

## ПРИНЦИПИ ПРОЄКТУВАННЯ ОСУШУВАЛЬНО-ЗВОЛОЖУВАЛЬНИХ СИСТЕМ

**Р. М. Левицький**

здобувач вищої освіти першого (бакалаврського) рівня, 1 курс,  
спеціальність «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології»,  
навчально-науковий інститут енергетики, автоматики та водного господарства  
Науковий керівник – к.т.н., доцент Л. О. Токар

*Національний університет водного господарства та природокористування,  
м. Рівне, Україна*

**Статтю присвячено дослідженню ключових принципів та інженерних підходів до проєктування сучасних відкритих та закритих осушувально-зволожувальних систем, які критично важливі для адаптації сільського господарства України до сучасних кліматичних змін.**

**Ключові слова:** осушувально-зволожувальна система, відкрита осушувально-зволожувальна система, закрита осушувально-зволожувальна система, шлюзування, канал, дренаж.

**The article is devoted to the study of the key principles and engineering approaches to the design of modern open and closed drainage and irrigation systems, which are critically important for adapting Ukraine's agriculture to contemporary climate change.**

**Keywords:** drainage and irrigation system, open drainage and irrigation system, closed drainage and irrigation system, lockage, canal.

Зміна клімату в Україні призвела до посилення погодних контрастів, вимагаючи кардинального перегляду підходів до агротехнологій та, зокрема, меліорації. Осушувальні системи вже не здатні ефективно забезпечити сталий розвиток сільського господарства, оскільки періодичні зони надмірного зволоження можуть швидко перетворюватися на посушливі. Тому дослідження та обґрунтування принципів проєктування чи реконструкції осушувально-зволожувальних систем, які передбачають двостороннє регулювання водного режиму ґрунту, створюють можливості інтеграції кліматичних прогнозів та водозберігаючих технологій для створення високоефективних, ресурсощадних та екологічно збалансованих меліоративних комплексів. Дотримання цих принципів є критично важливим для гарантування продовольчої безпеки та стійкої продуктивності агроландшафтів в умовах постійних гідрометеорологічних ризиків.

**Метою статті** є описати основні принципи проєктування відкритих та закритих осушувально-зволожувальних систем та проаналізувати їх переваги та недоліки, що дозволить мінімізувати меліоративні ризики як у періоди посухи, так і надмірного зволоження.

**Ключовим елементом** адаптації сільського господарства України до кліматичних змін та забезпечення продовольчої безпеки є проєктування чи реконструкція існуючих осушувально-зволожувальних систем. Вони дозволяють отримувати стабільні врожаї як у посушливі, так і в перезволожені роки.

Осушувально-зволожувальна система – комплекс гідромеліоративних споруд, який поєднує функції осушення надмірно зволених земель та їх зрошення (зволоження) в посушливий період, дозволяючи двосторонньо регулювати водний режим ґрунту для ефективного сільського господарства. Необхідність проєктування осушувально-зволожувальних систем зумовлена тим, що на осушувальних землях, у літні періоди, через

недостатню кількість опадів та нерівномірність їх розподілу, більшість сільськогосподарських культур погано переносять нестачу вологи у кореневмісному шарі ґрунту.

Осушувально-зволожувальні системи на відміну від осушувальних більш повно оптимізують умови вирощування сільськогосподарських культур в різних фізико-географічних умовах. Вони не лише оптимізують водний режим, але й створюють можливість одночасного регулювання декількох факторів, наприклад: вологи, повітря і поживних речовин [1; 2].

Осушувально-зволожувальна система складається з елементів: регулюючої, огороджуючої і провідної мережі, гідротехнічних споруд, водоприймача і вододжерела та меліоративної ділянки.

Відкриті системи характеризуються наявністю регулювальної мережі у вигляді відкритих каналів, тоді як у закритих системах регулювальна мережа складається із закритих збирачів або дрен; закритою може бути також частина провідної мережі (колектори). В обох випадках основні провідні та огороджувальні канали є відкритими.

**Відкрита осушувально-зволожувальна система** включає мережу відкритих каналів, що забезпечують регулювання водного режиму території, транспортуючі збирачі-зволожувачі та регулювальні гідротехнічні споруди.

Зволоження кореневмісного шару ґрунту на відкритих осушувально-зволожувальних системах здійснюється шляхом регулювання рівня ґрунтових вод за таких умов: високої водопроникності ґрунтів і ґрунтових горизонтів (коефіцієнт фільтрації  $k \geq 1$  м/добу); у разі менш водопроникних ґрунтів застосовують заходи, спрямовані на підвищення їх водопроникності, зокрема кротування та глибоке розпушування, що дає змогу використовувати цей метод при коефіцієнті фільтрації до 0,5 м/добу; неглибокого залягання водоупору або близького до поверхні рівня ґрунтових вод (інтенсивне ґрунтове живлення); спланованої поверхні ґрунту з оптимальними похилами 0,001–0,002 та допустимим похилом не більше 0,005; наявності прісних ґрунтових вод [2]. Регулювання подачі води в системи, а також сповільнення або припинення скиду її із регулюючої мережі здійснюється шлюзами-регуляторами.

