

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчально-науковий інститут агротехнологій, селекції та
екології

Кафедра екології, збалансованого природокористування та захисту
довкілля

Кваліфікаційна робота

на здобуття ступеня вищої освіти
бакалавр

на тему: «ОЦІНКА МЕТОДІВ ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ
ПОЛИВНОЇ ВОДИ З ВИКОРИСТАННЯМ МІКРОБІОЛОГІЧНИХ
ПРЕПАРАТІВ»

Виконала: здобувачка вищої освіти
за освітньою програмою Екологія
спеціальності 101 Екологія
ступеня вищої освіти бакалавр
групи 101Еко_бд
Рябуха Катерина Анатоліївна

Керівник: **Самойлік М.С., доктор
економічних наук, професор**
Рецензент: **Міленко О.Г., кандидат
сільськогосподарських наук, доцент**

Полтава – 2024 року

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Навчально-науковий інститут агротехнологій, селекції та екології
Кафедра екології, збалансованого природокористування та захисту
довкілля

Освітня програма Екологія
Спеціальність 101 Екологія
Рівень вищої освіти бакалаврський

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Павло ПИСАРЕНКО

«__» «_____» 2023 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Рябухи Катерини Анатоліївни

1. Тема роботи: «ОЦІНКА МЕТОДІВ ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ПОЛИВНОЇ ВОДИ З ВИКОРИСТАННЯМ МІКРОБІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ»

керівник роботи: д.е.н., професор кафедри екології, збалансованого природокористування та захисту довкілля Самойлік Марина Сергіївна
Затверджено засіданням кафедри екології, збалансованого природокористування та захисту довкілля
протокол №__ від «__» «_____» 20__р.

2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи «__» «_____» 2024р.

3. Вихідні дані до роботи: Дані щодо проведення досліджень поверхної водойми в річці Псел, вода з якої використовується для поливу сільськогосподарських угідь ПСП «Нива» (Полтавська обл., Шишацький (Миргородський) р-н, с. Баранівка).

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки:

- аналіз методів відновлення якості поливної води в контексті сталого функціонування агроecosystem;
- оцінка фізико-хімічних показників якості поливної води; оцінка фітотоксичності поливної води;
- використання пробіотичних препаратів для зниження фітотоксичності поливної води.

5. Перелік графічного матеріалу: карти, рисунки, графіки, гістограми за темою та об'єктом дослідження.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Власне ім'я Прізвище та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання отримав

7. Дата видачі завдання: «__» «_____» 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1. Вибір і затвердження теми роботи		
2. Складання та погодження розгорнутого плану та завдання на кваліфікаційну роботу		
3. Опрацювання літературних джерел		
4. Збір, вивчення і обробка інформації, необхідної для виконання роботи		
5. Виконання теоретичного розділу роботи		
6. Виконання дослідницького (експериментального) розділів роботи		
7. Оформлення тексту роботи		
8. Попередній захист роботи на кафедрі		
9. Доопрацювання роботи з урахуванням зауважень і пропозицій		
10. Нормоконтроль		
11. Захист кваліфікаційної роботи		

Здобувач вищої освіти _____ Катерина РЯБУХА

Керівник роботи _____ Марина САМОЙЛІК

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність. На сьогодні активно йде науковий пошук методів відновлення якості поверхневих вод, у тому числі й для їх подальшого поливу. Все більш широкого напрямку набуває використання мікробіологічних, зокрема пробіотичних, препаратів для інтенсифікація процесів очистки водних систем. Але на даний час питання щодо використання пробіотиків у процесах очищення водних систем з метою отримання якісної поливної води, а також вплив даної води на ґрунтові мікроорганізми, є малодослідженим. Саме тому, постає необхідність у дослідженні можливостей використання пробіотичних препаратів для зниження фітотоксичності поливної води.

Метою проведення даної роботи стало дослідження можливостей використання пробіотичних препаратів для зниження фітотоксичності поливної води. Для цього на першому етапі проведено дослідження зразків води до та після очистки пробіотиками за хімічними показниками. Ефективність очистки була наступною: по БСК5 – 40%, ХСК – 36%, завислі речовинам – 25%, азоту амонійному – 37%, нітриту – 53%, нітрату – 34%, марганцю та свинцю – 55%. Після очистки пробіотиком якість води відповідала нормам ГДК рибогосподарського призначення.

На другому етапі проведено оцінку фітотоксичного ефекту досліджуваних зразків води до і після очистки їх пробіотиком Світеко-Агробіотик-01 (у розведенні 1:100) на схожість, ріст та кореневу систему насіння. У результаті проведених досліджень встановлено, що після очистки пробіотиком всі зразки поливної води по всім біометричним показникам віднесено до нетоксичних (відсутня токсичність). Ефект зниження токсичності склав: по довжині коренів від 49% до 63%, при чому найбільший ефект спостерігався на найбільш забрудненому зразку води; по масі коренів від 3% до 51%, при чому найменший ефект спостерігався на найменш забрудненому зразку; по довжині наземної частини від

22% до 53%, зв'язок із забрудненням у даному випадку відсутній; по масі наземної частини від 26% до 45%, при чому зв'язок із забрудненням у даному випадку знову відсутній. При визначенні фітотоксичності по кореням спостерігалася чітка залежність щодо збільшення ефективності очистки пробіотиком при збільшенні рівня забруднення. Таким чином, у результаті дослідження встановлено ефективність використання пробіотичних препаратів для зниження фітотоксичності води, що дозволяє зробити припущення про можливість відновлення якості поливної води.

Предметом дослідження є механізм дії пробіотичних препаратів на мікробний ценоз та хіміко-фізичні властивості поливної води.

Об'єктом дослідження є пробіотичні препарати.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у такому:

удосконалено:

– біологічний метод відновлення якості поливної води до I категорії за агрономічними та екологічними критеріями за рахунок використання пробіотичних препаратів.

Особистий внесок здобувача - у постановці і проведенні досліджень, виконанні експериментальної частини досліджень, узагальненні результатів.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота виконана на 47 сторінках машинописного тексту і складається із загальної характеристики, 2 розділи, висновків. Список використаної літератури налічує 34 найменувань.

РОЗДІЛ 1

ВІДНОВЛЕННЯ ЯКОСТІ ПОЛИВНОЇ ВОДИ В КОНТЕКСТІ СТАЛОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ АГРОЕКОСИСТЕМ

Наявність у тканинах рослин необхідної кількості води – обов'язкова умова життєдіяльності рослинного організму. Зрошення сільськогосподарських культур першочергово здійснюється для того, щоб підвищити рівень вологості поля і зробити ґрунт більш родючими. На фоні постійно зростаючого дефіциту прісної води, зростання цін на енергетичні ресурси, погіршення екологічного стану зрошуваних земель важливого значення набуває розробка та впровадження ресурсоощадних, енергозберігаючих та екологічно безпечних технологій у аграрному виробництві [1].

Для того, щоб отримати максимальний результат (урожай) від застосування штучного зрошення, необхідно використовувати воду ефективно. Поливна норма повинна повністю зволожити шар землі, в якому знаходиться більша частина коренів рослин. Для цього існує режим зрошення – оптимальна кількість поливів, яка допоможе забезпечити найкращий урожай у окремо взятих природних умовах [2]. Для визначення оптимальної кількості рідини на один полив розраховується норма поливу, яка залежить від ряду факторів: складу ґрунту, рівня ґрунтових вод, методу поливу, особливостей культури тощо [3].

У той же час крім необхідної кількості, потрібна і необхідна якість поливної води. Якість поливної води контролюється: Постановою КМУ від 02 вересня 2020 р. №766 Про нормативи екологічно безпечного зрошення, осушення, управління поливами та водовідведенням; ДСТУ 7286:2012. Якість природної води для зрошення. Екологічні критерії; ДСТУ 2730:2015 Якість природної води для зрошення. Агрономічні критерії.

Відповідно ДСТУ 7286:2012 до агрономічних критеріїв оцінювання якості природної води належать: збереження і підвищення родючості ґрунтів, зокрема

попередження процесів засолення, осолонцювання, злитизації і порушення біологічного режиму ґрунтів; забезпечення планової врожайності сільськогосподарських культур, зокрема продуктивності та інтенсивності розвитку; забезпечення необхідної якості сільськогосподарської продукції, зокрема повноцінності та доброякісності.

Під час оцінювання якості зрошувальної води виділяють три класи її придатності:

- зрошувальна вода I класу — «придатна», придатна для зрошення без обмежень;

- зрошувальна вода II класу — «обмежено придатна», використовується за умови обов'язкового застосування комплексу заходів щодо запобігання деградації ґрунтів або поліпшення води до показників I класу;

- зрошувальна вода III класу — «непридатна», вода, показники якості якої виходять за межі значень, що встановлені для зрошувальних вод другого класу, непридатна для зрошення без попереднього поліпшення її складу [4].

Агрономічні критерії оцінювання якості зрошувальної води охоплюють такі показники: суму токсичних солей в еквівалентах хлорид-іонів [5]; величину рН [6]; вміст лужності від нормальних карбонатів і токсичної лужності [7; 8]; відношення суми лужних катіонів натрію і калію до суми всіх катіонів [9; 10]; перевищення концентрації катіона магнію над концентрацією катіона кальцію; вміст аніона хлору, термодинамічні потенціали [11]; температуру води, °С [12]. Якість зрошувальної води оцінюють ураховуючи небезпеку іригаційного засолення, підлуження, осолонцювання ґрунтів та токсичний вплив зрошувальної води на рослини.

Екологічні критерії встановлюють за нормативами якості природної води для зрошування з урахуванням необхідності дотримання вимог санітарно-гігієнічної безпеки та охорони навколишнього природного середовища від забруднення. Результати оцінювання є основою для визначення та нормування

допустимих антропогенних навантажень під час зрошування. Нормують якість води для зрошування за екологічними критеріями згідно з [13] за двома групами показників якості води:

- перша група – властивості води та вміст речовин, які в певній кількості необхідні для нормального функціонування ґрунтів. Показники нормують з позицій біологічної повноцінності та позитивного впливу на екологічний стан об'єктів навколишнього природного середовища (перша група охоплює такі загально-екологічні та еколого-гігієнічні показники: вміст азоту, мікроелементів (марганцю, заліза, міді, бору, кобальту, цинку, молібдену) і фтору; БПК₅);

- друга група – властивості води та вміст речовин, які негативно впливають на стані функціонування агроєкосистеми та компонентів навколишнього природного середовища; показники нормують за ступенем придатності води для зрошування (дана група містить такі показники: а) еколого-токсикологічні: вміст важких металів (свинцю, ртуті, кадмію, селену, миш'яку, хрому загального, вісмуту, нікелюю ванадію), пестицидів, фенолів, ціанідів; нафти і нафтопродуктів, детергентів; б) санітарно-бактеріологічні: наявність бактерій групи кишкової палички (колі-індекс), фагів кишкової палички (індекс колі-фагів), патогенної мікрофлори, життєздатних яєць гельмінтів; в) радіоактивні речовини) [14].

Гранично допустимі концентрації забруднюючих речовин у зрошувальній воді повинні відповідати значенням, приведеним у ДСТУ 7286:2012 та ГОСТ 17.1.2.03. У той же час при проведенні постмоніторингу оцінки впливу на довкілля відповідно рекомендацій Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України рекомендується якість зрошувальної води оцінювати за найбільш жорсткими критеріями – ГДК рибогосподарського призначення відповідно «Узагальнений перелік гранично-допустимих концентрацій (ГДК) та орієнтовно-безпечних рівнів впливу (ОБУВ) шкідливих речовин для води рибогосподарських водойм» [15]; «Нормативи екологічної безпеки водних

об'єктів, що використовуються для потреб рибного господарства, щодо гранично допустимих концентрацій органічних та мінеральних речовин у морських та прісних водах (біохімічного споживання кисню (БСК-5), хімічного споживання кисню (ХСК), завислих речовин та амонійного азоту)» затвердженого наказом Міністерства аграрної політики та продовольства України від 30.07.2012 року №471 [16].

