

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування
Навчально-науковий інститут енергетики, автоматики та
водного господарства
Кафедра водної інженерії та водних технологій

02/01-04М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних занять і самостійної роботи
з освітнього компонента вільного вибору
«Ресурсозберігаючі технології зрошення»
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) та
другого (магістерського) рівнів всіх освітньо-професійних
програм спеціальностей НУВГП
денної та заочної форм навчання

Схвалено науково-методичною
радою НУВГП
Протокол № 5 від 20.05.2026 р.

Рівне – 2026

Методичні вказівки до виконання практичних занять і самостійної роботи з освітнього компонента вільного вибору «Ресурсозберігаючі технології зрошення» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) та другого (магістерського) рівнів всіх освітньо-професійних програм спеціальностей НУВГП денної та заочної форм навчання [Електронне видання] / Козішкурт С. М. Рівне : НУВГП, 2026. 32 с.

Укладач:

Козішкурт С. М., к.т.н., доцент кафедри водної інженерії та водних технологій.

Відповідальний за випуск: Турченко В. О., д.т.н., завідувач кафедри водної інженерії та водних технологій.

Вчений секретар науково-методичної ради

Костюкова Т. А.

© С. М. Козішкурт, 2026
© Національний університет
водного господарства та
природокористування, 2026

ЗМІСТ

Передмова.....	3
Практична робота 1. Оцінка віртуального водоспоживання продукції.....	5
Практична робота 2. Оцінка водного балансу території.....	8
Практична робота 3. Порівняльна оцінка ефективності способів зрошення.....	10
Практична робота 4. Оцінка якості води для зрошення.....	13
Практична робота 5. Вибір системи зрошення залежно від умов ділянки.....	17
Практична робота 6. Оцінка та коригування режиму зрошення.....	21
Практична робота 7. Прийняття рішень у зрошенні на основі даних моніторингу.....	25
Самостійна робота.....	28
Рекомендована література.....	30

Передмова

Методичні вказівки до виконання практичних занять і самостійної роботи з освітнього компонента вільного вибору «Ресурсозберігаючі технології зрошення» розроблено для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) та другого (магістерського) рівнів всіх освітньо-професійних програм і спеціальностей Національного університету водного господарства та природокористування денної та заочної форм навчання.

Актуальність вивчення дисципліни зумовлена зростаючим дефіцитом водних ресурсів, змінами клімату та необхідністю підвищення ефективності їх використання у сільському господарстві. Сучасні підходи до зрошення передбачають не лише забезпечення рослин водою, а й оптимізацію водокористування з урахуванням екологічних, економічних і технологічних аспектів.

Метою методичних вказівок є формування у студентів практичних навичок оцінювання водних ресурсів, аналізу ефективності способів зрошення, вибору оптимальних зрошувальних систем та прийняття обґрунтованих інженерних рішень у сфері управління зрошенням.

У методичних вказівках представлено систему практичних робіт, які охоплюють основні аспекти ресурсозберігаючого зрошення, зокрема:

- оцінку водоспоживання продукції;
- аналіз водного балансу території;
- визначення ефективності способів зрошення;
- оцінку якості води для зрошення;
- вибір систем зрошення залежно від умов ділянки;
- оцінку та коригування режимів зрошення;
- прийняття рішень на основі даних моніторингу.

Кожна практична робота містить теоретичні відомості, вихідні дані, порядок виконання завдань, розрахункові формули, таблиці для заповнення та контрольні запитання. Така структура сприяє поєднанню теоретичних знань із практичними навичками, розвитку аналітичного мислення та здатності до самостійного прийняття рішень.

Окрему увагу приділено самостійній роботі студентів, яка передбачає поглиблення знань, опрацювання додаткових джерел інформації та формування професійних компетентностей студентів у сфері раціонального використання водних ресурсів.

Практична робота 1

Оцінка віртуального водоспоживання продукції

Мета роботи: сформуванню уявлення про масштаби використання водних ресурсів через аналіз віртуальної води у продуктах харчування та промислових виробках.

Теоретичні відомості

У сучасних умовах вода є стратегічним ресурсом і основою продовольчої безпеки. Значна частина водних ресурсів використовується не безпосередньо, а опосередковано – через виробництво продукції.

Віртуальна вода – це обсяг води, використаний на всіх етапах виробництва товару, включаючи вирощування сировини, переробку та транспортування.

Наприклад, для виробництва 1 кг пшениці необхідно близько 1500 л води, а 1 кг яловичини – до 15000 л.

Таким чином, споживання продуктів фактично означає споживання значних обсягів прихованої води.

Обладнання та матеріали: довідкові дані, калькулятор, нормативні показники водоспоживання.

Порядок виконання роботи

Завдання 1. Розрахунок віртуального водоспоживання добового раціону

1. Використовуючи дані таблиці 1, сформуванню умовний добовий раціон.
2. Обрати не менше п'яти продуктів із запропонованого переліку та задати їх кількість (у порціях).
3. Для кожного продукту обчислити обсяг віртуальної води за формулою

$$V = q \cdot n, \quad (1)$$

де V – обсяг води, л; q – витрата води на одну порцію, л; n – кількість порцій.

