових схем, універсальну двошарову схему роботи дренажу при глибокому розпушенні ґрунту за відповідною технологією та різною глибиною залягання водоупору (рис. 1.)

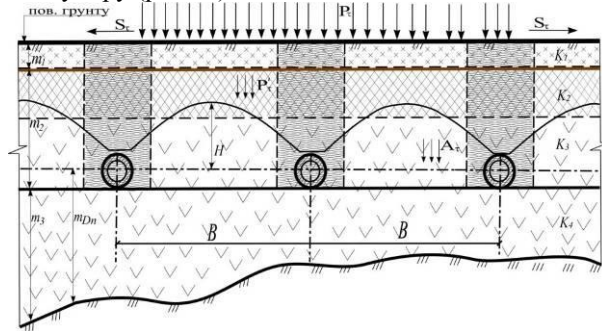


Рис. 1. Розрахункова схема роботи дренажу при наявності глибокого розпушення ґрунту: K_1, K_2, K_3, K_4 – коефіцієнти фільтрації, м/добу; P_τ –

максимальна кількість опадів, що випала за добу, мм; S_τ – поверхневий стік за час τ , P'_τ – частина опадів добового максимуму опадів, що попадає в розпушений ґрунт, мм; A_τ – акумулююча здатність розпушеного ґрунту в зоні аерації, залежно від вихідної вологості, мм.

Відповідно до запропонованої розрахункової схеми роботи дренажу при глибокому розпушенні ґрунту (див. рис. 1), середньозважені за профілем та площею розповсюдження значення відповідних показників $\bar{X}_i$ щодо водно-фізичних властивостей (коефіцієнт фільтрації, коефіцієнт водовіддачі тощо) для визначеної кількості водопрвідних пластів та шарів ґрунту, у межах виділених характерних за рельєфом ділянках осушуваного масиву, можна визначити аналогічно до лінійно-площинного підходу (Коптюк Р.М., 2013), який у загальному випадку має вигляд

$$\bar{X}_i = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i \cdot m_i \cdot f_i)}{\sum_{i=1}^n (m_i \cdot f_i)} \quad i = \overline{1, n}, \quad (1)$$

де X_i – відповідні значення показників водно-фізичних властивостей ґрунтів щодо коефіцієнту фільтрації K_i , коефіцієнту водовіддачі μ_i тощо для відповідних водопрвідних шарів як верхнього пласту з підвищеною штучною водопрвідністю (оранка верхнього шару, розпушення другого шару, глибина дренажних траншей), так і нижнього пласту з природною водопрвідністю, який може бути однорідним або шаруватим; m_i – відповідні потужності шарів ґрунту, f_i – дольові частки займаної площі відповідних шарів ґрунту у межах виділеної характерної ділянки території за рельєфними умовами.

Вплив різних технологій глибокого розпушення на водопрвідність осушуваних мінеральних ґрунтів характеризується різним рівнем зміни їх фільтраційної та акумуляційної здатності. Залежність коефіцієнту фільтрації K_i при

застосуванні різних технологій глибокого розпушення від коефіцієнту повноти розпушеності R_c в шарі ґрунту 0,6 м може бути визначене за такою емпіричною залежністю (Рокочинський А. М., Ткачук Ф. В., Степанюк А. А. та ін. 2006),

$$K_i = 1,60 - \frac{0,117}{R_c}, \quad \text{м/добу}; \quad 0,1 \leq R_c \leq 0,7. \quad (2)$$

Відповідно, залежність максимального запасу продуктивної вологи ґрунту Wh° від коефіцієнту повноти розпушеності R_c в шарі ґрунту 0,6 м визначається за формулою

$$Wh^\circ = \frac{R_c}{0,0003 + 0,0014 \cdot R_c}, \quad \text{м}^3/\text{га}; \quad 0,1 \leq R_c \leq 0,7. \quad (3)$$