У той же час можна констатувати, що при наявній нормативній оцінці впливу хімічних показників поливної води на якість ґрунту, до сих пір актуальним для дослідження залишається питання впливу якості поливної води на ґрутові мікроорганізми. Дане питання частково досліджувалося вітчизняними та зарубіжними дослідниками [18]. Зокрема встановлено, що найменша вологість, при якій ще слабо розвиваються гриби і актиноміцети, відповідає приблизно 80-95% максимальної гігроскопічності ґрунту. При поливі діяльність мікроорганізмів поновлюється, в результаті чого посилюються процеси перетворення речовин у ґрунті. Оптимальна вологість ґрунту для бактерій - близько 60% ПВ. При подальшому збільшенні вологості ґрунту діяльність їх знижується. Надто рідкі поливи і часті перезволоження також уповільнюють процес нітрифікації. Особлива увага науковців приділяється впливу зрошення прісними і стічними водами на вологість, кількість бактерій і біологічну активність ґрунту на посівах різних культур. У той же час питання щодо зв'язку між категорією якості води, зокрема її хімічними показниками та оптимальним функціонуванням мікроорганізмів залишаються відкритими для наукового пошуку.

Ще одним важливим питанням є відновлення необхідної якості води у випадку, якщо її якість відповідає другій або третій категорії. У той же час, аналіз даних [19], а також результатів моніторингу поверхневих вод, що постійно проводяться підрозділами Державного агентства водних ресурсів України, вказує на перевищення ГДК по ряду забруднюючих речовин (нітратам

та нітратам, амонію, фосфатам тощо) у більшості річках, які віднесені до великих та середніх на території України, зокрема у р. Дніпро, р. Прип'ять, р. Сіверський Донець, р. Тиса тощо [17]. Насьогодні дана ситуація стає ще більш гострою, що обумовлено наслідками воєнних дій на Україні. Поверхневі водойми отримують додаткове антропогенне забруднення важкими металами, нафтопродуктами, як прямо так і опесередковано. Зокрема за даними ОБСЄ концентрація важких металів та нафтопродуктів у р. Сіверський Донець зросла у 7-17 разів у порівнянні з фоновим значенням [1]. Все це актуалізує питання очистки та відновлення якості поверхневих вод, зокрема які зазнали техногенного забруднення внаслідок воєнних дій.

Одним із можливих методів відновлення якості зрошувальної води є її очистка у місці забору. Таким чином значно зменшуються обсяги очистки води. Звичайно, це не вирішує питання якості поверхневих вод загалом, але хоча б дозволяє зменшити негативний вплив та забуднення ґрунтів під час поливу. При цьому використання методів очистки мають ґрунтуватися на екологічно безпечних технологіях, щоб не допустити вторинного забруднення ґрунту. У даному аспекті доцільно використовувати біологічні методи, зокрема аерацію, поперепо очистку на біологічних об'єктах очистки, тощо. У той же час дані методи мають ряд недоліків, зокрема необхідний тривалий час, значні фінансові витрати на будівництво додаткових споруд, нестабільність дії, що залежить від зовнішніх природно-кліматичних факторів тощо.

Все більш широкого напрямку набуває використання мікробіологічних, зокрема пробіотичних, препаратів для інтенсифікація процесів очистки водних систем. Але на даний час питання щодо використання пробіотиків у процесах очищення водних систем з метою отримання якісної поливної води, а також вплив даної води на ґрунтові мікроорганізми, є малодослідженим.

Також наявні дослідження щодо інших шляхів вирішення проблеми нестачі прісної води потрібної якості для потреб сільськогосподарського

виробництва - використання морської води, мінералізованої води, комунальних та промислових стічних вод після попередньої очистки [10]. Зокрема питання очищення стічних вод з метою використання їх для зрошення дозволяє вирішувати як проблеми із їх видаленням та забрудненням довкілля, так і економити значні обсяги водних ресурсів [11]. У даному аспекті досить велика кількість досліджень щодо використання мікробіологічних препаратів, у тому числі пробіотиків, для очистки стічних вод [12]. Але широке використання різноманітних категорій стічних вод з метою зрошення, особливо промислових, може мати потенційну загрозу антропогенного забруднення навколишнього середовища шкідливими токсичними речовинами, особливо рослинницької продукції, навіть після попередньої очистки. Це вимагає дотримання строгої регламентації використання стічних вод для зрошення відповідно законодавства [13].

При використанні стічних промислових вод для зрошення необхідно враховувати їх токсичність на сільськогосподарські культури та вплив на сольовий режим ґрунту. На відміну від природних вод, промислові стічні води мають певну специфіку - вони містять велику кількість солей і шкідливих для рослин інградієнтів. У той же час варто особливо відмітити, що накопичено досить багато вітчизняних та зарубіжних досліджень щодо можливості використання комунальних та промислових стічних вод для зрошення. Але все це носить локальний характер, адже все залежить як від якості саме даних вод, так і природно-кліматичних характеристик певного регіону, властивостей ґрунту, тощо.

Ряд відчизняних науковців вказує на можливість використання пробіотичних препаратів для очистки поверхневих водоем. Інтенсифікація процесу очистки водної системи здійснюється за рахунок діяльності аеробних бактерій, а також ферментів. Здатність бактерій роду *Bacillus* виробляти вітаміни, амінокислоти і біологічно активні речовини, а також той факт, що

пробіотики окислюють важко розкладаючі органічні речовини, призводять до інтенсифікації процесів біологічної очистки.

Наявні дослідження Писаренка П. В., Самойлік М.С., які вказують що при додаванні пробіотиків у розведенні 1:100 у поверхневій воді значно знижується евтрофікація водоймищ, вміст біогенних речовин, зокрема ефективність очистки по БСК₅ склала 39%, ХСК - 33%, зваженим речовинам - 18%, азоту амонійному - 33%, марганцю - 20% [14]. Встановлено, що використання пробіотичних препаратів є більш ефективним у порівнянні з хімічними методами, зокрема використання пробіотику *Sviteko-Azprobiotik-01* дає ефективність знищення ціанобактерій до 70-80% [15]. У той же час, використання пробіотичних препаратів для очистки поверхневих водойм має ряд недоліків: надзвичайно високі фінансові затрати, пов'язані з величезним обсягом води, що протікає у річці; нестабільність та короткочасність дії пробіотиків у природній умові (їх дія буде залежати від кліматичних характеристик у даний період, при цьому триватиме не більше 30-40 днів, після чого необхідно повторювати очистку).

Тобто використання пробіотиків більш ефективно у штучних умовах, при контрольованому впливі зовнішніх факторів, меншій кількості води та постійній можливості їх повторного внесення. Тому використання пробіотичних препаратів для очистки поливної води у місцях її забору може бути досить перспективним, хоча дане питання і малодосліджене на сьогодні. Враховуючи попередні дослідження Писаренка П. В. [15], щодо можливості використання пробіотичних препаратів для зниження вмісту важких металів та нафтопродуктів у воді, дане питання в умовах воєнних дій на Україні, коли можливе неконтрольоване надходження даних речовин у поверхневій воді, є особливо актуальним на сьогодні.

Таким чином потрібно відзначити, що при всьому комплексі методів відновлення якості поверхневої води, у тому числі для зрошення, що наводиться

у науковій літературі, питання використання бактерій, зокрема пробіотиків, для очищення поверхневих водних об'єктів є на сьогодні недостатньо вивченими. Отже постає потреба в дослідження можливості використання пробіотичних препаратів для відновлення якості зрошувальної води з урахуванням наслідків воєнних дій на Україні.

РОЗДІЛ 2.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА.

2.1 Оцінка фізико-хімічних показників якості поливної води

Відповідно до Водного Кодексу України [20] в контексті екологічного моніторингу контроль природного середовища ґрунтується на гранично допустимих концентраціях (ГДК) забруднюючих речовин. Якість поливної води контролюється Постановою КМУ від 02 вересня 2020 р. №766 [21], ДСТУ 7286:2012 [22], ДСТУ 2730:2015 [23]. Також якість поливної води досить часто характеризують за найбільш жорсткими критеріями для рибогосподарського призначення: Узагальнений перелік гранично-допустимих концентрацій (ГДК) та орієнтовно-безпечних рівнів впливу (ОБУВ) шкідливих речовин для води рибогосподарських водойм [24]; наказом Міністерства аграрної політики та продовольства України від 30.07.2012 року №471 [25].

Для оцінки якості поливної води взято проби на глибині 0,2-0,5 м від поверхні водойми в річці Псел, вода з якої використовується для поливу сільськогосподарських угідь ПСП «Нива» (Полтавська обл., Шишацький (Миргородський) р-н, с. Баранівка), лабораторні дослідження проводилися у лабораторії агроекологічного моніторингу ПДАУ.

Проби води відбиралися між 12:00 та 17:00 годинами у весняний, літній та осінній період протягом 4 років (2019-2022 рр.). Місця забору відображено на рис. 2.1, усереднені результати хіміко-токсикологічного аналізу (протоколи досліджень наведено у додатку В) представлено у табл. 2.1.

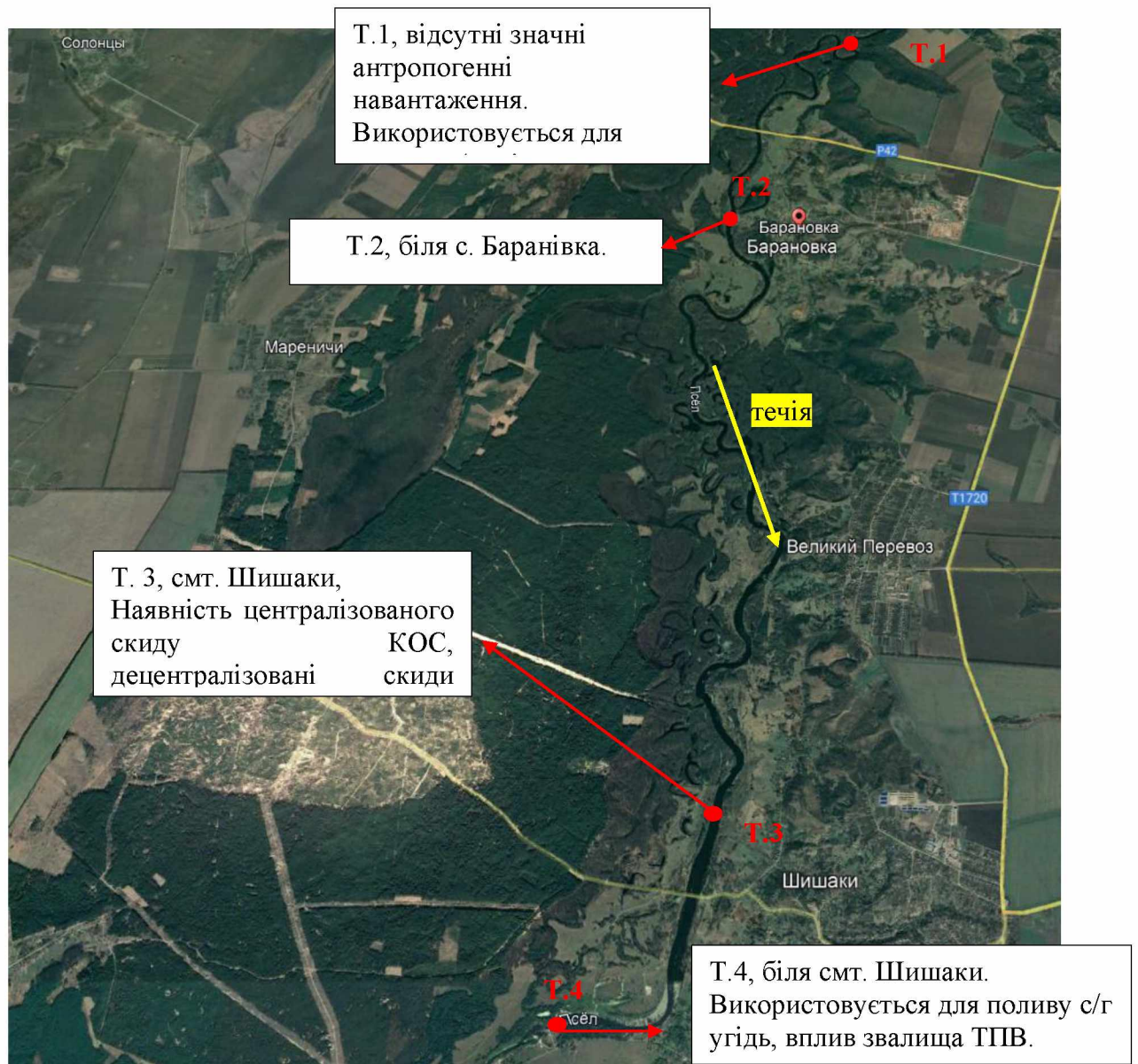


Рис.2.1 – Місця забору проб води

Таблиця 2.1

Хімічні та фізико-хімічні показники якості поверхневих вод на різних ділянках річки Псел (усереднені дані 2019-2022 рр.)*

