

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Навчально-науковий інститут екології, зеленої енергетики та сталого розвитку

Кафедра екології та менеджменту довкілля

До захисту допущено

Кафедрою екології та менеджменту довкілля протокол №_____ від _____

В.о. завідувача кафедри _____ Андрій АЧАСОВ
(підпис) (ім'я, прізвище)

«___» _____ 2026 р.

Кваліфікаційна робота
здобувача першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

Порівняльна оцінка фізико-хімічних показників якості зрошувальної води з різних
джерел у межах Харківської області
(назва роботи)

Спеціальність (спеціалізація) _____ 201 Агрономія
(код та найменування спеціальності)

Освітня програма _____ Агроменеджмент і цифрові технології в агробізнесі
(назва освітньої програми)

Виконавець _____ Давид ЗАХАРЕНКО
(підпис) (ім'я, прізвище)

Науковий керівник _____ Анатолій ЛІСНЯК
(підпис) (ім'я, прізвище)

Харків – 2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені В. Н. КАРАЗІНА

Інститут: Навчально-науковий інститут екології, сталого розвитку та зеленої енергетики

Кафедра: екології та менеджменту довкілля

Рівень вищої освіти: бакалавр

Спеціальність 201 Агрономія

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

_____ / проф. Андрій АЧАСОВ
підпис ім'я та прізвище

“ __ ” _____ 2025 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ)

Давид ЗАХАРЕНКО
(ім'я, прізвище студента)

1. Назва теми роботи для завдання Порівняльна оцінка фізико-хімічних показників якості зрошувальної води з різних джерел у межах Харківської області

керівник роботи студента Анатолій ЛІСНЯК, канд. с.-г. наук, доцент,
(ім'я, по-батькові, прізвище, вчене звання, науковий ступінь)

затверджені наказом по університету від “ __ ” _____ 20__ року №__

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Перелік питань, які потрібно дослідити:

1. Здійснення аналітичного огляду наукових джерел щодо впливу якості зрошувальної води на стан ґрунтів і урожайність сільськогосподарських культур.

2. Вивчення методичних підходів з визначення хімічного складу зрошувальної води і зрошуваних ґрунтів.

3. Організація підготовчих заходів для відбору проб води з різних джерел зрошення (річки, свердловини, артезіанські джерела) та ґрунту в умовах Харківської області.

4. Проведення модельного дослід з засолення-розсолоння ґрунту водами різної якості. Лабораторний аналіз проб води та ґрунту на вміст основних показників якості (рН, солевміст, жорсткість, вміст нітратів, фосфатів, тощо).

5. Порівняльна оцінка придатності води для зрошення за агрохімічними та екологічними критеріями.

6. Аналіз отриманих результатів і розробка практичних рекомендацій щодо вибору джерел зрошення та мінімізації негативного впливу неякісної води на агроєкосистеми.

4. Планування роботи відповідно до кожного етапу наукового дослідження:

№ з/п	Конкретні етапи дослідження
1	Аналітичний огляд літературних джерел та виявлення проблем, пов'язаних із використанням неякісної зрошувальної води
2	Оволодіння методиками відбору та лабораторного аналізу зрошувальної води і зрошувального ґрунту
3	Відбір зразків зрошувальної води з різних джерел та зрошуваного ґрунту
4	Проведення модельного дослід з засолення-розсолоння ґрунту водами різної якості. Лабораторний аналіз якості зрошувальної води і ґрунту.
5	Опрацювання та інтерпретація результатів аналізів, наукове узагальнення даних лабораторних і модельних досліджень
6	Формулювання висновків і рекомендацій щодо раціонального використання зрошувальної води в сільському господарстві регіону

5. Дата видачі завдання студенту « 09 » червня 2025 року

Студент

підпис

Давид ЗАХАРЕНКО

ім'я і прізвище

Керівник роботи

підпис

Анатолій ЛІСНЯК

ім'я і прізвище

АНОТАЦІЯ

**ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ
ЗРОШУВАЛЬНОЇ ВОДИ З РІЗНИХ ДЖЕРЕЛ У МЕЖАХ ХАРКІВСЬКОЇ
ОБЛАСТІ**

Давид ЗАХАРЕНКО

Кваліфікаційна робота «Порівняльна оцінка фізико-хімічних показників якості зрошувальної води з різних джерел у межах Харківської області» складається з 59 сторінок, поділених на 4 розділи, 9 підрозділів, містить 24 рисунки та 35 джерел інформації.

Метою роботи є проведення порівняльної оцінки фізико-хімічних показників якості зрошувальної води з різних джерел водопостачання та встановлення їх впливу на фізико-хімічний стан чорнозему опідзоленого в умовах тривалого зрошення.

Об'єктом досліджень є зрошувальна вода з різних джерел водопостачання та чорнозем опідзолений у межах Харківської області.

Предметом дослідження є фізико-хімічні показники якості води і чорнозему опідзоленого на території Харківської області.

Методи дослідження включали аналіз наукової та нормативної літератури, лабораторно-аналітичні методи оцінки фізико-хімічних показників води та ґрунту, потенціометричні методи визначення якості водного середовища, модельний експеримент, математичне прогнозування та статистичне опрацювання результатів досліджень.

Короткий опис роботи. У роботі проведено порівняльний аналіз фізико-хімічних показників зрошувальної води різного походження: дистильованої, водопровідної, річкової, свердловинної та води з додаванням мінеральних добрив. Досліджено вплив різних типів поливної води на зміну фізико-хімічних властивостей чорнозему опідзоленого в умовах модельного досліду. Визначено динаміку змін рН, мінералізації, засоленості, електропровідності та концентрації основних макроелементів у ґрунті після тривалого зрошення.

Встановлено, що використання річкової та свердловинної води сприяє поступовому накопиченню солей у ґрунті, підвищенню електропровідності та зміні кислотності середовища. Найбільший рівень антропогенного навантаження спостерігався у варіанті з внесенням мінеральних добрив, де зафіксовано максимальні показники мінералізації та засоленості. Водночас застосування дистильованої води забезпечувало промивний ефект і зниження рівня засолення ґрунту.

На основі отриманих результатів здійснено прогноз змін рівня засолення чорнозему опідзоленого на другий–п'ятий роки зрошення та розроблено практичні рекомендації щодо раціонального використання поливної води, контролю фізико-хімічних показників і впровадження агроеліоративних заходів для запобігання деградації ґрунтів

ЗРОШУВАЛЬНА ВОДА, ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ, ЧОРНОЗЕМ
ОПІДЗОЛЕНИЙ, ЗАСОЛЕНІСТЬ, ЕЛЕКТРОПРОВІДНІСТЬ, МІНЕРАЛІЗАЦІЯ,
рН, МАКРОЕЛЕМЕНТИ, ЗРОШЕННЯ, ЯКІСТЬ ВОДИ, ҐРУНТ, ХАРКІВСЬКА
ОБЛАСТЬ

ABSTRACT

**COMPARATIVE ASSESSMENT OF PHYSICOCHEMICAL INDICATORS
OF IRRIGATION WATER QUALITY FROM DIFFERENT SOURCES WITHIN
THE KHARKIV REGION**

Давид ЗАХАРЕНКО

The qualification work "Comparative assessment of physicochemical indicators of irrigation water quality from different sources within the Kharkiv region" consists of 59 pages, divided into 4 sections, 9 subsections, contains 24 figures and 35 sources of information.

The purpose of the work is to conduct a comparative assessment of the physicochemical indicators of the quality of irrigation water from different sources of water supply and to establish their impact on the physicochemical state of podzolized chernozem under conditions of long-term irrigation.

The object of research is irrigation water from different sources of water supply and podzolized chernozem within the Kharkiv region.

The subject of the study is the physicochemical indicators of the quality of water and podzolized chernozem in the territory of the Kharkiv region.

The research methods included the analysis of scientific and regulatory literature, laboratory analytical methods for assessing the physicochemical indicators of water and soil, potentiometric methods for determining the quality of the aquatic environment, a model experiment, mathematical forecasting and statistical processing of research results.

Brief description of the work. The work carried out a comparative analysis of the physicochemical indicators of irrigation water of different origins: distilled, tap, river, well and water with the addition of mineral fertilizers. The influence of different types of irrigation water on the change in the physicochemical properties of podzolized chernozem under the conditions of a model experiment was studied. The dynamics of changes in pH, mineralization, salinity, electrical conductivity and concentration of basic macroelements in the soil after prolonged irrigation was determined.

It was established that the use of river and well water contributes to the gradual accumulation of salts in the soil, an increase in electrical conductivity and a change in the acidity of the environment. The highest level of anthropogenic load was observed in the variant with the application of mineral fertilizers, where the maximum indicators of mineralization and salinity were recorded. At the same time, the use of distilled water provided a washing effect and a decrease in the level of soil salinity.

Based on the results obtained, a forecast of changes in the salinity level of podzolized chernozem for the second to fifth years of irrigation was made and practical recommendations were developed for the rational use of irrigation water, control of physicochemical indicators and implementation of agro-ameliorative measures to prevent soil degradation.

IRRIGATION WATER, PHYSICAL AND CHEMICAL INDICATORS,
PODZOLIZED CHERONZEM, SALINITY, ELECTRICAL CONDUCTIVITY,
MINERALIZATION, pH, MACROELEMENTS, IRRIGATION, WATER QUALITY,
SOIL, KHARKIV REGION

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	9
ВСТУП.....	10
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ЗРОШУВАЛЬНОЇ ВОДИ ТА ЇЇ ВПЛИВУ НА АГРОЕКОСИСТЕМИ.....	13
1.1. Сучасний стан та науково-практичні аспекти використання зрошення в аграрному виробництві.....	13
1.2. Фізико-хімічні показники зрошувальної води як фактор формування ґрунтових властивостей.....	16
1.3. Вплив мінералізації та засоленості поливної води на еколого- агрохімічний стан ґрунтів.....	20
РОЗДІЛ 2. ОРГАНІЗАЦІЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ.....	24
2.1. Характеристика умов та об'єктів проведення досліджень.....	24
2.2. Методика визначення фізико-хімічних показників якості води та ґрунту.....	26
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЗРОШУВАЛЬНОЇ ВОДИ ТА ЇХ ВПЛИВУ НА.....	29
3.1. Порівняльний аналіз фізико-хімічних показників зрошувальної води з різних джерел водопостачання.....	29
3.2. Оцінка впливу різних типів зрошувальної води на фізико-хімічний стан чорнозему опідзоленого	39
3.3. Прогнозування змін рівня засолення ґрунту в умовах тривалого зрошення	43
3.4. Науково-практичні рекомендації щодо раціонального використання зрошувальної води та запобігання деградації ґрунтів.....	46
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	48
ВИСНОВКИ.....	51
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	57

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

- pH – водневий показник (кислотність або лужність середовища);
- EC (Electrical Conductivity) – електропровідність водного розчину;
- TDS (Total Dissolved Solids) – загальний вміст розчинених речовин;
- $\mu\text{S}/\text{cm}$ – мікросіменс на сантиметр (одиниця вимірювання електропровідності);
- Na^+ – іони натрію;
- K^+ – іони калію;
- Ca^{2+} – іони кальцію;
- Mg^{2+} – іони магнію;
- Cl^- – хлориди;
- SO_4^{2-} – сульфати;
- HCO_3^- – гідрокарбонати;
- N – азот;
- P – фосфор;
- K – калій;
- НРК – комплекс основних елементів мінерального живлення (азот, фосфор, калій);
- ГДК – гранично допустима концентрація;
- ДСТУ – державний стандарт України;
- Контроль – варіант досліду без використання мінеральних добрив;
- Варіант 1 – полив дистильованою водою;
- Варіант 2 – полив водопровідною водою;
- Варіант 3 – полив річковою водою;
- Варіант 4 – полив свердловинною водою;
- Варіант 5 – полив водою з додаванням мінеральних добрив.
- .

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасний розвиток сільського господарства в умовах кліматичних змін, зростання дефіциту водних ресурсів та підвищення антропогенного навантаження на агроландшафти зумовлює необхідність раціонального використання зрошення як одного з основних факторів забезпечення стабільної врожайності сільськогосподарських культур. В умовах недостатнього та нестійкого природного зволоження зрошення є важливим елементом інтенсифікації аграрного виробництва, що дозволяє підтримувати оптимальний водний режим ґрунту, підвищувати продуктивність культур та забезпечувати продовольчу безпеку регіонів [1, 2].

Особливого значення проблема якості зрошувальної води набуває в умовах Харківської області, де поєднуються високий рівень сільськогосподарського освоєння територій, нерівномірний розподіл водних ресурсів та зростання ризиків деградації ґрунтів унаслідок тривалого зрошення. Для поливу в регіоні використовуються води різного походження – водопровідна, річкова, свердловинна та інші типи води, що суттєво відрізняються за фізико-хімічними характеристиками. Саме склад поливної води значною мірою визначає інтенсивність процесів засолення, осолонцювання, зміни кислотності та погіршення агрохімічних властивостей ґрунтів [2].

Фізико-хімічні показники якості зрошувальної води, зокрема рН, загальна мінералізація, електропровідність, засоленість, а також вміст макроелементів і розчинених солей, є важливими критеріями оцінки придатності води для зрошення. Високий рівень мінералізації та накопичення токсичних іонів можуть негативно впливати на водно-сольовий баланс ґрунту, знижувати доступність поживних речовин для рослин та спричиняти деградаційні процеси в агроєкосистемах. Особливо небезпечним є тривале використання води з підвищеним вмістом солей, яке може призводити до вторинного засолення ґрунтів та зниження їх родючості.

Водночас раціональний контроль фізико-хімічних показників поливної води та своєчасне прогнозування змін ґрунтового середовища дозволяють мінімізувати негативний вплив зрошення та забезпечити екологічно безпечне використання водних ресурсів у сільському господарстві [1, 3]. Саме тому дослідження якості зрошувальної води з різних джерел та оцінка її впливу на фізико-хімічний стан ґрунтів є важливим науково-практичним завданням сучасної агроекології та меліоративного землеробства.

Особливої актуальності набувають дослідження, спрямовані на порівняльний аналіз фізико-хімічних показників води різного походження та прогнозування можливих змін еколого-агрохімічного стану ґрунтів у разі тривалого зрошення. Отримані результати мають важливе значення для розроблення науково обґрунтованих рекомендацій щодо використання водних ресурсів, запобігання деградації ґрунтів та забезпечення стабільного функціонування агроєкосистем Харківської області.

Мета роботи: провести порівняльну оцінку фізико-хімічних показників якості зрошувальної води з різних джерел у межах Харківської області та встановити їх вплив на фізико-хімічний стан чорнозему опідзоленого в умовах тривалого зрошення.

Об'єктом досліджень є зрошувальна вода різного походження та чорнозем опідзолений у межах Харківської області.

Предметом дослідження є фізико-хімічні показники якості води і чорнозему опідзоленого на території Харківської області.

Гіпотеза полягає в тому, що використання зрошувальної води з різними фізико-хімічними характеристиками по-різному впливає на процеси засолення, зміну кислотності та агрохімічний стан ґрунтів, а своєчасний контроль якості поливної води дозволяє зменшити ризики деградації ґрунтового покриву.