4. Заповнити таблицю 1.
5. Обчислити сумарний обсяг віртуальної води.

6. Визначити, які продукти формують найбільше водоспоживання.
7. Зробити висновок.

Таблиця 1

Розрахунок віртуальної води добового раціону

Продукт	Витрата води на 1 порцію, л	Кількість, порцій	Обсяг, л
Кава (125 мл)	140		
Чай (200 мл)	30		
Молоко (250 мл)	250		
Хліб (100 г)	130		
Яйце (1 шт.)	200		
Картопля (200 г)	50		
Макарони (100 г)	180		
Каша (100 г)	120		
Ковбаса (100 г)	500		
Курятина (100 г)	430		
Разом	–	–	Σ

Завдання 2. Порівняння прямого та віртуального водоспоживання

1. Використати сумарний обсяг віртуальної води, отриманий у завданні 1.
2. Прийняти, що середнє пряме водоспоживання людини становить 100 л/добу.
3. Обчислити коефіцієнт співвідношення за формулою

$$K = V_{\text{вiрт}} / V_{\text{пiям}}, \quad (2)$$

де K – коефіцієнт співвідношення; $V_{\text{вiрт}}$ – обсяг віртуальної води, л; $V_{\text{пiям}}$ – обсяг прямого водоспоживання, л.

4. Заповнити таблицю 2.
5. Зробити висновок про співвідношення прямого і віртуального водоспоживання.

Таблиця 2

Порівняння водоспоживання

Показник	Значення
Віртуальне водоспоживання, л	
Пряме водоспоживання, л	100
Коефіцієнт K	

Завдання 3. Оцінка віртуального водоспоживання особистих речей

1. Скласти перелік особистих речей, які студент має при собі (одяг, аксесуари, електронні пристрої).
2. Обрати не менше 5 позицій із цього переліку.
3. Для кожної позиції визначити орієнтовний обсяг віртуальної води, використовуючи дані таблиці 3.
4. Визначити, які речі формують найбільше водоспоживання.
5. Зробити висновок.

Таблиця 3

Орієнтовні значення водного сліду виробів

Виріб	Водний слід, л
Футболка (бавовна)	2700
Сорочка	2500
Джинси	10000
Светр	8000
Куртка	10000
Взуття (пара)	8000
Рюкзак	5000
Смартфон	12000
Ноутбук	20000

Контрольні запитання

1. Що таке віртуальна вода?

2. Чому продукція легкої промисловості має значний водний слід?
3. Які етапи виробництва формують найбільші витрати води?
4. Чому електронні пристрої мають високий водний слід?
5. Як можна зменшити віртуальне водоспоживання у повсякденному житті?

Практична робота 2

Оцінка водного балансу території

Мета роботи: сформувати уявлення про співвідношення надходження та витрат водних ресурсів на території шляхом аналізу складових водного балансу та оцінки водозабезпечення за різних умов.

Теоретичні відомості

У сучасних умовах вода є обмеженим ресурсом, а її раціональне використання залежить від коректного розуміння водного балансу території.

Водний баланс – це співвідношення між надходженням води та її витратами на певній території.

До основних складових водного балансу належать: опади, випаровування, поверхневий стік та зміна запасів води у ґрунті.

Основне рівняння водного балансу має вигляд

$$\Delta W = P - ET - R, \quad (3)$$

де ΔW – зміна запасів води у ґрунті, мм; $\Delta W > 0$ – накопичення вологи; $\Delta W < 0$ – дефіцит; $\Delta W \approx 0$ – рівновага; P – опади, мм; ET – сумарне випаровування, мм; R – поверхневий стік, мм.

Отже, водний баланс дозволяє оцінити забезпеченість території водними ресурсами та визначити наявність дефіциту або надлишку води.

Обладнання та матеріали: довідкові дані, калькулятор, нормативні показники.

Порядок виконання роботи

Завдання 1. Розрахунок водного балансу території

1. Використовуючи дані таблиці 4, виконати розрахунок складових водного балансу.
2. Для кожного варіанту обчислити зміну запасів води за наведеним рівнянням водного балансу (3).
3. Заповнити таблицю 4 та визначити стан водного балансу (дефіцит, надлишок або рівновага).
4. Зробити висновок.

Таблиця 4

Розрахунок водного балансу

Варіант	Опади P , мм	Випаровування ET , мм	Поверхневий стік R , мм	Зміна запасів води ΔW , мм	Стан
1	520	430	60		
2	480	450	40		
3	600	500	70		
4	450	420	50		

Завдання 2. Порівняння водного балансу

1. Використати результати таблиці 4.
2. Визначити:
 - який варіант є найбільш водозабезпеченим;
 - який має найбільший дефіцит води.
3. Заповнити таблицю 5.
4. Зробити висновок.