Назва	Позначення одиниці вимірювання	Результат вимірювання				Похибка вимірювання, δ , (Δ)*, $P=0,95$	Нормативне значення				
		Т.1	Т.2	Т.3	Т.4		ГДК				
							за 3.1.1	за 3.1.2	за 3.1.3	за табл. 2.7.2	за 2.7.2
Водневий показник (рН)	од. рН	7,75	7,82	8,05	8,00	$\delta=\pm 0,1\%$	менше 8,0	6,5-8,5	-	-	-

Розчинений кисень	мгО ₂ /дм ³	8,16	6,98	6,10	6,17	δ=±10%	-	-	-	≥6,0	
Завислі речовини	мг/дм ³	10,12	15,05	25,28	26,41	δ=±20%	-	-	-	-	25,0
Кальцій	мг/дм ³	45,89	48,63	45,77	50,22	δ=±10%	-	-	-	-	-
Магній	мг/дм ³	21,65	25,60	20,45	30,40	δ=±5%	-	-	-	-	-
Жорсткість	ммоль/дм ³	3,45	5,08	5,28	4,90	δ=±30%	-	-	-	-	-
Марганець	мг/дм ³	0,010	0,008	0,025	0,030	δ=±25%	-	-	-	0,01	-
Карбонати	мг/м ³	1,12	1,89	3,20	4,90	δ=±20%	<6,1	-	-	-	-
K+Na	%	31	41	50	51	δ=±10%	<45	-	-	-	-
ХСК	мгО/дм ³	25,5	28,6	35,40	34,05	Δ = 0,01Xδ	-	-	-	62,5	25,0
БСК ₅	мгО/дм ³	2,8	3,1	3,5	4,2	δ=± 30 %	-	10,0	-	-	3,0
Амоній-іони	мг/дм ³	0,515	0,712	1,511	1,441	δ=± 10 %	-	-	-	0,5-1,0	0,6-1,28
Нітрит-іони	мг/дм ³	0,05	0,09	0,13	0,15	δ=± 10 %	-	-	-	0,08	-
Нітрат-іони	мг/дм ³	8,12	9,45	12,47	11,02	δ=± 10 %	-	-	-	40,0	-
Залізо загальне	мг/дм ³	0,100	0,100	0,351	0,221	δ=± 25 %	-	0,3	-	0,1	-
Хлорид-іони	мг/дм ³	34,10	48,46	46,11	50,01	δ=±10%	497	-	-	300,0	-
Сульфат-іони	мг/дм ³	49,63	44,63	47,65	52,37	δ=±9%	-	-	-	100,0	-
Сухий залишок	мг/дм ³	301	310	415	374	δ=±2%	-	-	400	-	-
Нафто-продукти	мг/дм ³	0,01	0,02	0,06	0,06	δ=±18%	-	0,3	-	0,05	-
Фосфат-іони	мг/дм ³	0,20	0,21	0,70	0,74	δ=± 10 %	-	-	-	0,7	-
Свинець	мг/дм ³	0,010	0,010	0,010	0,025				0,03		

* - заміри проводилися: з 01.07.2019 р., 15.07.2020 р., 25.06.2021 р., 02.07.2022 р. усереднені дані.

** ГДК відповідно:

1.1 Постанова КМУ від 02 вересня 2020 р. №766 Про нормативи екологічно безпечного зрошення, осушення, управління поливами та водовідведенням:

1.1.1 ДСТУ 7286:2012. Якість природної води для зрошення. Екологічні критерії.

1.1.2 ДСТУ 2730:2015 Якість природної води для зрошення. Агрономічні критерії.

1.2 Поверхневі води – гранично допустима концентрація (ГДК):

1.2.1 «Обобщенный перечень предельно-допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно-безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов».

1.2.2 «Нормативи екологічної безпеки водних об'єктів, що використовуються для потреб рибного господарства, щодо гранично допустимих концентрацій органічних та мінеральних речовин у морських та прісних водах (біохімічного споживання кисню (БСК-5), хімічного споживання кисню (ХСК), завислих речовин та амонійного азоту)» затвердженого наказом Міністерства аграрної політики та продовольства України від 30.07.2012 року №471.

У результаті проведеного дослідження хімічних та фізико-хімічних показників на різних ділянках р. Псел, в лабораторії Агроекологічного

моніторингу ПДАУ (свідоцтво про атестацію №092-22 р., чинне до 11 квітня 2025 р., додаток В), встановлено перевищення ГДК на ділянці Т. 1 (1,5 км від с. Баранівка вверх по течії р. Псел, Шишацького району, Полтавського району) по ХСК у 1,1 р. На ділянці Т.2 (у с. Баранівка, Шишацького району, Полтавського району) перевищення ГДК спостерігається по наступним речовинам: БСК₅ (у 1,1 р), ХСК (у 1,2 р.), азот амонійний (у 1,1 р.). На ділянці Т.3 (сmt. Шишаки, Полтавського району) перевищення ГДК спостерігається по наступним речовинам: завислі речовини (у 1,1 р.), марганець (у 2,5 р), К+Na (у 1,1 р), БСК₅ (у 1,4 р), ХСК (у 1,2 р.), нітроти (у 1,7 р.), азот амонійний (у 1,5 р.), залізо загальне (у 3,5 р.), сухий залишок (у 1,1 р.), нафтопродукти (у 1,2 р.). На ділянці Т.4 (передмістя сmt. Шишаки, 2 км вниз по течії) перевищення ГДК спостерігається по наступним речовинам: марганець (у 3,0 р), К+Na (у 1,1 р), БСК₅ (у 1,4 р), ХСК (у 1,4 р.), нітроти (у 1,9 р.), азот амонійний (у 1,4 р.), залізо загальне (у 2,2 р.), нафтопродукти (у 1,2 р.), фосфати (у 1,1 р.), свинець (у 1,8 р.). Результати порівняння отриманих хімічних показників на різних ділянках р. Псел за відношенням $C_{mi}/ГДК_i$ (де C_m - концентрація речовини i , мг/м³; $ГДК_i$ - відповідне значення гранично допустимої концентрації речовини i) представлені на рис. 2.2.

У результаті встановлено можливе попадання біогенних речовин від сільськогосподарських угідь (поверхневий стік з полів) та можливого попадання через ґрунтові води забруднень через вигрібні ями. На третій ділянці значно збільшується антропогенне навантаження внаслідок централізованого скиду неочищених каналізаційних стічних вод та попадання неочищених дощових і талих вод у сmt. Шишаки (відсутність їх централізованого збору і очистки). Це пояснює значне зростання вмісту біогенних речовин, збільшення БПК₅ і ХСК, а також нафтопродуктів та заліза. Враховуючи, що дана ділянка знаходиться вниз по річці, то відбувається додаткове надходження забруднюючих речовин і спостерігається ріст хімічних показників. Найбільші

значення показників забруднюючих речовин, зокрема біогенних речовин, марганцю, у більшості випадках зафіксовані на ділянках Т.3 та Т.4. Це пояснюється тим, що нижче по річці на даній території знаходиться скид каналізаційних централізованих та децентралізованих стічних вод смт. Шишаки, а також впливом звалища ТПВ.

Дослідження 2019-2022 рр. показали, що мінливість біогенних елементів у річковій воді має чітко виражений сезонний характер і залежить від величини водного стоку і розвитку гідробіологічних процесів (рис. 2.3).

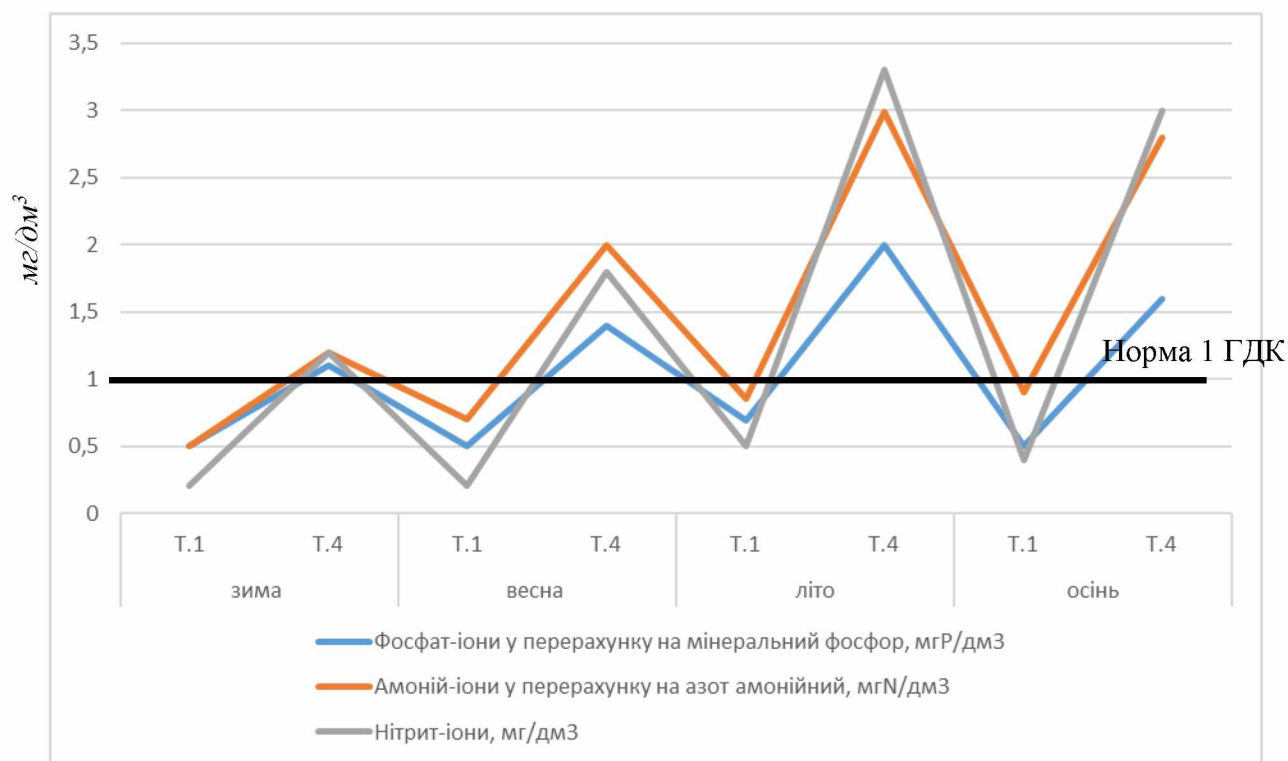


Рис. 2.3 - Сезонна мінливість біогенних елементів у р. Псел на різних ділянках: Т.1 – з найменшим антропогенним впливом; Т.4 - з найбільшим антропогенним впливом (дані за 2021 р.)