Акумулююча здатність розпушеного ґрунту A_τ ($\text{м}^3/\text{га}$) щодо кількості акумульованої води в разі випадіння опадів, залежно від їх ефективної кількості P_e (мм) за виключенням поверхневого стоку, та максимального запасу продуктивної вологи ґрунту Wh° ($\text{м}^3/\text{га}$), може бути визначена за такою емпіричною залежністю

$$A_\tau = 0,0214 \frac{P_e^2}{Wh^\circ}, \quad \text{м}^3/\text{га}. \quad (4)$$

Відповідно середньозважене розрахункове значення відстань від осі дрени до водоупору $\overline{m_{Dn}}$ при можливому його змінному характері у межах характерної ділянки території за рельєфними умовами можна визначити за формулою

$$\overline{m_{Dn}} = \frac{\sum_{i=1}^n (m_{Dni} \cdot f_i)}{\sum_{i=1}^n f_i}, \quad i = \overline{1, n}, \quad (15)$$

де m_{Dni} – змінна відстань від осі дрени до водоупору у межах характерної ділянки території за рельєфними умовами; f_i – дольова частка займаної площі розповсюдження однакової відстані від осі дрени до водоупору в межах характерної ділянки території за рельєфними умовами.

Час, за який може бути знижений РГВ до безпечного рівня щодо затоплення та підтоплення вирощуваних культур або тривалість періоду, в продовж якого формується модуль дренажного стоку, що значно перевищує його розрахункове значення і характеризує граничні умови роботи дренажу, визначається за виразом

$$t = \frac{P'_\tau}{86,4 \cdot q_i}, \text{ дiб}, \quad (6)$$

де q_i – розрахунковий модуль дренажного стоку, м/добу.

Частина опадів (добових, декадних тощо), що попадає в ґрунт і формує підняття РГВ та збільшення модуля дренажного стоку (інфільтрація), може бути визначена згідно розрахункової схеми (див. рис. 1), за виразом

$$P'_\tau = P_\tau - S_\tau - A_\tau, \text{ мм}, \quad (7)$$

де P_τ – максимальна кількість опадів, що випала за добу, мм; S_τ – поверхневий стік за час τ , який визначається за аналогією з формулою А. М. Янголя як

$$S_\tau = P_\tau \cdot k_s, \text{ мм}, \quad (8)$$

де k_s – коефіцієнт поверхневого стоку.

Тут коефіцієнт поверхневого стоку (k_s) може бути визначений за емпіричною формулою, яка розглядає залежність його утворення на меліорованих територіях від двох визначальних факторів: водопроникності ґрунту, що характеризується коефіцієнтом фільтрації (K_i), та ухилом його поверхні (i)

$$k_s = \left(1 - 0,07 \cdot \frac{K_i}{K_{i0}} \right) \cdot i^{0,17 \left(1 + \frac{K_i}{K_{i0}} \right)} \quad (9)$$

де K_{i0} – оптимальний коефіцієнт фільтрації за умовами водорегулювання, $K_{i0} = 1,0$ м/добу.

III. РЕЗУЛЬТАТИ

Узагальнені результати дослідження спільної дії дренажу та різних технологій глибокого розпушення щодо не розпушеного осушуваного мінерального ґрунту у критичних умовах при випадінні добових

Таблиця 1. Порівняльна характеристика гідрологічних та технологічних складових спільної роботи дренажу та різних технологій розпушення щодо не розпушеного ґрунту у критичних умовах, %