Розрізняють попереджувальне та зволожувальне шлюзування.

Попереджувальне шлюзування – затримання в каналах частини води весняної повені для збереження рівня ґрунтових вод, який рекомендується нормою осушення. Цей прийом ефективний тільки в першій половині вегетаційного періоду та доцільний у випадку, коли площа водозбору осушувальної системи перевищує площу шлюзування в 15–30 раз, оскільки при меншій водозбірній площі об'єм води може бути недостатнім.

Зволожувальне шлюзування полягає в подачі води існуючого вододжерела у відкриту осушувальну мережу, що дозволяє в будь-який час вегетації піднімати рівень ґрунтових вод на необхідну для зволоження висоту [3].

Зволожувальне шлюзування розрізняють неперервне та періодичне.

Неперервне зволожувальне шлюзування має на меті підтримання глибини ґрунтових вод, яка відповідає нормі осушення, шляхом закриття шлюзів протягом усього вегетаційного періоду.

Періодичне зволожувальне шлюзування полягає в багатократному підйомі рівня ґрунтових вод шляхом закриття шлюзів для зволоження кореневмісного шару ґрунту.

Вода на відкритих осушувально-зволожувальних системах розподіляється випуском в канали меншого порядку із старших каналів. При цьому можливі два варіанта зволожувальної дії: перший – подача води в гирло осушувально-зволожувальних каналів та другий – подача води у витoki, що реалізується маневруванням шлюзами-регуляторами. Шлюзи-регулятори розміщують за принципом командування нижче розміщеною мережею

[2]. Горизонт води в каналі, між шлюзами, підтримують на глибині 0,3–0,5 м від бровки, допускаючи короткочасний підйом рівня води біля нижніх шлюзів на 0,1–0,2 м від їх бровки.

Для забезпечення рівномірного зволоження осушуваних земель відстань між шлюзами визначається за формулами:

- якщо похил дна відповідає похилу поверхні землі

$$l = \frac{\Delta h}{I + i}, \quad (1)$$

- якщо похил дна не відповідає похилу поверхні землі

$$l = \frac{2\Delta h}{I}, \quad (2)$$

де  $\Delta h$  – допустима різниця у рівнях води між шлюзами, м;

$$\Delta h = h_2 - h_1, \quad (3)$$

$h_1$  – глибина води біля нижнього шлюзу, м;

$h_2$  – глибина води біля верхнього шлюзу, м;

$I$  – похил дна каналу;

$i$  – похил поверхні землі.

Відстань між зволожувальними каналами при глибині їх до водоупору визначають за формулою Б. Г. Гейтмана:

$$B = 2\sqrt{\frac{k}{e}h(2H - h)}, \quad (4)$$

де  $k$  – коефіцієнт фільтрації, м/добу;

$e$  – інтенсивність випаровування, м/добу;

$H$  – висота рівня води в каналі, м;

$h$  – висота рівня води на середині відстані між каналами, м.

Відкриті осушувально-зволожувальні системи в сільськогосподарських меліораціях використовуються рідко, лише при попередньому осушенні боліт та малопродуктивних сінокосів і вигонів. Вони широко використовуються при осушенні лісів.

На відміну від відкритих осушувально-зволожувальних систем закриті проєктуються частіше, оскільки їх цільове використання орієнтоване на високоінтенсивне сільськогосподарське виробництво (виросування зернових, овочів, технічних культур), де необхідно максимально зберегти площу для обробітку, забезпечити оптимальний водно-повітряний режим ґрунту та впровадити ефективне регульоване підґрунтове зволоження, недоступне для реалізації відкритими каналами без значної втрати землі.

В зоні осушення дренаж можна використовувати для підґрунтового зволоження в засушливі періоди вегетації. В цьому випадку суміщення елементів осушувальної і зрошувальної систем є найбільш повним [3].

Осушувально-зволожувальні системи з матеріальним дренажем, який регулює водний режим кореневого шару ґрунту, ефективні на територіях з високою водопроникністю ґрунту ( $k \geq 0,5-1,0$  м/добу) і підстилаючих горизонтів. В цих умовах забезпечується необхідне підвищення вологи за 3–6 діб.

