ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра загальної та прикладної екології і зоології

Кваліфікаційна робота
магістра

на тему БІОІНДИКАЦІЙНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ РІЧКИ СЕГУРА (ІСПАНІЯ)
BIOINDICATION ASSESSMENT OF WATER QUALITY OF THE SEGURA RIVER (SPAIN)

Виконав : студент 2 курсу, групи 8.1013

спеціальності 101 Екологія

освітньо-професійної програми Екологія та охорона навколишнього середовища

Костерний Микита Віталійович

Керівник доцент, доцент, к.с.г.н. Притула Н.М.

Рецензент зав. каф., професор, д.б.н. Рильський О.Ф.

Запоріжжя – 2024

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Біологічний факультет

Кафедра загальної та прикладної екології і зоології

Рівень вищої освіти магістр

Спеціальність 101 Екологія

Освітньо-професійна програма Екологія та охорона навколишнього середовища

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри загальної та прикладної екології і зоології,
д.б.н., проф.

О.Ф. Рильський

«31» січня 2024 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Костерний Микита Віталійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Біоіндикаційна оцінка якості води річки Сегура (Іспанія)_
керівник роботи Притула Н.М., доцент кафедри загальної та прикладної екології і зоології, к.с/г.н.
затверджена наказом ЗНУ від « 27» березня 2024 р. № 526-с

2. Строк подання студентом роботи «30 » листопада 2024 року

3. Вихідні дані до роботи матеріали експериментальних досліджень, особисті спостереження, літературні посилання на авторів

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити:
1. провести аналіз фізико-хімічних параметрів води річки Сегура, включаючи вимірювання рівня pH, концентрації розчинених твердих речовин, нітратів, фосфатів та інших забруднюючих речовин;
2. визначити фітотоксичність води річки Сегура за умов наявності евтрофікації;
3. порівняти досліджувані культури на чутливістьдо полютантів і реакцію на вплив забруднюючих речовин.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 8 таблиць, 3 рисунки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ім'я, по батькові та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
4	Притула Н.М., доцент, к.с.г.н.		

7. Дата видачі завдання 31 березня 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1.	Огляд літературних джерел. Написання відповідного розділу роботи.	вересень-січень 2023р.	Виконано
2.	Вивчення, засвоєння методик дослідження. Написання відповідного розділу роботи.	лютий-березень 2024р.	Виконано
3.	Засвоєння правил техніки безпеки під час виконання експериментальної частини. Написання відповідного розділу роботи.	березень 2024р.	Виконано
4.	Проведення експериментальних досліджень. Оформлення результатів експерименту	лютий 2024 - вересень 2024р.	Виконано
5.	Оформлення кваліфікаційної роботи. Передзахист роботи.	жовтень 2024р.	Виконано
6.	Рецензування кваліфікаційної роботи	грудень 2024р.	Виконано
7.	Захист кваліфікаційної роботи	грудень 2024р.	Виконано

Студент (-ка) _____ М.В. Костерний

Керівник роботи _____ Н.М. Притула

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер Н.М. Притула

РЕФЕРАТ

Дана робота викладена на 78 сторінці друкованого тексту, містить 8 таблиць та 3 рисунки. Перелік посилань включає 50 джерел, з яких – 12 іноземною мовою.

Об’єктом дослідження є біоіндикація води річки Сегура (регіон Мурсія, Іспанія).

Предметом дослідження є біологічні та фізико-хімічні показники, що характеризують якість води річки Сегура.

Методи дослідження – індикаційні (ростовий тест), аналітичні , лабораторні, статистичні методи.

Метою роботи визначення екологічного статусу води з річки Сегура за характеристиками росту та розвитку рослин і лабораторних досліджень.

Аналіз якості води річки Сегура у весняний та літній періоди 2024 року показав, що надмірна концентрація нітратів та фосфатів сприяє швидкому росту надземної частини рослин, але пригнічує розвиток кореневої системи. У пшениці звичайної (*Triticum aestivum* L.) і огірка посівного (*Cucumis sativus* L.) спостерігалося збільшення висоти рослин при високих рівнях поживних речовин, але ріст кореневої системи був пригнічений. Для огірка результати свідчать про значне пригнічення росту надземної частини рослин у літній період і стимуляцію розвитку кореневої системи через присутність аміаку та інших токсичних сполук.

ЕВТРОФІКАЦІЯ, АГРО КУЛЬТУРИ, БІОІНДИКАЦІЯ, РІЧКА СЕГУРА, ФІТОТОКСИЧНІСТЬ, CUCUMIS SATIVUS L., TRITICUM AESTIVUM L., МОНІТОРИНГ ЯКОСТІ ВОДИ.

ABSTRACT

This work is presented on 78 pages of printed text, contains 8 tables, and 3 figures. The list of references includes 50 sources, of which 12 are in foreign languages.

The object of the research is the bioindication of the water of the Segura River (Murcia region, Spain).

The subject of the research is the biological and physico-chemical indicators that characterize the water quality of the Segura River.

Research methods – indicative (growth test), analytical, laboratory, statistical methods.

The purpose of the work is to determine the ecological status of the water from the Segura River based on the characteristics of plant growth and development and laboratory studies.

The analysis of the water quality of the Segura River in the spring and summer periods of 2024 showed that excessive concentrations of nitrates and phosphates contribute to the rapid growth of the aerial parts of plants but inhibit the development of the root system. In common wheat (*Triticum aestivum L.*) and cucumber (*Cucumis sativus L.*), an increase in plant height was observed at high nutrient levels, but root system growth was inhibited. For cucumbers, the results indicate a significant inhibition of the growth of aerial parts in the summer period and stimulation of root system development due to high levels of ammonia and other toxic compounds.

EUTROPHICATION, AGRO CULTURES, BIOINDICATION, SEGURA RIVER, PHYTOTOXICITY, CUCUMIS SATIVUS L., TRITICUM AESTIVUM L., WATER QUALITY MONITORING.

ЗМІСТ

ВСТУП.....7
ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....9
1.1 Біоіндикація як інструмент оцінки якості навколишнього середовища.....9
1.2 Рослинні індикатори: властивості, різновиди та фізіологічні адаптації.....16
1.3. Основи та методи застосування біоіндикації для визначення якості води.....18
1.4 Біоіндикація та евтрофікація.....26
1.5 Стан води в річці Сегура за данними Іспанських джерел.....31
2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....38
2.1 Об’єкт дослідження.....38
2.2 Методика визначення токсичності води за допомогою "ростового тесту".....41
2.3 Аналіз та обробка статистичних даних за результатами досліджень.....43
2.4 Специфіка та методика лабораторних досліджень.....45
3.ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА.....48
3.1 Фізико-хімічні і мікробіологічні параметри досліджуваної річки.....48
3.2 Визначення фітотоксичності води річки Сегура за умов наявності евтрофікації.....51
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....57
4.1 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори при дослідженні.....57
4.2 Технічні та організаційні заходи для зменшення рівня впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів.....59
4.3 Техніка безпеки при роботі з комп'ютером.....62
4.4 Техніка безпеки при роботі з комп'ютером.....64
ВИСНОВКИ.....67
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....69
ДОДАТКИ.....75

ВСТУП

Актуальність теми. Водні ресурси є важливим компонентом природного середовища, від якого залежить життєдіяльність біологічних видів. Однак, внаслідок антропогенного впливу, якість водних ресурсів постійно зазнає змін. В цьому контексті, дослідження якості води річки Сегура в Іспанії набуває особливої актуальності.

Це дослідження є важливими для розробки ефективних заходів з охорони та відновлення водних ресурсів, а також для забезпечення безпеки та якості життя населення, що залежить від річки Сегура. За результатами досліджень можуть бути впроваджені різні заходи, такі як покращення системи очищення стічних вод, запровадження більш екологічних методів ведення сільського господарства та розробка стратегій управління водними ресурсами.

Мета роботи: Визначати екологічний статус води з річки Сегура за характеристиками росту та розвитку рослин і лабораторних досліджень.

Для досягнення цієї мети було сформульовано та реалізовано такі *завдання*:

1. провести аналіз фізико-хімічних параметрів води річки Сегура, включаючи вимірювання рівня pH, концентрації розчинених твердих речовин, нітратів, фосфатів та інших забруднюючих речовин;
2. визначити фітотоксичність води річки Сегура за умов наявності евтрофікації;
3. порівняти досліджувані культури на чутливістьдо полютантів і реакцію на вплив забруднюючих речовин.

Об'єктом дослідження є екологічний стан вод річки Сегура (Іспанія).

Предметом дослідження є біологічні та фізико-хімічні показники, що характеризують її якість.

Методи дослідження: описові, порівняння, біоіндикаційні («ростовий тест»), аналітичні, статистичні, лабораторні.

Наукова новизна роботи: дослідження якості води річки Сегура в регіоні Мурсія (Іспанія) на основі запропонованих у роботі біоіндикаторів проводилося вперше.

Апробація результатів: Результати цієї роботи були представлені на VII міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні проблеми біології, екології та хімії». Вони можуть бути використані для планування та реалізації заходів щодо охорони водних ресурсів річки Сегура.

1. ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Біоіндикація як інструмент оцінки якості навколишнього середовища

Біоіндикація якості води – це метод визначення впливу забруднення на водні екосистеми за реакцією організмів. Рослини поглинають з води різні речовини, особливо шкідливі та важкі метали, тому їх використовують як біоіндикатори для виявлення забруднення води. Зміни в розвитку рослин можуть бути сигналом забруднення води [4].

Щоб оцінити якість води за допомогою біологічних показників, спочатку визначають тип рослин, які будуть рости в зоні впливу водойми. Потім оцінюється стан рослин, включаючи деформацію, зміну кольору та ріст. Ці дані порівнювалися з результатами досліджень рослин на контрольній ділянці.

Результати біометричної оцінки допоможуть зрозуміти рівень забруднення водних екосистем, виявити джерела забруднення і розробити заходи щодо зниження шкідливого впливу на навколишнє середовище. Досягнення високої якості води важливо для збереження природного середовища та підвищення якості життя.

Таким чином, біологічні показники якості води для рослин є важливим способом виявлення забруднення води та розробки заходів для його запобігання та контролю. Екологічна оцінка якості води є важливим елементом охорони навколишнього середовища та збереження природних ресурсів [2-4].

Одним із методів визначення біологічних показників забруднення води є використання води з різних джерел для поливу експериментальних рослин та спостереження за їх ростом та розвитком у більш контрольованих умовах.

Біологічні індикатори менш ефективні, ніж хімічні та фізичні методи оцінки стану водного середовища, оскільки моніторинг змін біологічних

показників дозволяє визначити їх стан і фактори, які на них впливають.

Біоіндикатори та біотестування – це методи, які організми використовують для оцінки стану навколишнього середовища. Вони дозволяють виявити зміни в біоті, спричинені антропогенними факторами, такими як забруднення навколишнього середовища, зміна клімату та надмірне використання ресурсів.

Біоіндикатори мають великі переваги як метод отримання інформації про зміни в біоті за певних умов забруднення, але для отримання більш достовірних результатів необхідно доповнити фізико-хімічні методи діагностики стану навколишнього середовища. [5].

Організми чутливі до змін у навколишньому середовищі. Ця чутливість використовується для оцінки стану навколишнього середовища. Біоіндикація вважається ефективним методом оцінки стану навколишнього середовища, оскільки дозволяє отримувати інформацію про стан навколишнього середовища без використання дорогого обладнання і складних методів. Біоіндикація широко використовується в різних галузях промисловості, включаючи екологічний моніторинг, охорону навколишнього середовища та сільське господарство.

Використання біоіндикаторів принципово відрізняється від традиційних вимірювань якості навколишнього середовища і має безліч переваг. По-перше, біологічні індикатори додають тимчасові компоненти, які відповідають тривалості життя або перебування організму в конкретній системі, і, таким чином, об'єднують поточні, минулі і майбутні умови навколишнього середовища. Навпаки, багато хімічних та фізичних вимірювань характеризують стан лише під час відбору проб і можуть не враховувати спалахи спорадичних забруднень. Крім того, забруднювачі можуть бути присутніми в дуже низьких концентраціях.