Завдання дослідження:

- 1) провести аналіз наукових джерел щодо впливу фізико-хімічних показників зрошувальної води на властивості ґрунтів;

- 2) здійснити порівняльну оцінку фізико-хімічних показників води з різних джерел водопостачання;
- 3) дослідити вплив різних типів поливної води на фізико-хімічний стан чорнозему опідзоленого;
- 4) встановити закономірності зміни показників засоленості та мінералізації ґрунту в умовах модельного експерименту;
- 5) провести прогнозування рівня засолення ґрунту за умов тривалого зрошення;
- 6) розробити рекомендації щодо раціонального використання зрошувальної води та запобігання деградації ґрунтів.

Методи дослідження включали аналіз наукової та нормативної літератури, лабораторно-аналітичні методи визначення фізико-хімічних показників води та ґрунту, потенціометричні методи дослідження, модельний експеримент, статистичне опрацювання результатів та математичне прогнозування змін фізико-хімічного стану ґрунту.

Наукова новизна роботи полягає у проведенні комплексної порівняльної оцінки фізико-хімічних показників зрошувальної води різного походження та встановленні їх впливу на процеси зміни фізико-хімічного стану чорнозему опідзоленого в умовах тривалого зрошення.

Практична цінність одержаних результатів полягає у можливості використання отриманих даних для оцінки придатності води до зрошення, прогнозування ризиків засолення ґрунтів та розроблення заходів щодо екологічно безпечного використання водних ресурсів у сільському господарстві Харківської області. Отримані результати можуть бути використані аграрними підприємствами, фермерськими господарствами, меліоративними організаціями та фахівцями агроекологічного профілю для забезпечення раціонального водокористування та збереження родючості ґрунтів.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ЗРОШУВАЛЬНОЇ ВОДИ ТА ЇЇ ВПЛИВУ НА АГРОЕКОСИСТЕМИ

1.1. Сучасний стан та науково-практичні аспекти використання зрошення в аграрному виробництві

Сучасний розвиток аграрного сектору характеризується зростанням потреб у стабільному виробництві сільськогосподарської продукції в умовах глобальних кліматичних змін, підвищення температури повітря, нерівномірного розподілу атмосферних опадів та дефіциту водних ресурсів. За таких умов одним із найважливіших факторів забезпечення високої продуктивності сільськогосподарських культур є застосування зрошення, яке дозволяє підтримувати оптимальний водний режим ґрунту та створювати сприятливі умови для росту і розвитку рослин. У сучасному землеробстві зрошення розглядається не лише як технологічний прийом підвищення врожайності, а і як важливий елемент адаптації аграрного виробництва до змін клімату та забезпечення продовольчої безпеки держави [2, 3].

Зрошення є одним із найдавніших способів меліорації земель, що застосовувався ще в стародавніх цивілізаціях Месопотамії, Єгипту, Індії та Китаю. Історичний розвиток зрошуваного землеробства сприяв формуванню високопродуктивних аграрних систем у посушливих регіонах світу. Упродовж XX століття площі зрошуваних земель стрімко збільшувалися, а сучасні технології водоподачі та управління поливами забезпечили можливість інтенсивного використання водних ресурсів у сільському господарстві. На сьогодні зрошуване землеробство забезпечує значну частину світового виробництва продовольства, хоча частка зрошуваних земель у структурі сільськогосподарських угідь залишається відносно невеликою [4].

Особливо важливого значення зрошення набуває в умовах недостатнього природного зволоження та нестабільного клімату. Підвищення температури

повітря та збільшення тривалості посушливих періодів призводять до зростання дефіциту ґрунтової вологи, що негативно впливає на врожайність сільськогосподарських культур. У таких умовах застосування зрошення дозволяє компенсувати нестачу води, підтримувати інтенсивність фізіологічних процесів у рослин та забезпечувати стабільність аграрного виробництва. Особливого значення це набуває для овочевих, плодових, кормових та технічних культур, продуктивність яких значною мірою залежить від рівня вологозабезпечення [5].

В Україні проблема ефективного використання зрошення є надзвичайно актуальною, особливо для регіонів із недостатнім та нестійким природним зволоженням. Найбільші площі зрошуваних земель традиційно зосереджені в південних областях держави, однак останніми роками потреба у застосуванні поливу зростає і в лісостеповій зоні, зокрема в межах Харківської області. Це пов'язано зі збільшенням частоти посушливих періодів, нерівномірністю випадання опадів та погіршенням водного режиму ґрунтів у період активної вегетації рослин [6, 7].

Сучасні системи зрошення представлені різними технологічними рішеннями, що відрізняються способом подачі води, рівнем автоматизації та ефективністю використання водних ресурсів. Найбільш поширеними є поверхневе, дощувальне та краплинне зрошення. Поверхневе зрошення є одним із найстаріших методів поливу, однак характеризується значними втратами води внаслідок випаровування та інфільтрації. Дощувальні системи дозволяють більш рівномірно розподіляти воду по поверхні поля, проте їх ефективність значною мірою залежить від погодних умов та швидкості вітру [2].

Найбільш перспективним напрямом сучасного зрошуваного землеробства вважається краплинне зрошення, яке забезпечує локальну подачу води безпосередньо до кореневої системи рослин. Такий підхід дозволяє суттєво зменшити витрати води, підвищити ефективність використання добрив та мінімізувати ризики вторинного засолення ґрунтів. Крім того, краплинне зрошення створює можливість автоматизованого контролю вологості ґрунту та

режиму мінерального живлення рослин, що є важливим елементом сучасного точного землеробства [6, 7].

Разом із численними перевагами зрошення існують і певні екологічні ризики, пов'язані з нераціональним використанням водних ресурсів та недотриманням вимог до якості поливної води. Однією з найважливіших проблем є вторинне засолення ґрунтів, яке виникає внаслідок тривалого використання мінералізованої води для поливу. Накопичення солей у кореневмісному шарі ґрунту призводить до порушення водно-сольового режиму, зниження доступності поживних речовин та погіршення фізико-хімічних властивостей ґрунту. У результаті зменшується продуктивність сільськогосподарських культур і посилюються процеси деградації агроландшафтів [8].

Особливого значення у сучасному зрошуваному землеробстві набуває контроль фізико-хімічних показників якості поливної води. Для оцінки придатності води до зрошення враховують рівень рН, загальну мінералізацію, електропровідність, вміст токсичних іонів, співвідношення катіонів та аніонів, а також показники засоленості та натрієвої небезпеки. Високий вміст натрію, хлоридів або сульфатів може негативно впливати на структуру ґрунту, погіршувати його водопроникність та спричиняти деградацію ґрунтового покриву. Саме тому сучасні системи моніторингу зрошуваних земель передбачають регулярний контроль якості води та фізико-хімічного стану ґрунтів.

Наукові дослідження останніх років свідчать про необхідність комплексного підходу до управління водними ресурсами в аграрному виробництві. Значна увага приділяється розробленню водозберігаючих технологій, автоматизації процесів поливу, використанню сенсорних систем контролю вологості ґрунту та прогнозуванню змін еколого-меліоративного стану земель. Важливим напрямом є також використання математичного моделювання для оцінки ризиків засолення та прогнозування довгострокового впливу зрошення на родючість ґрунтів [8, 9, 10].

У сучасних умовах розвитку аграрного сектору особливого значення набуває впровадження принципів сталого водокористування, що передбачають раціональне використання природних ресурсів, мінімізацію негативного впливу на довкілля та забезпечення екологічної безпеки агроландшафтів. Раціональне використання зрошення має ґрунтуватися на науково обґрунтованому виборі джерел водопостачання, контролі фізико-хімічних показників поливної води та дотриманні екологічно безпечних режимів поливу [10, 11].

Таким чином, сучасне зрошуване землеробство є одним із ключових напрямів інтенсифікації аграрного виробництва та адаптації сільського господарства до кліматичних змін. Ефективність використання зрошення значною мірою залежить від якості поливної води, рівня технічного забезпечення меліоративних систем та дотримання екологічно обґрунтованих режимів водокористування. Подальші наукові дослідження у цьому напрямі мають важливе значення для забезпечення стабільної продуктивності агроєкосистем, збереження родючості ґрунтів та раціонального використання водних ресурсів.

1.2. Фізико-хімічні показники зрошувальної води як фактор формування ґрунтових властивостей

Якість зрошувальної води є одним із ключових факторів, що визначають ефективність функціонування агроєкосистем та рівень родючості ґрунтів в умовах зрошуваного землеробства. У сучасному сільському господарстві вода для поливу розглядається не лише як джерело забезпечення рослин вологою, а і як важливий компонент, що безпосередньо впливає на фізико-хімічні, агрохімічні та біологічні властивості ґрунту [12, 13]. Саме тому оцінка фізико-хімічних показників зрошувальної води є необхідною умовою раціонального використання водних ресурсів та запобігання деградаційним процесам у ґрунтовому покриві.

Фізико-хімічні властивості поливної води визначають характер змін водно-сольового режиму ґрунту, інтенсивність процесів засолення, осолонцювання, зміни кислотності та доступності поживних речовин для рослин. Тривале використання

води з підвищеним вмістом солей або несприятливим іонним складом може спричиняти порушення структури ґрунту, погіршення його фізичних характеристик та зниження продуктивності агроценозів. Водночас використання води належної якості сприяє підтриманню оптимального агрохімічного стану ґрунтів і забезпечує стабільну врожайність сільськогосподарських культур [14, 15].

Одним із найважливіших фізико-хімічних показників зрошувальної води є водневий показник рН, який характеризує кислотність або лужність водного середовища. Значення рН впливає на інтенсивність ґрунтових хімічних процесів, рухомість поживних елементів та активність ґрунтової мікрофлори. Вода з надмірно кислою або лужною реакцією може спричиняти зміни кислотно-лужного балансу ґрунту, що негативно впливає на доступність азоту, фосфору, калію та мікроелементів для рослин. Найбільш сприятливою для зрошення вважається вода з нейтральною або слабколужною реакцією середовища, яка не викликає суттєвих змін кислотності ґрунтового розчину [16, 17].

Важливим показником якості поливної води є загальна мінералізація, що характеризує сумарний вміст розчинених речовин. Рівень мінералізації визначає ступінь придатності води для зрошення та безпосередньо впливає на процеси накопичення солей у ґрунті. За використання слабомінералізованої води негативний вплив на ґрунтове середовище є мінімальним, тоді як тривале застосування води з високою концентрацією солей може призводити до вторинного засолення ґрунтів. Накопичення солей у кореневмісному шарі порушує осмотичний баланс, ускладнює поглинання води рослинами та спричиняє пригнічення фізіологічних процесів [18].

Суттєве значення для оцінки якості зрошувальної води має електропровідність, яка є інтегральним показником концентрації розчинених солей у воді. Підвищення електропровідності свідчить про збільшення рівня мінералізації та потенційну небезпеку засолення ґрунтів. Високі показники електропровідності можуть негативно впливати на структуру ґрунту, погіршувати його водопроникність та знижувати ефективність використання поживних речовин рослинами. Особливо чутливими до високої концентрації солей є овочеві та

плодові культури, які потребують стабільного водного режиму та оптимального сольового складу ґрунтового розчину [19].

Одним із найнебезпечніших факторів деградації ґрунтів при зрошенні є надмірний вміст натрію у поливній воді. Висока концентрація іонів натрію сприяє розвитку процесів осолонцювання, що супроводжуються руйнуванням ґрунтової структури, ущільненням орного шару та погіршенням водно-фізичних властивостей ґрунту. Осолонцювання призводить до зменшення водопроникності, порушення аерації та погіршення умов розвитку кореневої системи рослин. Для оцінки натрієвої небезпеки води використовують показник натрієвої адсорбції (SAR), який дозволяє визначити ризик структурної деградації ґрунту за тривалого використання певного типу поливної води [6, 20].

Важливу роль у формуванні властивостей ґрунтів відіграє також іонний склад зрошувальної води. Найбільше значення мають хлориди, сульфати, гідрокарбонати, кальцій, магній та калій. Надлишок хлоридів і сульфатів може спричинити токсичний вплив на рослини та накопичення легкорозчинних солей у ґрунті. Водночас кальцій і магній певною мірою стабілізують ґрунтову структуру та зменшують негативний вплив натрію. Саме співвідношення катіонів та аніонів значною мірою визначає характер змін фізико-хімічного стану ґрунтів у процесі тривалого зрошення [20].

Наукові дослідження свідчать, що використання води незадовільної якості може призводити до погіршення агрохімічних властивостей ґрунтів, зниження вмісту гумусу та порушення мікробіологічної активності. Засолення та осолонцювання ґрунтів супроводжуються зменшенням пористості, погіршенням структури та ущільненням орного шару. У результаті погіршуються умови повітряного та водного режиму ґрунту, знижується інтенсивність біохімічних процесів та ефективність мінерального живлення рослин [21, 22].

Особливо актуальною проблема контролю якості зрошувальної води є в умовах тривалого використання підземних і річкових вод для поливу. У багатьох регіонах України, зокрема в межах Харківської області, спостерігається підвищення рівня мінералізації природних водних джерел, що створює ризики

деградації ґрунтів за умов інтенсивного зрошення. Саме тому сучасні системи моніторингу передбачають регулярний контроль фізико-хімічних показників поливної води та прогнозування можливих змін еколого-меліоративного стану ґрунтів [22].

У сучасному аграрному виробництві важливого значення набуває впровадження науково обґрунтованих підходів до оцінки придатності води для зрошення. Такі підходи базуються на комплексному аналізі фізико-хімічних показників води, оцінці ризиків засолення та осолонцювання ґрунтів, а також прогнозуванні довгострокового впливу поливної води на родючість ґрунтового покриву. Раціональне використання водних ресурсів є необхідною умовою забезпечення сталого розвитку аграрного виробництва та збереження екологічної рівноваги агроландшафтів [23, 24].

Таким чином, фізико-хімічні показники зрошувальної води є важливим фактором формування властивостей ґрунтів та визначають екологічну безпечність і ефективність зрошуваного землеробства. Контроль рівня мінералізації, електропровідності, кислотності та іонного складу води дозволяє своєчасно оцінювати ризики деградації ґрунтів, запобігати розвитку засолення та забезпечувати раціональне використання водних ресурсів у сільському господарстві.

1.3. Вплив мінералізації та засоленості поливної води на еколого-агрохімічний стан ґрунтів

Однією з найважливіших екологічних проблем сучасного зрошуваного землеробства є погіршення еколого-агрохімічного стану ґрунтів унаслідок тривалого використання води з підвищеним рівнем мінералізації та засоленості. У процесі зрошення разом із водою до ґрунту надходить значна кількість розчинених солей, які поступово накопичуються в орному та кореневмісному шарах. За умов недостатнього природного промивання, високого рівня випаровування та

інтенсивного водокористування це може призводити до розвитку процесів вторинного засолення, осолонцювання та деградації ґрунтового покриву [25, 26].

Мінералізація поливної води характеризує загальний вміст розчинених речовин, серед яких найбільше значення мають хлориди, сульфати, гідрокарбонати, а також солі натрію, кальцію та магнію. Рівень мінералізації є одним із головних критеріїв оцінки придатності води для зрошення, оскільки саме він визначає інтенсивність накопичення солей у ґрунтовому середовищі. Вода з низькою мінералізацією зазвичай не викликає суттєвих змін фізико-хімічного стану ґрунтів, тоді як тривале використання мінералізованої води може спричиняти порушення водно-сольового балансу та погіршення агрохімічних властивостей ґрунту [8].