Таблиця 5

Порівняння водного балансу

Показник	Значення
Найбільше значення ΔW	
Найменше значення ΔW	
Найбільш водозабезпечений варіант	
Найбільш дефіцитний варіант	

Завдання 3. Аналіз впливу змін умов

1. Прийняти, що кількість опадів у всіх варіантах зменшилась на 20 %.
2. Перерахувати водний баланс.
3. Порівняти отримані результати з початковими.
4. Визначити, як змінюється водозабезпечення території.
5. Оцінити відносну зміну ΔW , %.
6. Зробити висновок.

Контрольні запитання

1. Що таке водний баланс?
2. Які складові входять до рівняння водного балансу?
3. Що означає від'ємне значення ΔW ?
4. Які фактори найбільше впливають на водний баланс?
5. Як зміни клімату впливають на водозабезпечення територій?

Практична робота 3

Порівняльна оцінка ефективності способів зрошення

Мета роботи: сформулювати уявлення про ефективність використання водних ресурсів при різних способах зрошення шляхом аналізу втрат води та обґрунтування доцільності застосування різних систем зрошення.

Теоретичні відомості

У сучасних умовах дефіциту водних ресурсів важливим є підвищення ефективності використання водних ресурсів у зрошенні.

Під час поливу частина води використовується рослинами, а частина втрачається на випаровування, поверхневий стік та фільтрацію.

Основними способами зрошення є поверхневе зрошення, дощування та краплинне зрошення.

Ефективність зрошення визначається як відношення обсягу води, використаного рослинами, до загального обсягу поданої води:

$$\eta = (V_{кор} / V_{заг}) \cdot 100 \%, \quad (4)$$

де η – ефективність зрошення, %. $\eta < 50$ % – низька ефективність; 50–75 % – середня; > 75 % – висока. $V_{кор}$ – обсяг води, використаний рослинами, м³; $V_{заг}$ – загальний обсяг поданої води, м³.

Обсяг води, використаний рослинами, визначається за формулою:

$$V_{кор} = V_{заг} - V_{втр}, \quad (5)$$

де $V_{втр}$ – обсяг води, що втрачається на випаровування, поверхневий стік і фільтрацію, м³.

Втрати води визначаються за формулою:

$$V_{втр} = V_{заг} \cdot K_{втр}, \quad (6)$$

де $K_{втр}$ – коефіцієнт втрат води (у відсотках або частка одиниці).

Таким чином, ефективність зрошення залежить від способу поливу та умов його проведення.

Обладнання та матеріали: довідкові дані, калькулятор, нормативні показники.

Порядок виконання роботи

Завдання 1. Розрахунок ефективності зрошення

1. Використовуючи дані таблиці 6, обчислити втрати та корисний обсяг.
2. Обчислити ефективність зрошення.
3. Зробити висновок.

Таблиця 6

Розрахунок ефективності зрошення

Спосіб зрошення	Подано води, м ³	Втрати води, %	Втрати води, м ³	Використано води, м ³	Ефективність, %
Поверхнєве	1200	50			
Дощування	1000	30			
Краплинне	800	10			

Завдання 2. Порівняння способів зрошення

1. Використати результати таблиці 6.
2. Визначити:
 - спосіб з найвищою ефективністю;
 - спосіб з найбільшими втратами води;
 - різницю в ефективності між способами.
3. Заповнити таблицю 7.
4. Зробити висновок.

Таблиця 7

Порівняння ефективності

Показник	Значення
Найефективніший спосіб	
Найбільші втрати води	
Різниця ефективності (макс – мін), %	

Завдання 3. Аналіз умов водного дефіциту

1. Прийняти, що обсяг доступної води обмежений і становить 800 м³.
2. Визначити, який спосіб зрошення забезпечить найбільший обсяг води, використаної рослинами.
3. Обґрунтувати вибір.
4. Заповнити таблицю 8.
5. Зробити висновок.

Таблиця 8

Оцінка використання води

Спосіб зрошення	Подано води, м ³	Використано води, м ³	Доцільність застосування
Поверхневе	800		
Дощування	800		
Краплинне	800		

Завдання 4. Інженерне рішення

1. Обрати найбільш доцільний спосіб зрошення.

2. Обґрунтувати вибір з урахуванням:
 - природно-кліматичних умов;
 - ефективності;
 - втрат води;
 - обмеження водних ресурсів.
3. Запропонувати заходи підвищення ефективності.
4. Зробити висновок.

Контрольні запитання

1. Які основні способи зрошення використовуються?
2. Які основні втрати води виникають при зрошенні?
3. Чому краплинне зрошення є більш ефективним?
4. Як підвищити ефективність використання води?
5. Чи зміниться вибір способу при збільшенні площі зрошення?

Практична робота 4 **Оцінка якості води для зрошення**

Мета роботи: сформувати уявлення про вплив якості води на ґрунти та рослини шляхом аналізу іригаційних показників і оцінки ризиків використання води для зрошення.