Біоіндикатори – важливий інструмент для оцінки стану навколишнього середовища. Вони використовуються для вивчення широкого кола проблем, включно із забрудненням, зміною клімату і деградацією екосистем. У побуті

терміни «біомоніторинг» і «біоіндикація» часто використовуються як синоніми, але в науковому співтоваристві вони мають більш конкретне значення [6-7].

Біоіндикатори (*indico* вказую, визначаю) це організми, групи особин одного виду (популяції) або угруповання, наявність та інтенсивність розвитку яких є показником певних природних процесів або умов зовнішнього середовища (у тому числі і антропогенного впливу). Будь-який чинник середовища, якщо він виходить за межі «зони комфорту», для біоіндикаторів є стресовим, біоіндикатор (організм, популяція, угруповання) реагує на це відповідною реакцією. Саме цю реакцію і визначають методи біоіндикації. Види-індикатори реагують на зміни складних чинників довкілля, змінюючи свою присутність або відсутність, зовнішній вигляд, чисельність, біомасу, хімічний склад, поведінку та онтогенез. Таким чином, біоіндикатори вказують на певну якість життя в даному середовищі.

Деякі групи організмів дуже чутливі до забруднення і першими зникають зі складу населення водойми при забрудненні. Це індикатори чистої води. Навпаки, деякі організми пристосовуються до сильно забруднених водойм і заселяють їх. Вони не тільки почуваються там дуже комфортно, а й не можуть вижити у воді, бідній на органічні та мінеральні речовини. Такі стійкі до забруднення види є індикаторами сильного забруднення. Між цими «екстремофілами» або «стенобіонтами» знаходяться групи помірно чутливих організмів. Цікаво, що кількість видів у першій і другій групах невелика, тоді як кількість помірно чутливих видів дуже велика. Види, здатні мешкати у воді з широким діапазоном значень індикатора (від чистої до забрудненої), називаються видами з широкою екологічною пластичністю (або еврібіонтами) [9].

Під час біологічного маркування обирають види з відносно вузькою «спеціалізацією», тобто види, що мешкають у досить вузькому діапазоні екологічних умов. Проте еврібіонти можуть використовуватися і як біоіндикатори. Тому поява великої кількості цих видів у водоймі, яка

вважалася чистою, свідчить про те, що вона забруднена. Як уже говорилося, оцінка екологічного стану водойми за допомогою біоіндикаторів зазвичай дає цінніщу інформацію, ніж використання спеціального обладнання (хімічний аналіз води) для визначення ступеня забруднення.

Процес відбору біоіндикаторів є складним завданням.

Найважливішими вимогами до біоіндикаторів є:

1. наявність у локальній екосистемі комплексу видів-індикаторів (значне таксономічне та екологічне різноманіття);
2. висока екологічна точність реакції біоіндикатора на зміну фактору середовища, який індикується;
3. відносно висока чисельність виду індикатора;
4. широке розповсюдження у екосистемі;
5. простота у визначенні таксономічної приналежності;
6. наявність інформації про екологію виду.

Як біоіндикатори можна використовувати значну кількість груп організмів, однак при цьому дуже важливо, аби метод був відносно малозатратним і швидким. А у разі, коли дослідження проводять громадські екологічні організації, волонтери природоохоронного руху чи школярі не вимагав значної наукової підготовки. З цього погляду найбільш розробленою є методика оцінки якості води за допомогою досить великих і помітних організмів, що населяють дно водойми (макрозообентос). У наш час все більшого розвитку набуває вивчення можливостей використання в ролі біоіндикаторів видів макрофітів, риб, а також мікроскопічних мешканців товщі води фітопланктону та зоопланктону. Найточніші результати біоіндикації водойм дає спостереження за організмами, які у разі змін комплексу умов середовища не можуть швидко і на зовсім зникнути з біотопу. До таких належать водні рослини макрофіти, а також тварини-мешканці дна водойми макрозообентос. Це досить великі організми, які можна легко зібрати у водоймі й визначити до певного таксономічного рівня без збільшувальних приладів та спеціальної підготовки.

Особливості біоіндикації у водоймах різного типу.

Процедура біоіндикації для природних водних екосистем різних типів має свої особливості. Життя у водоймі залежить від комплексу факторів, серед яких виділяють абіотичні, біотичні та антропогенні (антропічні). Абіотичні фактори віддзеркалюють фізичні та хімічні властивості води: концентрація кисню, розчиненого в ній, її прозорість та здатність пропускати сонячне світло для забезпечення фотосинтезу, температура, солоність та жорсткість, наявність доступної органічної речовини та біогенних елементів. Специфіку живого населення водойми визначають також динаміка водних мас, швидкість течії, характер донних відкладів, тощо. Біотичні фактори формуються в результаті впливу водних організмів на середовище (наприклад, насичення киснем води внаслідок фотосинтезу водних рослин) або один на одного (симбіоз, паразитизм, хижацтво). Антропогенні чинники визначаються характером впливу людини та її діяльності на водні екосистеми. До тих із них, що у XX ст. набули надзвичайно великого впливу на водні екосистеми, належать: зарегулювання річок, беззворотне водокористування, забруднення водойм стоками різного походження та нераціональний промисел. Водойма це складна система різноманітних біотопів, найбільшими серед яких є товща води (або пелагіаль), дно а прилеглим шаром води (бенталь) та поверхневий шар води, який межує з атмосферою (нейсталь). Все населення водой ми, залежно від того, у якому біотопі мешкає організм, скла дається з кількох великих екологічних груп:

Біоіндикатори якісно оцінюють реакцію організмів на стрес (наприклад, наявність лишайника *Lecanora conizaeoides* вказує на погану якість повітря), тоді як біомоніторинг кількісно оцінює реакцію (наприклад, зменшення хлорофілу або різноманітності лишайників вказує на рівень забруднення повітря). Термін «біоіндикатор» є узагальненим для всіх понять, пов’язаних з виявленням біотичних реакцій на екологічний стрес [5-8].

На підставі складу водної флори і фауни можна визначити придатність води для пиття і ефективність очисних споруд. Показники за допомогою

рослин і мікроорганізмів можна оцінити якість ґрунту. Біологічні показники, такі як тварини, рослини та мікроорганізми, використовуються в дослідженні космосу для вивчення впливу космічних факторів на живі організми.

Забруднення навколишнього середовища може змінити зовнішній вигляд рослин, і ці зміни можуть бути викликані надмірно токсичними речовинами або нестачею необхідних поживних речовин.

Всі біологічні системи-організми, популяції і біоми – пристосовуються до складності певних областей в процесі свого розвитку. Кожен вид АПР займає певну область біосфери, де він може нормально жити і розмножуватися, і ця область називається екологічною нішею. Живі організми мають певний рівень фізіологічної стійкості до факторів, що впливають на них. Цей грудень визначається генетично і є результатом еволюції. У цьому грудні фактор корисний для організму. Якщо інтенсивність фактора занадто низька або занадто висока, але все ж не призводить до смерті, організм знаходиться в стані фізіологічного песимізму.

Біоіндикатори можуть приймати різні форми. Якщо дві однакові реакції викликані різними антропогенними факторами, це називається неспецифічною біоіндикацією. Якщо конкретна зміна викликана лише 1 фактором, це певні біологічні показники. Якщо біологічний індикатор реагує зі значним відхиленням від контрольного значення життєво важливого показника, це чутливий біологічний індикатор.

У природі всілякі біологічні прояви зустрічаються в безперервному ланцюжку реакцій і процесів. Якщо антропогенні фактори безпосередньо впливають на біологічні елементи, то це прямий біологічний показник. У більшості випадків біоіндикація можлива тільки при зміні умов під впливом інших безпосередньо залучених факторів. У цьому випадку ми маємо справу з непрямими біоіндикаторами та біоіндикаторами.

Наявність високочутливих біоіндикаторів дозволяє ідентифікувати його на ранній стадії, коли реакція протікає за мінімальний час і розчиняється за короткий час.[9]

При виконанні біоіндикації слід враховувати швидкість, точність, повторюваність, доступність і грудень помилок 20% або менше в порівнянні з іншими методами тестування. Для виявлення таких низьких концентрацій необхідні жорсткі аналізи з використанням високочутливих технологій з непомірними витратами.

Після ідентифікації вчені повинні зіставити потенційні біологічні небезпеки з цими кількостями забруднюючих речовин. Крім того, допустимий грудень біологічних індикаторів показує рівні біологічно важливих забруднювачів, незалежно від того, наскільки вони малі.

Ще однією перевагою використання біологічних показників є їх здатність демонструвати непрямий біологічний вплив забруднюючих речовин, коли багато фізичних чи хімічних вимірювань неможливі.

Очевидно, що труби, що несуть багаті фосфором стічні води, скидаються в озера, негативно впливають на екосистеми. Оскільки фосфор часто обмежує первинне виробництво в прісноводних екосистемах, можна припустити, що збільшення концентрації фосфору прискорить ріст і розмноження деяких видів.

Однак хімічні вимірювання можуть неточно відображати зменшення видового різноманіття або те, як зростання та розмноження інших видів зменшуються через конкурентне виключення. Непрямі наслідки забруднення особливо важко визначити за допомогою хімічних або фізичних вимірювань у разі біоакумуляції. Метали накопичуються, серед іншого, в біологічних організмах, збільшуючи концентрацію металів по всьому харчовому ланцюгу. Отже, рівень забруднюючих речовин у більш високих рівнях поживних речовин може бути недостатньо представлений фізичними або хімічними вимірами.

Завдяки тисячам речовин і факторів, які потребують контролю, біота є найкращим показником того, як екосистеми реагують на перешкоди та наявність забруднюючих речовин. Такий підхід робить моніторинг більш біологічно доступним і рентабельним.

Поширеною проблемою з хімічними та фізичними вимірами є спрощення складних реакцій, виявлених у середовищах існування, багатих видами. Натомість біологічні показники враховують складні тонкощі екосистем та використовують репрезентативні або кумулятивні реакції для передачі динамічної картини стану навколишнього середовища [10-11].

1.2 Рослинні індикатори: властивості, різновиди та фізіологічні адаптації

Зовнішній вигляд, характеристики та поведінка рослин є індикаторами сукупного впливу всіх чинників, що контролюють навколишнє середовище. Види рослин або рослинні угруповання називають біотичними, абіотичними або фітоіндикаторами, оскільки вони відображають умови навколишнього середовища. Іншими словами, рослини, які демонструють певні умови навколишнього середовища, називаються рослинними індикаторами.

Рослинні індикатори можуть узагальнювати біологічно важливі дані про навколишнє середовище, реагувати на короткострокові та великомасштабні викиди токсичних речовин, реагувати на швидкість зміни довкілля, вказувати на накопичення та розповсюдження забруднювальних речовин, заздалегідь оцінювати шкідливий вплив токсичних речовин на людину та організми, регулювати допустиме навантаження на екосистеми та інші переваги, тому цей підхід стає дедалі популярнішим [12].

Різні типи рослинних індикаторів виконують різні ролі:

1. Індикатори для сільського господарства: зростання певних сільськогосподарських рослин спостерігається в різних умовах середовища, і якщо ріст є задовільним на певному ґрунті, цей ґрунт вважається придатним для сільського господарства.

2. Індикатори для ґрунтових вод: деякі рослинні угруповання вказують

на глибину залягання ґрунтових вод. Дослідницький інститут Центральної посушливої зони у Джодхпурі використовував певні рослинні угруповання для визначення глибини залягання ґрунтових вод та рівня їхньої солоності.

3. Лісові індикатори: існують рослини, які вказують на характерні типи лісу і ростуть на недоторканих територіях.

4. Індикатори забруднення: рослинність використовують як біологічні індикатори забруднення середовища. Види рослин відрізняються чутливістю до забруднювачів.

Чутливі види виступають у ролі індикаторів, а стійкі – у ролі акумуляторів і можуть накопичувати велику кількість забруднювальних речовин без шкоди для себе. Мохи, лишайники та деякі гриби дуже чутливі до SO_2; навіть 1 %-ва концентрація SO_2 може бути згубною для вищих рослин. Лишайники не можуть вижити там, де вони піддаються впливу SO2 протягом тривалих періодів часу.