Системи будують з одностороннім (на ділянках з великим похилом) та двостороннім впаданням дренажу в закриті колектори, протяжність яких 600–800 м. Довжина дрен 150–200 м при глибині їх закладання 1,2–1,4 м [2]. Спряження дрен – зволожувачів з колекторами виконують в притик.

Закритий дренаж, побудований для осушення, не забезпечує нормального зволоження земель, тому відстані між дренами при проєктуванні повинні бути зменшені в 1,3–1,5 рази

при глибині їх закладання 1,2–1,5 м і мінімальних похилах 0,002–0,003; необхідна при цьому площа перфорації дрен повинна бути не менша 15–20 см<sup>2</sup>/м [3].

Колектори осушувально-зволожувальних систем розраховують, виходячи з умов їх роботи на осушення і зволоження.

Вода в систему дрен-зволожувачів може подаватися: в гирло колекторів-зволожувачів із провідних осушувальних каналів; у витоки колекторів-зволожувачів із підвідних каналів-розподільувачів; у витоки колекторів-зволожувачів із напірного трубопроводу; в спеціальні зволожувальні трубопроводи із розподільчих каналів.

При шлюзуванні дренажу необхідна подача в колектор додаткової води. Вода може поступати із транспортуючого осушувального каналу при закриванні на ньому шлюзів. Закриваючи нижній шлюз на каналі, піднімають горизонт води в ньому і заповнюють нею під напором проти ухилу колектора. Із колектора вода поступає в дрени та інфільтрує в ґрунт, зволожуючи землю. Для рівномірності зволоження протяжність колекторів і їх похили повинні бути мінімальними .

Більш досконалі системи з подачею води у витоки колекторів із розподільувачів. Для цього шлюзи встановлюють і в гирлах, і у витоках колекторів. Недолік системи – вода в дрени поступає знизу. Цей недолік усувається шляхом з'єднання витоків спеціальним закритим зволожувачем.

На великих системах для більш оперативного зволоження земель підвищення рівномірності зволоження, колектори і зволожувачі об'єднуються в групи (закільцьовують частину системи). Зволоження проводять послідовно ділянками, групами дрен. Площа, яка обслуговується групою дрен, визначається умовами рельєфу та розмірами полів сівозміни.

На території з торфовими ґрунтами, які мають малі похили, проектують осушувально-зволожувальні системи з малими похилами ( $i=0,0005 - 0,001$ ) та без ухилів дренажні системи. Ці системи дозволяють: зменшити глибину регулюючих і провідних елементів, що задовольняє вимоги з охорони природи; обмежувати напори в колекторах в межах 0,4–0,7 м [3]; збільшити довжину дрен до 800–1000 м та більше, а відповідно і площу полів до 100–400 га [3]; створювати більш рівномірне зволоження по площі.

Для уникання замулення закритої мережі в приймальних колодязях необхідно встановлювати решітки. Зволожувальні колектори повинні мати вихід у відкриту мережу для забезпечення промивання.

Діаметри закритих колекторів, які подають воду в дрени-зволожувачі, визначають розрахунком на пропуск необхідної витрати:

$$Q = q_{зв} F, \tag{5}$$

де  $F$  – площа, яка зволожується колектором, га ;

$q_{зв}$  – модуль зволоження, л/с га;

$$q_{зв} = m/86,4 t_{зв}, \tag{6}$$

де  $m$  – норма зволоження нетто, м<sup>3</sup>/га;

$t_{зв}$  – тривалість зволоження, діб.

Розрахункова витрата дрени визначається за формулою [3]

$$Q_d = Q_{тр} + 0,55ql, \tag{7}$$

де  $Q_{тр}$  – необхідна для промивання транзитна витрата дрени;

$q$  – питома витрата дрени на 1 м її довжини.

Відстань між дренами в умовах осушення можна визначити за нормами [1] або за формулою С. Ф. Авер'янова:

$$B = 2H \sqrt{\frac{k}{q} \left( 1 + \frac{2S}{H} \right) \alpha}, \tag{8}$$

де  $k$  – коефіцієнт фільтрації, м/добу;

$q$  – середньодобовий за розрахунковий період приплив до дрени, м/добу;

$S$  – відстань від дрени до водоупору, м;

$H$  – середній за розрахунковий період напір води над дреною, м.

$$H = \frac{H_n + H_k}{2}, \quad (9)$$

де  $H_n, H_k$  – напір води над дреною відповідно на початку і в кінці розрахункового періоду, м;

$\alpha$  – коефіцієнт висячості, який залежить від ступеня врізування дрени у водоносний пласт.

$$\alpha = \frac{1}{1 + \frac{2S}{B} \cdot 2,941 \lg \frac{1}{\sin \frac{\pi d}{2S}}}, \quad (10)$$

де  $d$  – зовнішній діаметр дрени з врахуванням шару захисного фільтру чи фільтруючої засипки, м.