Теоретичні відомості

У сучасних умовах вода для зрошення розглядається не лише як ресурс, а і як важливий фактор впливу на ґрунтові процеси та продуктивність рослин.

Вода може містити розчинені солі, які накопичуються у ґрунті та викликають його засолення або осолонцювання.

До основних показників якості води належать: мінералізація, електропровідність, показник SAR, вміст токсичних іонів та кислотність (pH).

Мінералізація характеризує загальний вміст солей у воді.

Показник SAR (Sodium Adsorption Ratio) – співвідношення концентрації іонів натрію до кальцію і магнію та характеризує ризик осолонцювання. Зростання SAR призводить до погіршення структури ґрунту, зменшення його водопроникності та аерації.

Кислотність (pH) характеризує реакцію води та впливає на доступність поживних речовин і розвиток рослин. Оптимальні значення *pH* для зрошення становлять 6,5–8,5.

Таким чином, оцінка якості води дозволяє визначити можливість її використання та необхідність застосування захисних заходів.

Обладнання та матеріали: довідкові дані, калькулятор, нормативні показники якості води.

Порядок виконання роботи

Завдання 1. Оцінка придатності води за мінералізацією

1. Використовуючи дані таблиці 9, оцінити придатність води для зрошення.
2. Для кожного джерела встановити категорію якості води.
3. Визначити, які джерела можуть спричиняти засолення ґрунтів.
4. Заповнити таблицю 10.
5. Зробити висновок.

Таблиця 9

Довідкові значення

Мінералізація, г/л	Категорія
до 0,5	придатна
0,5–1,0	обмежено придатна
1,0–2,0	небажана
понад 2,0	непридатна

Таблиця 10

Оцінка якості води за мінералізацією

Джерело води	Мінералізація, г/л	Категорія якості	Можливість використання
Вода А	0,4		
Вода Б	0,8		
Вода В	1,5		
Вода Г	2,3		

Завдання 2. Оцінка ризику осолонцювання

1. Використовуючи дані таблиці 11, визначити ризик осолонцювання.
2. Встановити найбільш небезпечне джерело води.
3. Оцінити, які джерела води потребують обмежень у використанні.
4. Заповнити таблицю 12.
5. Зробити висновок.

Таблиця 11

Довідкові значення

<i>SAR</i>	Ризик
< 10	низький
10–18	середній
18–26	високий
> 26	дуже високий

Таблиця 12

Оцінка ризику осолонцювання

Джерело води	<i>SAR</i>	Категорія ризику	Рекомендації
Вода А	6		
Вода Б	12		
Вода В	19		
Вода Г	28		

Завдання 3. Оцінка якості води за показником рН

1. Використовуючи дані таблиці 13, оцінити якість води за показником рН.
2. Визначити джерела з відхиленням від оптимальних значень.
3. Оцінити можливі наслідки використання такої води.
4. Заповнити таблицю 13.
5. Зробити висновок.

Оцінка якості води за показником рН

Джерело води	рН	Оцінка	Можливі наслідки
Вода А	6,8		
Вода Б	7,5		
Вода В	8,7		
Вода Г	5,9		

Завдання 4. Комплексна оцінка води

1. Для кожного джерела води виконати комплексну оцінку (за показниками мінералізації, SAR та рН).
2. Визначити:
 - придатну воду;
 - воду з обмеженнями;
 - непридатну воду.
3. Обґрунтувати можливість використання кожного джерела.
4. Заповнити таблицю 14.
5. Зробити висновок.

Таблиця 14

Комплексна оцінка води

Джерело води	Мінералізація	SAR	рН	Загальна оцінка	Рішення щодо використання
Вода А					
Вода Б					
Вода В					
Вода Г					

Завдання 5. Інженерне рішення

1. Обрати найбільш проблемне джерело води.
2. Запропонувати не менше 3 заходів для зменшення негативного впливу:

- на ґрунт;
 - на рослини;
 - на систему зрошення.
3. Обґрунтувати вибір.
 4. Зробити висновок.

Контрольні запитання

1. Що таке мінералізація води?
2. Що характеризує показник SAR?
3. Чим відрізняється засолення від осолонцювання?
4. Який вплив має рН води на ґрунти та рослини?
5. Які води є непридатними для зрошення?
6. Які заходи зменшують негативний вплив води?

Практична робота 5

Вибір системи зрошення залежно від умов ділянки

Мета роботи: сформувати навички обґрунтованого вибору системи зрошення з урахуванням природних, технічних та ресурсних умов.

Теоретичні відомості

Вибір системи зрошення залежить від комплексу факторів, серед яких основними є тип ґрунту, рельєф місцевості, водозабезпеченість, тип культури та кліматичні умови.

Різні системи зрошення мають різні технічні характеристики та вимоги до умов використання.

Краплинне зрошення забезпечує високу ефективність використання води та застосовується для культур із високою вартістю продукції.