Збиток від забруднення може бути спричинений накопиченням токсичних речовин у рослині, зміною pH, зниженням або підвищенням активності деяких ферментів, збільшенням вмісту SH-з'єднань і фенолів, зниженням рівня аскорбінової кислоти в листках, пригніченням фотосинтезу, стимуляцією дихання, зниженням вироблення сухої речовини, зміною проникності, порушенням водного балансу і зниженням плодючості в результаті тривалого впливу. визнання [13].

Було запропоновано використовувати специфічні структури і функції рослин для визначення стресових ефектів забруднювачів, таких як проростання насіння, ріст рослин, розвиток бічних гілок, зміна кольору і розширення листя, квітів і плодів, знебарвлення квіток, втрата фізіологічного контролю, мінеральний склад, хімічний склад клітин, активність ферментів і проростання пилку. Основні аспекти реагування на забруднення узагальнені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Вплив речовин на рослини

Забруднювач	Рослинний індикатор	Характеристика
Озон (O_3)	Шавлія	Червоні або коричневі плями або смуги на верхній поверхні листя.
	Жоржина	При високому рівні забруднення, краї листя завиваються.
	Сосна	В'янення верхньої частини сосни.
Діоксид сірки (SO_2)	Фікус, Сосна	По краях або прожилках листя з'являються світлі плями, які призводять до відмирання тканин.
Фтористий водень (HF)	Гладіолуси, Сосна	Тканини верхівкової частини і країв листя руйнуються.

Вплив забруднювальних речовин на окремі рослини різний, і специфічні симптоми можуть бути спричинені різними речовинами. Вплив зовнішніх факторів (забруднювачів) на рослини варіюється залежно від виду, стадії розвитку, органів і тканин. Будь-яка частина рослини, яка специфічно або характерно реагує на певний забруднювач, може бути використана для індикації.

1.3 Основи та методи застосування біоіндикації для визначення якості води

Біологічний моніторинг або біомоніторинг базується на систематичному використанні біологічних відповідей організмів, що мешкають у воді, для оцінки змін на екологічному рівні та аналізу якості екосистеми. Ці організми називаються біологічними індикаторами або біоіндикаторами якості води. Біоіндикаторами, які зазвичай

використовуються в моніторингу якості води, є: бактеріопланктон, фітопланктон, перифітон, макрофіти, макроінвертебрати та риби (Таблиця 1.2). Ці групи описуються далі.

Біомоніторинг може включати відповіді на молекулярному рівні (біомаркери), аналіз популяцій біоіндикаторів та біотичні індекси, які враховують всю спільноту, називають мультиметричними індексами. Сильна антропогенна модифікація водозбірних басейнів та ефективність цієї методології роблять її наразі дуже поширеним підходом[1-3].

Таблиця 1.2 – Біологічні групи, що використовуються як індикатори якості води

Група	Що може вказувати
Бактеріо-планктон	Велика кількість бактеріопланктону може свідчити про забруднення промислових і міських стічних вод. Зменшення кількості бактерій може свідчити про високий рівень хижацтва з боку мікрозопланктону, зараження вірусами-бактеріофагами або зниження доступності обмежуючих поживних речовин.
Фітопланктон	Цвітіння фітопланктону демонструє високу концентрацію поживних речовин, які можуть бути викликані забрудненням промисловими та міськими стічними водами органічними та неорганічними речовинами, а також добривами з полів.
Перифітон	Зростання перифітону може свідчити про збільшення кількості поживних речовин, доступних в результаті промислового забруднення. Зменшення кількості діатомових водоростей може свідчити про зниження прозорості води. Деякі види, судячи з накопичення металів в тканинах, свідчать про забруднення важкими металами.
Макрофіти	Низька щільність макрофітів може вказувати на знижену доступність поживних речовин. Втрата занурених макрофітів може вказувати на обмеження інцидентного світла та/або збільшення каламутності води. Втрата плаваючих макрофітів може свідчити про збільшення швидкості води. Через накопичення металів у тканині деякі

	типи вказують на забруднення важкими металами.
Макробезхребетні	Наявність ефемероптерів, плескоптерів та трихоптерів вказує на насичення води киснем. Наявність олігохетів і хірономід вказує на органічне забруднення та гіпоксію води.
Риби	Зменшення чисельності риб і щільності популяції чутливих видів може свідчити про забруднення промисловими стічними водами і агротоксинами, а також про евтрофікацію води.

Традиційно якість води визначають за допомогою хімічних та бактеріологічних методів. Для цього відбирають проби води в декількох точках водного об'єкту та детально аналізують їх у спеціально обладнаних лабораторіях. Ці методи є дуже трудомісткими, вимагають значних матеріальних витрат, часу та спеціально підготовленого персоналу.

Не завжди можливо перевірити якість води та тримати її під наглядом у будь-який час і в будь-якому місці, але існує багато способів визначити якість води за допомогою біоіндикаторів. Це організми, які змінюються під впливом змін у місцевому середовищі та можуть виявляти ці зміни в своїй генетиці чи фізіології. У той час як прямий відбір проб надає лише інформацію про умови навколишнього середовища на момент відбору, біоіндикатори надають приблизну часову шкалу минулих умов навколишнього середовища.

Біологічне управління якістю води має багато переваг над хімічним. Це пов'язано з тим, що воно є фізичним підходом і відображає спільноту організмів. Екологічні зміни у водному середовищі враховують комплекс різноманітних чинників і забруднювачів.

Метод дозволяє оцінювати середні значення, вирішуючи проблеми, пов'язані з екологічними змінами у водному середовищі, і одночасно враховуючи весь комплекс різних факторів і забруднювачів. Він може вирішувати питання наслідків як постійного, так і залпового забруднення.

Біоіндикація води – це визначення якості води за гідробіологічними показниками, що дозволяє оцінювати комплексний вплив забруднюючих

речовин, що надходять у водойму. Склад і кількісний розвиток гідробіонтів вказують на якість води за тривалий період. Хімічні та бактеріологічні методи аналізу є менш чутливими порівняно з методом біоіндикації води.

Біотестування є експериментальним визначенням токсичності води, яке виконується регулярно. Метод надає точнішу оцінку якості води, базуючись на реєстрації реакцій тест-об'єктів.

Використовується біотестування при:

– проведенні токсикологічної оцінки виробничих і побутових хімічних речовин для врахування їх шкідливого впливу на організм людини, включаючи токсичність, канцерогенність, мутагенність та інші негативні властивості з метою визначення потенційних джерел забруднення;

– оцінці та контролі якості поверхневих, підземних і питних вод;

– запобіганні та припиненні аварійних викидів небезпечних відходів;

– встановленні допустимого рівня концентрації шкідливих речовин у стічних водах.

Біоіндикація прісних вод – це система оцінки екологічного стану водних об'єктів та якості води шляхом вивчення якісного та кількісного складу видів індикаторів. Біомоніторинг прісних вод включає регулярні спостереження за екологічним станом водного об'єкта за допомогою біологічних індикаторів. Біомоніторинг збирає інформацію про стан екосистеми водного об'єкта, виявляє зміни, що відбуваються у ньому, і розробляє заходи з екологічного покращення.

Майже всі біотопи використовуються як біологічні індикатори якості води: планктонні та придонні безхребетні, найпростіші, водорості та макроводорості у водоймах, бактерії. Ці організми виступають як біомаркери, виконують функцію самоочищення водойм, беруть участь у створенні первинної продукції та трансформації речовин у водних екосистемах[16].

Є певні мікроорганізми, які виробляють стресові білки у відповідь на забруднювачі. Це робить їх чудовими біоіндикаторами, оскільки вони можуть реагувати на забруднення у середовищі. Біоіндикаторами можуть бути як

рослини, так і тварини, і зміни у них можна класифікувати як:

– екологічні зміни: зміни щільності популяцій та різноманіття видів;

– поведінкові зміни: зміни у харчуванні, пересуванні тощо;

– фізіологічні зміни: біонакопичення, мікробна активність тощо.

Склад і стан рослин також може вказувати на наявність водних забруднювачів. Наявність і поширення водоростей є надійним індикатором якості води. Деякі види водоростей зникають біля джерел води в морях, річках, озерах, тоді як інші, такі як *Ulva lactica*, можуть розмножуватися у забруднених умовах.

У забруднених водах, де є розлив стічних вод, зустрічається лише бідна флора полісапробіонтів. Водорості можуть переносити високі концентрації органічних речовин і є індикаторами сильно забрудненої води. Бентосні організми, особливо діатомові водорості, є точними індикаторами стану морських екосистем. У Чорному морі, десятки видів діатомових водоростей, які раніше жили у чистих водах, зникли через забруднення.

Присутність токсичних забруднювачів у водних об'єктах можна визначити за ознаками токсичного впливу на риб. Дослідження показують, що чутливість риб до кисневого голодування співвідноситься з їхньою чутливістю до органічного забруднення.

Все це призводить до негативних наслідків, які зумовлюють:

– порушення стійкості екосистем,

– прогресуючу евтрофікацію,

– накопичення хімічних токсикантів у біоті,

– зниження біологічної продуктивності водойм,

– виникнення мутагенезу і канцерогенезу,

– мікробіологічне забруднення прибережних районів.

Щодо стійкості до органічного забруднення та кисневого голодування, існує група індикаторних організмів:

– полісапроби: організми, які можуть переносити сильний дефіцит кисню, наприклад, личинки комара Chaoborus, личинки бджоли Fristalis tenax.

– мезосапроби: організми, що можуть переносити помірний рівень забруднення, наприклад, інфузорія Paramecium, короп, золота рибка, морський окунь.

– олігосапроби: організми, що переносять лише слабке забруднення і потребують кисню, наприклад, форель, личинки зеленої мухи.

Токсичні речовини можуть впливати на водні рослини на індивідуальному рівні, викликаючи зміни у їхній структурі, функції та чисельності, включаючи хімічний склад та розмір клітин, порушення роботи ферментів (що призводить до зниження ефективності фізіологічних процесів, таких як дихання та фотосинтез), зміни осмотичної регуляції, гальмування або припинення росту та відтворення, а також мутагенез та канцерогенез із відповідними патологічними формами.

Залежно від реакції на забруднюючі речовини, водні рослини діляться на такі групи:

Рослини-акумулятори: здатні концентрувати токсичні речовини у своїх тканинах в десятки, а іноді й сотні разів більше, ніж у навколишньому середовищі.

Критичні рослини: дуже чутливі до забруднюючих речовин і можуть зникнути з середовища або зазнати серйозних ушкоджень, таких як патологічні зміни, мутації, зниження репродуктивної здатності та загибель.

Монітори: високочутливі організми, які адаптуються за допомогою різноманіття фізіологічних якостей. Вони показують найменші зміни у природному фоні, що з'являються при наявності певних речовин, діючи як попереджувальна система.

Гідробіологічні показники якості води – це кількісні та якісні характеристики водних популяцій, що використовуються для оцінки екологічного стану та здоров'я водних організмів. Якість води визначається шляхом оцінки реакції водних організмів на забруднення. Антропогенні фактори, зокрема забруднення, можуть призвести до зміни видового складу водних угруповань, що можна виявити за допомогою біологічних методів

оцінки, які часто більш точні, ніж гідрологічні та гідрохімічні методи [14-15].

Вплив антропогенних факторів, таких як забруднення, перш за все, позначається на видовому складі водних угруповань та їхньому співвідношенні. Оцінка рівня забруднення водних об’єктів за складом водних організмів дозволяє швидко оцінити санітарний стан, визначити масштаби і характер забруднення, шляхи його поширення у водоймах і кількісно оцінити природні відновлювальні процеси.

Біологічні методи тестування є найефективнішим способом оцінки токсичності забруднень у природних водах, стічних водах та інших середовищах. Вони можуть використовуватися для різних цілей, таких як контроль якості води, санітарно-гігієнічний аналіз та наукові дослідження.

Промислові стічні води, скинуті у водойми, можуть призвести до пригнічення та збіднення фітопланктону. Якщо водойми перенасичуються біогенними речовинами, може виникнути бурхливий розвиток планктонних водоростей, що змінює колір води на зелений, синьо-зелений, бурий або червоний.