Проведена оцінка якості поливної води на ділянках р. Псел (Т.1-Т.4) з різним антропогенним навантаженням відповідно Постанови КМУ від 2 вересня 2020 р. № 766. Про нормативи екологічно безпечного зрошення, осушення,

управління поливами та водовідведенням (табл. 2.2). На основі приведеного порівняння екологічних та агрономічних показників із нормативними встановлено, що якість води у Т.1 та Т.2 віднесена до І класу (полив безпечний), Т.3, Т.4 - до ІІ класу, полив можливий за умови застосування відновлювальних заходів. Виходячи з цього, для води, що забирається для поливу у Т.3, Т.4 необхідно розробити рекомендації щодо відновлення її якості.

Таблиця 2.2

Порівняння якості води з р. Псел із різних ділянок відповідно норм екологічно безпечного зрошення та управління поливами (усереднені дані)

Показник	Т.1-Т.2	Т.3-Т.4
Концентрація токсичних іонів у еквівалентах хлорид-іонів у зрошувальній воді, мекв/дм ³	12 (менше 14)	15 (14-24)
Кислотність зрошувальних вод, рН	менше 8,0	8,0-8,8
Вміст лужних катіонів натрію і калію у зрошувальній воді, відсотків суми катіонів	менше 45	45-55
Вміст аніону СО ₃ ²⁻ у зрошувальній воді, мекв/дм ³	<0,1	0,1-0,6
Якість зрошувальних вод за агрономічними та екологічними критеріями	І клас	ІІ клас

2.2 Оцінка фітотоксичності поливної води

Проведене дослідження є комплексним аналізом впливу поливних вод на схожість, ріст та кореневу систему висадженого насіння. Для оцінки фітотоксичного ефекту були використані наступні показники: висота проростків, довжина коренів, а також фітомаса проростків і кореневої системи рослин.

В якості тест-культур повинні бути використані рослини, що володіють яскраво вираженою стрес-реакцією на забруднення, зокрема важкі метали [447]. В експерименті були використані типові для досліджуваних видів забруднювачів тест-культури: горох посівний (*Pisum sativum*), пшениця озима (*Triticum aestivum*), крес-салат (*Lepidium sativum*) [445]. Для визначення фітотоксичності води, її наливали в чашки Петрі, а потім висівали насіння тест-

культур. Дослід проводився з трьохкратним повторенням. Експеримент проводився з водою, набраною в червні. Визначали фітотоксичність по проростанню насіння тест-культур.

Метод проростків заснований на реакції тест-культур на різні забруднення. Він дозволяє виявити токсичну або стимулюючу дію тих чи інших речовин. Дослід проводився 14 діб, після чого визначалось: кількість пророслих насінин і довжина надземної частини рослини; довжина коренів (після сушіння) та їх маса.

Дослідження проводилося на зразках води, відібраних у чотирьох контрольних точках р. Псел: Т.1 – 1,5 км вище по течії річки Псел біля с. Баранівка, Шишацького району, Полтавського району; Т.2 – с. Баранівка, Шишацького району, Полтавського району; Т.3 – смт. Шишаки, Полтавського району; Т. 4 – передмістя смт. Шишаки 2 км вниз по течії (рис. 6.1). Порівняння проводили з контрольним зразком водопровідної питної води, набраної на території ПДАУ (Полтавська обл., м. Полтава, вел. Сквороди 1/3). Характеристика основних фізико-хімічних показників, які характеризують якість відібраних проб води, приведена у таблиці 6.1.

Горох посівний (*Pisum sativum*)

При посіві насіння у різні зразки води, сходи з'явилися на 4 добу. Кількість пророслого насіння підраховані на 14 добу (рис. 2.4-2.5).

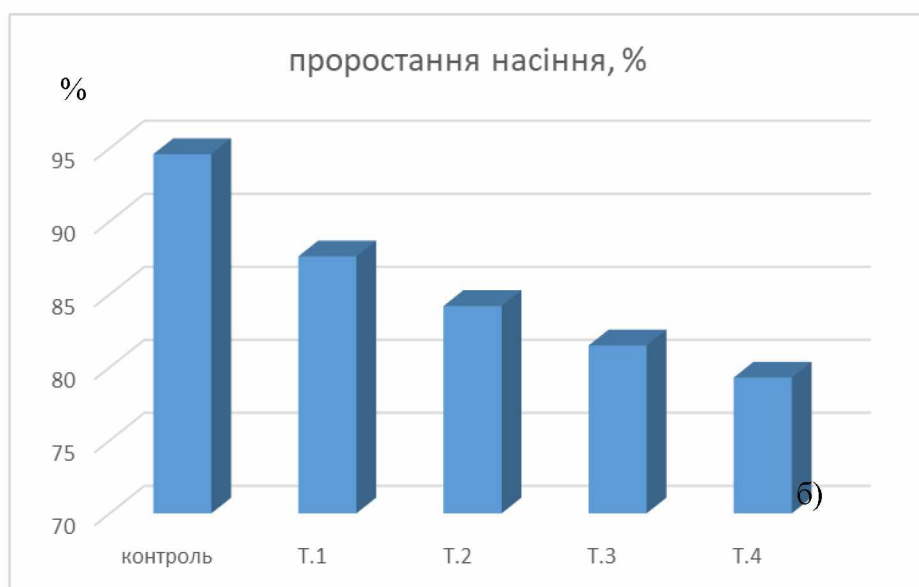


Рис. 2.4 - Кількість пророслого насіння гороху на зразках води, %



Рис. 2.5 - Фітотоксичний ефект по проростанню насіння гороху, %

Фітотоксичної ефект вважається значущим, якщо становить понад 20% [10]. По результатам оцінки фітотоксичності на насінні гороху (табл. 2.3), усі зразки води віднесені до слабо токсичних (відсутня токсичність). У той же час спостерігалось зменшення проростання насіння у Т.1 у порівнянні з контролем на 8%, у Т.2 - зниження на 11%, у Т.3 - на 13%, у Т.4 - на 16%. Аналогічна результати отримані при дослідженнях довжини коренів (фітотоксичний ефект

20,3% спостерігається тільки у Т.4), маси коренів, довжини наземної частини, маси наземної частини (фітотоксичний ефект 20,8% спостерігається тільки у Т.4).

Можна констатувати, що незначний, але все ж наявний фітотоксичний вплив на насіння гороху даних зразків води, обумовлений наявністю у ній важких металів (перевищення ГДК по свинцю та марганцю), а також наслідками цвітіння - виділенням токсичних речовин.

Таблиця 2.3

Фітотоксичний ефект зразків води (ФЕ) по гороху*

Проба води	по проростанню		по довжині коренів		по масі коренів		по довжині наземної частини		по масі наземної частини	
	Кількість пророслих насінин, %	ФЕ, %	Довжина, см	ФЕ, %	Маса, мг	ФЕ, %	Довжина, см	ФЕ, %	Маса, мг	ФЕ, %
контр.	94,6		13,3		15,5		31,8		22,1	
Т.1	87,6	7,4	12,3	7,5	13,9	6,27	29,4	7,55	19,8	10,41
Т.2	84,2	10,9	11,5	13,5	13,4	8,24	28,5	10,38	19,5	11,76
Т.3	81,5	13,8	10,8	18,8	14,0	5,88	26,7	16,04	17,2	22,17
Т.4	79,3	16,2	10,6	20,3	13,5	7,84	25,8	18,87	17,5	20,81

*фітотоксичність вважається відсутньою при $\Phi \leq 20\%$

Пшениця озима (*Triticum aestivum*)

При посіві насіння у різні зразки води, були отримані наступні результати (рис. 2.5).



Рис. 2.6 - Кількість пророслого насіння пшениці озимої на зразках води, %

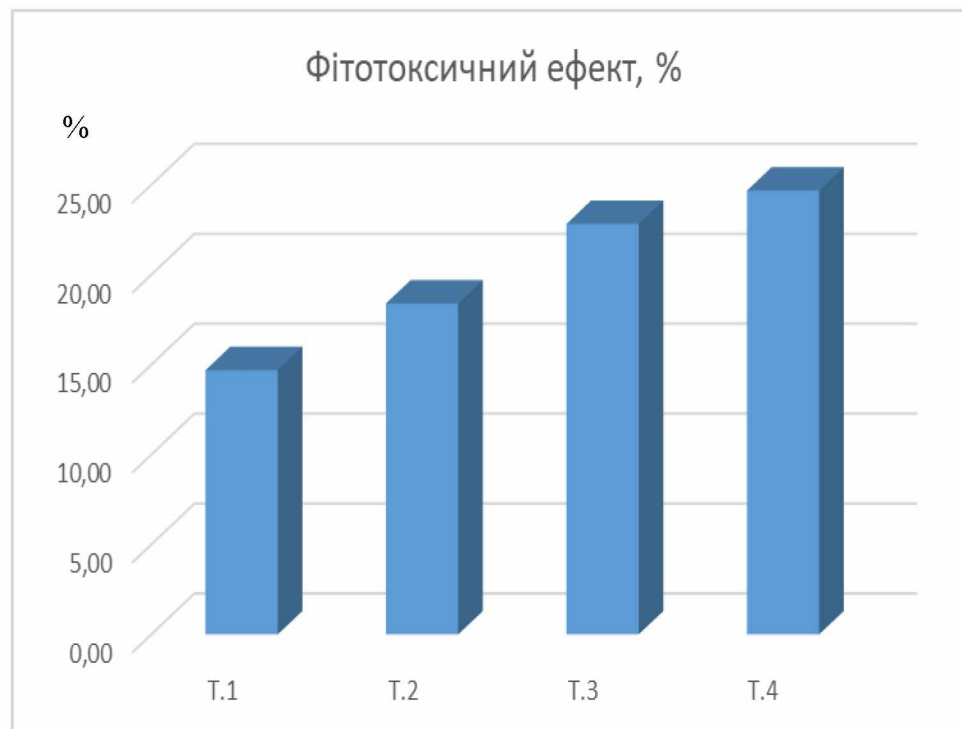


Рис. 2.7 - Фітотоксичний ефект по проростанню насіння пшениці озимої, %

По результатам оцінки фітотоксичності на насінні пшениці, зразки води, набрані у Т. 1 і Т. 2, віднесені до слабо токсичних (відсутня токсичність). Зразки води, набрані у Т. 3 і Т. 4, віднесені до середньо токсичних. Також, як і для насіння гороху, спостерігалось зменшення проростання насіння у Т.1 у

порівнянні з контролем на 14%, у Т.2 - зниження на 18%, у Т.3 - на 23%, у Т.4 - на 25%. Аналогічна результати отримані при дослідженнях довжини коренів, маси коренів, довжині наземної частини, маси наземної частини (табл. 6.4).

За результатами оцінки фітотоксичності води, визначено, що пшениця озима озима є більш чутливою до даних діапазонів забруднень у зразках води, що досліджуються. Визначено, що зразки води із Т.3 і Т.4 відносяться до середньо токсичних за кількістю пророслого насіння та по масі наземної частини, Т.1 і Т.2 - до нетоксичних.

Таблиця 2.4

Фітотоксичний ефект зразків води (ФЕ) по пшениці

Проба води	по проростанню		по довжині коренів		по масі коренів		по довжині наземної частини		по масі наземної частини	
	Кількість пророслих насінин, %	ФЕ, %	Довжина, см	ФЕ, %	Маса, мг	ФЕ, %	Довжина, см	ФЕ, %	Маса, мг	ФЕ, %
контр.	70,1		22,8		12		14,5		13,8	
Т.1	59,8	14,69	21,5	5,70	11,8	1,67	13,7	5,52	12,4	10,14
Т.2	57,2	18,40	17,3	24,12	11	8,33	13,1	9,66	11,4	17,39
Т.3	54,1	22,82	16,97	25,57	10,1	15,83	11,1	23,45	10,1	26,81
Т.4	52,8	24,68	13,9	39,04	9,8	18,33	11,7	19,31	10,7	22,46

По довжині коренів пшениці всі зразки води, крім Т.1, відносяться до середньо токсичних. По довжині наземної частини, тільки Т.3 відносяться до середньо токсичних. По масі коренів пшениці - фітотоксичний ефект відсутній. Таким чином, узагальнюючи отримані дані, можна констатувати, що зразки води, набраної у Т.1 відносяться до нетоксичних, Т.2, Т.3 і Т.4 - середньо токсичних.