Процеси засолення ґрунтів супроводжуються накопиченням легкорозчинних солей у верхніх горизонтах, що негативно впливає на ріст і розвиток рослин. Підвищення концентрації солей у ґрунтовому розчині призводить до збільшення осмотичного тиску, унаслідок чого рослини втрачають здатність ефективно поглинати воду та поживні речовини. Навіть за достатньої вологості ґрунту рослини можуть зазнавати фізіологічної посухи через порушення процесів водообміну. Особливо чутливими до засолення є овочеві культури, які характеризуються високими вимогами до якості поливної води та стабільності ґрунтового середовища.

Наукові дослідження свідчать, що одним із найбільш небезпечних наслідків використання мінералізованої води є розвиток процесів осолонцювання. Осолонцювання виникає внаслідок надлишкового накопичення іонів натрію у ґрунтовому вбирному комплексі. За високої концентрації натрію відбувається руйнування ґрунтових агрегатів, погіршується структура ґрунту, знижується його пористість та водопроникність. У результаті ґрунт ущільнюється, погіршується аерація кореневої системи та зменшується інтенсивність біохімічних процесів. Такі зміни негативно впливають на мікробіологічну активність ґрунту та знижують рівень його родючості [27].

Суттєвий вплив на еколого-агрохімічний стан ґрунтів має і співвідношення катіонів у поливній воді. Високий вміст натрію при недостатній концентрації кальцію та магнію підвищує ризик деградації структури ґрунту. Кальцій, навпаки, сприяє стабілізації ґрунтових агрегатів, покращує водно-фізичні властивості та

зменшує негативний вплив натрію. Саме тому для оцінки якості поливної води важливе значення має не лише загальна мінералізація, а й співвідношення основних іонів у її складі [28, 29].

Важливим показником ступеня засоленості є електропровідність ґрунтового розчину, яка відображає концентрацію розчинених солей у ґрунті. Зі збільшенням мінералізації поливної води зростає електропровідність ґрунтового середовища, що свідчить про накопичення солей у кореневмісному шарі. Високі значення електропровідності негативно впливають на доступність поживних елементів та інтенсивність фізіологічних процесів у рослин. За умов тривалого зрошення це може призводити до поступового виснаження ґрунтів та зниження врожайності сільськогосподарських культур [11, 17, 30].

Одним із важливих наслідків засолення є зміна кислотно-лужного стану ґрунтів. Поливна вода з високим вмістом гідрокарбонатів і натрію може спричиняти підлуження ґрунтового середовища, що негативно впливає на рухомість макро- та мікроелементів. Зміна реакції ґрунтового розчину порушує процеси мінерального живлення рослин та може сприяти накопиченню токсичних сполук. Крім того, зміна кислотності впливає на активність ґрунтової мікрофлори та інтенсивність гумусоутворення [30].

У сучасних умовах особливої актуальності набуває проблема вторинного засолення ґрунтів, яке формується саме внаслідок нераціонального використання зрошення. Вторинне засолення є одним із найпоширеніших деградаційних процесів на меліорованих землях і призводить до значного зниження їх продуктивності. Основними причинами розвитку вторинного засолення є використання води незадовільної якості, порушення режимів поливу, недостатній дренаж та високий рівень випаровування. За відсутності належного контролю процеси накопичення солей можуть стати незворотними та призвести до втрати родючості ґрунтів [31].

Для запобігання негативному впливу мінералізованої води важливе значення мають систематичний моніторинг фізико-хімічних показників ґрунту та оцінка якості поливної води. Сучасні методи агроекологічного контролю передбачають визначення рівня мінералізації, електропровідності, вмісту токсичних іонів та показників натрієвої небезпеки. На основі отриманих результатів розробляються

рекомендації щодо оптимізації режимів зрошення, застосування промивних поливів, використання хімічних меліорантів та впровадження водозберігаючих технологій.

Науковці відзначають, що ефективне управління процесами зрошення повинно базуватися на принципах сталого природокористування та екологічної безпеки. Раціональне використання водних ресурсів передбачає комплексну оцінку якості поливної води, прогнозування можливих змін ґрунтового середовища та впровадження заходів щодо запобігання деградації земель. Особливого значення це набуває в умовах змін клімату та зростання антропогенного навантаження на агроєкосистеми [32].

Таким чином, мінералізація та засоленість поливної води є важливими чинниками формування еколого-агрохімічного стану ґрунтів. Тривале використання води з підвищеним вмістом солей може спричиняти засолення, осолонцювання, зміну кислотності та погіршення фізико-хімічних властивостей ґрунту. Своєчасний контроль якості поливної води, впровадження раціональних режимів зрошення та застосування сучасних меліоративних заходів є необхідною умовою збереження родючості ґрунтів та забезпечення екологічно безпечного функціонування агроєкосистем.

РОЗДІЛ 2

ОРГАНІЗАЦІЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ

2.1. Характеристика умов та об'єктів проведення досліджень

Експериментальні дослідження були спрямовані на вивчення фізико-хімічних показників якості зрошувальної води різного походження та оцінку їх впливу на фізико-хімічний стан чорнозему опідзоленого в умовах модельного зрошення.

Об'єктами дослідження були зразки зрошувальної води з різних джерел водопостачання та ґрунтові зразки чорнозему опідзоленого, характерного для території Харківської області. Для проведення експерименту використовували п'ять типів води, що відрізнялися фізико-хімічними характеристиками (рис. 2.1):

- дистильована вода;
- водопровідна вода;
- річкова вода;
- свердловинна вода;
- вода з додаванням мінеральних добрив.

Вибір саме цих типів води був зумовлений необхідністю порівняльної оцінки найбільш поширених джерел водопостачання, які використовуються або потенційно можуть використовуватися для потреб зрошення в умовах Харківської області. Особлива увага приділялася оцінці рівня мінералізації, засоленості, кислотності та електропровідності водного середовища як основних факторів формування фізико-хімічного стану ґрунтів.

Ґрунтовий покрив Харківської області представлений переважно чорноземами різних типів, серед яких значне поширення мають чорноземи опідзолені. Ці ґрунти характеризуються високим природним рівнем родючості, однак за умов тривалого антропогенного навантаження та нераціонального

використання зрошення можуть зазнавати деградаційних процесів, пов'язаних із засоленням, ущільненням та зміною кислотно-лужного стану.



Рис. 2.1. П'ять варіантів води, які використовуються в досліді

Для проведення дослідження використовували зразки чорнозему опідзоленого, відібраного з орного шару ґрунту на глибині 0–20 см. Перед початком експерименту ґрунт було очищено від рослинних решток, висушено до повітряно-сухого стану та просіяно для забезпечення однорідності дослідних зразків. Далі ґрунт розподіляли у модельні ємності відповідно до схеми експерименту (рис. 2.2). Модельний дослід включав 5 варіантів з водою. Маса ґрунту одного варіанту 1 кг. Об'єм поливної води: 2 л на 1 кг ґрунту. Кратність поливу: 1 раз на тиждень 250 мл.

Модельний експеримент проводився в контрольованих лабораторних умовах, що дозволяло мінімізувати вплив зовнішніх факторів та забезпечити стабільність дослідних параметрів. Полив ґрунтових зразків здійснювали водою різного походження через однакові проміжки часу з дотриманням встановлених норм зволоження. Такий підхід дозволив простежити динаміку змін фізико-хімічних властивостей ґрунту залежно від типу використаної зрошувальної води.



Рис. 2.2. Ґрунтові модельні ємності відповідно до схеми експерименту

У процесі досліджень визначали основні фізико-хімічні показники води та ґрунту, зокрема рівень рН, електропровідність, загальну мінералізацію, засоленість, а також вміст окремих макроелементів. Особлива увага приділялася оцінці змін показників засоленості та накопичення розчинених солей у ґрунтовому середовищі, оскільки саме ці процеси є основними факторами деградації меліорованих земель [7, 12].

Отримані результати досліджень були використані для проведення порівняльної оцінки якості зрошувальної води та прогнозування можливих змін еколого-агрохімічного стану ґрунтів за умов тривалого зрошення. Проведення модельного експерименту дозволило встановити закономірності впливу різних типів поливної води на процеси засолення, зміну кислотності та електропровідності чорнозему опідзоленого.

2.2. Методика визначення фізико-хімічних показників якості води та ґрунту

Для проведення досліджень використовували комплекс лабораторно-аналітичних методів, спрямованих на визначення основних фізико-хімічних показників якості зрошувальної води та ґрунту. Методичний підхід базувався на застосуванні стандартизованих методик аналізу, що дозволило забезпечити достовірність, точність та відтворюваність отриманих результатів [15].

У ході дослідження аналізували фізико-хімічні показники різних типів зрошувальної води, зокрема дистильованої, водопровідної, річкової, свердловинної та води з додаванням мінеральних добрив. Для кожного типу води визначали рівень кислотності (pH), електропровідність, загальну мінералізацію, засоленість, а також вміст окремих макроелементів (азот, фосфор, калій).

Відбір проб води проводили у чисті полімерні ємності об'ємом 1 дм³. Перед проведенням аналізів зразки зберігали за температури +4...+6 °С для запобігання змінам фізико-хімічного складу. Лабораторні дослідження проводили не пізніше ніж через 24 години після відбору проб.

Визначення рівня pH здійснювали потенціометричним методом із використанням цифрового кондуктометра (рис. 2.3). Метод ґрунтується на вимірюванні активності іонів водню у водному середовищі за допомогою скляного електрода. Перед початком роботи прилад калібрували за стандартними буферними розчинами з відомими значеннями pH. Вимірювання проводили за температури 20–25 °С, а результати фіксували з точністю до 0,01 одиниці pH.



Рис. 2.3. Кондуктометри для визначення фізико-хімічних показників в досліджуваних водах

Для оцінки рівня засоленості та концентрації розчинених речовин визначали електропровідність води потенціометричним методом. Електропровідність характеризує здатність водного розчину проводити електричний струм та залежить від концентрації розчинених солей. Вимірювання проводили за допомогою електронного кондуктометра, результати виражали у мкСм/см. Отримані значення використовували для оцінки ступеня мінералізації та потенційного ризику засолення ґрунтів.

Загальну мінералізацію води визначали шляхом оцінки сумарного вмісту розчинених речовин (TDS). Для цього використовували TDS-метр. Результати виражали у мг/л. Показник мінералізації використовували для оцінки придатності води до зрошення та прогнозування можливих змін сольового режиму ґрунтів.

Визначення вмісту макроелементів (азоту, фосфору, калію) у воді проводили з використанням потенціометричного методу (з допомогою щупового тестеру). Отримані результати використовували для оцінки рівня мінерального навантаження на ґрунтове середовище.

Для визначення якості чорнозему ґрунту також було використано потенціометричний метод (з допомогою щупового тестеру) (рис. 2.4). У всіх зразках визначали: фізико-хімічні показники (рН, загальна мінералізація, загальна жорсткість, засоленість, електропровідність, азот, фосфати, калій).

Оцінку засоленості ґрунту проводили за показниками концентрації розчинених солей та рівнем електропровідності. Підвищення електропровідності свідчило про накопичення солей у ґрунтовому середовищі та розвиток процесів вторинного засолення. Для порівняльного аналізу використовували контрольний варіант ґрунту без додаткового зрошення мінералізованою водою.

У процесі дослідження також проводили математичне прогнозування можливих змін рівня засолення ґрунту за умов тривалого зрошення. Прогноз здійснювали на основі отриманих експериментальних даних шляхом екстраполяції тенденцій зміни показників мінералізації та електропровідності ґрунтового середовища.

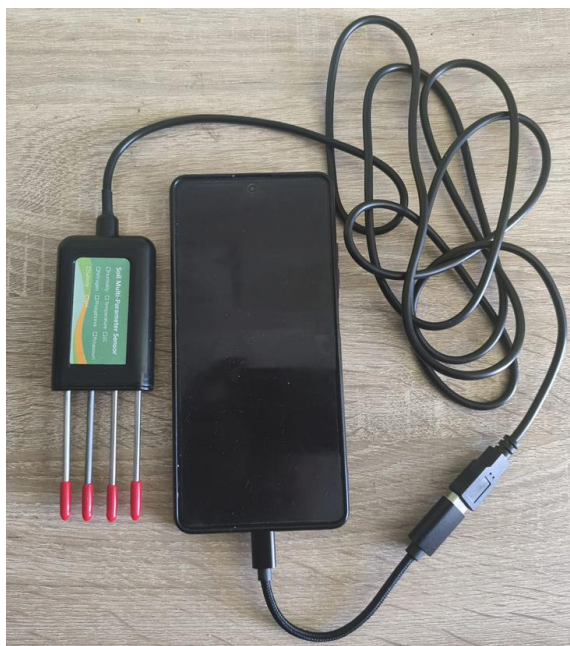


Рис. 2.4. Щуповий тестер для визначення фізико-хімічних показників в досліджуваних водах

Статистичне опрацювання результатів досліджень проводили з використанням методів варіаційної статистики. Для кожного показника визначали середнє значення, абсолютне відхилення та порівнювали результати між варіантами експерименту. Це дозволило оцінити достовірність отриманих даних та встановити закономірності впливу фізико-хімічних показників зрошувальної води на еколого-агрохімічний стан ґрунтів [33, 34, 35].

Таким чином, застосовані методики дослідження забезпечили можливість комплексної оцінки фізико-хімічних показників якості зрошувальної води та ґрунту, а також дозволили визначити особливості впливу різних типів поливної води на процеси засолення, зміну кислотності та фізико-хімічний стан чорнозему опідзоленого.

РОЗДІЛ 3

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЗРОШУВАЛЬНОЇ ВОДИ ТА ЇХ ВПЛИВУ НА ҐРУНТ

3.1. Порівняльний аналіз фізико-хімічних показників зрошувальної води з різних джерел водопостачання

В таблиці 3.1 наведено результати лабораторного аналізу фізико-хімічних показників якості поливної води різного походження у вигляді порівняльної таблиці. Проведене дослідження дозволило встановити суттєві відмінності між досліджуваними типами води за рівнем мінералізації, електропровідності, засоленості та вмістом макроелементів, що безпосередньо впливає на еколого-агрохімічний стан ґрунтів при тривалому зрошенні.

Таблиця 3.1

Результати лабораторних досліджень визначення якості поливної води

Варіант	Показники поливної води						
	pH	Загальна мінералізація, мг/дм ³	Засоленість, %	Електропровідність, $\mu\text{S/cm}$	Азот, мг/л	Фосфати, мг/л	Калій, мг/л
1.Контроль (дист. вода)	6,3	4	0	8	0	0	0
2.Водопровідна вода	7,2	342	0,03	756	1,6	0,05	1,2
3.Річкова вода	7,9	853	0,08	1674	15,1	0,8	4,3
4.Вода зі свердловини	8,3	1342	0,13	2656	4,5	0,5	12,2
5. Дистильована вода + добриво (2 г/л)	6,5	1952	0,19	3589	321	167	245
Нормативне значення (Згідно ДСТУ 2730:2015)	6,0-9,0	< 3000	0,3	3000	< 90	< 5	< 20

Аналіз отриманих результатів свідчить, що найнижчі показники мінералізації та електропровідності були характерні для дистильованої води, яка використовувалася як контрольний варіант. Практично повна відсутність розчинених солей у цьому варіанті підтверджує його нейтральний вплив на процеси засолення ґрунту та здатність сприяти вимиванню надлишкових солей із кореневмісного шару. Низький рівень електропровідності свідчить про мінімальну концентрацію іонів у водному середовищі та відсутність ризику вторинного засолення.