«Цвітіння» води – це процес, що відбувається за сприятливих умов для розвитку одного або декількох видів водоростей. При розкладанні надлишкової біомаси виділяються сірководень та інші токсичні речовини, які можуть призвести до загибелі зооценозів водойми, роблячи воду непридатною для споживання.

Коли внаслідок діяльності людини вміст поживних речовин у водоймі збільшується, відбувається надмірне зростання фітопланктону – явище, відоме як антропогенна евтрофікація. Водорості *Nostoc plumosa* чутлива до зовнішніх чинників, і вважається, що її присутність свідчить про чистоту води.

Найкращим індикатором шкідливого забруднення є прибережне забруднення, яке проявляється на поверхневих об'єктах біля кромки води. У чистих водах ці забруднення мають яскраво-зелений або коричневий колір. За надлишку органічних речовин і підвищення солоності забруднення набувають синьо-зеленого кольору, оскільки в них починають переважати синьо-зелені

водорості.

Аналіз бентосних (донних) безхребетних – ефективний метод оцінки чистоти водойм. Видовий склад безхребетних залежить від якості води і може бути використаний для визначення наявності забруднювальних речовин. Фітопланктон - найбільш широко поширена і добре вивчена з усіх екологічних груп водоростей [20].

Фітопланктон включає в себе безліч різних видів і є важливим індикатором якості води. Збір фітопланктону здійснюється на встановлених дослідницьких станціях. Щоб визначити види водоростей, дослідники беруть проби води, поміщають їх на предметні скельця, накривають скляними ковпачками і розглядають під мікроскопом. Ідентифікація видів проводиться за допомогою визначника, основні характеристики якого наведено в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Види забруднюючих речовин у воді

Характер запаху води	Речовини, що забруднюють воду
Хімічний	Промислові стічні води
Хлорний	Вільний хлор
Вуглеводний	Стоки нафтоочистих заводів
Затхлий	Органічні речовини
Лікарський	Феноли
Неприємний	Сірководень
Огірковий	Ароматичні вуглеводи
Гнильний	Застояні стічні води
Землистий	Сира земля
Рибний	Риба, риб'ячий жир

Дерев'яний	Деревної кори
Невизначений	Не підходить до жодних із названих

1.4 Біоіндикація та евтрофікація

Цвітіння води, або евтрофікація, є серйозною екологічною проблемою, що виникає внаслідок надмірного накопичення поживних речовин, таких як нітрати і фосфати, у водних об'єктах. Це явище викликає швидкий ріст водоростей, які утворюють щільні зелені маси на поверхні води. З часом ці водорості відмирають і розкладаються, що призводить до зниження рівня кисню у воді та викликає загибель риб і інших водних організмів.

Біоіндикація є важливим методом для оцінки стану водних екосистем. Вона використовує живі організми, такі як водорості, риби і безхребетні, для визначення якості води. Біоіндикатори чутливо реагують на зміни у водному середовищі, що робить їх ефективним інструментом для виявлення евтрофікації.

Евтрофікація і біоіндикація тісно пов'язані. Наприклад, велика кількість певних видів водоростей може вказувати на високий рівень поживних речовин у воді. Зміни у складі рибного населення також можуть свідчити про евтрофікацію, оскільки деякі види риб є більш чутливими до зниження рівня кисню.

Цвітіння водойми – це складне явище, при якому змінюється колір води через масове розмноження фітопланктону. Воно спостерігається у всіх типах водойм: природних, штучних, морських (особливо у прибережних районах) та континентальних. У закордонній літературі це явище відоме як шкідливе цвітіння водоростей (harmful algal bloom) і часто пов'язане з підвищенням евтрофікації водойм.

Концентрації азоту, фосфору, вуглецю, кремнію та інших біогенних елементів характеризують трофність водойм. Поняття трофності було запропоноване ще у 1920-х роках Е. Науманом і А. Тінеманом, які виділили оліготрофні (слабо евтрофіковані), мезотроні (середньо евтрофіковані) та евтрофні (сильно евтрофіковані) водойми [17].

У середині XX століття шведський вчений В. Оле удосконалив цю ідею, ґрунтуючись на теорії безперервної динаміки водних екосистем. Він зазначив, що перехід від оліготрофних до евтрофних водойм залежить від кількості біогенних сполук у воді. Однак, при перевищенні певного критичного рівня настає стадія гіпертрофії, яка погіршує якість води.

Додатково, російський гідробіолог Г. Г. Вінберг виявив важливість балансових оцінок енергетичних потоків у екосистемах для прогнозування їхнього розвитку. Концентрації азоту та фосфору у воді є лімітуючими факторами для змін у поживних режимах водойм. Евтрофікація розпочинається при вмісті азоту 0,2-0,3 мг/л, а фосфору 0,01-0,02 мг/л.

Біогенні сполуки у водоймах можуть збільшуватися внаслідок природних (автохтонних) процесів, таких як розклад органічних речовин, та зовнішніх (алохтонних) джерел, таких як стічні води сільськогосподарських та промислових комплексів. Антропогенна евтрофікація також відома як культурна евтрофікація.

Основними ознаками евтрофікації водойм є збільшення біомаси фітопланктону або інших автотрофних організмів. У рибних господарствах евтрофікація може бути наслідком накопичення фосфорних та азотних сполук з екскрементів риб через високу щільність посадки. У ставкових господарствах евтрофікацію стимулюють цілеспрямовано, додаючи мінеральні добрива для підвищення кількості планктону, що є основною кормовою базою риб.

Збільшення біомаси фітопланктону позитивно впливає на водні екосистеми, оскільки зростає кормова база для організмів наступних трофічних рівнів, а також збільшується кількість і біомаса гетеротрофів.

Проте, з часом виникає невідповідність між накопиченням біомаси фітопланктону, утворенням органічної речовини та кількістю кисню, що використовується для руйнування цих речовин. Утворюється більше органічної речовини, ніж можуть розщепити мікроорганізми, що призводить до забруднення водних мас і стимулює подальше зростання біомаси фітопланктону, поглиблюючи процес евтрофікації.

Ступінь та швидкість евтрофікації залежать не лише від надходження біогенних сполук, а й від інтенсивності водообміну, глибини водойми, об'єму води та ступеня насичення киснем. У глибоких водоймах з достатнім водообміном евтрофікація відбувається повільно, тоді як у слабопроточних та мілководних – прискорено.

Розмноження синьо-зелених мікроводоростей залежить від метеокліматичних (швидкість вітру, температура, інтенсивність сонячного випромінювання, опади), гідрологічних (прозорість води, швидкість течії) та біологічних (водяна рослинність) умов. Основним стримуючим фактором розвитку «цвітіння» є швидкість течії. Найбільший ступінь «цвітіння» спостерігається в умовах штилю, спокійної і відносно високої температури на мілководді[18].

Антропогенні фактори, що призводять до «цвітіння», включають:

– недотримання режиму господарської діяльності в прибережних захисних смугах,

– надлишок стічних вод міст, промислових та аграрних підприємств, що містять сполуки нітрогену, фосфору, заліза, кремнію та органічних речовин,

– використання мінеральних та органічних добрив у сільському господарстві, що сприяє забрудненню фосфором.

Одним з надійних критеріїв для діагностики природної та антропогенної евтрофікації є швидкість її розвитку. Природна евтрофікація водойм займає сотні років, тоді як антропогенна обмежується кількома роками або десятиліттями.

Збагачення води біогенними елементами, особливо азотом і фосфором,

викликає інтенсивне «цвітіння» водойм через масовий розвиток водоростей. Це негативно впливає як на природні екосистеми, так і на здоров'я населення поблизу водойм.

Процес супроводжується зміною кольору води через високу концентрацію пігментованих клітин. Вода може бути зеленою (через зелені та синьо-зелені водорості), жовто-коричневою (діатомові) або червоною (багрянки), залежно від виду водоростей.

Синьо-зелені мікроводорості швидко розмножуються завдяки витривалості до екстремальних умов і здатності до фіксації азоту. Вони пригнічують інші компоненти фітопланктону, утворюючи «плями цвітіння». Біомаса мікроводоростей коливається в межах 10-100 мг/л. За біомасою водоростей «цвітіння» поділяють на: слабке (0,5-0,9 мг/л), помірне (1,0-9,9 мг/л), інтенсивне (10,0-99,9 мг/л) та гіперцвітіння (понад 100 мг/л).

Під час масового спалаху фітопланктону на поверхні водойм утворюються слизоподібні плівки – «плями цвітіння» з біомасою 40-50 кг/м³. Зони зеленого, блакитного, бурого та білого кольору на плямах відповідають різним етапам деструкції водоростей [23].

В евтрофікованих водоймах змінюються фізико-хімічні властивості. Інтенсивне «цвітіння» виділяє метаболіти, шкодить водним рослинам та погіршує кисневий режим. Плівка мікроводоростей на поверхні перешкоджає обмінним процесам між водою та повітрям, використовуючи доступний кисень для життєдіяльності.

Шар «цвітучої» води може сягати 10-15 см. Малий проникнення сонячних променів углиб водойми призводить до відсутності фотосинтезу у придонних рослин та зменшення кисню, що має серйозні наслідки для гідробіонтів. Після відмирання придонних рослин гинуть організми, що з ними асоційовані.

При неконтрольованому зростанні водоростей утворюється біомаса, яка масово відмирає. Мертва органіка стає їжею для мікроорганізмів, що призводить до надмірного споживання кисню та утворення аноксичного

середовища. Це різко погіршує якість води: знижується прозорість, накопичуються токсичні метаболіти (сірководень, метан).



Рисунок 1.1 – Утворення «плям цвітіння»

Розклад біомаси синьо-зелених водоростей поділяється на два етапи: первинні анаероби ферментують білки, ліпіди та полісахариди, утворюючи кислоти, спирти, альдегіди, кетони, CO_2 та H_2; вторинні анаероби використовують ці метаболіти. Сульфат-редукція є основним процесом анаеробної мінералізації.

Надлишок органіки у донних відкладеннях утворює метан, водень, сірководень та аміак, що токсичні для риб і безхребетних, особливо взимку. Вода стає непридатною для тварин і людей, утворюються зони замору риб [22].

Під час масового розвитку синьо-зелених мікроводоростей у воду надходять токсини, що можуть вбити зоопланктон та риб. Алкалоїди викликають нервові захворювання у біоти. Вживання води з токсинами призводить до гастроентеритів, м’язового болю та судом. Купання у воді з альготоксинами викликає кон’юнктивіт та алергії.

1.5 Стан води в річці Сегура за данними Іспанських джерел

Сегура (Rio Segura) – середземноморська річка, розташована в напівзасушливій місцевості, з унікальними екологічними та природними умовами, включаючи мізерний і нерегулярний характер більшої частини її течії і більшості її приток (зазвичай бульварів). Води річки Сегура солоні, що пояснюється типом геологічного і петрологічного матеріалу, який присутній в басейні[18].

У верхній течії річки Сегура збереглися різні ділянки добре збережених прибережних лісів, включаючи такі види, як тополя, ліщина, ясен, тамаринд, чагарникова верба, ожина і жимолость.

Заходи, вжиті в рамках Плану захисту прибережних територій басейну Сегури 1987 року, з будівництвом каналів і дамб, зменшили площу прибережних лісів у долині, що вплинуло на більшість бульварів у басейні і перетворило їх на невеликі, ізольовані ділянки. Практичне зникнення більшої частини прибережної рослинності призвело до того, що на берегах річки залишилася велика кількість дерев, зарості очерету та цукрової тростини, а землі вздовж берегів річки зайняті переважно під сільськогосподарські угіддя.

Річкові екосистеми:

Річкові екосистеми мають різноманітну екологічну цінність і виконують ряд екологічних функцій, зокрема

Через саму річкову екосистему, а також через те, що річкові екосистеми є зонами високої водності та продуктивності, вони сприяють підтримці біорізноманіття. Опосередковано річки також сприяють підтримці фауни багатьох видів у навколишньому середовищі.

Річки є природними екологічними коридорами, які забезпечують взаємодію між різними популяціями тварин.