Крес-салат (*Lepidium sativum*)

Враховуючи, що крес-салат є високо чутливим до різного роду забруднень, було визначено проростання рослин у даних зразках води на 10, 20 та 30 добу та були отримані наступні результати.

При оцінці кількості насіння, пророслих на 10 добу (рис. 6.8), було встановлено, що спостерігається тенденція до зниження показника зі збільшенням концентрацій забруднень у воді у даному діапазоні. На 20 добу експерименту рослини на усіх зразках води почали гинути, їх кількість знизилася на 17-83% по відношенню до контролю. Найбільш істотне зниження відбулося на зразках води, що набрані були у Т.3 і Т.4, кількість рослин на цих варіантах склало 24 і 16% від посіяних відповідно. На 30 добу кількість рослин ще більше зменшилася, по відношенню до контролю зниження досягло 43-87%. Мінімальна кількість рослин спостерігали на зразку води Т.4 максимальне - при контрольному варіанті. Кількість рослин в контрольних зразках ґрунту протягом усього експерименту не змінювалося.

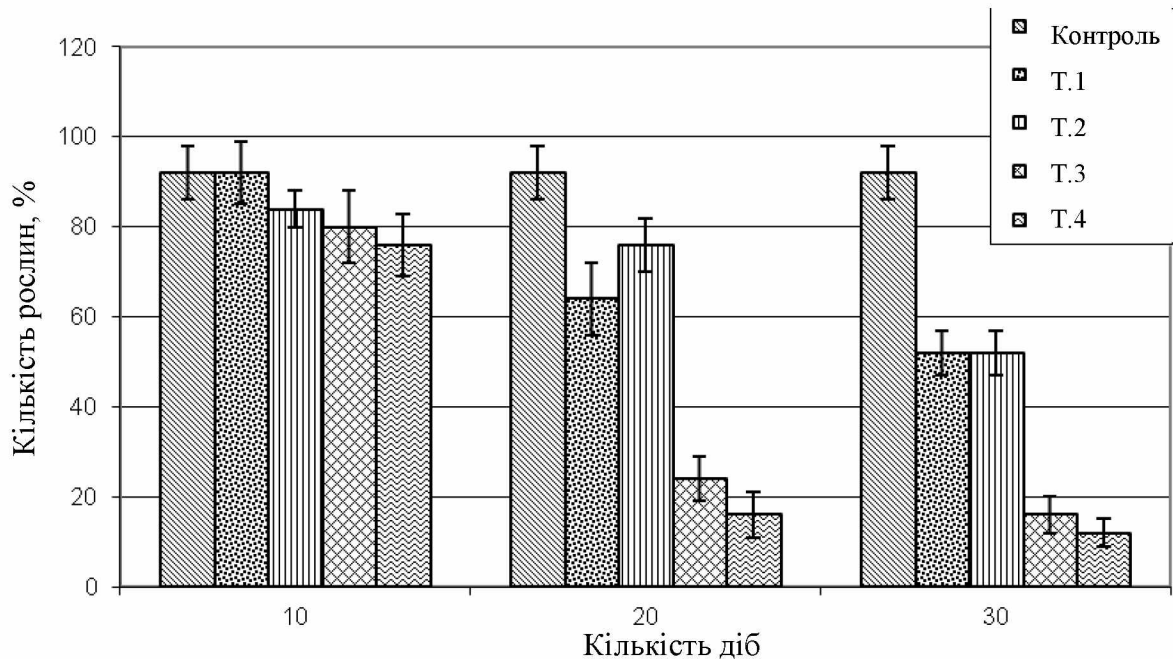


Рис. 2.8 - Проростання рослин *Lepidium sativum* в даних діапазонах забруднення води, %

Після закінчення експерименту було виміряно біометричні показники рослин: довжина кореневої системи, висота рослин і їх біомаса (рис. 6.9-6.12).

Можна відзначити що крес-салат найбільш чутливий до забруднень води у даних діапазонах. По результатам оцінки фітотоксичності на насінні крес-салату встановлено (рис. 2.10):

- зразок води із Т.1 по всім біометричним показникам має відсутню токсичність;
- зразок води із Т.2 і Т.3 по довжині і масі наземної частини віднесено до середньо токсичної, по довжині і масі коренів - вище за середню;
- зразок води із Т.4 по довжині і масі наземної частини віднесено до вище середньої токсичної, по довжині і масі коренів - високо токсичної.

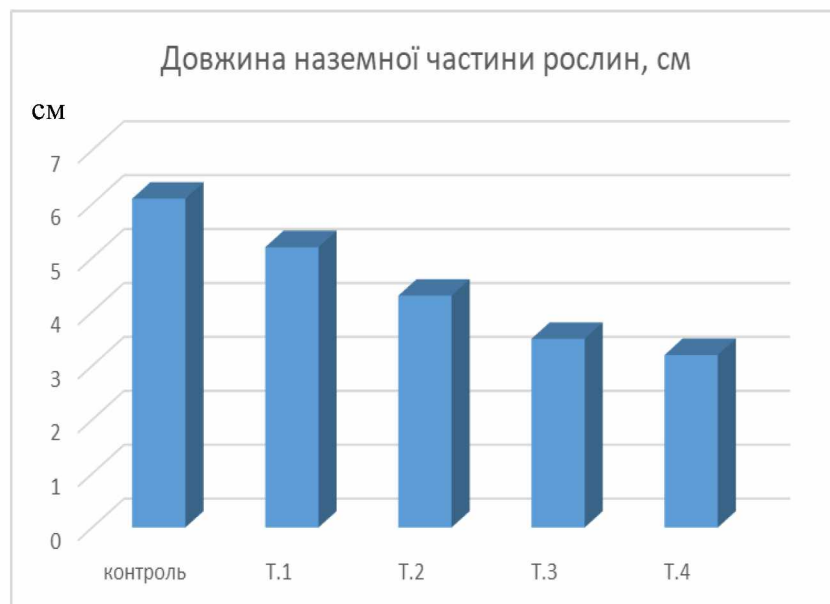


Рис. 2.9- Біометричні показники рослин *Lepidium sativum*: довжина наземної частини



Рис. 2.10- Біометричні показники рослин *Lepidium sativum*: маса наземної частини

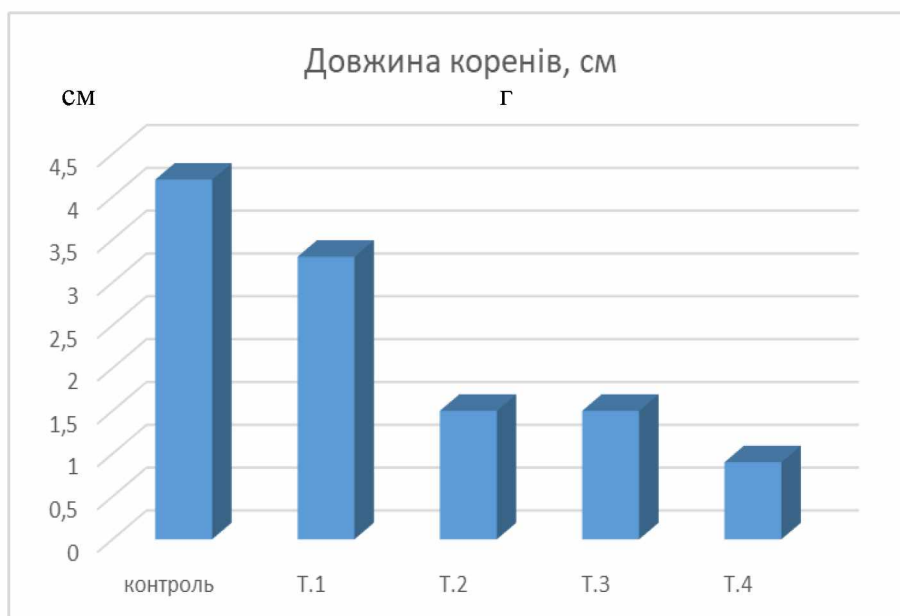


Рис. 2.11 - Біометричні показники рослин *Lepidium sativum*: довжина кореневої системи

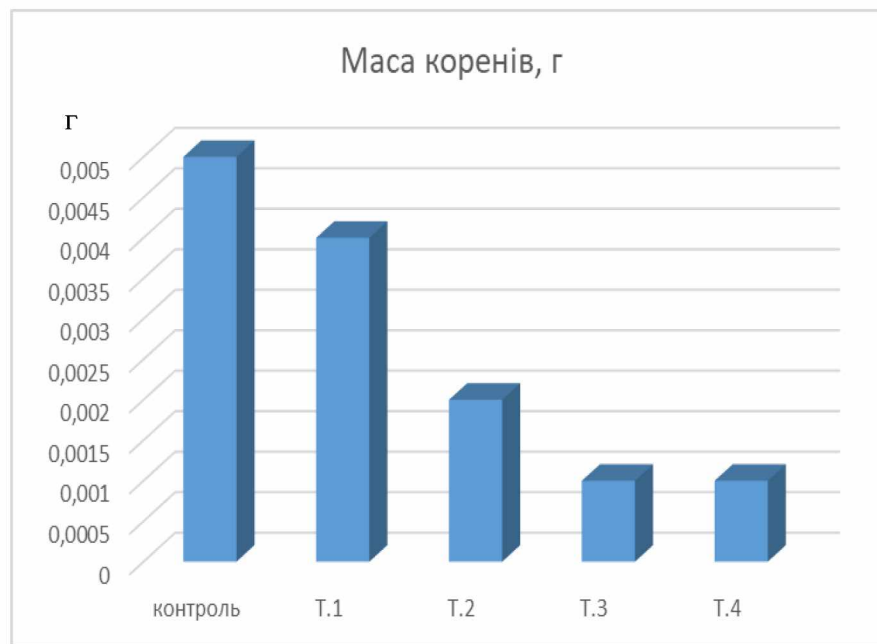


Рис. 2.12 - Біометричні показники рослин *Lepidium sativum*: маса кореневої системи

Таким чином, у результаті проведеного дослідження на насінні крес-салату встановлено, що тільки один зразок води (T.1) по всім біометричним показникам має відсутню токсичність ($ФЕ < 20\%$).

-

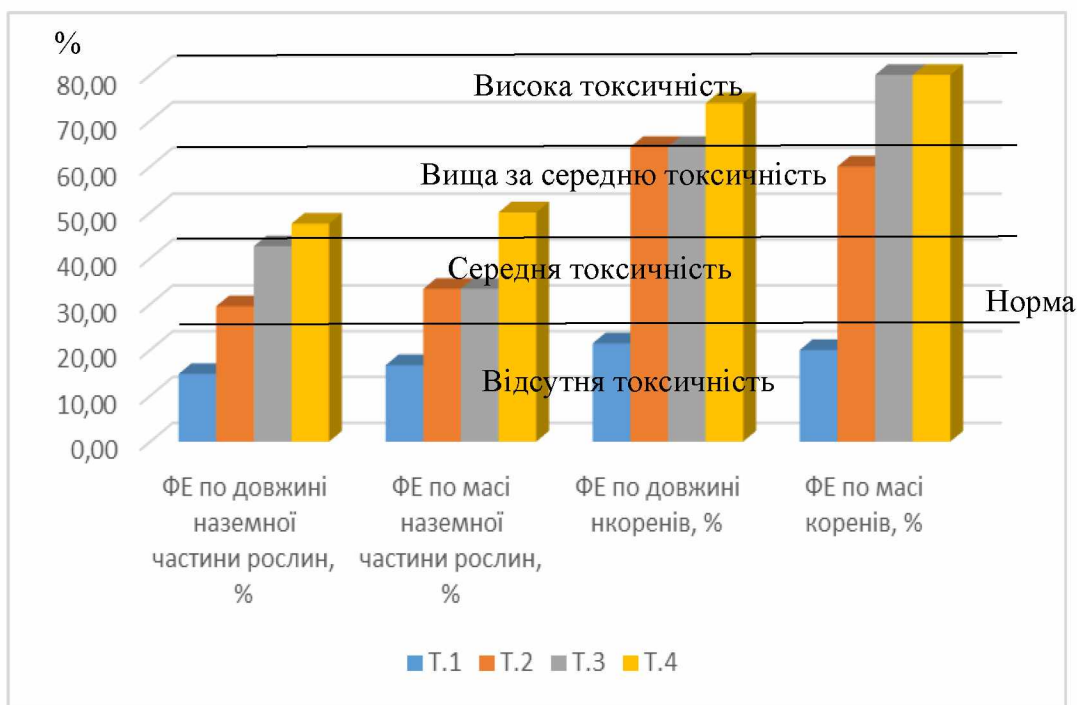


Рис. 2.13 - Фітотоксичний ефект по рослинам *Lepidium sativum*, %

2.3 Використання пробіотичних препаратів для зниження фітотоксичності поливної води

Для оцінки ефективності використання пробіотичних препаратів для регулювання якості поливної води на першому етапі проведено дослідження зразків води до і після очистки за хімічними показниками.