Водопровідна вода характеризувалася помірними значеннями мінералізації та електропровідності, що свідчить про наявність у її складі певної кількості розчинених мінеральних речовин. Незважаючи на відносно безпечні показники, тривале використання такої води для зрошення може сприяти поступовому накопиченню солей у ґрунті, особливо за умов недостатнього природного дренажу та високої інтенсивності випаровування.

Показники річкової та свердловинної води були значно вищими порівняно з контрольним варіантом. Це свідчить про підвищений рівень природної мінералізації та наявність розчинених солей у воді природного походження. Для свердловинної води характерними були одні з найвищих значень електропровідності, що вказує на значну концентрацію іонів та потенційний ризик засолення ґрунту при тривалому використанні. Отримані результати підтверджують, що підземні води можуть формувати суттєве агрохімічне навантаження на ґрунтове середовище.

Найбільші значення мінералізації, засоленості та електропровідності були встановлені у варіанті з додаванням мінеральних добрив. Електропровідність у цьому варіанті перевищувала $3500 \mu\text{S}/\text{cm}$, що свідчить про дуже високий рівень концентрації розчинених солей та значне підвищення осмотичного навантаження на ґрунтове середовище. Такі показники наближаються до критичних меж для багатьох сільськогосподарських культур і можуть спричиняти розвиток процесів вторинного засолення ґрунтів.

Крім того, у варіанті з мінеральними добривами спостерігалось різке підвищення вмісту азоту, фосфатів і калію. Високі концентрації макроелементів можуть позитивно впливати на забезпечення рослин елементами живлення, однак за надмірного накопичення здатні порушувати агрохімічну рівновагу ґрунту. Надлишок азоту та фосфатів сприяє підвищенню сольового навантаження, погіршенню структури ґрунту та активізації деградаційних процесів.

Отримані результати підтверджують пряму залежність між джерелом водопостачання та фізико-хімічними показниками поливної води. Зі зростанням рівня мінералізації спостерігалось відповідне підвищення електропровідності та засоленості, що свідчить про тісний взаємозв'язок між концентрацією розчинених речовин і потенційним ризиком деградації ґрунтів.

Проведений аналіз дозволяє зробити висновок, що найбільш безпечним для ґрунтового середовища є використання слабомінералізованої води з низькою електропровідністю. Водночас застосування свердловинної води та води з високим вмістом мінеральних добрив потребує постійного контролю фізико-хімічних показників і дотримання раціональних режимів зрошення для запобігання накопиченню солей у ґрунті.

Таким чином, результати лабораторного аналізу, представлені в таблиці 3.1, підтверджують, що фізико-хімічні показники якості поливної води є важливим фактором формування еколого-агрохімічного стану ґрунтів та визначають екологічну безпечність використання різних джерел водопостачання в умовах зрошуваного землеробства.

На рис. 3.1 показники водневого показника (рН) досліджуваних зразків поливної води у п'яти варіантах порівняно з нормативним значенням. У контрольному варіанті (дистильована вода) рН становив 6,3, що відповідає слабокислій реакції середовища. У водопровідній воді показник рН зріс до 7,2, що характеризує нейтральне середовище. Річкова вода мала рН 7,9, а свердловинна – 8,3, тобто спостерігалася тенденція до підвищення лужності води. У варіанті з додаванням мінерального добрива значення рН становило 6,5.

Усі досліджувані варіанти відповідали нормативному діапазону рН поливної води (6,0–9,0 згідно ДСТУ 2730:2015), однак найбільш лужною була вода зі свердловини. Підвищення рН може впливати на фізико-хімічні властивості ґрунту та доступність елементів живлення для рослин при тривалому зрошенні.

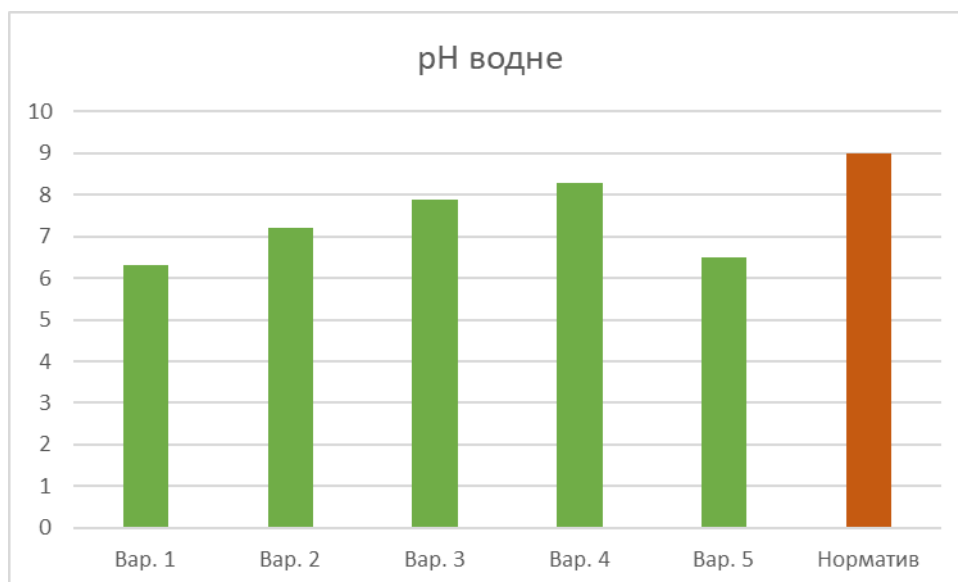


Рис. 3.1. Результати дослідження рН водного поливної води

Рівень загальної мінералізації досліджуваних зразків поливної води у різних варіантах порівняно з нормативним значенням показано на рис. 3.2. У контрольному варіанті (дистильована вода) показник мінералізації був найнижчим і становив лише 4 мг/дм³. У водопровідній воді мінералізація зросла до 342 мг/дм³, а у річковій воді – до 853 мг/дм³. Найвищі показники серед природних джерел зафіксовані у свердловинній воді — 1342 мг/дм³, що свідчить про значний вміст розчинених солей. Максимальний рівень мінералізації спостерігався у варіанті з додаванням мінерального добрива — 1952 мг/дм³, що пояснюється високою концентрацією поживних елементів у розчині.

Усі досліджувані варіанти не перевищували нормативне значення загальної мінералізації поливної води (<3000 мг/дм³ згідно ДСТУ 2730:2015), однак підвищення цього показника може сприяти накопиченню солей у ґрунті та розвитку процесів вторинного засолення при тривалому зрошенні.

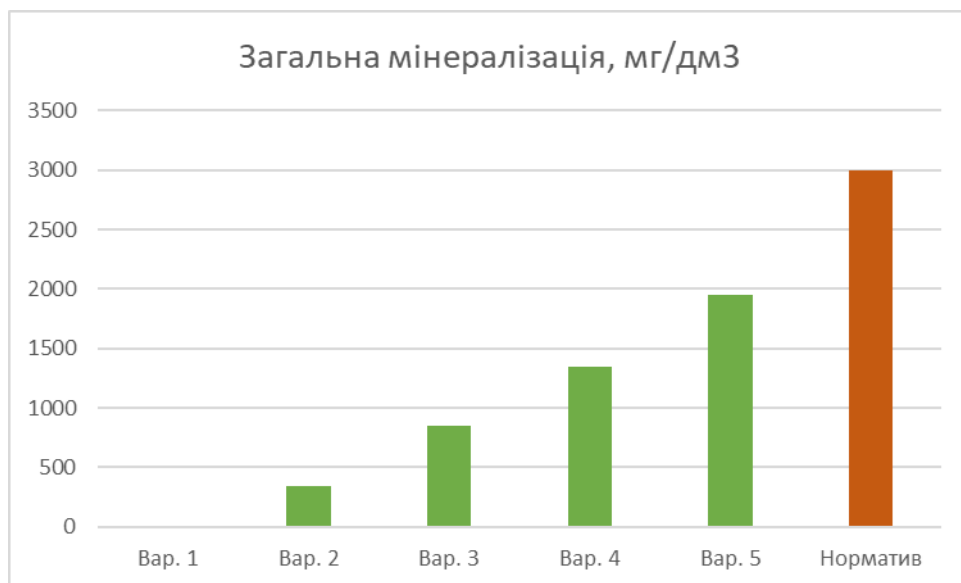


Рис. 3.2. Результати дослідження загальної мінералізації поливної води

Показники засоленості досліджуваних зразків поливної води у різних варіантах порівняно з нормативним значенням показано на рис. 3.3. У контрольному варіанті (дистильована вода) засоленість була відсутня і становила 0 %. У водопровідній воді цей показник дорівнював 0,03 %, у річковій – 0,08 %, а у свердловинній воді зріс до 0,13 %, що свідчить про більший вміст розчинених солей. Найвищий рівень засоленості зафіксовано у варіанті з додаванням мінерального добрива – 0,19 %, що пояснюється значною концентрацією поживних елементів у розчині. Усі досліджувані варіанти відповідали нормативному значенню засоленості поливної води (<0,3 % згідно ДСТУ 2730:2015). Проте зростання засоленості води, особливо при використанні свердловинної води та фертигації, може призводити до накопичення солей у ґрунті та погіршення його фізико-хімічних властивостей при тривалому зрошенні.

Рис. 3.4 відображає показники електропровідності досліджуваних зразків поливної води у різних варіантах порівняно з нормативним значенням. У контрольному варіанті (дистильована вода) електропровідність була найнижчою і становила лише 8 $\mu\text{S}/\text{cm}$, що свідчить про практичну відсутність розчинених солей. У водопровідній воді показник зріс до 756 $\mu\text{S}/\text{cm}$, а у річковій воді — до

1674 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Найвищі значення серед природних джерел спостерігалися у свердловинній воді — 2656 $\mu\text{S}/\text{cm}$, що вказує на значний вміст іонів у воді.

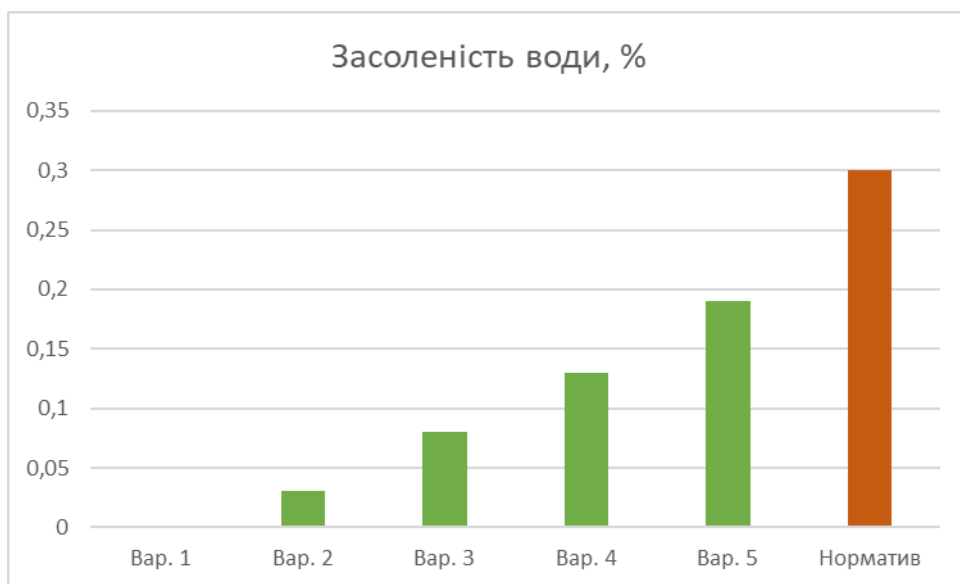


Рис. 3.3. Результати дослідження засоленості поливної води



Рис. 3.4. Результати дослідження електропровідності поливної води

Максимальний показник електропровідності зафіксовано у варіанті з додаванням мінерального добрива — 3589 $\mu\text{S}/\text{cm}$, що перевищує нормативне значення 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ згідно ДСТУ 2730:2015. Це пояснюється високою концентрацією мінеральних речовин та поживних елементів у розчині. Отримані

результати свідчать, що підвищення електропровідності поливної води пов'язане зі збільшенням рівня мінералізації та засоленості. Тривале використання води з високою електропровідністю може спричиняти накопичення солей у ґрунті, погіршення його фізико-хімічних властивостей та розвиток процесів вторинного засолення.

Вміст азоту у досліджуваних зразках поливної води в різних варіантах порівняно з нормативним значенням показано на рис. 3.5. У контрольному варіанті (дистильована вода) вміст азоту був відсутній і становив 0 мг/л. У водопровідній воді показник дорівнював 1,6 мг/л, у річковій воді – 15,1 мг/л, а у свердловинній – 4,5 мг/л. Найвищу концентрацію азоту зафіксовано у варіанті з додаванням мінерального добрива — 321 мг/л, що значно перевищує нормативне значення (<90 мг/л згідно ДСТУ 2730:2015). Це пояснюється внесенням мінеральних добрив, які містять високі концентрації азотних сполук. Отримані результати свідчать, що природні джерела води характеризувалися відносно низьким вмістом азоту та відповідали нормативним вимогам. Водночас надлишок азоту у фертигаційному розчині може спричиняти накопичення нітратів у ґрунті, порушення поживного балансу та посилення деградаційних процесів при тривалому зрошенні.

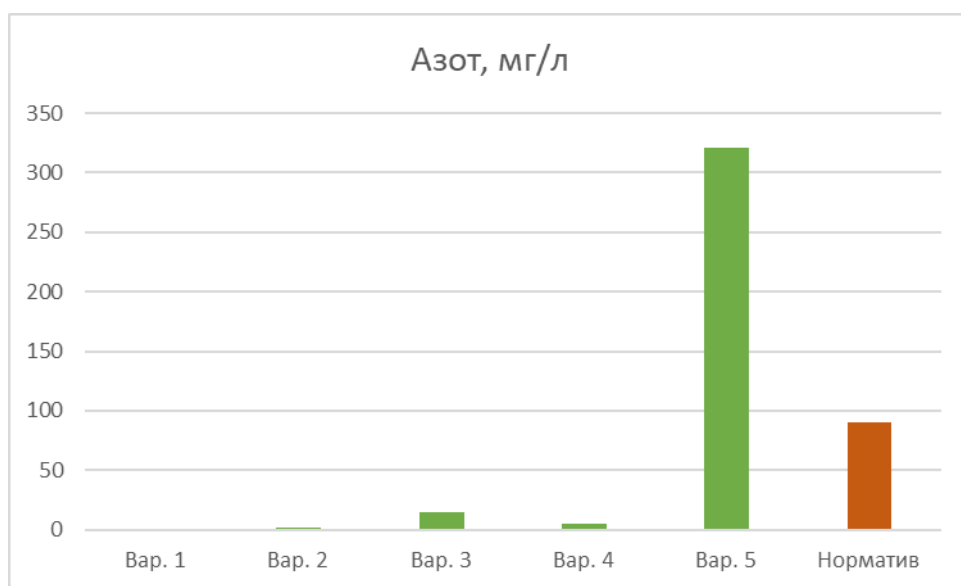


Рис. 3.5. Результати дослідження вмісту азоту в поливній воді

Вміст фосфатів у досліджуваних зразках поливної води в різних варіантах порівняно з нормативним значенням показано на рис. 3.6. У контрольному варіанті (дистильована вода) фосфати були відсутні. У водопровідній воді їх вміст становив 0,05 мг/л, у річковій — 0,8 мг/л, а у свердловинній — 0,5 мг/л. Таким чином, природні джерела води характеризувалися низькою концентрацією фосфатів і відповідали нормативним вимогам. Найвищий показник зафіксовано у варіанті з додаванням мінерального добрива — 167 мг/л, що значно перевищує нормативне значення (<5 мг/л згідно ДСТУ 2730:2015). Це пояснюється високим вмістом фосфорних сполук у складі мінерального добрива NPK. Отримані результати свідчать, що надлишок фосфатів у поливній воді при фертигації може призводити до накопичення фосфору в ґрунті, порушення балансу поживних елементів та погіршення екологічного стану агроєкосистем при тривалому зрошенні.