Вони також сприяють важливим екологічним процесам, таким як природне очищення води. Водно-болотні угіддя та прибережна рослинність

чудово затримують і видаляють нітрати і фосфати з сільськогосподарських стоків, які спричиняють евтрофікацію [18-19].

Прибережна рослинність утворює алеї, запобігає поширенню очерету, стабілізує береги і зупиняє імпульс ерозії води. Вона також затримує повені, оскільки вода розливається і природні ліси займаються.

Екосистема річки вирізняється винятковою красою та прохолодним мікрокліматом, що робить її особливо цікавою як місце для піших прогулянок, природного туризму, екологічної освіти, громадського відпочинку та зміцнення здоров'я.

Основні види землекористування:

Чотири типи землекористування були визначені навколо річки та на її рівнині під час діагностичного дослідження «Природоохоронний статус річки Сегура, що протікає через Моліну де Сегура», проведеного Міністерством охорони навколишнього природного середовища у 2008 році[21].

На основі карт, ортофотографічної інформації та GPS було описано площу та тип землекористування (культурне, сільськогосподарське, промислове тощо), тип прибережної рослинності та основні сільськогосподарські культури в цій місцевості.

Було виявлено чотири типи землекористування. Природна рослинність. Сюди входить прибережна рослинність, а також чагарникові та скелясті ділянки, присутні в Моліна-де-Сегура.

Пустирі, сухі землі та оброблювані землі. Це відкриті простори, оскільки вони вирощуються на посушливих землях, покинутих посівах з невеликим покриттям або на оброблюваних землях, перелогах або посадках, які ще не зрошуються. не зрошуються.

Приватні сади та промислові зони. До цього типу належить більшість видів використання землі людиною. Як правило, це сади з різноманітними культурами та перше або друге житло. Деякі з цих садів були змінені і виглядають як будівельні майданчики. Деякі ділянки також мають промислове використання, наприклад, автодроми, склади деревини та майданчики для

контрабанди.

Садівничі культури. Як правило, більші за площею, ніж сади, зазвичай без будівель. Сільськогосподарське виробництво є основним джерелом існування. На останніх ділянках часто вирощують овочі.

Основні види використання, що спостерігаються на цій території навколо (і включаючи) річки Сегура, яка проходить через Моліна-де-Сегура, спочатку були пов'язані з сільськогосподарською діяльністю (головним чином, зрошенням). Таким чином, сільськогосподарські угіддя і сади займають 56% поверхні землі навколо річки, в той час як майже 30% поверхні землі – це сухі землі, оброблювані землі і пустирі. Природна рослинність становить 15%. Логічно, що в оцінці, яка включає весь фруктовий сад Моліна де Сегура, частка природної рослинності значно зменшилася через втрату природного простору між річкою та містом.

Біля входу в річку Моліна-де-Сегура, на державному кордоні з Лоркою, є кілька тополь (у двох місцях) і сліди природної рослинності. Поблизу вирощують фрукти та цитрусові, а поруч є пустирі та посушливі землі [23].

Нижче за течією знаходиться важливий рослинний масив під назвою Сото-де-лос-Аламос. Сади і вирощування фруктів займають майже половину площі, але пустирі і посушливі землі також дуже поширені (35%). Абрикоси, лимони, овочі та персики є найпоширенішими культурами.

Досягнувши автомобільного мосту через Альгуасас, вздовж річки можна побачити сліди ізольованої природної рослинності (тополі та в'язи). Після перетину мосту знову з'являються інші види (сосни, шовковиця та інжир), а також немісцеві види (дерева кориці). Різні фруктові дерева, овочі, картопля та кукурудза займають 31% площі.

При досягненні гаїв Ла-Хіуела зустрічаються різні ділянки природної рослинності, з деякими ізольованими ділянками (тополі). Сото-де-ла-Хіуела (Soto de la Jihuela) в даний час проходить лісовідновлення і благоустрій і знаходиться в хорошому стані захисту.

Після гирла бульвару Лос-Кальдеронс у річці можна знайти деякі

ділянки природної рослинності (тополя і тамаринд). Фруктових культур мало (11%).

На висоті Рібера-де-Моліна тополі та очерет розкидані за межами каналу. Парканів мало, вони становлять 42,5% між садами та міською зоною; на другому місці за поширеністю - різноманітні фруктові та овочеві культури (23%).

В останній зоні розкидані тополі і тамариски, а також кам'янисті ділянки і чагарники. Зустрічаються також пустирі та плодоовочеві культури.

Так, на березі річки Сегура, що проходить через Моліна-де-Сегура, прибережна рослинність (переважно тополя, в'яз і тамариск) займає 641 м (3,82%), чужорідні та інвазивні види - 110 м (0,66%), а поля цукрової тростини - 16 027 м (95,52%). Розподіл цих прибережних лісів нерівномірний.

Ель-Сото-ла-Хіхуела та інші менші ділянки мають найбільшу частку природної прибережної рослинності - 243 метри. Сото-Лос-Аламос є другим за довжиною природним лісом - 160 м.

На закінчення, згідно з результатами діагностичного дослідження річки, проведеного в 2008 році, лише 15% водної поверхні вважається природною рослинністю або природними місцями існування (включаючи очеретяні зарості, чагарники і т.д.) на відстані до декількох сотень метрів (менше 500 метрів) від поверхні води до річки [25].

Таким чином, характеристики, що визначають прибережну екосистему (потік, русло, зона природної рослинності та зв'язок з іншими екосистемами), припускають сценарій, який історично був глибоко змінений людською діяльністю. Тим не менш, залишки і невеликі ділянки прибережної рослинності мають велике значення для видів, присутніх у цій місцевості сьогодні, і є важливим ресурсом для рекреації та якості життя.

В останні роки якість річки Сегура, що протікає через Моліна-де-Сегура, покращилася завдяки вдосконаленню водопідготовки, що дозволило уникнути внесення великої кількості органічних речовин.

Аналогічно, деякі райони були спрямовані на відновлення, зокрема

Сото-ла-Хіуера, де були покращені біотопи, пов'язані з річковою екосистемою.

Ділянки з найбільшою кількістю природної прибережної рослинності (від бульвару Салар Гордо до Сото-ла-Хіуела) мають найбільше різноманіття фауни.

Враховуючи поточну геометрію русла, де значна частина річки Сегура, що відповідає муніципалітету Моліна-де-Сегура, протікає через канал, важко відновити прибережну екосистему до початкового стану, оскільки неможливо створити градієнт вологості, який характеризує рослинність, пов'язану з річкою. Крім того, частина території громадського водокористування зайнята дорогами для доступу до оброблюваних земель та об'єктів, що ускладнює відновлення прибережних територій.

Хоча якість води покращилася, було відмічено, що протягом останніх років потік води зменшився. Щоб уникнути такого екологічного погіршення і деградації, вважається важливим вжити низку заходів, які принаймні впливають на підтримку екологічних потоків.

На деяких ділянках, де очерет не використовувався, а очерет видалявся вибірково, спостерігалося відновлення типових видів прибережних лісів, головним чином білих пальм, на узліссях прибережної рослинності.

Що стосується громадського використання річки жителями, то спостерігається збільшення кількості людей, які використовують річкове середовище для прогулянок і занять спортом, що підтверджується польовими дослідженнями та інтерв'ю. Також збільшилася кількість рибалок на різних ділянках річки, що може мати позитивний вплив на їхнє сприйняття річки[24-27].

В 2020 році використання потужного гербіциду для сільськогосподарського використання , бентазону, спричинило серйозний епізод забруднення цього літа в річці Сегура , де місцева держустанова Каналес-дель-Тайбілла почала виявляти «значні концентрації» цього пестициду у воді наприкінці липня, як підтвердили в організації. Цей пестицид

був виявлений між Хелліном і Каласпаррою на деяких водоочисних спорудах організації.

Це привернуло увагу органів охорони здоров'я та басейнової організації, зокрема Гідрографічної конфедерації Сегура, щоб вони вжили відповідних заходів у межах своїх повноважень для контролю та зменшення концентрації пестициду, знижуючи тим самим ризик для постачання питної води.

Після виявлення цього розливу Співдружність негайно запровадила різноманітні контрольні, профілактичні та коригувальні заходи, які гарантували, що збережена питна вода не була скомпрометована, таким чином гарантуючи необхідні санітарні умови для постачання населенню.

В 2019 році стався мор риби у річці. Посуха робить Сегуру та її екосистему більш вразливими. В результаті цієї роботи можна було спостерігати, як попередніми днями кисень у річці вже показував нижчий рівень, ніж зазвичай, і високу температуру. Лабораторні дослідження не виявили забруднюючих речовин, які б вказували на розлив.

Аналіз, проведений лабораторіями Гідрографічної конфедерації Сегури (CHS), вказує на відсутність кисню у воді як єдину причину епізоду загибелі риби, що стався 10 серпня в річці Сегура, коли вона проходила через місто Мурсія. Проведені тести не показали наявність забруднюючих виділень у цій зоні [22].

Технічні спеціалісти CHS взяли зразки вранці події в трьох точках на міській ділянці річки Сегура в Мурсії (шосе, паркувальний та пішохідний мости Мантероли). У цих місцях було виявлено, що концентрація кисню була нижчою за звичайний рівень (3,22 мг/л O_2, 3,87 мг/л O_2 і 2,04 мг/л O_2 відповідно). Аналізи, проведені в ті ж дати минулого року, показали значення в 3 і 4 рази вищі.

Ті самі тести дали негативний результат на наявність забруднюючих речовин, що перевищують допустимі рівні. Ці тести відстежують появу до 900 пестицидних і непестицидних сполук.

Таким чином, результати аналізів показують, що основними причинами зниження рівня кисню у воді були дуже високі температури, зафіксовані того дня та раніше (у річці досягали 30 градусів за Цельсієм), а також нестача оборотної води.



Рисунок 1.2 – загибель риби в річці Сегура в Мурсії через низький рівень кисню у воді [25].

Аналіз підтверджує, що загибель риби в річці Сегура в Мурсії сталася через низький рівень кисню у воді. Дуже високі температури води, зафіксовані в ті дні, і посуха, можливі причини цього явища.

Щодо появи піни, обмеженої лише зоною доріжки Мантероли, стрибок води у гребі під доріжкою спричинив це явище, яке було тимчасовим і зникло протягом ранку.

2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Об’єкт дослідження

Річка Сегура (лат. *Thader*, араб. Біла річка) – важлива річка на південному сході Іспанії. Річка Сегура бере початок у гірському масиві Сьєрра-де-Сегура в невеликому селі Фуенте-Сегура в муніципалітеті Сантьяго-Понтонес (провінція Хаен), за 5 км від Понтон-Бахо. Вона протікає через провінції Хаен, Альбасете, Мурсія та Аліканте; після 325 км течії вона впадає в Середземне море в Гвардамар-дель-Сегура (Аліканте), площа басейну становить 18 870 км².

Це одна з найбільш інтенсивно використовуваних річок у гідрологічному відношенні, і через її нерегулярний режим течії, як відомо, чергуються великі паводки і тривалі посухи. В останні десятиліття вона була відома серйозними проблемами забруднення води, особливо в нижній течії, але в останні роки ситуація значно покращилася завдяки значним інвестиціям у очищення та відновлення.

Басейн поділяється на верхню, середню та нижню течії. Остання ділянка (нижня течія) починається, коли річка Сегура перетинає місто Бенуель у провінції Аліканте, впадаючи у так звану Вега-Бахо-де-Сегура. Тут велика кількість річкових наносів і сільськогосподарська праця створили майже ідеальну рівнину з середнім градієнтом 0,5 проміле.

Звичайне русло річки, яке не може нести велику кількість води, розташоване на глибині кількох десятків метрів у ширшій і більшій заплаві, утворюючи «вегу» у строгому розумінні цього терміну. Це спричинено безперервним процесом седиментації та осадження на лівому березі, що змушує річку Сегура відхилятися вправо і примикати до свого хвилеподібного і мінливого русла до південної місцевості, звиваючись і звужуючись штучними берегами для поліпшення стоку води.