Дощування є універсальним способом, який використовується для більшості культур і умов.

Поверхнєве зрошення застосовується на рівнинних територіях за наявності достатніх водних ресурсів.

Таким чином, вибір системи зрошення повинен базуватися на комплексній оцінці природних, технічних та ресурсних умов ділянки.

При цьому жоден спосіб зрошення не є універсальним, а його ефективність визначається відповідністю конкретним умовам ділянки.

Обладнання та матеріали: довідкові дані, таблиці характеристик, калькулятор.

Порядок виконання роботи

Завдання 1. Аналіз умов ділянки

1. Використовуючи дані таблиці 15, проаналізувати умови ділянки для зрошення.

2. Визначити обмежуючі фактори (дефіцит води, складність рельєфу, особливості ґрунту).

3. Заповнити таблицю 16.

4. Зробити висновок.

Завдання 2. Вибір системи зрошення

1. На основі аналізу умов ділянки (табл. 16) та керуючись матрицею сумісності (табл. 17), провести порівняльну оцінку трьох типів зрошувальних систем.

2. Оцініть кожну систему за 3-бальною шкалою, де:

0 – непридатна (критичні обмеження);

1 – низька ефективність;

2 – середня придатність;

3 – висока ефективність/повна відповідність умовам.

3. Результати оцінювання занесіть до таблиці 18.

4. Сформулюйте обґрунтований висновок щодо вибору найбільш раціонального варіанту.

Таблиця 16

Характеристика умов ділянки

Показник	Значення за варіантом	Вплив на вибір системи (аналіз)
Культура		
Тип ґрунту		
Рельєф		
Водні ресурси		
Клімат		

Таблиця 15

Вихідні дані для вибору системи зрошення залежно від умов ділянки

№ вар.	Культура	Похил	Тип ґрунту	Водні ресурси	Кліматичні умови
1	томати	0.06	піщаний	низький рівень	посушливий, сильні вітри (>6 м/с)
2	кукурудза	0.01	середній суглинок	високий рівень	помірно-вологий, безвітряний
3	яблуневий сад	0.04	супіщаний	середній рівень	спекотний, висока інсоляція
4	лохина	0.05	торф'яний	низький рівень	вологий, частий туман
5	соя	0.02	важкий суглинок	високий рівень	посушливий, періодичні суховії
6	виноградник	0.08	кам'янистий	низький рівень	гірський, низька кількість опадів
7	картопля	0.03	супіщаний	середній рівень	помірно-теплий, поривчастий вітер
8	трави	0.01	суглинистий	високий рівень	достатнє природне зволоження
9	овочі (теплиця)	0.00	легкий суглинок	середній рівень	штучно регульований мікроклімат
10	соняшник	0.04	середній суглинок	низький рівень	екстремально засушливий
11	малина	0.05	супіщаний	середній рівень	теплий, ризик весняних приморозків
12	пшениця	0.02	важкий суглинок	високий рівень	континентальний, висока випаровуваність
13	плод. розсадник	0.07	суглинистий	низький рівень	сухий, дефіцит нічних опадів
14	капуста	0.01	середній суглинок	середній рівень	вологий, висока хмарність
15	кавуни	0.03	піщаний	низький рівень	степовий, низька вологість повітря

Таблиця 17

Матриця сумісності типів зрошення з природними умовами

Природний фактор	Краплинне	Дощування	Поверхневе
Рельєф (похил > 0.05)	придатне	ризик ерозії	неприпустимо
Дефіцит води	максимальна економія	помірні втрати	високі втрати
Легкі (піщані) ґрунти	оптимально	швидке просочування	низький ККД
Вітер (> 5 м/с)	не впливає	знесення факела	не впливає
Мінералізація води	потребує фільтрації	допустимо	допустимо

Примітка. Оцінювання здійснюється з урахуванням конкретних умов варіанту.

Таблиця 18

Порівняльна оцінка та обґрунтування вибору системи

Система зрошення	Технічна придатність (0–3)	Екологічна безпека (0–3)	Ресурсоощадність (0–3)	Сума балів
Краплинне				
Дощування				
Поверхневе				

Завдання 3. Оцінка ефективності рішення

- Оцінити вплив обраної системи зрошення на:
 - економію води;
 - рівномірність поливу;
 - витрати ресурсів.
- Заповнити таблицю 19.
- Зробити висновок.

Оцінка ефективності

Система зрошення	Економія води	Рівномірність	Технічна складність

Завдання 4. Інженерне рішення

1. Визначити найбільш раціональний варіант зрошення.
2. Пояснити, чому інші варіанти є менш ефективними. Чи зміниться вибір системи при зміні одного з факторів (наприклад, збільшенні водних ресурсів)?
3. Запропонувати заходи покращення системи зрошення.
4. Зробити висновок.

Контрольні запитання

1. Які фактори впливають на вибір системи зрошення?
2. Які переваги має краплинне зрошення?
3. Коли доцільно використовувати дощування?
4. Які обмеження має поверхневе зрошення?
5. Як впливає рельєф на вибір системи зрошення?