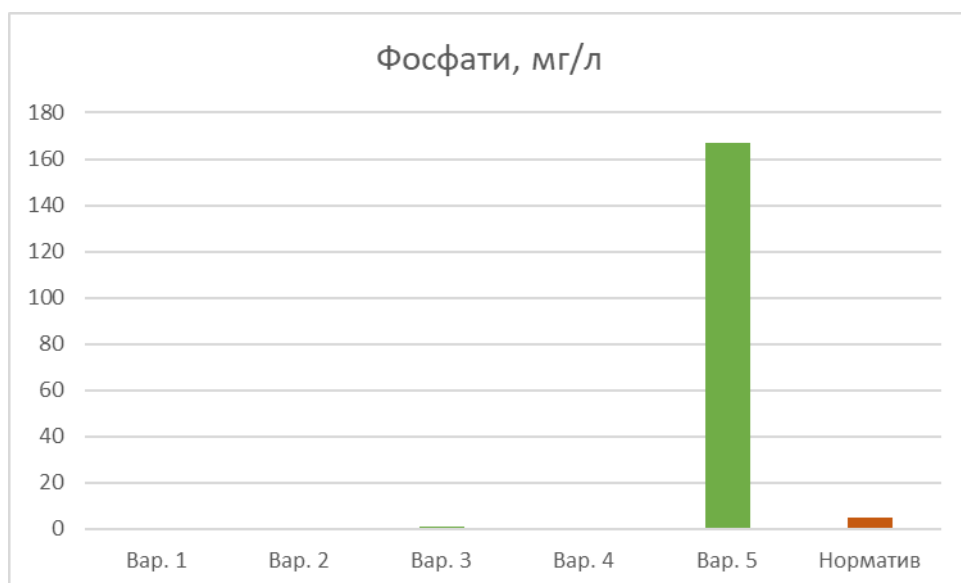


Рис. 3.6. Результати дослідження вмісту фосфатів в поливній воді

Вміст калію у досліджуваних зразках поливної води в різних варіантах порівняно з нормативним значенням показано на рис. 3.7. У контрольному варіанті (дистильована вода) калій був відсутній. У водопровідній воді його вміст становив 1,2 мг/л, у річковій — 4,3 мг/л, а у свердловинній воді — 12,2 мг/л. Таким

чином, у природних джерелах спостерігалось поступове підвищення концентрації калію, однак усі показники залишалися в межах допустимої норми. Найвищий вміст калію зафіксовано у варіанті з додаванням мінерального добрива – 245 мг/л, що значно перевищує нормативне значення (<20 мг/л згідно ДСТУ 2730:2015). Це пояснюється високою концентрацією калійних сполук у складі добрива NPK. Отримані результати свідчать, що використання фертигаційного розчину суттєво підвищує надходження калію до ґрунту. При тривалому зрошенні це може спричиняти накопичення солей, порушення іонного балансу ґрунту та погіршення його фізико-хімічних властивостей [18].

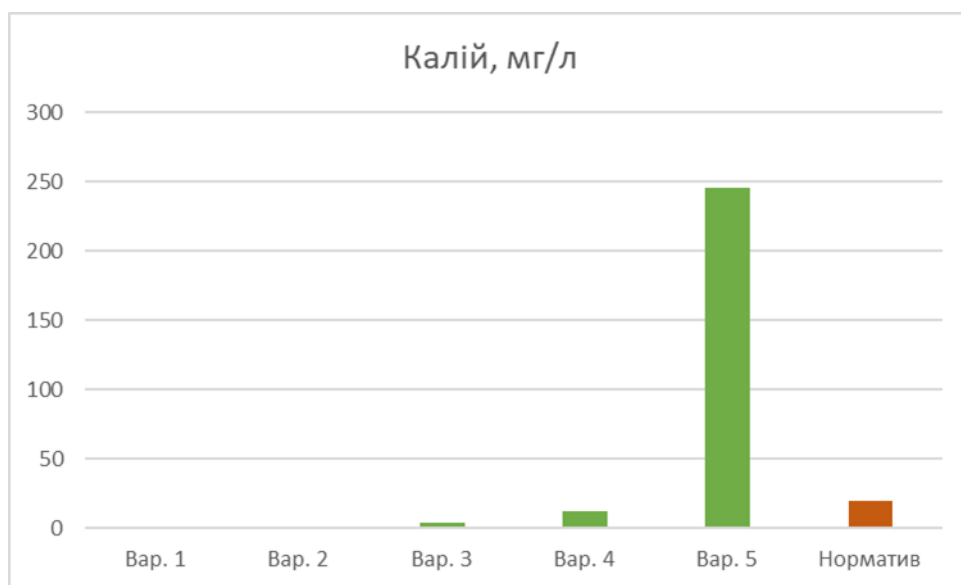


Рис. 3.7. Результати дослідження вмісту калію в поливній воді

3.2. Оцінка впливу різних типів зрошувальної води на фізико-хімічний стан чорнозему опідзоленого

У таблиці 3.2 наведено початкові фізико-хімічні показники чорнозему опідзоленого до проведення модельного дослідження із зрошенням. Встановлено, що ґрунт характеризувався слабкокислою реакцією середовища – рН водне становило 6,2, що відповідає нормативному діапазону 5,5–8,0. Вологість ґрунту складала 31 %, що свідчить про достатній рівень зволоження для проведення досліджень.

Показник засоленості становив 0,1 мг/кг, а електропровідність – 821 $\mu\text{S}/\text{cm}$, що значно нижче гранично допустимих значень і свідчить про відсутність ознак вторинного засолення [21].

Вміст основних елементів живлення також перебував у межах норми: азоту – 21 мг/кг, фосфатів – 8 мг/кг, калію – 11 мг/кг. Отримані результати підтверджують, що досліджуваний чорнозем опідзолений на початку експерименту мав задовільний агроекологічний стан і був придатний для проведення модельного дослідження щодо впливу якості поливної води.

Таблиця 3.2

Показники ґрунту початкові (до поливу)

Варіант	Показники поливної води						
	pH	Загальна мінералізація, мг/дм ³	Засоленість, %	Електропровідність, $\mu\text{S}/\text{cm}$	Азот, мг/л	Фосфати, мг/л	Калій, мг/л
Чорнозем опідзолений	6,2	31	0,1	821	21	8	11
Нормативне значення (Згідно ДСТУ 2730:2015)	5,5-8,5	90	0,4	3000	< 180	< 150	< 200

У таблиці 3.3 наведено результати дослідження фізико-хімічних показників чорнозему опідзоленого після одного року поливу різними типами води. Встановлено, що якість поливної води суттєво вплинула на зміну властивостей ґрунту. У контрольному варіанті (дистильована вода) показники ґрунту залишалися стабільними: pH становив 6,1, засоленість — 0,05 мг/кг, а електропровідність — 410 $\mu\text{S}/\text{cm}$, що свідчить про відсутність негативного впливу на ґрунт.

При використанні водопровідної води спостерігалось помірне підвищення вмісту солей та поживних елементів: електропровідність зросла до 620 $\mu\text{S}/\text{cm}$, а вміст азоту, фосфатів і калію відповідно до 55, 22 та 45 мг/кг.

Таблиця 3.3

Показники чорнозему опідзоленого після 1 року поливу (модельний дослід)

Варіант	Показники поливної води						
	pH	Загальна мінералізація, мг/дм ³	Засоленість, %	Електропровідність, $\mu\text{S}/\text{cm}$	Азот, мг/л	Фосфати, мг/л	Калій, мг/л
1.Контроль (дист. вода)	6,1	38	0,05	410	18	7	10
2.Водопровідна вода	6,4	34	0,08	620	55	22	45
3.Річкова вода	6,8	39	0,15	1180	82	38	68
4.Вода зі свердловини	7,3	44	0,22	1850	60	30	95
5. Дистильована вода + добриво (2 г/л)	5,9	46	0,28	2650	145	120	180
Нормативне значення (Згідно ДСТУ 2730:2015)	5,5-8,5	90	0,4	3000	< 180	< 150	< 200

Полив річковою та свердловинною водою сприяв більш інтенсивному накопиченню солей у ґрунті. У варіанті зі свердловинною водою електропровідність досягла 1850 $\mu\text{S}/\text{cm}$, а засоленість – 0,22 мг/кг, що свідчить про посилення процесів засолення.

Найбільш виражені зміни зафіксовано у варіанті з додаванням мінерального добрива. Тут спостерігалися найвищі показники вологості (46 %), засоленості (0,28 мг/кг), електропровідності (2650 $\mu\text{S}/\text{cm}$), а також значне збільшення вмісту азоту (145 мг/кг), фосфатів (120 мг/кг) і калію (180 мг/кг).

Хоча всі показники залишалися в межах нормативних значень згідно ДСТУ 2730:2015, отримані результати свідчать про тенденцію до накопичення солей і поживних елементів у ґрунті при тривалому використанні мінералізованої та

фертигаційної води. Це підтверджує ризик розвитку деградаційних процесів і вторинного засолення чорноземів за умов тривалого зрошення без належного контролю якості води.

Наведені графіки (рис. 3.8 – рис. 3.14) демонструють зміни фізико-хімічних показників чорнозему опідзоленого після одного року поливу різними типами води. Отримані результати підтверджують, що якість поливної води суттєво впливає на стан ґрунту та інтенсивність деградаційних процесів.

Графік рН водного показує (рис. 3.8), що у всіх варіантах реакція ґрунтового середовища залишалася в межах нормативних значень (5,5–8,0). У контрольному варіанті рН майже не змінився порівняно з початковим ґрунтом і становив 6,1. Найвище значення спостерігалось при поливі свердловинною водою — 7,3, що свідчить про тенденцію до підлуження ґрунту. У варіанті з добривом рН знизився до 5,9, що пов'язано з впливом мінеральних сполук.

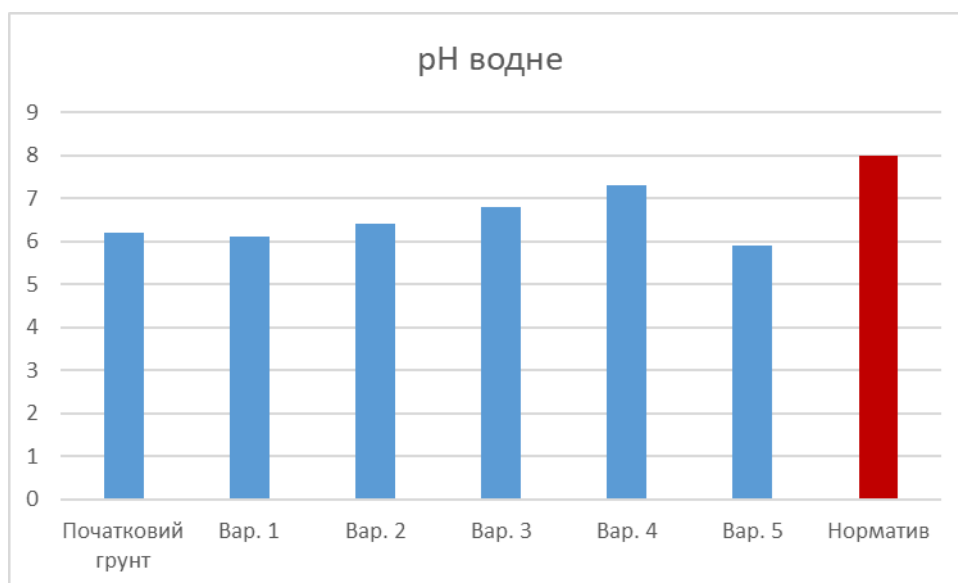


Рис. 3.8. Результати дослідження рН в зрошуваному чорноземі опідзоленому після 1 року поливу (модельний дослід)

Графік вологості (рис. 3.9) демонструє збільшення вмісту води у всіх варіантах досліджу. Найнижча вологість була зафіксована у контрольному та водопровідному варіантах, тоді як максимальні показники спостерігалися при

використанні свердловинної води та фертигації – 44–46 %. Це свідчить про здатність більш мінералізованої води сприяти накопиченню вологи у ґрунті.

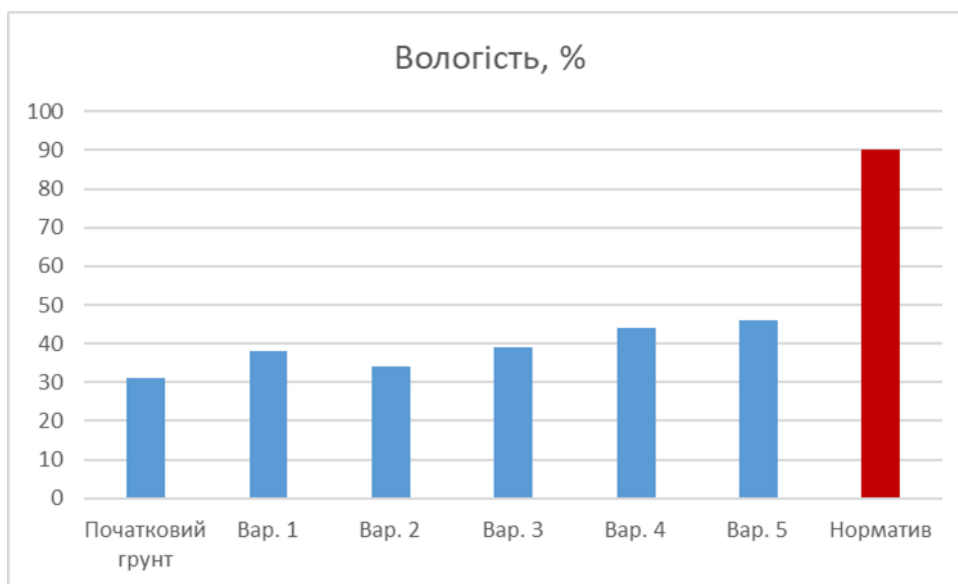


Рис. 3.9. Результати дослідження вологості в зрошуваному чорноземі опідзоленому після 1 року поливу (модельний дослід)

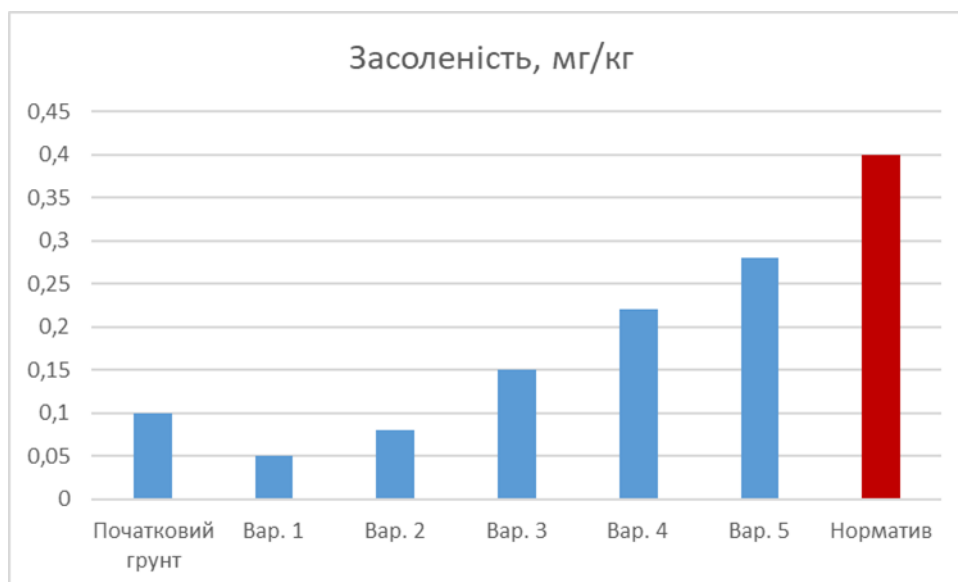


Рис. 3.10. Результати дослідження засоленості в зрошуваному чорноземі опідзоленому після 1 року поливу (модельний дослід)

Показники засоленості ґрунту мали чітку тенденцію до зростання залежно від якості поливної води (рис. 3.10). У контрольному варіанті засоленість навіть

знизилася до 0,05 мг/кг, тоді як при використанні річкової, свердловинної та особливо фертигаційної води показник зростав до 0,15–0,28 мг/кг. Це свідчить про накопичення солей у ґрунті.