Хоча більша частина річки підведена до каналів, щоб уникнути

повеней, багато експертів вважають каналів недостатнім, оскільки пропускна здатність каналу в Оріуелі становить 250 м³/с, тоді як під час максимальної повені вона перевищує 1 000 м³/с. Іншим вузьким місцем є Рохалес, де річка перетинає міст Карлоса III [24].

Річка впадає в Середземне море в Гор-де-Сегура, на північ від Гвардемар-дель-Сегура, де вона ділить високі прибережні дюни навпіл, утворюючи закриту ділянку. У місці злиття русло річки має ширину 221 м і греблю середнього розміру. Через низьку висоту замкненої території на півночі є кілька лагун, таких як Хондо-де-Ельче-Кревільєнте (Hondo de Elche Crevillente), що живиться залишками річки Сегура, і солона вода Салінас-де-Санта-Пола (Salinas de Santa Pola) поблизу Віналопо. Pola) та інші лагуни [27].

Зменшення об'єму води по всій течії річки було значним: середня витрата води в Оріуелі становить 5 м³/с, а до моря доходить навіть менше 1 м³/с, порівняно з середньою витратою 21,59 м³/с до кінця 1970-х років.

Річка Сегура відома своїми інтенсивними і страхітливими повенями, деякі з яких були зафіксовані ще в пізньому середньовіччі.

Перший з етапів дослідження проводилось у весняний і літній період 2024 року. Аналізували воду, що відбирали з річки Сегура в центрі міста Мурсія, яке є обласним центром регіону (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Схематична карта території, де здійснювався відбір проб води з річки Сегура

Ділянка № 1 – Ла Контрапарада — це унікальний природний анклав, структурований навколо історичної греблі Контрапарада, яка функціонує як ключова інфраструктура для розподілу води річки Сегура в зрошувальну систему рівнини Мурсія з часів мусульманських поселенців. Ця дамба є важливим гідротехнічним об'єктом, що забезпечує необхідний водний баланс регіону та сприяє розвитку сільського господарства.

Різноманіття екосистем, зокрема прибережні зони, псевдопастбища та традиційні сільськогосподарські культури, сформували цей унікальний біоценоз, який характеризується високим рівнем біорізноманіття. У межах цього анклаву можна знайти численні види рослин і тварин, що є важливими для підтримки екологічної рівноваги. Взаємодія різних типів середовищ існування створює умови для існування унікальних екологічних ніш, які є критично важливими для збереження біорізноманіття регіону.

Цей комплексний ландшафт також має значний культурний та історичний вимір, оскільки його використання та збереження тісно пов'язані з історичними практиками зрошення і традиційними сільськогосподарськими методами, що сягають середньовічних часів. Ла Контрапарада є прикладом успішної інтеграції природних і антропогенних елементів, що сприяє стійкому розвитку і збереженню природних ресурсів (додаток А.1).

Ділянка № 2 – Міст Мантерола територія, що знаходиться в межах міста, являє собою річкову терасу з розширеним та поглибленим руслом річки. Уступи тераси укріплені кам’яною кладкою, що сприяє стабілізації берегової лінії та запобіганню ерозійним процесам. У зоні проведення забору проби води розташований пішохідний міст, який забезпечує безпечний перехід через річку та сприяє зручному доступу до інших частин міста.

Вздовж берегової лінії річки організовано пішохідні та вело-транспортні зони, які сприяють активному відпочинку та зменшенню викидів парникових газів завдяки альтернативним засобам пересування. Крім того, у цій зоні знаходяться автошляхи, що підвищують транспортну доступність міської території. Водночас, кілометрова зона навколо точки забору проб води

піддається значному антропогенному навантаженню, що проявляється через інтенсивний рух автотранспорту та пов'язані з ним викиди забруднюючих речовин (додаток А.2).

Значне антропогенне навантаження включає викиди вихлопних газів автотранспорту, які містять шкідливі речовини, такі як оксиди азоту, вуглекислий газ і тверді частинки. Це може негативно впливати на якість повітря і води, а також на стан біорізноманіття в зоні.

Ділянка № 3 – Міст Ла Фіка ділянка також підтверджена антропогенному навантаженню за рахунок близько розташованої автомагістралі , торгових центрів та паркенгів . Спостерігається звуження русла ріки , перехідна точка від розширеної ділянкі річки в межах міста до вузької пролягаючої через приватний сектор та села (додаток А.3).

2.2. Методика визначення токсичності води за допомогою «ростового тесту»

Для визначення фітотоксичності води річки Сегура використовували еколого-біологічні індикатори, зокрема метод «ростового тесту».

Загальну токсичність води оцінювали шляхом аналізу морфологічних змін та енергії проростання рослин-індикаторів, вирощених у досліджуваних пробах води.

Було протестовано два сорти індикаторних культур: гібрид F1 огірка (*Cucumis sativus* L.) сорту Маркетер і сорт ярої пшениці (*Triticum aestivum* L.) сорту Галера. Огірок (*Cucumis sativus* L.) належить до родини дводольних і має добре розвинені кореневища, що дає змогу спостерігати динаміку розвитку проростків залежно від ступеня забруднення води; *Triticum aestivum* L. представляє родинку однодольних, а *Triticum aestivum* L. є представником

родини монодольних.

Обидві культури характеризуються високою швидкістю проростання, що дає змогу проводити експерименти в короткі терміни[31]. Реакцію рослин на стресові фактори можна також вивчати на великій кількості рослин одночасно на обмеженій площі, використовуючи чашки Петрі та плаваючі диски.

Ці тест-рослини дуже чутливі до забруднення, тому їх часто використовують для перевірки токсичності у водоймах [30]. Окремі біоіндикатори демонструють швидке проростання насіння, і в присутності забруднювальних речовин можна виявити значне зниження схожості. Насіння з обмеженим запасом поживних речовин часто використовують для оцінки токсичності. Крім того, насіння цих рослин найбільш зручне для використання методу плаваючого диска.

Суть ростового тесту полягає у відстеженні змін енергії проростання насіння і морфологічних параметрів індикаторної культури, вирощеної в досліджуваному зразку води. Методи вимірювання фітотоксичності води засновані на реакції випробовуваних зразків, таких як проростки огірка або пшениці, на присутність різних забруднювачів. Присутність забруднювальних речовин пригнічує ріст і розвиток рослин.

Для оцінки токсичності води використовувався метод плаваючого диска: зразки води об'ємом 250 мл поміщали в лабораторну мензурку. Насіння індикаторних культур (по 20 насінин *Cucumis sativus* L. і *Triticum aestivum* L.) пророщували на пінопластовому поплавці, вкритому марлею. Експеримент повторювали тричі. Контрольним субстратом слугувала осаджена водопровідна вода(Додатки Б1 та Б2).

До них належали енергія проростання насіння, надземна довжина проростків та їхній ріст, а також загальна кількість пророслого насіння наприкінці експерименту. Також звертали увагу на морфологічні характеристики рослин, такі як раннє пожовтіння та особливості розвитку кореневої системи. В кінці експерименту вимірювали довжину та кореневу

систему проростків досліджуваних рослин[32].

Схожість, енергія проростання (%) та морфологічні параметри тест-рослин були враховані для оцінки ступеня токсичності зразків води, відібраних з річки Сегура. Після вимірювань для кожного досліджуваного сорту розраховували середню висоту проростків та довжину коренів.

Початкові дослідження були проведені навесні 2023 року для отримання вихідних даних про токсичність води в досліджуваному районі. Для забезпечення порівняльного аналізу та спостереження за щорічними змінами було проведено додаткове дослідження навесні 2024 року і ще один цикл влітку того ж року.

Такий підхід дозволив дослідити динаміку сезонних коливань та вплив різних факторів на токсичність води та ріст рослин-індикаторів. В результаті можна було більш точно оцінити екологічний стан досліджуваної території та визначити можливі ризики для довкілля та сільськогосподарських культур.

2.3 Аналіз та обробка статистичних даних за результатами досліджень

Був проведений статистичний аналіз даних, отриманих в результаті мікробіологічних досліджень, і показників випробувальної установки, в рамках якого були розраховані середнє арифметичне, стандартне відхилення, помилка і критерії достовірності по Стьюденту[32].

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{n}, \tag{2.1}$$

де $\bar{x}$ – середня арифметична;

$\sum x_i$ – сума варіант;

n – число варіант у виборці.

Квадратичні відхилення використовуються для встановлення граничних значень і інтервалів, які містять фактичні значення вимірюваної величини:

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})2}{n}} \quad , \tag{2.2}$$

де $\Sigma (x-\bar{x})^2$ – сума квадратів відхилення результатів окремих вимірювань від середнього арифметичного.

При використанні вибіркових середніх для оцінки генерального середнього необхідно знати похибку (стандартну похибку) середнього арифметичного.

$$m = \frac{\delta}{\sqrt{n}} \tag{2.3}$$

Для оцінки точності розрахунків порівняно з контрольними даними було використано формулу для розрахунку критеріїв надійності:

$$td = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}} \tag{2.4}$$

де $\bar{x}_1$, $\bar{x}_2$ – середнє арифметичне;
m_1^2, m_2^2 – стандартна похибка.

Якщо фактичне значення t, отримане в ході дослідження, перевищує або дорівнює критичному (стандартному) значенню t_{st}, то є статистично значуща різниця між середнім арифметичним значенням в дослідженні і контрольному варіанті, а якщо фактичне значення t менше, ніж t_{st}, то різниця між середніми значеннями дорівнює вважається статистично недостовірним[30-32].

2.4 Специфіка та методика лабораторних досліджень

Дані що до фізико-хімічних і біологічних параметрів води отримані від лабораторії якості води Гідрографічної конфедерації Сегура, ОА, розташована в південному крилі першого поверху Каса-дель-Агуа,(Мурсія), загальною площею 324 м 2 .

Лабораторія спеціялізується на моніторингу якості поверхневих і підземних вод і скидів стічних вод, що відбуваються в басейні. З цією метою вона здійснює вичерпний контроль скидів, розслідування у випадку будь-якого епізоду загибелі риби або впливу на якість води (поява піни, забарвлення тощо) та будь-які інші пов’язані функції. Не менш помітними є завдання співпраці з іншими організаціями чи установами для спільного відбору та/або аналізу проб.

Для цього лабораторія отримує зразки води, донних відкладень або біоти для обробки та аналізу з різних джерел: здебільшого від свого власного персоналу відповідно до акредитованих тимчасових процедур, а також від Служби водної поліції Конфедерації (Агенти охорони навколишнього середовища та Річкового розплідника) та інших таких організацій, як Цивільна гвардія, Співпрацюючі організації Гідравлічної адміністрації, Cedex тощо.

Параметри, виміряні in situ:

Провідність (µS/cm): Для вимірювання провідності води використовують кондуктометр, що являє собою пристрій з двома електродами, між якими проходить електричний струм. Провідність визначається за величиною струму, що проходить через воду. Метод є швидким і точним.

Розчинений кисень (% нас.): Вимірювання розчиненого кисню проводиться за допомогою оксиметра. Оксиметри використовують електрохімічний датчик або оптичні технології для визначення кількості

кисню у воді[33]. Цей параметр важливий для оцінки якості води та її здатності підтримувати життя водних організмів.

pH (од. pH): Для вимірювання pH використовують pH-метри. Це прилади, що визначають концентрацію водневих іонів у воді. Вимірювання pH є критично важливим для контролю рівня кислотності або лужності води.

Температура (°C): Температуру води вимірюють за допомогою термометрів, які можуть бути різних типів, включаючи ртутні або цифрові термометри. Температура впливає на розчинність газів у воді та активність біологічних процесів[36-37].

Фізико-хімічні параметри:

Каламутність (UNF): Каламутність вимірюється за допомогою нефелометра, який визначає кількість світла, розсіяного частинками у воді. Цей параметр вказує на наявність суспендованих частинок і може свідчити про забруднення.

Амоній (мг/л): Вимірювання концентрації амонію у воді здійснюється за допомогою йонселективного електрода або спектрофотометричного методу. Амоній може бути ознакою забруднення органічними речовинами.