Практична робота 6**Оцінка та коригування режиму зрошення**

Мета роботи: сформувати навички оцінки режиму зрошення та прийняття рішення щодо необхідності і строків проведення поливу з урахуванням водоспоживання культури, вологості ґрунту та фази розвитку рослин.

Теоретичні відомості

Раціональне використання водних ресурсів у зрошенні залежить не лише від обраної системи поливу, а й від правильно встановленого режиму зрошення.

Режим зрошення визначає строки поливу, частоту їх проведення та орієнтовну потребу рослин у воді.

Основою для оцінки режиму зрошення є водоспоживання культури, яке можна визначити за формулою

$$ET_c = ET_0 \cdot K_c, \quad (7)$$

де ET_c – водоспоживання культури, мм/добу; ET_0 – еталонне випаровування, мм/добу; K_c – коефіцієнт культури.

Зменшення вологості ґрунту до нижньої межі є сигналом до проведення поливу.

Неправильний режим зрошення може призводити як до дефіциту води, так і до перевитрат води.

Таким чином, оцінка режиму зрошення дозволяє забезпечити більш ефективно використання водних ресурсів.

Обладнання та матеріали: довідкові дані, калькулятор, нормативні показники.

Порядок виконання роботи

Завдання 1. Визначення водоспоживання культури

1. Використовуючи дані таблиці 20, визначити водоспоживання культури.
2. Для кожного варіанту обчислити ET_c за формулою (7).
3. Заповнити таблицю 20.
4. Зробити висновок.

Таблиця 20

Розрахунок водоспоживання культури

Варіант	Культура	Фаза розвитку	ET_0 , мм/добу	K_c	ET_c , мм/добу
1	Кукурудза	Цвітіння	5,5	1,20	
2	Соя	Формування бобів	5,0	1,15	
3	Томати	Цвітіння	5,8	1,10	
4	Пшениця	Колосіння	4,8	1,15	

Завдання 2. Оцінка стану зволоження ґрунту

1. Використовуючи дані таблиці 21, оцінити стан ґрунту.
2. Визначити, чи досягнута нижня межа вологості.

3. Заповнити таблицю 21.
4. Зробити висновок.

Таблиця 21

Оцінка вологості ґрунту

Варіант	Фактична вологість ґрунту, % НВ	Нижня межа вологості, % НВ	Стан зволоження
1	62	60	
2	58	60	
3	65	60	
4	55	58	

Примітка. НВ – найменша вологоємність.

Завдання 3. Оцінка потреби у поливі

1. Використати результати таблиць 20 і 21.
2. Визначити, чи потрібен полив для кожного варіанта.
3. Заповнити таблицю 22.
4. Зробити висновок.

Таблиця 22

Оцінка потреби у поливі

Варіант	ЕТс, мм/добу	Стан зволоження	Потреба у поливі
1			
2			
3			
4			

Завдання 4. Коригування режиму зрошення

1. Для варіантів, у яких полив потрібен, визначити орієнтовний строк проведення поливу.
2. Оцінити необхідність скорочення або збільшення інтервалу між поливами.
3. Заповнити таблицю 23.
4. Зробити висновок.

Коригування режиму зрошення

Варіант	Потреба у поливі	Орієнтовний строк поливу	Рекомендація щодо режиму
1			
2			
3			
4			

Завдання 5. Оцінка наслідків неправильного режиму зрошення

1. Для кожного варіанта визначити можливі наслідки неправильного режиму зрошення.
2. Встановити, у яких випадках можливий дефіцит вологи, а в яких – перевитрата води.
3. Заповнити таблицю 24.
4. Зробити висновок.

Таблиця 24

Можливі наслідки порушення режиму зрошення

Варіант	Можливий ризик	Ймовірні наслідки
1		
2		
3		
4		

Контрольні запитання

1. Що таке режим зрошення?
2. Що характеризує показник ЕТс?
3. Коли виникає потреба у поливі?
4. Чим небезпечний дефіцит вологи для рослин?
5. Які наслідки може мати надлишковий полив?

Практична робота 7

Прийняття рішень у зрошенні на основі даних моніторингу

Мета роботи: сформувати навички аналізу даних системи «ґрунт–рослина–атмосфера» та прийняття обґрунтованих рішень щодо зрошення з урахуванням поточних і прогнозних умов.

Теоретичні відомості

Сучасне управління зрошенням базується на використанні даних моніторингу, що дозволяють оцінювати стан ґрунту, рослин і погодних умов у реальному часі.

До основних показників належать:

- вологість ґрунту;
- водоспоживання культури (*ETc*);
- фактичні та прогнозовані опади;
- стан рослин.

Аналіз цих даних дає змогу визначити доцільність поливу, його строки та уникнути нераціонального використання водних ресурсів.