Аналогічна тенденція спостерігалася і для електропровідності ґрунту (рис. 3.11). Найнижчий показник був у контрольному варіанті – 410 $\mu\text{S}/\text{cm}$, а найвищий – у варіанті з добривом (2650 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Зростання електропровідності підтверджує підвищення концентрації розчинених солей та активізацію процесів вторинного засолення.

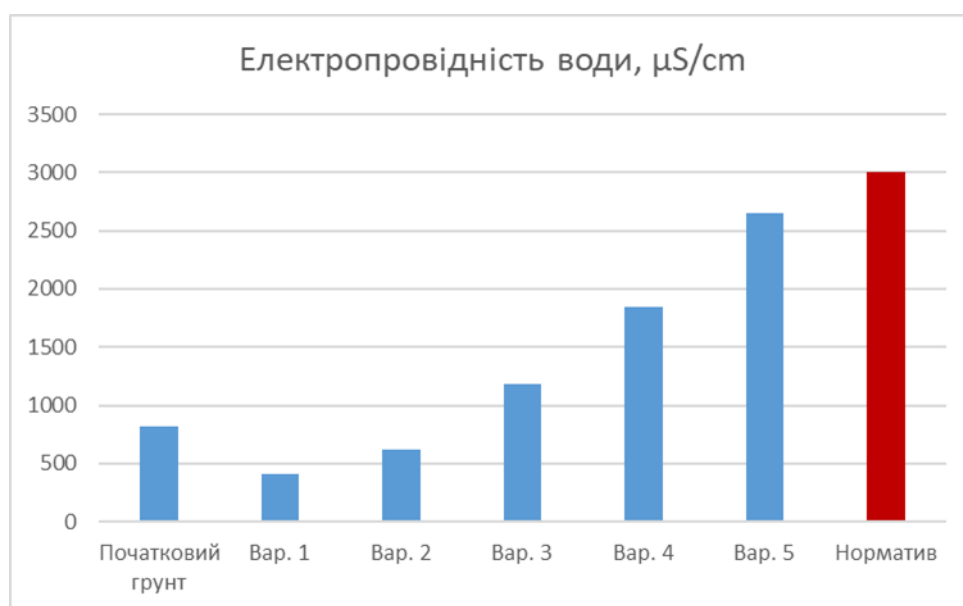


Рис. 3.11. Результати дослідження електропровідності в зрошуваному чорноземі опідзоленому після 1 року поливу (модельний дослід)

Графіки вмісту азоту, фосфатів і калію показують поступове накопичення поживних елементів у ґрунті. Найбільше зростання спостерігалось у варіанті з додаванням мінерального добрива: азот – 145 мг/кг, фосфати – 120 мг/кг, калій – 180 мг/кг. Хоча ці значення залишалися в межах нормативів, вони значно перевищували початкові показники ґрунту.

Отримані результати свідчать, що тривале використання мінералізованої та фертигаційної води сприяє накопиченню солей і поживних елементів, зміні кислотності та підвищенню електропровідності ґрунту. Це підтверджує ризик

розвитку деградаційних процесів і вторинного засолення чорноземів за умов тривалого зрошення без належного контролю якості поливної води.

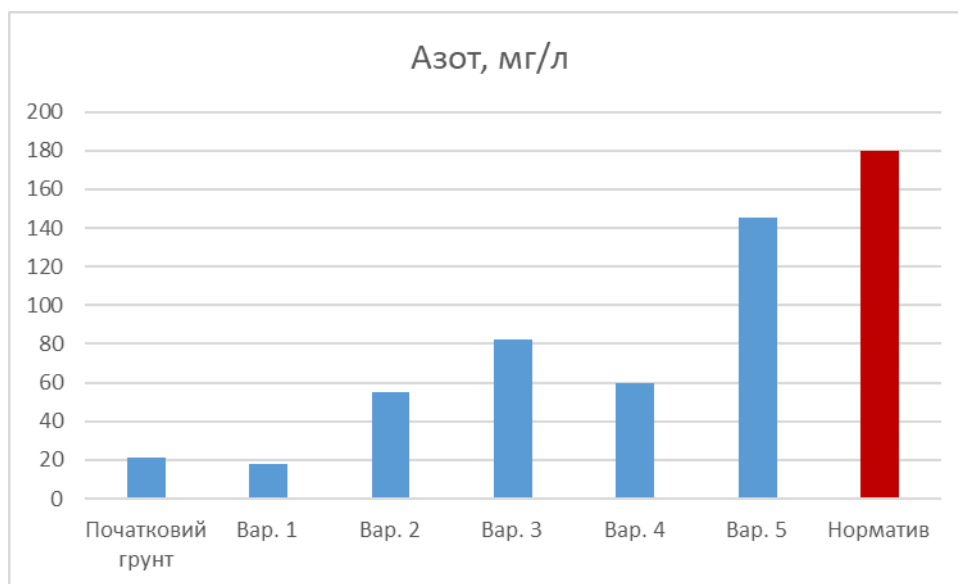


Рис. 3.12. Результати дослідження вмісту азоту в зрошуваному чорноземі опідзоленому після 1 року поливу (модельний дослід)

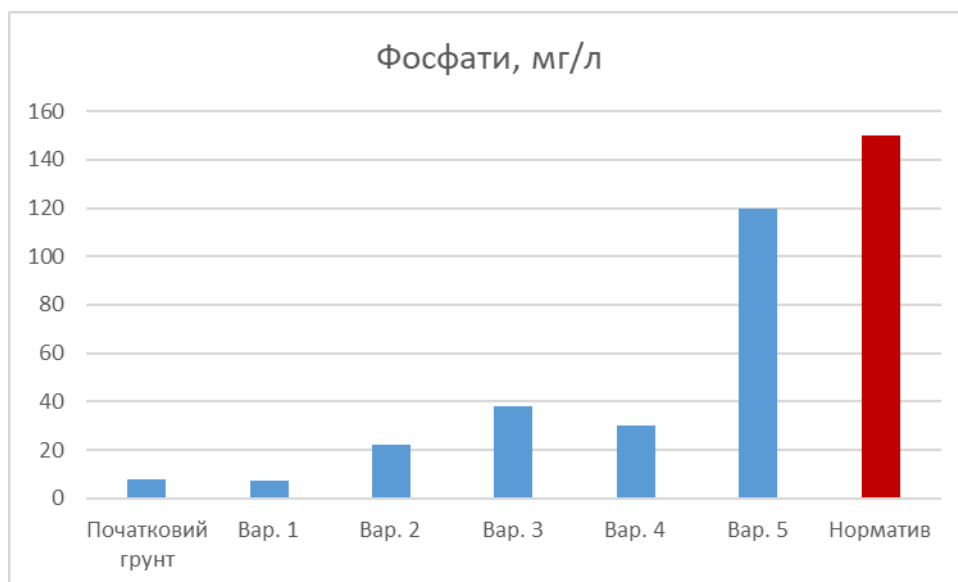


Рис. 3.13. Результати дослідження вмісту фосфатів в зрошуваному чорноземі опідзоленому після 1 року поливу (модельний дослід)

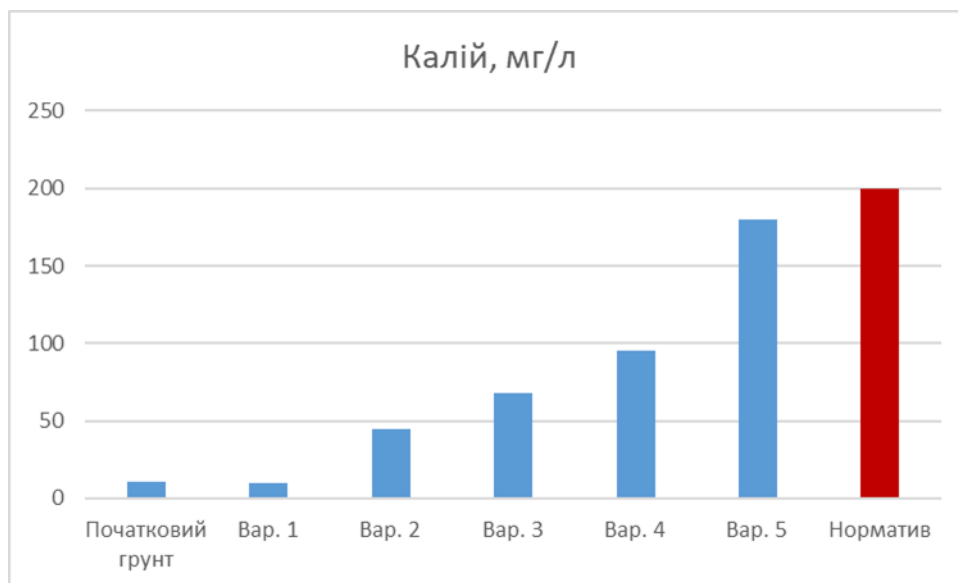


Рис. 3.14. Результати дослідження вмісту калію в зрошуваному чорноземі опідзоленому після 1 року поливу (модельний дослід)

3.3. Прогнозування змін рівня засолення ґрунту в умовах тривалого зрошення

На рис. 3.15 і рис. 3.16 представлено прогноз рівня засолення чорнозему опідзоленого на другий–п'ятий роки поливу для Варіантів 1 та 2. Обидва графіки демонструють прогноз поступового зниження рівня засоленості ґрунту, тобто процес природного вимивання солей із ґрунтового профілю. У двох випадках динаміка описується моделлю експоненціального згасання, що свідчить про позитивну тенденцію до самоочищення ґрунту.

На Варіанті 1 (рис. 3.15), де використовувалася дистильована вода, процес зниження засоленості характеризується високою інтенсивністю. Початковий рівень засоленості становив близько 0,1 мг/кг, однак уже після першого року спостерігається його різке зменшення. Модель описується функцією експоненціального згасання з коефіцієнтом 0,693, що вказує на дуже швидке зниження концентрації солей. Протягом наступних років крива поступово наближається до нульового значення. Це свідчить про ефективне вимивання солей та сприятливі умови для відновлення ґрунту без ризику вторинного засолення.

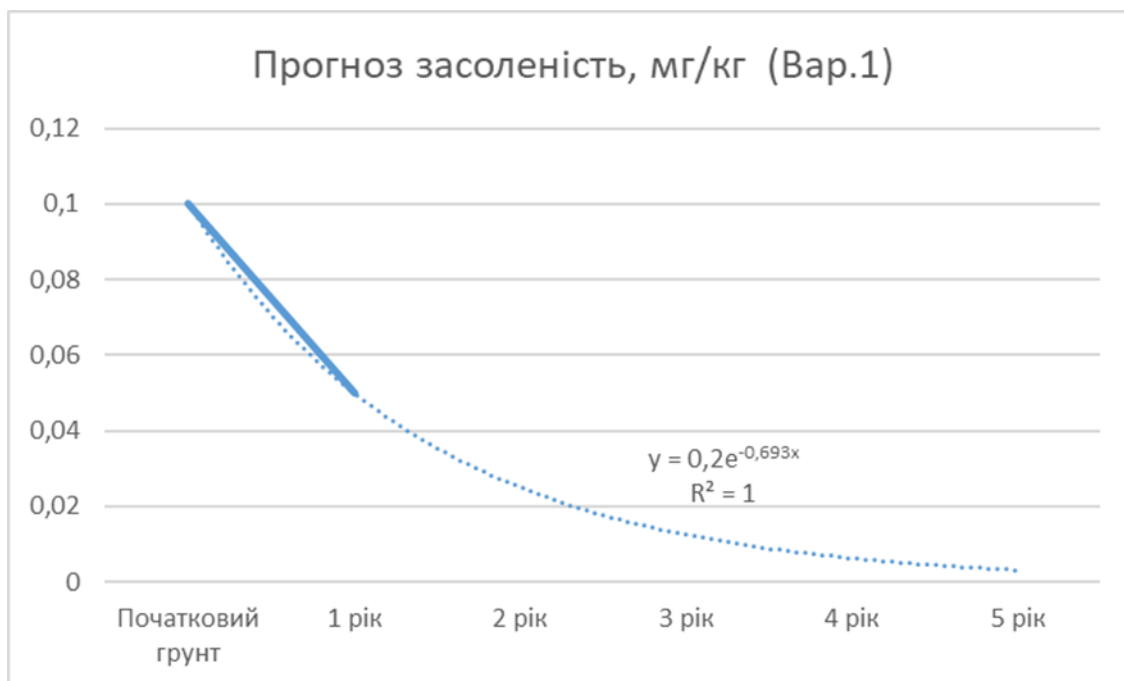


Рис. 3.14. Прогноз рівня засолення чорнозему опідзоленого на другий-п'ятий роки поливу для Варіанту 1