БПК5 (мг/O_2/л): Біохімічна потреба у кисні (БПК5) визначається за допомогою інкубаторів та аналізаторів, які вимірюють кількість кисню, спожиту мікроорганізмами для розкладання органічних речовин протягом 5 днів. Це показник органічного забруднення води[34].

ХСК (мг/O_2/л): Хімічна потреба у кисні (ХСК) вимірюється шляхом окислення органічних речовин у воді за допомогою сильного окислювача, як-от калій дихромат. Результати вимірюють за допомогою спектрофотометра.

Мийний засіб (мг/л лаурилсульфат): Концентрацію мийних засобів визначають за допомогою методу спектрофотометрії. Лаурилсульфат вимірюється шляхом утворення кольорових комплексів, які потім аналізуються спектрофотометрично [33-34].

Мікробіологічні характеристики:

Enterococcus (КУО/100мл): Концентрацію ентерококів визначають методом мембранної фільтрації, коли зразок води проходить через фільтр, який потім інкубують на живильному середовищі. Після інкубації підраховують кількість колоній[35].

Escherichia coli (КУО/100мл): Подібно до ентерококів, E. coli вимірюється методом мембранної фільтрації з подальшою інкубацією на селективному живильному середовищі. Підрахунок колоній дозволяє оцінити рівень забруднення води фекальними бактеріями.

3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Фізико-хімічні і мікробіологічні параметри досліджуваної річки.

Вода є важливим ресурсом, від якого залежить здоров'я людей, тварин та рослин. У цьому контексті було проведено детальний аналіз води у трьох точках вимірювання: Контрапарада, Міст Мантерола та Міст Ла Фіка, щоб оцінити її стан та відповідність нормативним вимогам.

Перш за все, важливо відзначити, що усі параметри, виміряні в кожній точці, знаходяться в межах нормативних значень. Це свідчить про добрий стан води та відсутність значних забруднень. Наприклад, провідність води, яка є показником мінералізації, в усіх трьох точках знаходиться в межах допустимих значень, що вказує на відсутність надмірного вмісту солей та інших розчинених речовин[26].

Таблиця 3.1 – Контроль якості води річки Сегура в муніципалітеті Мурсія

Параметр	PM01_Контрапарада	PM02_Міст Мантерола	PM03_Міст Ла Фіка	Референсне значення
Параметри, виміряні *in situ*				
Провідність (µS/cm)	1495	1572	1649	2500[1]
Розчинений кисень (% нас.)	98.5	98.3	102.5	>50[2]
pH (од. pH)	8	7.6	7.9	5.5 до 9[2]
Температура (°C)	12	12	10	--
Фізико-хімічні параметри				
Каламутність (UNF)	3.28	9.11	15.6	--

Амоній (мг/л)	0.1	<0.05	<0.05	1.5[2]
БПК5 (мг/O2/л)	<2	<2	<2	5[2]
ХСК (мг/O2/л)	<10	<10	<10	30[3]
Мийний засіб (мг/л лаурилсульфат)	<0.05	<0.05	<0.05	0.2[2]
Мікробіологічні характеристики				
Enterococcus (КУО/100мл)	200	160	220	330/200[4]
Escherichia coli (КУО/100мл)	720	170	350	900/500[4]

Виходячи з даних таблиці, можна зробити висновок про стан води та потенційну евтрофікацію досліджених водойм. Параметри, виміряні in situ, такі як провідність, розчинений кисень, pH і температура, вказують на стабільний стан водного середовища з деякими відхиленнями, що потребують подальшого моніторингу.

Провідність води, зафіксована в точках вимірювання (1495, 1572, 1649 µS/cm), свідчить про помірний рівень розчинених солей, який не перевищує референсне значення 2500 µS/cm. Це вказує на відсутність значних антропогенних забруднень, що могли б спричинити підвищення трофності.

Розчинений кисень (98.5%, 98.3%, 102.5%) знаходиться на високому рівні, що перевищує нормативне значення >50% насичення. Це є важливим показником для підтримки здорового водного середовища, оскільки достатня кількість кисню сприяє розвитку аеробних організмів та стримує анаеробні процеси, які могли б погіршити якість води.

Показники pH (8, 7.6, 7.9) залишаються в межах нормативного діапазону (5.5 до 9), що свідчить про стабільне кислотно-лужне середовище. Відсутність значних коливань pH вказує на те, що водна екосистема не

піддається сильним впливам зовнішніх факторів, таких як стічні води чи промислові забруднення.

Температура води (12°C, 12°C, 10°C) є типовою для даного періоду часу та географічного положення, що також підтверджує стабільність водної екосистеми.

Фізико-хімічні параметри, такі як каламутність (3.28, 9.11, 15.6 UNF), амоній (<0.1 мг/л), БПК5 (<2 мг/O_2/л), ХСК (<10 мг/O_2/л) та концентрація мийного засобу (<0.05 мг/л), залишаються на низькому рівні, що свідчить про низький рівень органічного забруднення та антропогенного впливу. Зниження цих показників є важливим для запобігання евтрофікації, оскільки підвищення рівнів амонію та органічних речовин може стимулювати розвиток фітопланктону та синьо-зелених водоростей.

Мікробіологічні показники, такі як кількість колонієутворюючих одиниць *Enterococcus* (200, 160, 220 КУО/100мл) та *Escherichia coli* (720, 170, 350 КУО/100мл), знаходяться в межах нормативних значень (330/200 та 900/500 КУО/100мл відповідно). Це свідчить про відсутність значного фекального забруднення, яке могло б призвести до евтрофікації та погіршення санітарного стану водойм.

Отже, за даними вимірювань, можна зробити висновок, що досліджені водойми не зазнають значних антропогенних впливів та забруднень, які могли б спричинити евтрофікацію. Стан води є стабільним і відповідає нормативним показникам, що дозволяє підтримувати здорову екосистему без значних загроз для її функціонування та якості води. Проте подальший моніторинг є необхідним для вчасного виявлення можливих змін у водному середовищі та запобігання негативним наслідкам.

3.2 Визначення фітотоксичності води річки Сегура за умов наявності евтрофікації

Аналізуючи стан води річки Сегура, ми зосередимо увагу на визначенні фітотоксичності в умовах евтрофікації. Це дослідження дозволить виявити, як надмірні концентрації нітратів, фосфатів та аміаку впливають на ріст і розвиток рослин. Отримані результати не лише допоможуть оцінити екологічний стан водних об'єктів, але й виявлять потенційні ризики для агроекосистем.

Таблиця 3.2 – Результати дослідження фітотоксичності води р. Сегура в весняний період з використанням тест-культури *Triticum aestivum* L.

Параметр	Фітотоксичний ефект, %		
	Проби		
	Проба 1	Проба 2	Проба 3
ФЕ1 (за висотою рослин)	8.34	11.42	9.50
ФЕ2 (за довжиною коренів)	-15.03	5.45	-10.00
ФЕсер	-3.34	8.43	2.00

Аналізуючи результати фітотоксичних тестів для пшениці звичайної (Triticum aestivum L.) у весняний період 2024 року, ми можемо оцінити вплив евтрофікації річки Сегура на цю культуру. Дані свідчать про наступне:

Проба 1. Свідчить про значне збільшення висоти рослин (+8.34%), але значне пригнічення росту кореневої системи (-15.03%). Це може свідчити про те, що надмірна кількість поживних речовин у воді сприяє швидкому росту надземної частини рослин, але пригнічує розвиток кореневої системи через стресові умови.

Проба 2. Демонструє значне збільшення як висоти рослин (+11.42%), так і довжини коренів (+5.45%). Це вказує на оптимальний рівень поживних речовин, який сприяє загальному росту та розвитку пшениці. Такі результати можуть бути наслідком помірного рівня евтрофікації, який не призводить до утворення токсичних сполук.

Проба 3. Дані отримані в результаті дослідження свідчать про збільшення висоти рослин (+9.50%), але пригнічення розвитку кореневої системи (-10.00%). Це свідчить про схожий вплив, як і в пробі 1, де рослини зазнають стресу від надмірної кількості поживних речовин, що обмежує розвиток кореневої системи.

Таблиця 3.3 – Результати дослідження фітотоксичності води р. Сегура в літній період з використанням тест-культури *Triticum aestivum* L.

Параметр	Фітотоксичний ефект, %		
	Проби		
	Проба 1	Проба 2	Проба 3
ФЕ1 (за висотою рослин)	7.80	10.50	8.60
ФЕ2 (за довжиною коренів)	-14.00	4.50	-11.00
ФЕ сер	-2.10	7.50	3.00

Результати фітотоксичних тестів, проведених для річки Сегура, вказують на значний вплив евтрофікації на ріст агрокультур. Зокрема, варто зазначити наступне:

Аналіз проби 1. Фітотоксичний ефект, що спостерігався у пробі 1, демонструє позитивний вплив на ріст надземної частини рослин, що відображається у відсотковому прирості висоти рослин (+7.80%). Водночас, спостерігається негативний вплив на кореневу систему, що відображається у відсотковому зменшенні довжини коренів (-14.00%). Це свідчить про

переважне використання рослинами легкодоступних нітратів для вертикального росту, що обмежує їх здатність до розгалуження кореневої системи в умовах високої концентрації поживних речовин.

Аналіз проби 2. Проба 2 демонструє більш збалансований ріст як надземної частини, так і кореневої системи рослин, з відповідними відсотковими приростами у висоті (+10.50%) та довжині коренів (+4.50%). Це вказує на оптимальний рівень евтрофікації, при якому концентрація поживних речовин знаходиться у межах, що стимулюють загальний розвиток рослинної біомаси без утворення токсичних сполук.

Аналіз проби 3. Проба 3 показує ситуацію, подібну до проби 1, де надмірна кількість поживних речовин сприяє вертикальному росту (+8.60%), але негативно впливає на кореневу систему (-11.00%). Це може бути пов'язано з накопиченням амонію в результаті розкладання органічних речовин, що призводить до фітотоксичного ефекту.

Таблиця 3.4 – Результати дослідження фітотоксичності води р. Сегура за весняний період з використанням тест-культури *Cucumis sativus* L.

Параметр	Фітотоксичний ефект, %		
	Проби		
	Проба 1	Проба 2	Проба 3
ФЕ1 (за висотою рослин)	-7.92	-15.49	-8.50
ФЕ2 (за довжиною коренів)	5.12	9.71	6.00
ФЕсер	-1.4	-2.89	-1.25

Аналізуючи результати фітотоксичних тестів для огірка посівного (Cucumis sativus L.) у весняний період, коли евтрофікація річки Сегура ще не набула максимального впливу, ми можемо оцінити стан води та її вплив на рослини. Дані свідчать про наступне:

Проба 1 показує негативний вплив на висоту рослин (-7.92%) та стимуляцію росту кореневої системи (5.12%). Це свідчить про стресові умови, в яких рослини змушені розвивати корені для пошуку додаткових ресурсів, але при цьому ріст надземної частини гальмується.

Проба 2 демонструє значне пригнічення росту надземної частини рослин (-15.49%) та збільшення довжини коренів (9.71%). Це вказує на високий рівень стресу для рослин, викликаний евтрофікацією, що змушує їх інтенсивно розвивати кореневу систему для виживання. Це може бути наслідком токсичних речовин у воді.

Проба 3 показує негативний вплив на висоту рослин (-8.50%) та стимуляцію росту кореневої системи (6.00%). Це вказує на менший рівень токсичності порівняно з пробою 2, але все ж свідчить про наявність стресових умов для рослин через евтрофікацію.

Таблиця 3.5 – Результати дослідження фітотоксичності води р. Сегура за літній період з використанням тест-культури *Cucumis sativus* L.

Параметр	Фітотоксичний ефект, %		
	Проби		
	Проба 1	Проба 2	Проба 3
ФЕ1 (за висотою рослин)	-8.00	-15.20	-8.30
ФЕ2 (за довжиною коренів)	5.50	9.50	6.20
ФЕсер	-1.25	-2.80	-1.00

Проба 1 показує негативний вплив на висоту рослин (-8.00%), проте стимулює ріст кореневої системи (5.50%). Це може свідчити про те, що забрудненість води призводить до стресу, який змушує рослини розвивати

кореневу систему для пошуку ресурсів. Однак, негативний вплив на надземну частину вказує на можливу токсичність води, що гальмує вертикальний ріст.