Середньодобовий приплив води до дрени залежить від гідрологічних умов об'єкта. При пониженні рівня ґрунтових вод в умовах відсутності припливу ґрунтових і напірних вод зі сторони

$$q = \frac{W}{t}, \quad (11)$$

де  $W$  – надлишковий, підлягаючий відводу об'єм води за час  $t$ , м/добу.

$t$  – довжина розрахункового періоду, діб.

$$W = H_e + \mu a + O_n - B_n t, \quad (12)$$

$H_e$  – шар води, який залишився на поверхні після сходу весняних або зливових вод. З урахуванням заходів по організації поверхневого стоку приймається 0,02 м [1].

$\mu$  – коефіцієнт водовіддачі, який визначається при вишукуванні або за формулами:

- А. Г. Івицького для торф'яників [1; 2]

$$\mu = 0,115k^{3/8} \cdot a^{3/4}, \quad (13)$$

- Г. Д. Еркіна для мінеральних ґрунтів [1; 2]

$$\mu = 0,056k^{1/2} \cdot a^{1/3}, \quad (14)$$

- К. П. Лундіна для всіх типів ґрунтів [1; 2]

$$\mu = 0,13 + 0,074 \lg k, \quad (15)$$

$a$  – норма осушення, м ;

$O_n$  – атмосферні опади, які випали за розрахунковий період, м. Для року 10% забезпеченості в [1] рекомендовано 0,01–0,015 м.

$B_n$  – добовий шар випаровування, м/добу. Для року 10% забезпеченості 0,001–0,002 м/добу [1].

Для обґрунтованого вибору типу осушувально-зволожувальної системи на підставі висвітлених принципів проєктування, доцільно виконати порівняльний аналіз їх переваг та недоліків, який представлено у таблиці.

Таблиця

Порівняльний аналіз переваг та недоліків проектування відкритих та закритих осушувально-зволожувальних систем

Критерій	Відкрита осушувально-зволожувальна система	Закрита осушувально-зволожувальна система
Обмеження у проектуванні	Уклон місцевості по довжині зволожувальних каналів не більше 0,01; складний, сильно розвинутий мікро- та мезорельєф території; цільове використання – мінімальний інтенсивний обробіток ґрунту	Необхідний достатньо водопроникний ґрунт $k \geq 0,5 - 1,0$ м/добу
Початкова вартість та конструктивна складність будівництва	Низька	Висока
Втрата корисної площі	Висока (до 20% за рахунок каналів та смуг відчуження)	Практично відсутня
Візуальний контроль стану мережі	Високий	Практично відсутній для дренажу (оглядові колодязі)
Експлуатаційні витрати	Високі (очищення каналів від замулення та заростання)	Нижчі, але дорогий ремонт
Сільськогосподарські роботи	Ускладнені (канали створюють перешкоди для використання сільськогосподарської техніки)	Не ускладнені
Управління водним режимом ґрунту	Відносно високе (ефективне регулювання рівня ґрунтових вод за допомогою шлюзів-регуляторів, але не рівномірне)	Більш низьке (значна інерційність підйому і спаду рівня ґрунтових вод)
Якість осушення та зволоження	Менш рівномірне	Більш рівномірне

Зважаючи на аналіз переваг та недоліків, вибір між відкритою та закритою осушувально-зволожувальною системою визначається комплексом природно-господарських умов території, економічною доцільністю та цільовим використанням землі.

**Таким чином, вибір** оптимальної конструкції осушувально-зволожувальних систем має ґрунтуватися на гідрогеологічних та економічних умовах ділянки. Закриті системи (дренаж) демонструють високу ефективність у регулюванні водного режиму, менші втрати площі та нижчі експлуатаційні витрати, але вимагають значних початкових інвестицій. Натомість, відкриті канали забезпечують швидке відведення великих обсягів води (наприклад, паводків) і є простішими в будівництві, проте вони займають багато землі та потребують постійного догляду для уникнення замулення. Тому ключовим принципом сучасного проектування осушувально-зволожувальних систем є комбінування цих систем, де закритий дренаж виконує функцію двостороннього регулювання, а відкриті магістралі – функцію скидання та живлення. Такий інтегрований підхід гарантує максимальну стійкість меліорації та ефективність сільськогосподарського виробництва.

1. ДБН В. 2.4–1–99. Меліоративні системи та споруди. К. : Держбуд України, 1999. 112 с.
2. Меліорація та водне господарство. Осушування : довідник / під ред. Маслова Б. С. 1985. Т. 3. 447 с.
3. Маслов Б. С., Мінаєв І. В., Губер К. В. Довідник з меліорації. 1989. 384 с.