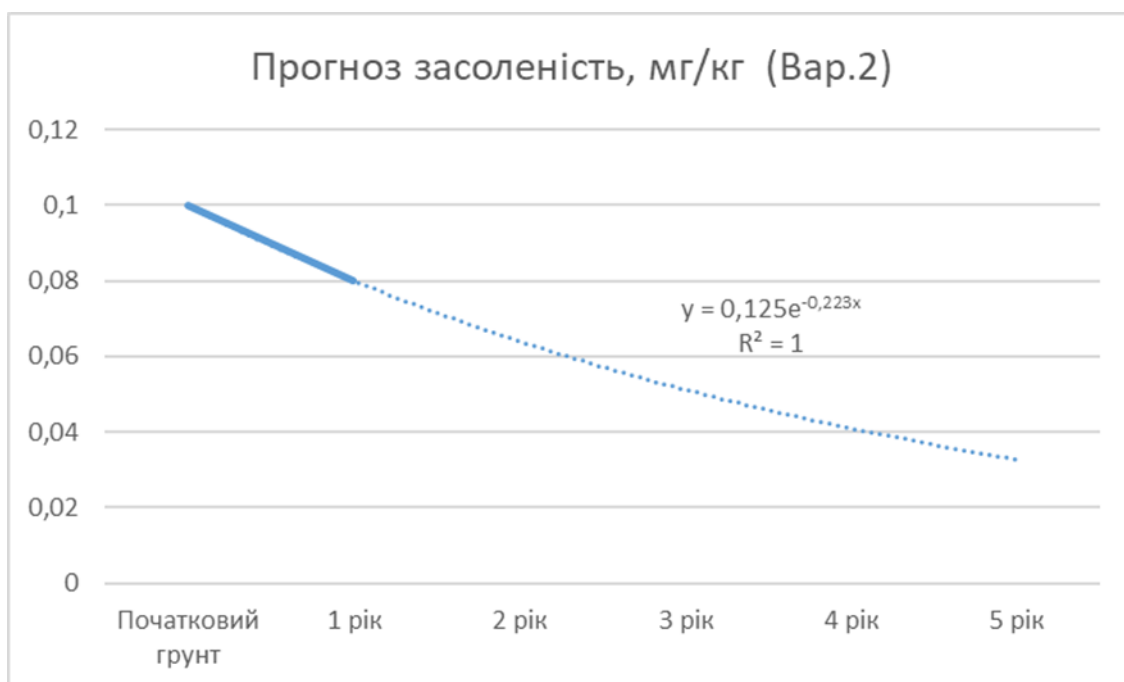


Рис. 3.15. Прогноз рівня засолення чорнозему опідзоленого на другий-п'ятий роки поливу для Варіанту 2

На Варіанті 2 (рис. 3.15), де використовувалася водопровідна вода, процес зниження засоленості також має позитивний характер, однак

відбувається значно повільніше. Початковий рівень засоленості поступово зменшується без різких змін. Коефіцієнт експоненти 0,223 свідчить про менш інтенсивний процес очищення ґрунту. Навіть через 5 років рівень залишкової засоленості буде вищим, ніж у Варіанті 1. Це означає, що водопровідна вода має помірний вплив на накопичення солей, а процес природного відновлення ґрунту потребує більш тривалого часу.

Отже, обидва графіки демонструють позитивну динаміку зниження засоленості, однак швидкість самоочищення суттєво залежить від якості поливної води. Варіант 1 характеризується найсприятливішими умовами для відновлення чорнозему, тоді як у Варіанті 2 процес рекультивації проходить повільніше.

На рис. 3.16 і рис. 3.17 наведено прогноз накопичення рівня засоленості чорнозему опідзоленого при використанні річкової та свердловинної води. Обидва графіки демонструють експоненціальне зростання концентрації солей у ґрунті з плином часу, що свідчить про поступове погіршення фізико-хімічного стану ґрунту.

На Варіанті 3 (рис. 3.16), де використовувалася річкова вода, спостерігається плавне та відносно стабільне зростання рівня засоленості. Початковий показник становив близько 0,1 мг/кг, а до п'ятого року прогнозується його збільшення до понад 0,7 мг/кг. Процес описується експоненціальною функцією з коефіцієнтом 0,4055, що свідчить про помірну швидкість накопичення солей. Хоча даний сценарій не є критичним у короткостроковій перспективі, він вказує на поступове накопичення солей у ґрунті та ризик розвитку деградаційних процесів при тривалому зрошенні.

На Варіанті 4 (рис. 3.17), де використовувалася свердловинна вода, процес засолення має значно агресивніший характер. Початковий рівень засоленості був порівняно низьким — близько 0,05 мг/кг, однак уже після другого–третього року спостерігається стрімке зростання кривої. Коефіцієнт експоненціального зростання 0,7885 майже вдвічі перевищує аналогічний показник Варіанта 3, що свідчить про дуже швидке накопичення солей. До п'ятого року прогнозований рівень засоленості перевищує 5 мг/кг, що вказує на високий ризик деградації чорнозему та втрати його природної родючості.

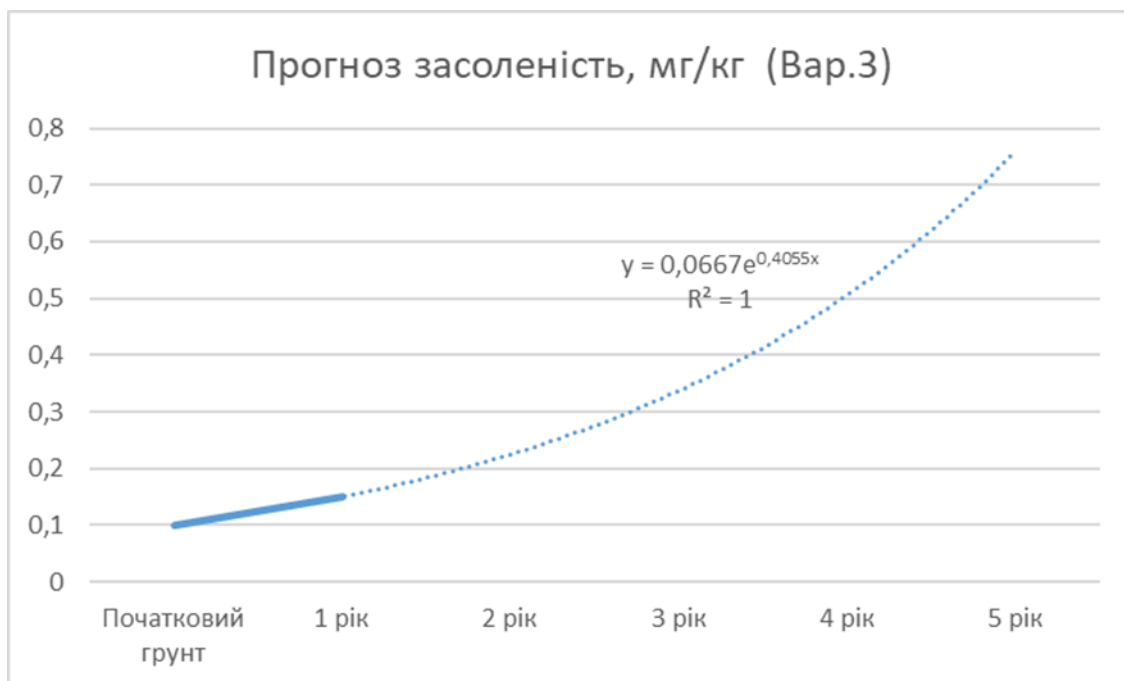


Рис. 3.16. Прогноз рівня засолення чорнозему опідзоленого на другий-п'ятий роки поливу для Варіанту 3

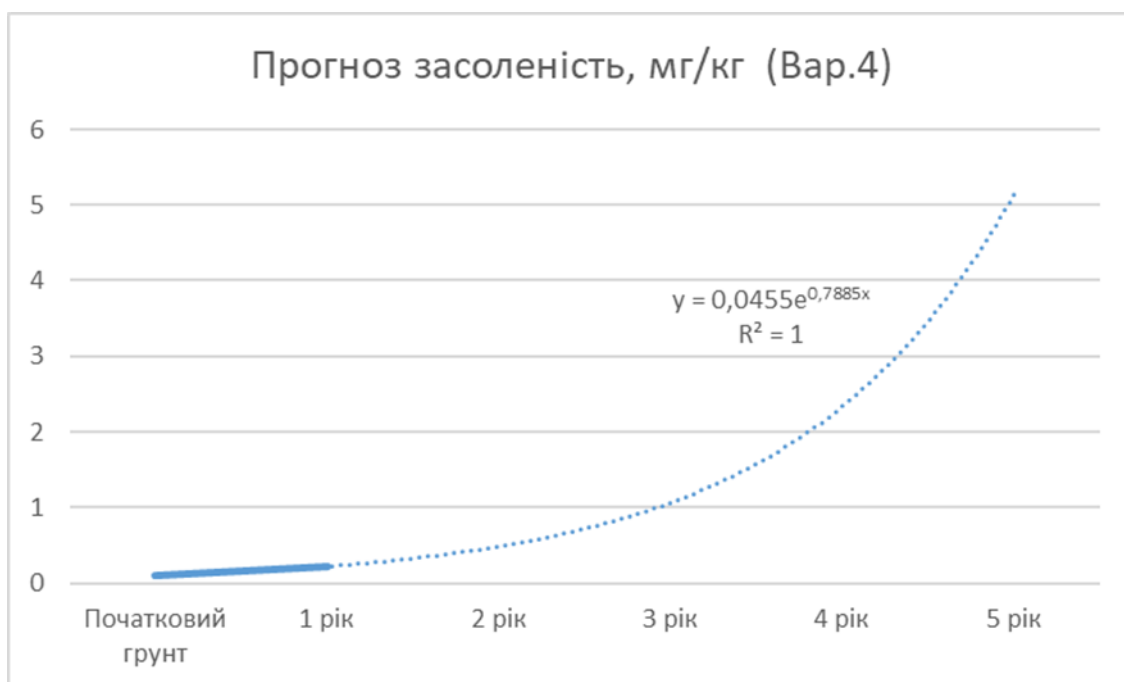


Рис. 3.17. Прогноз рівня засолення чорнозему опідзоленого на другий-п'ятий роки поливу для Варіанту 4

Отже, обидва графіки підтверджують тенденцію до прогресуючого накопичення солей у ґрунті при використанні мінералізованої води. Варіант 3

демонструє поступовий розвиток процесу засолення, тоді як Варіант 4 характеризується критично швидким зростанням концентрації солей та потребує невідкладного впровадження агроеліоративних заходів для запобігання деградації ґрунту.

На рис. 3.18 представлено прогноз зміни рівня засоленості чорнозему опідзоленого у варіанті з використанням фертигації — поливу дистильованою водою з додаванням мінеральних добрив. Графік демонструє експоненціальне зростання засоленості ґрунту впродовж п'яти років дослідження. Процес описується експоненціальною функцією, а коефіцієнт детермінації $R^2 = 1$ свідчить про ідеальну відповідність математичної моделі прогнозованим даним.

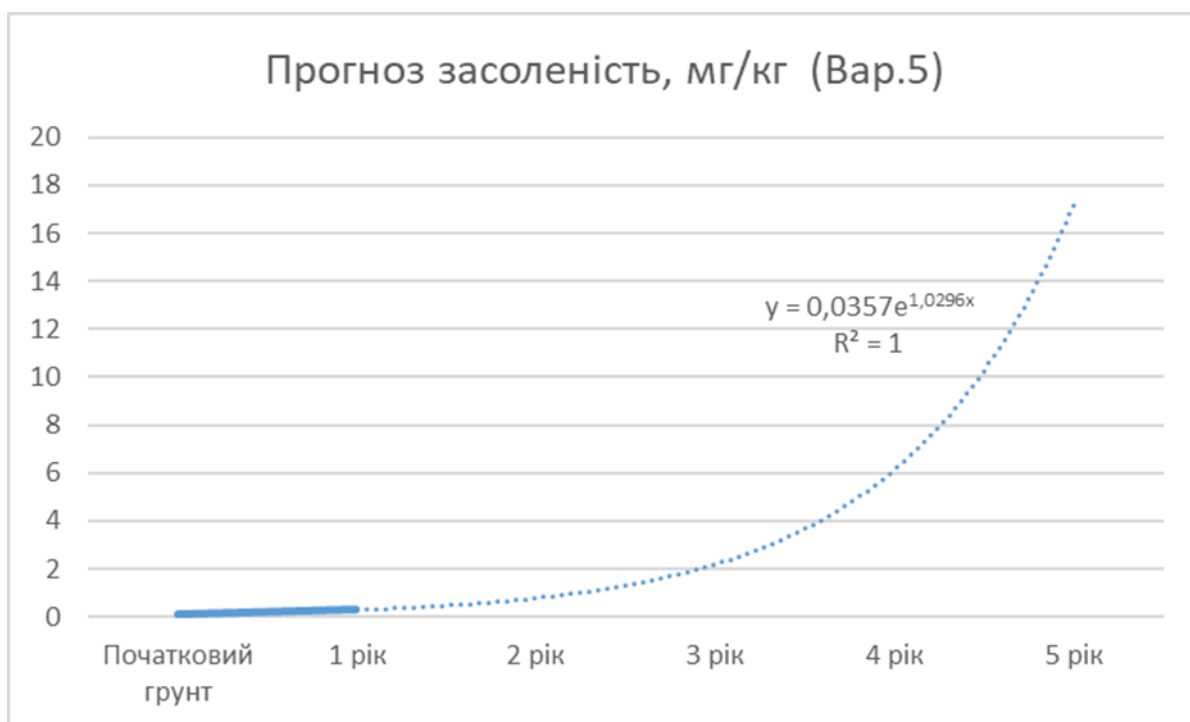


Рис. 3.18. Прогноз рівня засолення чорнозему опідзоленого на другий-п'ятий роки поливу для Варіанту 5

На початковому етапі – від нульового до першого року – рівень засоленості залишається відносно низьким, а крива має майже горизонтальний характер. Це свідчить про повільне накопичення солей на ранніх етапах використання добрив. Однак уже після першого року спостерігається різке прискорення процесу засолення.

Крива стрімко піднімається вгору, що вказує на активне накопичення солей у ґрунтовому профілі. До п'ятого року прогнозований рівень засоленості перевищує 17 мг/кг, що є надзвичайно високим показником та свідчить про інтенсивну деградацію ґрунту.

Отримані результати підтверджують, що тривале використання фертигації без належного контролю норм внесення добрив може призводити до катастрофічного накопичення солей, погіршення фізико-хімічних властивостей ґрунту та зниження його родючості.

Отже, прогнозні графіки демонструють, що використання мінералізованої та фертигаційної води сприяє прогресуючому накопиченню солей у чорноземі опідзоленому. За відсутності агроеліоративних заходів та систематичного моніторингу якості води рівень засоленості може перевищувати допустимі межі, що створює значні агроекологічні ризики та загрозу деградації ґрунтів у довгостроковій перспективі.

3.4. Науково-практичні рекомендації щодо раціонального використання зрошувальної води та запобігання деградації ґрунтів

Проведені дослідження підтвердили, що використання води з підвищеною мінералізацією та надмірним вмістом розчинених солей може призводити до розвитку процесів вторинного засолення, зміни кислотно-лужного режиму та погіршення фізико-хімічних властивостей ґрунту. Саме тому одним із ключових напрямів запобігання деградації ґрунтів визначено систематичний моніторинг якості поливної води та ґрунтового середовища.

Особливого значення набуває регулярне визначення таких показників, як рН, електропровідність, загальна мінералізація, засоленість та концентрація основних макроелементів. Контроль цих параметрів дозволяє своєчасно виявляти тенденції до накопичення солей у ґрунтовому профілі та оцінювати ризик розвитку деградаційних процесів. Отримані результати підтверджують, що

електропровідність є одним із найбільш інформативних показників, який прямо корелює з рівнем засолення та концентрацією іонів у ґрунтовому розчині [12, 20].