У порівняльних дослідженнях тестувалися три пробіотичні препарати - *Sviteko-ППВ*, *Sviteko-ОПЛ* та *Sviteko-Агробиотик-01* (відповідно попередніх досліджень розбавлення прийнято 1:100) Експерименти проводилися в статичному (лабораторному) режимі. Для дослідження використовували найбільш забруднений зразок води, набраної у р. Псел (Т.4). Температура підтримувалася на рівні 20⁰С. Період очистки - 14 діб.

У результаті дослідження (табл. 2.5) встановлено, що зміна після очистки відбувається по наступних показниках: БПК₅, ХПК, завислі речовини, нітрит та нітрат іони, азот амонійний, важкі метали (марганець, свинець). Відсутній вплив на вміст фосфору та заліза.

Показники якості води до і після очистки пробіотичними препаратами

Показники	Т.4	<i>Sviteko-ППВ</i>	<i>Sviteko-ОПЛ</i>	<i>Sviteko-Агробіотик-01</i>	ГДК*/норма
БСК ₅ , мгО/дм ³	4,2	3,3	3,0	2,5	3,0
Завислі речовини, мг/дм ³	26,41	21,68	20,85	19,55	25,0
ХСК, мгО/дм ³	34,05	23,45	23,38	21,53	25,0
Азот амонійний, мг/дм ³	1,441	1,009	0,997	0,897	0,5-1,0
Нітрат-іони, мг/дм ³	11,02	8,15	8,15	7,22	40,0
Нітрит-іони, мг/дм ³	0,15	0,08	0,08	0,07	0,08
рН	8,0	7,9	7,9	7,8	8,0
Марганець (ЗР), мг/дм ³	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01
Свинець	0,055	0,03	0,03	0,02	0,03

Ефективність очистки по БСК₅, ХСК, зваженим речовинам, азоту амонійного, нітратам і нітритам, представлено на рис. 2.14.

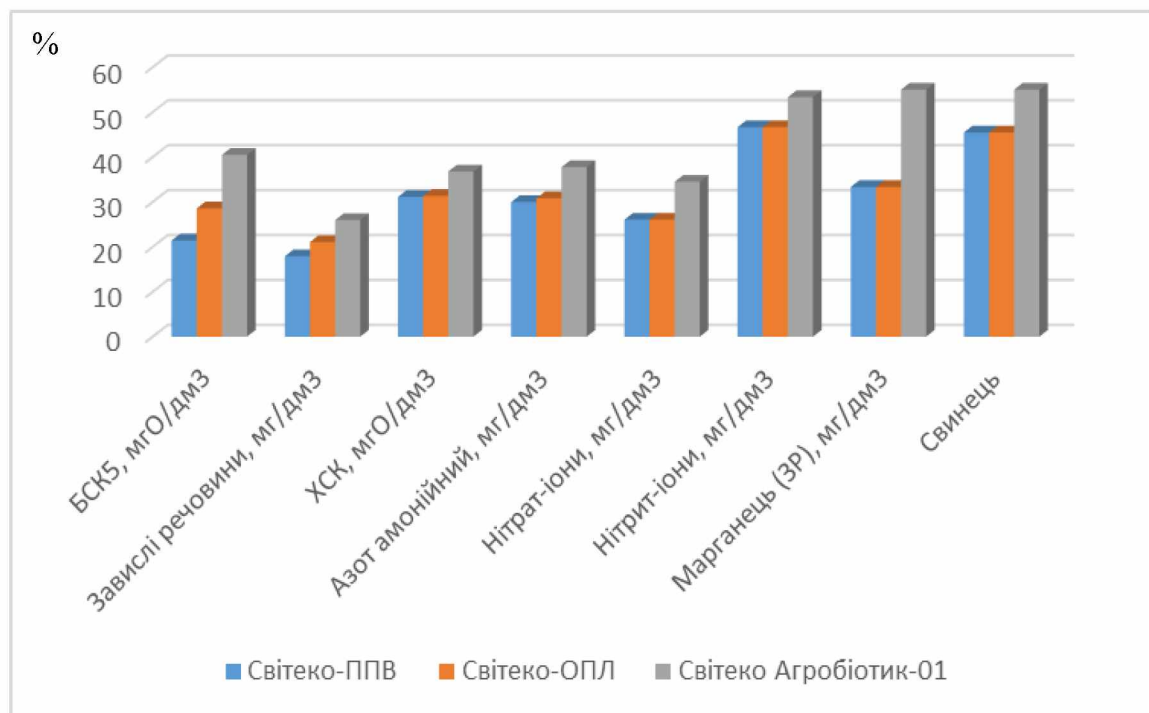


Рис. 2.14 - Ефективність очистки поливної води пробіотичним препаратами

Таким чином, у результаті проведеного дослідження встановлено, що найвищий ефект по більшості речовинам мав *Sviteko-Агробіотик-01*. При чому

ефективність очистки була наступною: по БСК₅ - 40%, ХСК - 36%, завислі речовинам - 25%, азоту амонійному - 37%, нітриту - 53%, нітрати - 34%, марганцю - та свинцю – 55%. Після очистки пробіотиком якість води із Т.4 (найбільш антропогенно забрудненої) відповідала нормам ГДК рибогосподарського призначення.

Таким чином встановлено доцільність очистки поливної води біологічними методами. У даний час використання пробіотичних препаратів для очистки компонентів довкілля, у тому числі водних систем, маловивчений напрямок. Тому на наступному етапі проведено оцінку фітотоксичного ефекту досліджуємих зразків води до і після очистки їх пробіотиком *Sviteko-Агробіотик-01* (у розведенні 1:100) по біометричним показникам рослин.

Проведене дослідження є комплексним аналізом фітотоксичного ефекту водних зразків до і після очистки їх пробіотичними препаратами на схожість, ріст та кореневу систему насіння гороху посівного (*Pisum sativum*), пшениці озимої (*Triticum aestivum*) та крес-салату (*Lepidium sativum*). Дослід проводився 14 діб.

Порівняння кількості пророслого насіння гороху посівного (*Pisum sativum*) на зразках води до і після очистки води пробіотичним препаратом *Sviteko-Агробіотик-01* приведено на рис. 6.15. Контролем була водопровідна питна вода, причому після додавання до неї пробіотику проростання насіння збільшилося на 1,5%, що вказує на стимуляційний ефект даного препарату. Відповідно у зразку води з Т.1 проростання насіння збільшилося на 4%, Т.2 - на 6%, Т.3 і Т.4 - на 7%.

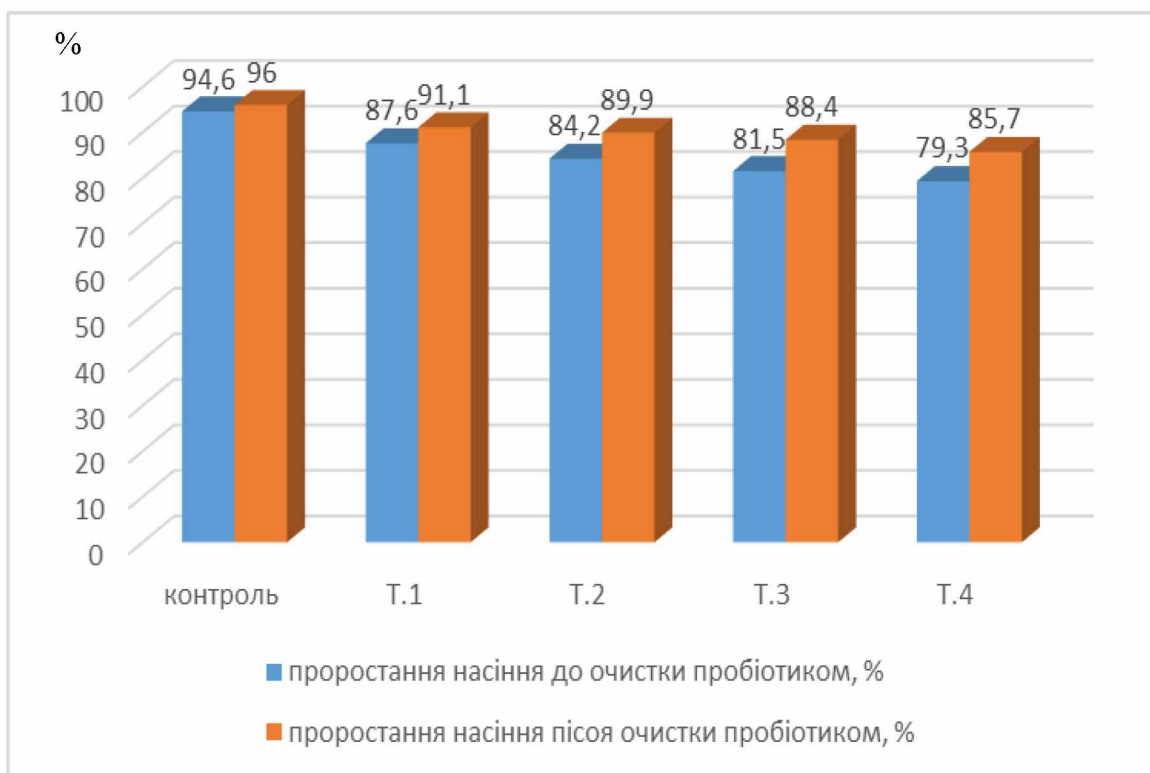


Рис. 2.15 - Кількість пророслого насіння гороху посівного (*Pisum sativum*) на зразках води до і після очистки води пробіотичними препаратами

У таблиці 2.6 приведено порівняння біометричних показників рослин гороху до і після очистки пробіотиком *Sviteko-Агробіотик-01*. Фітотоксичність води після очистки води зменшилася по всім біометричним показникам (табл. 2.7), але враховуючи низьку чутливість гороху до даного діапазону забруднення, у подальшому проведені аналогічні дослідження на пшениці озимій та крес-салаті.

Порівняння кількості пророслого насіння пшениці озимої та ФЕ на зразках води до і після очистки води пробіотичним препаратом *Sviteko-Агробіотик-01* приведено на рис. 2.16 - 2.17.