Значення показників	Розрахункова забезпеченість добових максимумів опадів						
	$P, \%$	5%	10%	30%	50%	70%	90%
Щілине $K_i = 0,25 \text{ м/добу};$ $Wh^o = 594 \text{ м}^3/\text{га};$	$P_\tau, \text{ мм}$	89,0	73,0	49,0	42,0	31,0	21,0
	$\Delta S_\tau, \%$	14,95	14,93	14,95	14,95	15,03	14,87
	$\Delta A_\tau, \%$	38,87	29,65	29,62	29,66	29,75	30,56
	$\Delta P'_\tau, \%$	2,26	0,67	2,44	2,90	3,64	4,22
	$\Delta t, \%$	7,88	0,96	3,08	3,70	4,42	5,56
Смугове $K_i = 0,36 \text{ м/добу};$ $Wh^o = 655 \text{ м}^3/\text{га};$	$\Delta S_\tau, \%$	25,84	25,85	25,84	25,78	25,94	25,81
	$\Delta A_\tau, \%$	99,34	86,09	86,08	86,21	84,18	87,50
	$\Delta P'_\tau, \%$	11,25	5,65	0,09	1,40	-3,64	5,59
	$\Delta t, \%$	20,05	8,04	0,51	1,85	4,42	6,94
	$\Delta S_\tau, \%$	39,99	40,01	40,03	40,02	40,61	39,96
Суцільне $K_i = 0,53 \text{ м/добу};$ $Wh^o = 711 \text{ м}^3/\text{га};$	$\Delta A_\tau, \%$	180,9	162,2	162,2	162,4	162,0	163,8
	$\Delta P'_\tau, \%$	23,64	14,42	3,75	0,86	3,50	7,22
	$\Delta t, \%$	35,56	19,94	5,13	7,41	4,42	5,56
	$\Delta S_\tau, \%$	39,99	40,01	40,03	40,02	40,61	39,96

максимумів опадів різної забезпеченості на прикладі досліджуваного об'єкта наведено в табл. 1.

Отримані результати засвідчують, що в досліджуваних умовах глибоке суцільне розпушення ґрунту впливає на ефективність роботи дренажу, при цьому швидкість відведення води змінюється від 35% до 5% при забезпеченості опадів від 5% до 90%, що є значно ефективніше ніж при щілинному та смуговому розпушенні, за рахунок відповідного зменшення величини поверхневого стоку, збільшення закумуляованої води в ґрунті та зменшення кількості води, що надходить в дренаж. Таким чином, глибоке розпушення ефективно впливає на роботу дренажу, сприяє більш швидкому звільненню орного шару ґрунту від надлишку вологи, прискорюючи її переміщення та акумуляцію у нижче розташованих шарах, тим самим зменшує навантаження на дренаж.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Стратегія зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року: затв. розпорядженням КМУ від 14 серпня 2019 р. №688-р.
- [2] Рокочинський А.М., Волк П.П. Моделі системної оптимізації для створення й функціонування дренажних систем у сучасних умовах. Меліорація і водне господарство № 1 (2021). С.-75-86.
- [3] Меліорація та облаштування Українського Полісся: колективна монографія / за ред. д.с.-г.н., професора, акад. НААН Я.М. Гадзала, д.т.н., професора, член-кор. НААН В.А. Сташук, д.т.н., професора А.М. Рокочинського. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2017. Т.1. 932 с.
- [4] Рокочинський А.М. Наукові та практичні аспекти оптимізації водо регулювання осушуваних земель на еколого-економічних засадах: Монографія/ За редакцією академіка УААН. Романенка М.І.– Рівне: НУВГП, 2010–351с.
- [5] Янголь А.М. Двустороннее регулирование влажности при осушении. - М.: Колос, 1970. – 135 с.
- [6] . Науково-методичні рекомендації щодо створення та функціонування дренажних систем у змінних сучасних умовах / Сташук В.А, Рокочинський А.М., Волк П.П., та ін – Рівне: НУВГП, 2021. – 104 с.
- [7] Rokochinskiy, A., Kuzmych, L., & Volk, P. (Eds.). (2023). Handbook of Research on Improving the Natural and Ecological Conditions of the Polesie Zone. IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-8248-3>.
- [8] Волк П. П., Рокочинський А. М., Тимейчук О. Ю. Теоретичні аспекти системної оптимізації створення та функціонування дренажних систем на еколого-економічних засадах. Вісник НУВГП. Технічні науки : зб. наук. праць. Рівне : НУВГП, 2020. Вип. 3 (90). С. 3–21.