При виконанні роботи використовуйте такі орієнтовні правила:

- якщо вологість ґрунту нижча за встановлену межу → полив необхідний;
- якщо вологість наближається до межі:
- за відсутності опадів → полив доцільний;
- за наявності прогнозу опадів → полив можна відкласти;
- якщо вологість вища за межу → полив не проводиться;
- високі значення *ETc* (≥ 5 мм/добу) свідчать про інтенсивне водоспоживання і підвищують потребу в поливі;
- погіршення стану рослин є додатковим сигналом дефіциту вологи.

Обладнання та матеріали: довідкові дані, результати спостережень, калькулятор.

Порядок виконання роботи

Завдання 1. Аналіз вихідних даних

1. Проаналізувати дані таблиці 25.

2. Оцінити для кожного варіанта:
 - вологість ґрунту відносно нижньої межі;
 - рівень водоспоживання (низький – менше 3 мм/добу; середній – 3–5 мм/добу; високий – більше 5 мм/добу);
 - наявність опадів;
 - стан рослин.
3. Сформувати узагальнену оцінку ситуації (норма; ризик дефіциту; критичний стан).
4. Заповнити таблицю 25.
5. Зробити короткий висновок.

Таблиця 25

Аналіз даних моніторингу

Варіант	Культура	Фаза розвитку	ЕТс, мм/добу	Вологість ґрунту, % НВ	Нижня межа, % НВ	Опади/прогноз мм	Стан рослин	Загальна оцінка
1	Кукурудза	Цвітіння	6,5	62	60	0/0	задовільний	
2	Соя	Формування бобів	5,5	58	60	0/2	погіршується	
3	Томати	Цвітіння	6,2	65	60	5/4	добрий	
4	Пшениця	Колосіння	4,8	55	58	0/0	погіршується	

Завдання 2. Оцінка потреби у зрошенні

1. Використовуючи результати аналізу, визначити потребу у поливі.
2. Врахувати прогноз опадів та інтенсивність водоспоживання.
3. Заповнити таблицю 26.

Завдання 3. Прийняття управлінського рішення з урахуванням можливих ризиків

1. Для кожного варіанта обрати одне рішення:
 - провести полив;
 - відкласти полив;
 - відмовитися від поливу.

2. Обґрунтувати вибір на основі всіх показників.
3. Заповнити таблицю 27.
4. Зробити висновок.

Таблиця 26

Оцінка потреби у поливі

Варіант	Стан ґрунту (вище/нижче межі)	Прогноз опадів	Потреба у поливі (так/ні/відкласти)	Обґрунту- вання
1				
2				
3				
4				

Таблиця 27

Прийняття рішення

Варіант	Рішення	Обґрунтування
1		
2		
3		
4		

Завдання 4. Оцінка альтернатив і ризиків

1. Для кожного варіанта оцінити можливі наслідки трьох стратегій:

- полив зараз;
 - відкладання поливу;
 - відмова від поливу.
2. Звернути увагу на такі ризики:
- дефіцит вологи;
 - перевитрата води;
 - погіршення стану рослин.
3. Заповнити таблицю 28.

Оцінка альтернатив

Варіант	Полив зараз (наслідки)	Відкласти полив (наслідки)	Відмовитися від поливу
1			
2			
3			
4			

Завдання 5. Узагальнення результатів

1. Визначити ключові фактори, що вплинули на прийняття рішень.
2. Оцінити роль даних моніторингу в управлінні зрошенням.
3. Сформулювати загальний висновок.

Контрольні запитання

1. Які показники є ключовими для прийняття рішень у зрошенні?
2. Чому критично важливо враховувати вологість ґрунту?
3. Як прогноз опадів впливає на управління поливом?
4. Які ризики можуть виникнути при неправильному рішенні щодо поливу?
5. У чому полягає принцип роботи системи Smart Irrigation?

Самостійна робота

Мета самостійної роботи полягає у закріпленні теоретичних знань, а також розвитку навичок самостійного мислення, дослідницької діяльності та творчого підходу до розв'язання практичних завдань.

Форми та завдання самостійної роботи:

- підготовка доповідей, рефератів, презентацій;
- проведення досліджень (збір даних, аналіз інформації, формулювання гіпотез і висновків).

Компетенції, що формуються під час самостійної роботи:

- здатність самостійно здійснювати пошук і опрацювання інформації;
- уміння застосовувати теоретичні знання для розв’язання практичних завдань;
- навички самоорганізації, планування діяльності, аналізу, синтезу та критичного мислення;
- відповідальність за результати власної діяльності;
- здатність до прояву індивідуального підходу та креативності.

Система заохочення:

- підготовка самостійного реферату – до 10 балів;
- участь із доповіддю на науковій конференції – до 15 балів;
- підготовка та публікація наукової статті – до 20 балів.