Таблиця 2.6

Биометричні показники зразків поливної води (ФЕ) з різним антропогенним забрудненням,
до і після очищення пробіотиком

Зразок води, місце відбору	Горох посівний (<i>Pisum sativum</i>)									
	по проростанню		по довжині коренів		по масі коренів		по довжині наземної частини		по масі наземної частини	
	проростання насіння до очистки, %	проростання насіння після очистки, %	довжина коренів до очистки, см	довжина коренів після очистки, см	маса коренів до очистки, мг	з маса коренів після очистки, мг	довжина наземної частини до очистки, см	довжина наземної частини після очистки, см	маса наземної частини до очистки, мг	маса наземної частини після очистки, мг
контроль	94,6	96	13,3	13,7	15,5	15,6	31,8	32,0	22,1	22,5
T.1	87,6	91,1	12,3	12,9	13,9	15,1	29,4	31,5	19,8	21,8
T.2	84,2	89,9	11,5	12,4	13,4	15	28,5	31,2	19,5	21,1
T.3	81,5	88,4	10,8	11,9	14,0	14,8	26,7	29,5	17,2	20,4
T.4	79,3	85,7	10,6	11,7	13,5	14,7	25,8	28,4	17,5	20,1

Таблиця 2.7

Фітотоксичний ефект зразків води (ФЕ), з різним антропогенним забрудненням,
до і після очищення пробіотиком

Зразок води, місце відбору	Горох посівний (<i>Pisum sativum</i>)									
	по проростанню		по довжині коренів		по масі коренів		по довжині наземної частини		по масі наземної частини	
	ФЕ до очистки, %	ФЕ після очистки, %	ФЕ до очистки, %	ФЕ після очистки, %	ФЕ до очистки, %	ФЕ після очистки, %	ФЕ до очистки, %	ФЕ після очистки, %	ФЕ до очистки, %	ФЕ після очистки, %
T.1	7,40	5,10	7,5	5,8	6,27	3,21	7,55	1,56	10,41	3,11
T.2	10,99	6,35	13,5	9,49	8,24	3,85	10,38	2,50	11,76	6,22
T.3	13,85	7,92	18,8	13,14	5,88	5,13	16,04	7,81	22,17	9,33
T.4	16,17	10,73	20,3	14,60	7,84	5,77	18,87	11,25	20,81	10,67



Рис. 2.16 - Кількість пророслого насіння пшениці озимої на зразках води до і після очищення води пробіотичним препаратом *Sviteko-Агробіотик-01*, %

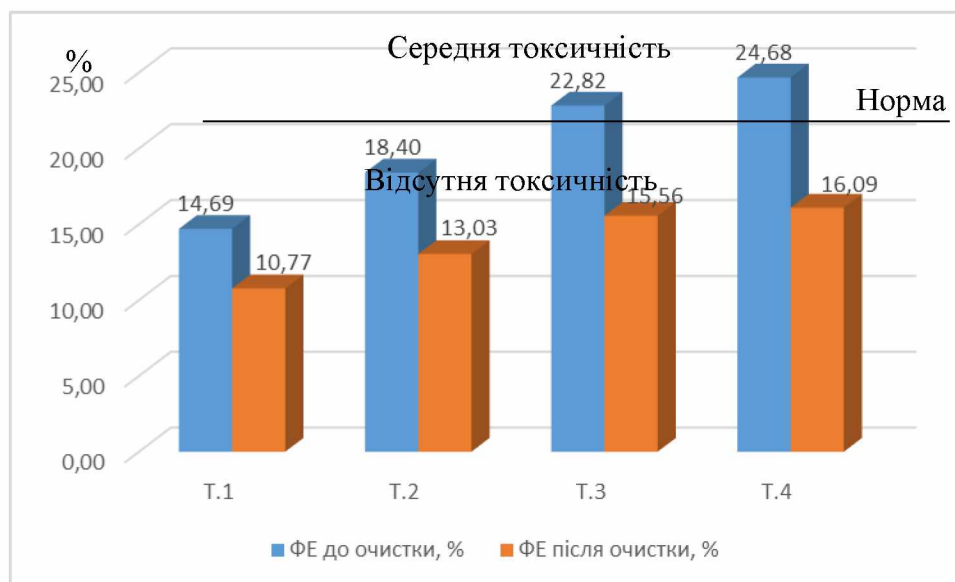


Рис. 2.17 - Фітотоксичний ефект на зразках води (по кількості пророслого насіння пшениці озимої) до і після очищення води пробіотичним препаратом *Sviteko-Агробіотик-01*, %

У результаті очищення пробіотичним препаратом *Sviteko-Агробіотик-01* фітотоксичність води по кількості пророслого насіння (пшениця озима) у всіх зразках зменшилася на 5-9%, а зразки води із Т.3 і Т.4 із середньо токсичних перейшли у нетоксичні (відсутня токсичність) води. Аналогічні дослідження по іншим біометричним показникам до і після очищення води пробіотиком приведено на рис. 2.18-2.21.

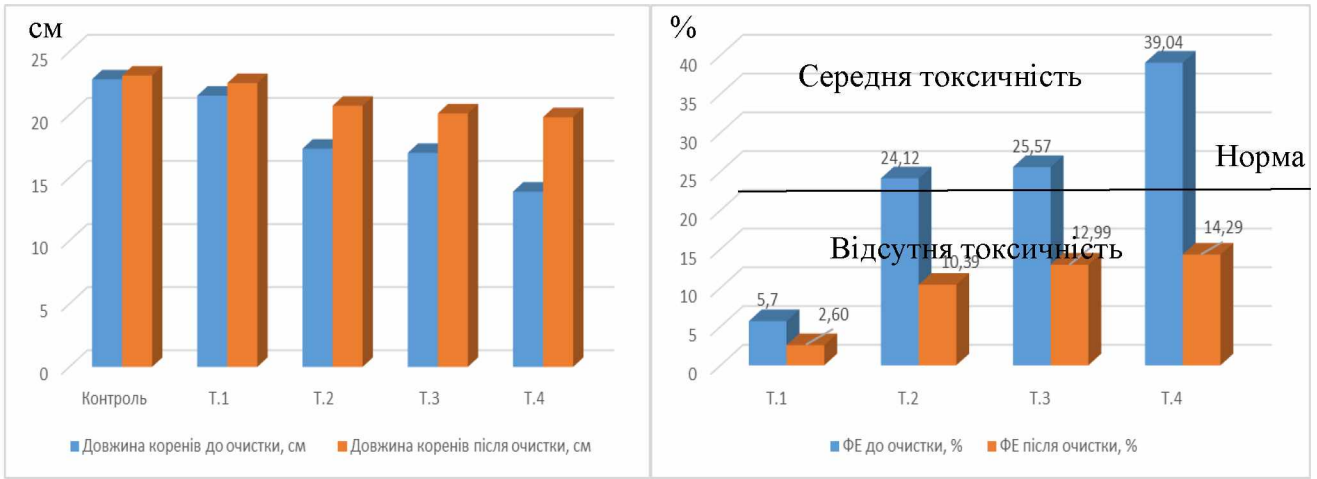


Рис. 2.18 - Результати очистки поливної води за допомогою пробіотику *Sviteko-Агробиотик-01* (до і після очистки): а - по довжині коренів пшениці, см; б - фітотоксичний ефект, %

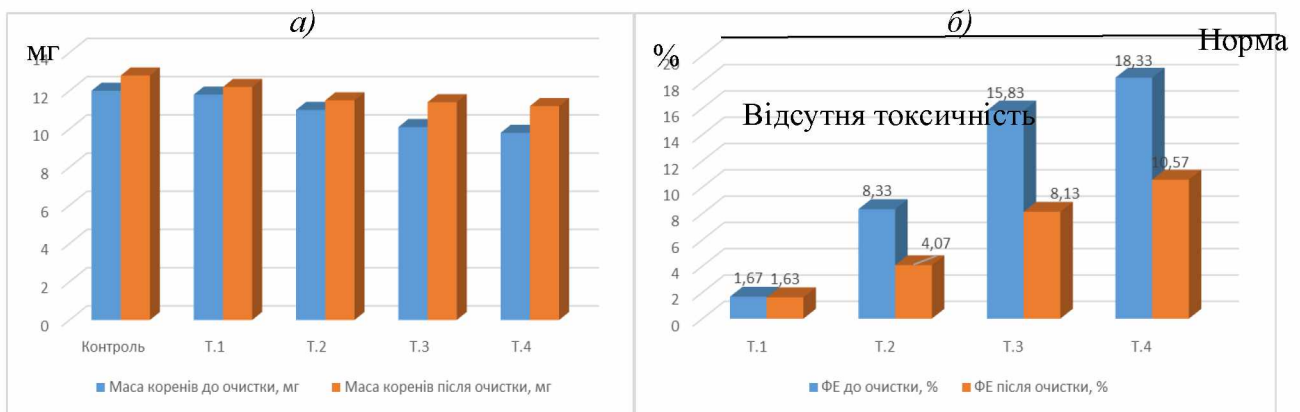


Рис. 6.19 - Результати очистки зразків поливної води за допомогою пробіотику *Sviteko-Агробиотик-01* (до і після очистки): а - по масі коренів пшениці, мг; б - фітотоксичний ефект, %

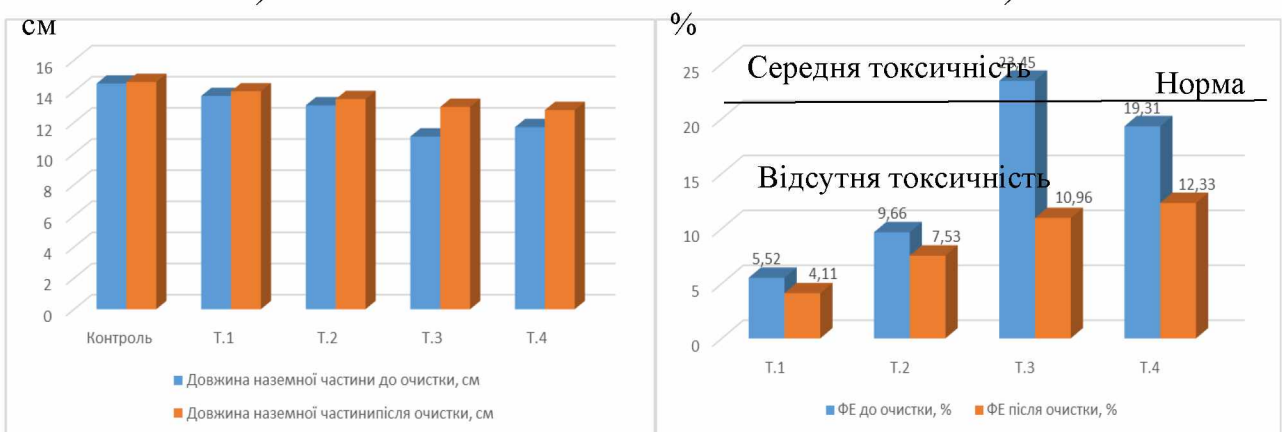


Рис. 6.20 - Результати очистки зразків поливної води за допомогою пробіотику *Sviteko-Агробиотик-01* (до і після очистки): а - по довжині наземної частини пшениці, см; б - ФЕ, %

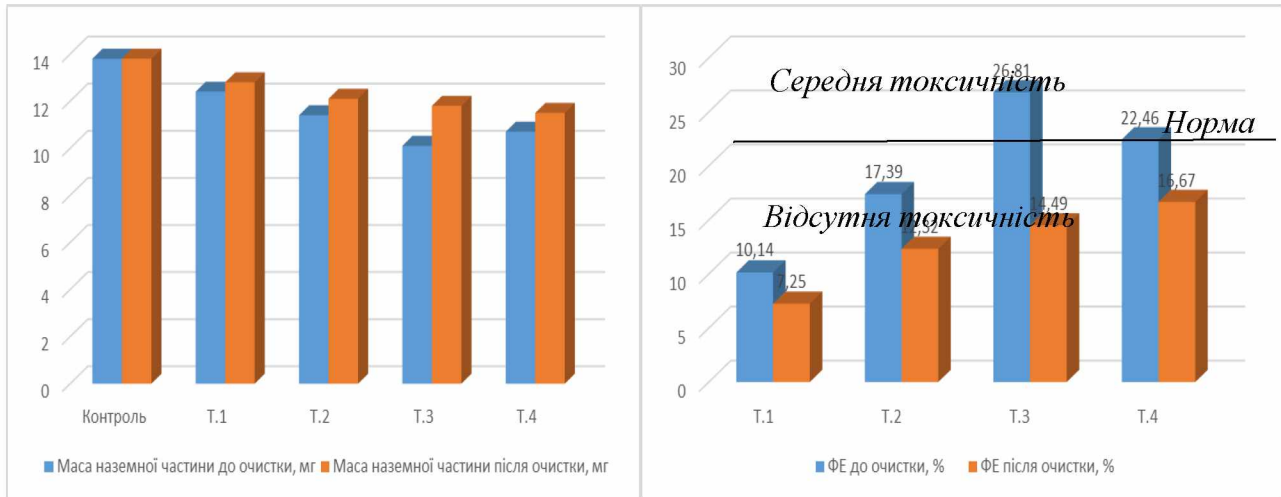


Рис. 2.21 - Результати очистки зразків поливної води за допомогою пробіотику *Sviteko-Агробіотик-01* (до і після очистки): а - по масі наземної частини пшениці, мг; б - фітотоксичний ефект, %

У результаті проведених досліджень встановлено, що після очистки пробіотиком *Sviteko-Агробіотик-01* всі зразки поливної води по всім біометричним показникам віднесено до нетоксичних (відсутня токсичність). Ефект зниження фітотоксичності склав:

- по довжені коренів від 49% до 63%, при чому найбільший ефект спостерігався на найбільш забрудненому зразку води;
- по масі коренів від 3% до 51%, при чому найменший ефект спостерігався на найменш забрудненому зразку;
- по довжені наземної частини від 22% до 53%, зв'язок із забрудненням у даному випадку відсутній;
- по масі наземної частини від 26% до 45%, при чому зв'язок із забрудненням у даному випадку знову відсутній.