На слайді акцентується увага на необхідності обмеження використання високомінералізованих вод для зрошення. Проведені експериментальні дослідження показали, що свердловинна вода та вода з додаванням мінеральних добрив формують найбільше сольове навантаження на ґрунт. За умов тривалого використання таких джерел водопостачання відбувається накопичення розчинених солей у кореневмісному шарі, що супроводжується підвищенням електропровідності та ризиком вторинного засолення [30].

Важливою рекомендацією є раціональне внесення мінеральних добрив. Надмірне застосування азотних, фосфорних та калійних сполук сприяє різкому підвищенню концентрації розчинених речовин у ґрунтовому розчині. У дослідному варіанті з фертигацією спостерігалось найбільше зростання електропровідності та засоленості, що свідчить про значне агрохімічне навантаження на ґрунт. Тому внесення добрив повинно базуватися на результатах агрохімічного аналізу ґрунту та враховувати потреби конкретних сільськогосподарських культур.

Одним із перспективних підходів до зменшення ризику деградації ґрунтів є застосування змішаного поливу. Суть цього методу полягає у комбінуванні вод різної якості для зниження загального рівня мінералізації поливної води. Використання слабомінералізованої води у поєднанні з більш мінералізованими джерелами дозволяє зменшити концентрацію солей та мінімізувати ризик накопичення токсичних сполук у ґрунтовому середовищі.

Дослідженнями також підкреслюється необхідність впровадження агро меліоративних заходів. До таких заходів належать проведення промивних поливів, покращення дренажу, використання органічних добрив та хімічних меліорантів. Промивні поливи сприяють вимиванню надлишкових солей із кореневмісного шару ґрунту, тоді як ефективна дренажна система запобігає підняттю мінералізованих ґрунтових вод та вторинному засоленню [11, 17, 20].

Важливим напрямом підвищення екологічної безпеки зрошуваного землеробства є використання сучасних водозберігаючих технологій, зокрема краплинного зрошення [30]. Така система дозволяє локально подавати воду безпосередньо до кореневої системи рослин, зменшуючи втрати вологи та ризик надлишкового накопичення солей у поверхневому шарі ґрунту.

Проведене дослідження підтверджує, що запобігання деградації ґрунтів потребує комплексного підходу, який поєднує контроль якості поливної води, раціональне використання добрив, оптимізацію режимів зрошення та впровадження меліоративних заходів. Реалізація запропонованих рекомендацій дозволить зменшити ризик засолення чорноземів опідзолених, зберегти їх природну родючість та забезпечити екологічно безпечне використання водних ресурсів у межах Харківської області.

Таким чином, практичні рекомендації мають важливе науково-практичне значення та можуть бути використані для удосконалення систем зрошуваного землеробства, підвищення ефективності використання водних ресурсів і запобігання деградаційним процесам у ґрунтах.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

Під час проведення досліджень фізико-хімічних показників якості зрошувальної води та чорнозему опідзоленого велика увага приділялася забезпеченню безпечних умов праці відповідно до вимог чинного законодавства України у сфері охорони праці, виробничої санітарії та пожежної безпеки. Виконання лабораторних, аналітичних та експериментальних робіт супроводжувалося використанням електронного вимірювального обладнання, мінеральних добрив, лабораторного посуду, досліджуваних зразків води й ґрунту, а також комп'ютерної техніки для обробки результатів досліджень. У процесі виконання робіт виникала ймовірність впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів фізичного, хімічного та психофізіологічного характеру [15].

До основних фізичних факторів належала небезпека ураження електричним струмом під час роботи з кондуктометрами, рН-метрами, електронними вагами та іншим лабораторним обладнанням, що працювало від електричної мережі. Для зниження ризику виникнення аварійних ситуацій використовувалося лише справне обладнання із наявним заземленням та непошкодженими кабелями живлення. Перед початком роботи проводилася перевірка технічного стану електроприладів, а у випадку виявлення несправностей робота негайно припинялася до повного усунення недоліків. Під час експлуатації обладнання заборонялося працювати вологими руками або використовувати електроприлади поблизу джерел води без відповідних засобів захисту. Робочі поверхні підтримувалися у сухому та чистому стані, що сприяло підвищенню рівня електробезпеки.

Під час виконання досліджень використовувалися модельні розчини та мінеральні добрива, зокрема NPK 16:16:16, що створювало ризик контакту з хімічними речовинами. З метою запобігання негативному впливу на організм людини застосовувалися засоби індивідуального захисту: лабораторний халат, гумові рукавички та захисні окуляри. Робота з добривами та розчинами

проводилася обережно, без допущення розсипання чи потрапляння речовин на шкіру та слизові оболонки. Після завершення лабораторних робіт виконувалося ретельне очищення робочих поверхонь, а також миття рук із використанням мийних засобів. Зберігання мінеральних добрив та допоміжних речовин здійснювалося у герметично закритій тарі з відповідним маркуванням у спеціально відведених місцях.

Під час відбору проб води та ґрунту дотримувалися загальних вимог безпеки при виконанні польових робіт. Відбір зразків проводився із застосуванням справного інвентарю та відповідних засобів індивідуального захисту. Особлива увага приділялася безпечному пересуванню поблизу водойм та уникненню слизьких або нестійких ділянок берегової зони. Транспортування проб води та ґрунту здійснювалося у щільно закритих ємностях, що запобігало їх проливанню та забрудненню навколишнього середовища [15].

Лабораторне приміщення відповідало основним санітарно-гігієнічним вимогам. Під час проведення досліджень забезпечувалися належні параметри мікроклімату: температура повітря підтримувалася у межах 18–22 °С, відносна вологість становила 40–60 %, а рівень освітленості забезпечував комфортні умови для виконання аналітичних робіт. Приміщення обладнувалося системою вентиляції, що сприяло підтриманню нормативного повітрообміну та зменшенню ризику накопичення шкідливих речовин у повітрі робочої зони. Значна увага приділялася підтриманню чистоти та порядку на робочих місцях, що дозволяло мінімізувати ризик виробничого травматизму.

Під час обробки результатів досліджень використовувалася комп'ютерна техніка, тому важливе значення мала правильна організація робочого місця користувача. Робоче місце відповідало ергономічним вимогам: монітор розташовувався на оптимальній відстані від очей, а висота столу та стільця забезпечувала правильне положення тіла під час роботи. З метою профілактики перевтоми та зниження навантаження на органи зору періодично виконувалися технологічні перерви. Тривала робота за комп'ютером могла викликати втому,

зниження концентрації уваги та перенапруження м'язів, тому дотримання режиму праці та відпочинку мало важливе значення для збереження працездатності.

Особлива увага приділялася забезпеченню пожежної безпеки у лабораторному приміщенні. Основними потенційними причинами виникнення пожеж могли бути коротке замикання електромережі, використання несправного електрообладнання або перевантаження електричної мережі. З метою попередження пожежонебезпечних ситуацій не допускалося залишення ввімкнених електроприладів без нагляду, а також використання пошкодженого обладнання. Лабораторне приміщення було забезпечене первинними засобами пожежогасіння, а евакуаційні проходи залишалися вільними для забезпечення швидкої евакуації у разі виникнення аварійної ситуації [15].

Таким чином, дотримання вимог охорони праці, електробезпеки, виробничої санітарії та пожежної безпеки під час проведення досліджень забезпечувало безпечні умови виконання робіт, знижувало ризик виникнення нещасних випадків та сприяло збереженню здоров'я під час виконання лабораторних і аналітичних досліджень.

ВИСНОВКИ

1. У результаті проведених досліджень встановлено, що якість зрошувальної води є одним із головних факторів формування фізико-хімічного стану чорнозему опідзоленого та безпосередньо впливає на його родючість і екологічну стабільність. Порівняльна оцінка води з різних джерел у межах Харківської області підтвердила суттєві відмінності між варіантами за рівнем мінералізації, засоленості, електропровідності та вмістом елементів живлення.

2. Встановлено, що дистильована вода характеризувалася найнижчими показниками мінералізації, засоленості та електропровідності. Водопровідна вода мала помірний вплив на ґрунт, тоді як річкова та свердловинна вода відзначалися підвищеним вмістом розчинених солей. Найвищі показники електропровідності, азоту, фосфатів і калію були зафіксовані у варіанті з додаванням мінеральних добрив.

3. Після першого року модельного поливу в усіх варіантах, окрім контрольного, спостерігалось підвищення електропровідності, зростання засоленості та зміна кислотності ґрунту. Найбільш інтенсивні зміни відбувалися у варіантах із використанням свердловинної води та фертигації. При застосуванні дистильованої води деградаційних процесів практично не спостерігалось.

4. Використання води з мінеральними добривами спричиняло найбільш негативний вплив на ґрунт. У цьому варіанті відзначалося різке зростання електропровідності, концентрації азоту, фосфатів і калію, а також інтенсивне накопичення солей у ґрунті. Отримані результати підтвердили, що тривале застосування фертигації без контролю норм внесення добрив може призводити до погіршення фізико-хімічних властивостей чорнозему та зниження його родючості.

5. Прогнозні розрахунки на другий–п'ятий роки поливу підтвердили тенденцію до прогресуючого накопичення солей у варіантах із річковою, свердловинною та фертигаційною водою. У варіантах із дистильованою та

водопровідною водою прогнозувалося поступове зниження рівня засоленості, що свідчило про процеси природного розсолення ґрунту. Найбільш небезпечна тенденція була зафіксована у варіанті з фертигацією, де прогнозувалося різке прискорення процесів засолення.

6. Отримані результати підтвердили наявність кумулятивного ефекту, при якому щорічне накопичення солей без їх винесення з ґрунтового профілю призводить до поступового погіршення фізико-хімічних властивостей ґрунту. Основними чинниками розвитку деградаційних процесів були висока мінералізація поливної води, надлишковий вміст елементів живлення та тривале використання зрошення без належного контролю якості води.

7. Установлено, що за відсутності агроеліоративних заходів тривале використання річкової, свердловинної та фертигаційної води може призводити до деградації чорноземів та виникнення агроекологічних ризиків. Тому важливого значення набувають систематичний моніторинг якості поливної води, контроль рівня мінералізації та електропровідності, оптимізація норм внесення добрив і впровадження заходів, спрямованих на запобігання вторинному засоленню ґрунтів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Біднина І. О. Екологічна оцінка якості природних вод : навч. посіб. Херсон : Олді-Плюс, 2020. 218 с.
2. Жовтоног О. І. Управління водними ресурсами в агроландшафтах України : монографія. Київ : Ніка-Центр, 2021. 356 с.
3. Давиденко В. А. Агроекологічні проблеми зрошення земель України : монографія. Одеса : Екологія, 2021. 267 с.
4. Сайко В. Ф. Сучасні технології зрошення сільськогосподарських культур. Київ : Урожай, 2021. 258 с.
5. Коваленко П. І. Меліорація земель : підручник. Київ : Аграрна наука, 2018. 442 с.
6. Андрієнко Т. Л. Екологічні наслідки засолення ґрунтів при зрошенні. *Агроекологічний журнал*. 2020. № 4. С. 55–63.
7. Бабич О. А. Раціональне використання водних ресурсів у сільському господарстві. Вінниця : Нова Книга, 2019. 214 с.
8. Гадзало Я. М. Землеробство в умовах глобальних кліматичних змін : монографія. Київ : Аграрна наука, 2020. 340 с.
9. Гнатюк Г. Г. Водно-сольовий режим ґрунтів за умов зрошення. *Меліорація і водне господарство*. 2021. № 110. С. 34–41.
10. Вожегова Р. А. Зрошуване землеробство в умовах змін клімату України : монографія. Херсон : Олді-Плюс, 2021. 476 с.
11. Лісовий М. В. Водні ресурси України та їх використання у сільському господарстві. Київ : Урожай, 2018. 290 с.
12. Гамаюнова В. В. Сучасні технології зрошення сільськогосподарських культур : монографія. Миколаїв : МНАУ, 2021. 312 с.
13. Гринь Г. І. Екологічні аспекти використання водних ресурсів у сільському господарстві. Харків : ХНАУ, 2019. 284 с.
14. Ярошенко Л. М. Моніторинг якості ґрунтів і води в агроєкосистемах : навч. посіб. Суми : Університетська книга, 2022. 248 с.

15. Мельник Л. Л. Агрохімічний контроль ґрунтів та води : практикум. Київ : Кондор, 2021. 186 с.
16. Журавель С. В. Еколого-меліоративний стан чорноземів України. Одеса : Екологія, 2021. 298 с.
17. Мороз О. С. Якість води для зрошення та її екологічне значення. *Агроекологічний журнал*. 2021. № 2. С. 67–74.
18. Ромащенко М. І. Зрошення в Україні: сучасні виклики та перспективи розвитку. *Водне господарство України*. 2022. № 4. С. 12–20.
19. Коваленко Н. П. Вплив якості поливної води на фізико-хімічні властивості ґрунтів. *Вісник аграрної науки*. 2022. № 8. С. 51–58.
20. Медведєв В. В. Деградація ґрунтів України: сучасний стан і проблеми. Харків : Міськдрук, 2020. 474 с.
21. Яцик А. В. Водні ресурси та екологічна безпека України. Київ : Генеза, 2019. 412 с.
22. Качмар О. Й. Агроекологічна оцінка якості зрошувальної води. Львів : ЛНАУ, 2021. 218 с.
23. Трускавецький Р. С. Буферна здатність ґрунтів та їх екологічна стійкість. Харків : КП «Міська друкарня», 2018. 224 с.
24. Хвесик М. А. Водні ресурси України: проблеми раціонального використання та охорони. Київ : РВПС України НАН України, 2020. 338 с.
25. Кириленко В. В. Ґрунтово-меліоративні процеси в умовах зрошення. Херсон : Олді-Плюс, 2022. 304 с.
26. Шевченко О. Л. Фізико-хімічні показники якості води в системах зрошення. *Меліорація і водне господарство*. 2021. № 109. С. 78–85.
27. Безуглова О. С. Деградаційні процеси ґрунтів за умов інтенсивного землеробства. Харків : ХНАУ, 2020. 336 с.
28. Кононенко Л. М. Екологічні аспекти використання підземних вод для зрошення. *Водне господарство України*. 2021. № 5. С. 27–33.
29. Діденко Н. О. Агрохімічна оцінка ґрунтів при використанні мінералізованих вод. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 11. С. 48–54.

30. Лавриненко Ю. О. Краплинне зрошення сільськогосподарських культур : монографія. Херсон : Айлант, 2020. 264 с.
31. Лозовіцький П. С. Оцінка якості ґрунтів та управління їх родючістю. Київ : ЦП «Компринт», 2021. 418 с.
32. Міщенко Л. В. Екологічна оцінка стану ґрунтів агроландшафтів. Суми : Університетська книга, 2019. 230 с.
33. ДСТУ 2730:2015. Якість природної води для зрошення. Агрономічні критерії. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 14 с.
34. Про нормативи екологічно безпечного зрошення, осушення, управління поливами та водовідведенням : Постанова Кабінету Міністрів України від 02.09.2020 № 766. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/766-2020-%D0%BF?utm_source=chatgpt.com#Text (дата звернення: 05.05.2026).
35. ДСТУ 7174:2010. Вода для зрошення. Екологічні критерії якості. Київ : Держспоживстандарт України, 2011. 12 с.