Орієнтовна тематика для самостійного вивчення

1. Поняття віртуальної води та водного сліду продукції.
2. Світові тенденції використання водних ресурсів у сільському господарстві.
3. Водний баланс територій та його значення для управління водними ресурсами.
4. Вплив кліматичних змін на водозабезпечення та зрошення.
5. Порівняльна характеристика способів зрошення (поверхневе, дощування, краплинне).
6. Ефективність використання води у різних системах зрошення.
7. Якість води для зрошення та її вплив на ґрунти і рослини.

8. Показники якості води: мінералізація, *SAR*, *pH*, електропровідність.
9. Методи покращення якості води для зрошення.
10. Вибір системи зрошення залежно від природних і технічних умов.
11. Вплив типу ґрунту на ефективність зрошення.
12. Роль кліматичних факторів у формуванні режиму зрошення.
13. Водоспоживання сільськогосподарських культур (*ETc*) та методи його визначення.
14. Коефіцієнт культури (*Kc*) та його зміна протягом вегетації.
15. Методи визначення вологості ґрунту.
16. Оптимізація режимів зрошення.
17. Наслідки дефіциту та надлишку вологи для рослин.
18. Використання даних моніторингу у зрошенні.
19. Принципи роботи систем точного (*Smart*) зрошення.
20. Сучасні технології автоматизації зрошення.
21. Економічна ефективність застосування різних систем зрошення.
22. Екологічні аспекти зрошення та охорона водних ресурсів.

Рекомендована література

Основна література

1. Доценко В. І. Оцінка якості води для поливів сільськогосподарських культур : навчальний посібник / В. І. Доценко та ін. Дніпро : ДДАЕУ, 2023. 152 с.
2. Розрахунок режимів зрошення сільськогосподарських культур: навчальний посібник. Дніпро : ДДАЕУ, 2023. 356 с.
3. Рокочинський А. М. Основи гідромеліорацій: навч. посіб. / за ред. А. М. Рокочинського. Рівне : НУВГП, 2014. 255 с.
4. Рокочинський А. М. Проектування закритих зрошувальних систем : навчальний посібник. Рівне : НУВГП, 2015. 374 с.

5. Ромащенко М. І. Краплинне зрошення: навчальний посібник / за ред. М. І. Ромащенко, А. М. Рокочинського. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2015. 300 с.

6. Irrigation Engineering: Principles, Processes, Procedures, Design, and Management / Vijay P. Singh. Elsevier, 2022. 720 p.

Додаткова література

1. Алексєєва А. О. Екологічна оцінка способів зрошення. *Екологічні науки*. 2020. №1. С. 130–134.

2. Вплив сучасних кліматичних змін на водні ресурси та сільськогосподарське виробництво / М. І. Ромащенко та ін. *Меліорація і водне господарство*. 2020. №1. С. 5–22.

3. ДСТУ 7591:2014 «Зрошення. Якість води для систем краплинного зрошення. Технічні вимоги». К. : Держспоживстандарт України, 2014.

4. Зелена книга «Зрошення і дренаж»: аналітичний огляд сектору гідротехнічної меліорації. Київ : BRDO, 2020.

5. Лозовіцький П. С. Меліорація ґрунтів та оптимізація ґрунтових процесів. Київ : Кондор, 2014. 528 с.

6. Меліорація ґрунтів : монографія / за ред. С. А. Балюка, М. І. Ромащенко. Херсон, 2015.

7. Зрошення. Строки та норми поливу сільськогосподарських культур за краплинного зрошення. Методи визначення: ДСТУ 7887:2015. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 18 с.

8. Шатковський А. П., Ромащенко М. І. Краплинне зрошення: теорія і практика. Київ, 2013.

9. Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements (FAO Irrigation and Drainage Paper 56). Rome : FAO, 2024.

10. Drip Irrigation for Agriculture: Untold Stories of Efficiency, Innovation and Development / J.-P. Venot et al. Routledge, 2017.

11. FAO. The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture (SOLAW). Rome : FAO, 2011.

12. Handbook for Scaling Irrigation Systems. IFC & IFAD. World Bank Group, 2023.
13. Irrigation and Drainage: Sustainable Agriculture under Drought Stress / ed. M. Farooq. Elsevier, 2024.
14. Irrigation Systems Management / D. Eisenhauer, D. L. Martin et al. ASABE, 2021.
15. Rinaldi M., He Z. Decision Support System to Manage Irrigation in Agriculture. *Advances in Agronomy*. 2014.
16. Якість природної води для зрошення. Агрономічні критерії: ДСТУ 2730-94. К., 2007. 14 с.

Інформаційні ресурси

1. Державне агентство водних ресурсів України. URL: <https://www.davr.gov.ua/>.
2. Державне агентство меліорації та рибного господарства України. URL: <https://darg.gov.ua/>.
3. Водна стратегія України на період до 2050 року. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1134-2022-%D1%80#Text>.
4. Національна бібліотека ім. В. І. Вернадського. URL: <http://www.nbu.gov.ua/>.
5. Наукова бібліотека НУВГП. URL: <https://lib.nuwm.edu.ua/>.