Таким чином, при визначенні фітотоксичності по кореням спостерігалася чітка залежність щодо збільшення ефективності очистки пробіотиком *Sviteko-Агробіотик-01* при збільшенні рівня забруднення. Аналогічні дослідження проведено на крес-салаті (табл. 2.8).

Таблиця 2.8

Біометричні показники зразків води (ФЕ), різного рівня евтрофікації, після біологічної очистки за допомогою пробіотику

Зразок води, місце відбору	Крес-салат									
	по проростанню		по довжині коренів		по масі коренів		по довжині наземної частини		по масі наземної частини	
	проростання насіння до очистки, %	проростання насіння після очистки, %	довжина коренів до очистки, см	довжина коренів після очистки, см	маса коренів до очистки, мг	з маса коренів після очистки, мг	довжина наземної частини до очистки, см	довжина наземної частини після очистки, см	маса наземної частини до очистки, г	маса наземної частини після очистки, г
контроль	92	96	4,2	4,5	0,005	0,006	6,1	6,5	0,06	0,06
T.1	84	90	3,3	4,1	0,004	0,005	5,2	6	0,05	0,06
T. 2	79	85	1,5	4	0,002	0,005	4,3	5,9	0,04	0,05
T.3	70	86	1,5	3,8	0,001	0,005	3,5	5,5	0,04	0,05
T.4	69	84	1,1	3,8	0,001	0,005	3,2	5,6	0,03	0,05

Результати зниження фітотоксичності зразків поливної води внаслідок очистки їх пробіотиком *Sviteko-Агробіотик-01* по крес-салату відображено на рис. 2.22.

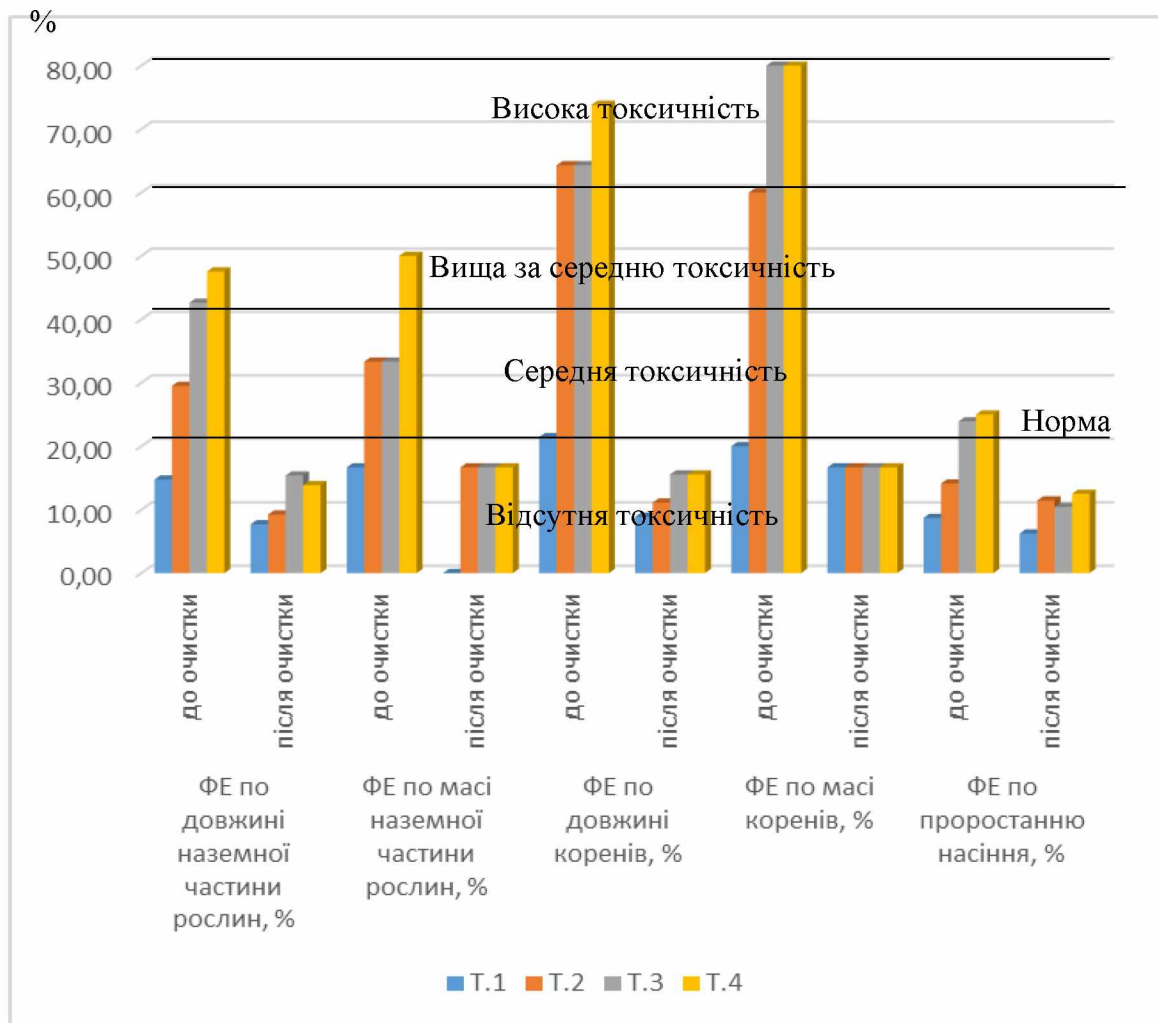


Рис. 2.22 - Фітотоксичний ефект до і після очистки на крес-салаті, %

За результатами досліджень на крес-салаті встановлено наступне:

- всі зразки води після очистки пробіотиком *Sviteko-Агробіотик-01* характеризувалися відсутністю токсичності;
- зразки води Т.2, Т.3 і Т.4 характеризувалися ФЕ по довжині та масі коренів як високо токсичні, що пов'язано з чутливістю крес-салату до даного діапазону забруднень (важкі метали, феноли, P/D). У результаті очищення пробіотиком дані зразки води характеризувалися як нетоксичні, тобто це вказує на нейтралізацію впливу забруднень;
- по довжині та масі наземної частини тільки зразок води Т.4 характеризувався токсичністю вище за середню, Т.2 і Т.3 середньою токсичністю, після очищення води за допомогою пробіотику *Sviteko-Агробіотик-01* ФЕ даних зразків характеризувався як нетоксичний;

у всіх випадках зафіксовано чітка динаміка до збільшення ефекту очистки при збільшенні концентрації забруднень у воді. Таким чином, у результаті дослідження встановлено ефективність використання пробіотичного препарату *Sviteko-Агробіотик-01* для зниження фітотоксичності води, що дозволяє зробити припущення про можливість відновлення якості поливної води.

Для оцінки категорії якості поливної води після очистки пробіотиком *Sviteko-Агробіотик-01* (у розведенні 1:100) проведена оцінка концентрації токсичних іонів у еквівалентах хлорид-іонів у зрошувальній воді, кислотність зрошувальних вод, вміст лужних катіонів натрію і калію у зрошувальній воді, вміст аніону CO_3^{2-} у зрошувальній воді (табл. 2.9).

Таблиця 2.9

Якість поливної води з р. Псел після очистки пробіотичними препаратами відповідно норм екологічно безпечного зрошення та управління поливами

<i>Показник</i>	<i>Т.3</i>	<i>Т.4</i>
Концентрація токсичних іонів у еквівалентах хлорид-іонів у зрошувальній воді, мекв/дм ³	11	12
Кислотність зрошувальних вод, рН	7,9	7,9
Вміст лужних катіонів натрію і калію у зрошувальній воді, відсотків суми катіонів	41	43
Вміст аніону CO_3^{2-} у зрошувальній воді, мекв/дм ³	<0,1	<0,1
Якість зрошувальних вод за агрономічними та екологічними критеріями	I клас	I клас

Таким чином очистка пробіотиком дозволила отримати поливну воду I категорії за агрономічними та екологічними критеріями – полив безпечний.

ВИСНОВКИ

1. Проведене дослідження хімічних та фізико-хімічних показників поливної води (на прикладі р. Псел) протягом 2019-2022 рр. дозволило встановити, що у більшості пробах поливної води наявні забруднення, зокрема біогенні речовини, марганець, ХСК, БСК₅, обумовлені антропогенним впливом (скиди каналізаційних централізованих та децентралізованих стічних вод, звалища ТПВ тощо). Встановлено, що відповідно норм екологічно безпечного зрошення та управління поливами деякі проби води віднесено до II класу, що обумовлює необхідність відновлення її якості (очистки) перед проведенням поливу (приведення до норм I категорії – безпечний полив). Також на основі проведеного дослідження фітотоксичності зразків поливної води на біометричних показниках *Pisum sativum*, *Triticum aestivum* та *Lepidium sativum* визначено, що тільки один зразок води (Т.1) по всім біометричним показникам має відсутню токсичність, що обумовлює необхідність очистки поливної води та приведення біометричних показників фітотоксичності до ФЕ<20%.

2. На основі проведеного дослідження зразків води до і після очистки пробіотиками *Sviteko-ППВ*, *Sviteko-ОПЛ* та *Sviteko-Агробіотик-01* (розбавлення 1:100) за хімічними показниками встановлено, що найвищий ефект по більшості речовин мав *Sviteko-Агробіотик-01*: по БСК₅ - 40%, ХСК - 36%, завислі речовинам - 25%, азоту амонійному - 37%, нітриту - 53%, нітрати - 34%, марганцю - та свинцю – 55%. Після очистки пробіотиком *Sviteko-Агробіотик-01* якість води відповідала нормам ГДК рибогосподарського призначення. У результаті проведених досліджень встановлено, що після очистки пробіотиком *Sviteko-Агробіотик-01* всі зразки поливної води по всім біометричним показникам на *Pisum sativum*, *Triticum aestivum* та *Lepidium sativum* віднесено до нетоксичних (відсутня токсичність). При визначенні фітотоксичності спостерігалася чітка залежність щодо збільшення ефективності очистки пробіотиком *Sviteko-Агробіотик-01* при збільшенні рівня забруднення. Таким чином, у результаті дослідження встановлено ефективність використання пробіотичних препаратів для зниження фітотоксичності води, а також для

відновлення якості поливної води до I категорії за агрономічними та екологічними критеріями (полив безпечний).