Проба 2 демонструє значне пригнічення росту надземної частини рослин (-15.20%), але значне збільшення довжини коренів (9.50%). Це вказує на сильний стрес, спричинений евтрофікацією, який змушує рослини інтенсивно розвивати кореневу систему для виживання. Це може бути наслідком високого рівня токсичних речовин у воді, таких як аміак, які негативно впливають на надземну частину рослин.

Проба 3 також показує негативний вплив на висоту рослин (-8.30%) при одночасному стимулюванні росту кореневої системи (6.20%). Це може свідчити про менший рівень токсичності порівняно з пробою 2, але все ще вказує на стресові умови для рослин через евтрофікацію.

Аналіз результатів фітотоксичних тестів для різних агрокультур у весняний та літній періоди 2024 року дозволив зробити комплексні висновки щодо впливу евтрофікації річки Сегура на ріст рослин. Перш за все, дослідження показало, що надмірна концентрація поживних речовин, таких як нітрати та фосфати, сприяє швидкому росту надземної частини рослин, але водночас пригнічує розвиток кореневої системи. Це явище було спостерігалося як у пшениці звичайної (*Triticum aestivum* L.), так і в огірка посівного (*Cucumis sativus* L.), що підтверджується даними фітотоксичних тестів.

Для пшениці у весняний період встановлено, що проби з високим рівнем поживних речовин сприяли значному збільшенню висоти рослин (+8.34% до +11.42%), однак значно пригнічували ріст кореневої системи (-15.03% до -10.00%). Це свідчить про те, що надмірна кількість поживних речовин створює стресові умови, які обмежують здатність рослин до розгалуження коренів. Високий рівень нітратів може стимулювати вертикальний ріст, але знижувати здатність кореневої системи до поглинання води та поживних речовин, що може негативно вплинути на врожайність у майбутньому.

Для огірка у літній період результати також показали значне пригнічення росту надземної частини рослин (-8.00% до -15.20%), при цьому спостерігалося збільшення довжини кореневої системи (+5.50% до +9.50%). Це може бути наслідком високого рівня аміаку та інших токсичних сполук, які утворюються в результаті розкладання органічного матеріалу під час евтрофікації. Аміак у високих концентраціях може бути токсичним для рослин, призводячи до пригнічення їх росту та розвитку. Пригнічення росту надземної частини та збільшення кореневої системи свідчать про адаптивні механізми рослин у стресових умовах, спрямовані на пошук і поглинання додаткових ресурсів для виживання.

У весняний період для огірка спостерігалося схоже явище, коли рівень евтрофікації ще не набрав максимального впливу. Пригнічення росту надземної частини рослин (-7.92% до -15.49%) та стимуляція розвитку кореневої системи (+5.12% до +9.71%) вказують на стресові умови, спричинені наявністю поживних речовин та токсичних сполук у воді. Це підкреслює важливість врахування сезонних змін у рівні евтрофікації та їх впливу на ріст і розвиток агрокультур.

Загалом, результати фітотоксичних тестів підкреслюють необхідність постійного моніторингу стану води у річці Сегура для виявлення змін у рівні евтрофікації та вжиття своєчасних заходів для зменшення негативного впливу на агро культури та екосистему річки в цілому.

Надмірна концентрація поживних речовин та утворення токсичних сполук мають серйозний вплив на ріст та розвиток сільськогосподарських рослин, що може призвести до зниження врожайності та якості продукції. Комплексний підхід до вивчення впливу евтрофікації та застосування методів біоіндикації дозволяє більш точно оцінити екологічний стан водних об'єктів та розробити ефективні стратегії збереження та покращення їх стану.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори при дослідженні

У галузі екології, під час виконання професійних обов'язків, можуть виникати небезпечні або шкідливі виробничі фактори.

Проведений аналіз умов праці під час виконання дипломної роботи в лабораторії на базі Факультету екологічної безпеки інженерії та технологій Національного авіаційного університету виявив декілька шкідливих та небезпечних виробничих факторів, що впливають на здоров'я та працездатність працівників. Згідно з ГОСТ 12.0.003-74, на працівників у лабораторії діють фізичні небезпечні виробничі фактори. Серед них відсутність природного світла в робочій зоні, низька рухливість повітря, підвищена запиленість та загазованість повітря, підвищена температура, високий рівень шуму тощо[38].

Відсутність природного світла в робочій зоні. Раціональне освітлення робочих зон і поверхонь є важливим фактором роботи в лабораторії. При відсутності природного світла необхідно забезпечити достатню освітленість приміщення. Недостатнє або надмірне освітлення, нерівномірність освітлення призводить до втоми очей, зниження продуктивності та підвищення ризику помилок і нещасних випадків.

Штучне освітлення забезпечується у лабораторних приміщеннях з недостатнім природним світлом і використовується у темний час доби. Діяльність працівника в лабораторії відноситься до другої категорії зорової роботи (А-2) дуже високої точності. Згідно з ДБН В.2.5-28:2018, освітленість робочої поверхні повинна бути 400 люксів на горизонтальній площині на висоті 0,8 метра над рівнем підлоги, а загальне штучне освітлення лабораторії має становити 750 люксів. Джерелом штучного освітлення в лабораторії є люмінесцентні лампи.

Низька рухливість повітря. Один із головних небезпечних виробничих факторів у лабораторії - малорухливий повітрообмін. Вентиляційні системи не забезпечують постійну температуру, відносну вологість, швидкість руху повітря і ГДК шкідливих газоподібних речовин. Для підтримки стабільного мікроклімату, окрім витяжної шафи, в лабораторії слід встановити припливно-витяжну систему вентиляції. Згідно з ДБН В.2.5-67:2013, щілини трубовідводів для видалення повітря з верхньої зони приміщення повинні розміщуватись під стелею або покриттям, але не нижче 2 метрів від підлоги до низу щілин.

Підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони. Для регулювання швидкості руху повітря використовуються природна та штучна вентиляція. У робочій зоні виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99 встановлює норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в теплі й холодні періоди року, виходячи з категорії важкості роботи, призначення приміщень і надлишків тепла. Швидкість руху повітря на робочому місці не повинна перевищувати 0,1 м/сек. Занадто низька швидкість повітряного потоку може утворювати застійні зони, де накопичуються шкідливі виділення, такі як гази, волога, пил і пар.

Мікроклімат робочої зони – це ключовий фактор, що визначає умови праці. Патогенні мікроорганізми, присутні в повітряних потоках, можуть впливати на ефективність праці та ступінь чистоти повітря. Будь-яка схема вентиляції повинна передбачати одночасно приплив зовнішнього повітря і витяжку відпрацьованого, забезпечуючи таким чином баланс повітря в приміщенні.

Підвищена температура повітря робочої зони. Джерелами цього фактору є термостати, автоклави, сушильні шафи, дистилятори та електричні плитки. У теплий період року робота цих приладів призводить до підвищення температури повітря робочого приміщення до 34-40 °С при відносній вологості 40-60 %, що негативно впливає на організм працівника.

Підвищені рівні шуму на робочому місці. Основними джерелами шуму в лабораторії є електричні сухоповітряні термостати, сушильні шафи та побутовий холодильник. Нормативний рівень звуку, згідно з ДСН 3.3.6.037-99, для приміщень, де виконуються висококваліфіковані роботи, вимірювальні та аналітичні роботи, становить 50 дБА[39-40].

4.2. Технічні та організаційні заходи для зменшення рівня впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Підвищення рівня освітленості робочого місця. У виробничих приміщеннях застосовують систему загального штучного освітлення, використовуючи джерела світла з колірною температурою від 2400 К до 6800 К, а інтенсивність ультрафіолетового випромінювання не повинна перевищувати 0,03 Вт/м², згідно з нормами ДБН В.2.5-28:2018. Випромінювання менше 320 нм не допускається. В приміщеннях слід використовувати енергоефективні джерела світла з високою світловіддачею та тривалим терміном служби без зниження якості освітлення. Важливо забезпечити правильне розташування світильників щодо робочих поверхонь, обмежити яскравість або збільшити частину поверхні світильного елемента, враховуючи коефіцієнт відбиття матеріалів стелі та стін. Для місцевого освітлення робочих місць лабораторії слід використовувати світильники з відбивачами, що не просвічуються. Світильники повинні розташовуватися так, щоб їхні елементи, що світяться, не потрапляли в поле зору персоналу на освітлених робочих місцях. Місцеве освітлення робочих місць повинно бути обладнане регуляторами освітлення[43].

Збільшення рівня повітрообміну, зменшення запиленості та загазованості повітря робочої зони. Для підтримки оптимального іонного складу повітря, зменшення ступеня забруднення пилом і видалення шкідливих

газоподібних речовин в лабораторії рекомендовано дотримуватись таких заходів:

– при проектуванні вентиляції та кондиціювання повітря лабораторії відносну вологість внутрішнього повітря рекомендується підтримувати: для теплого періоду року - в межах від 60 до 45%, для холодного періоду року - в межах від 45 до 30%;

– під час будівництва приміщення встановлювати припливно-витяжну систему вентиляції та достатню кількість місцевих витяжок над робочими місцями;

– використовувати вентилятори, фільтри, включаючи бактерицидні, клапани та іонізатори повітря відповідних потужностей;

– об'ємно-планувальні рішення будівель і споруд повинні забезпечувати, щоб у приміщеннях не утворювалися застійні зони [41-42].

Зменшення рівня впливу підвищеної температури. Нормалізація несприятливих мікрокліматичних умов у лабораторії здійснюється за допомогою комплексу заходів, які включають: будівельно-планувальні, організаційно-технологічні, санітарно-технічні та інші заходи колективного захисту. Для профілактики перегрівань та переохолоджень працівників використовуються засоби індивідуального захисту та медико-біологічні заходи.

Оптимальна температура робочих місць, що відповідає вимогам ДСН 3.3.6.042-99, досягається завдяки раціональному плануванню приміщення та оптимальному розміщенню обладнання, що виділяє тепло, холод або вологу. Для зменшення теплових навантажень на працівників передбачено максимальну механізацію, автоматизацію та дистанційне управління технологічними процесами та обладнанням.

Для зменшення впливу підвищеної температури у приміщеннях з великими заскленими поверхнями передбачено заходи щодо захисту від перегрівання через пряме сонячне проміння в теплий період року (орієнтація віконних прорізів схід-захід, встановлення жалюзі тощо). Якщо температура

внутрішніх поверхонь огороджуючих конструкцій перевищує допустимі значення, робочі місця повинні бути розташовані на відстані не менше 1 м від них.

У виробничих приміщеннях з надлишком тепла використовують природну вентиляцію (аерацію). Аераційні ліхтарі та шахти розташовуються безпосередньо над основними джерелами тепла на одній осі. Якщо аерація є неможливою або неефективною, встановлюється механічна загальнообмінна вентиляція. У разі наявності одиничних джерел тепловиділень використовується місцева витяжна вентиляція у вигляді локальних відсмоктувачів, витяжних зонтів тощо. У невеликих приміщеннях застосовуються системи кондиціонування повітря з індивідуальним регулюванням температури та об'єму повітря, що подається [44].

Зменшення впливу підвищеного рівня шуму. Згідно з ГОСТ 12.1.029-80, для захисту від підвищеного рівня шуму в лабораторії можливо використовувати як колективні, так і індивідуальні заходи та засоби захисту. Індивідуальні засоби захисту від шуму покликані блокувати найбільш чутливі канали проникнення звуку в організм - вуха. Ці засоби дозволяють одночасно запобігати розладам нервової системи від впливу інтенсивного шуму. До засобів захисту від шуму належать навушники, протишумові вкладки, шумозаглушувальні шоломи, протишумові костюми.

Колективний захист від шуму в лабораторії можна забезпечити шляхом зменшення шуму в самому джерелі; зниження шуму на шляху його поширення та організаційно-технічними заходами. Найбільш оптимальними заходами захисту від шуму, які можна застосувати в лабораторії, є організаційно-технічні засоби, що включають дотримання правил технічної експлуатації, проведення планово-попереджувальних оглядів та ремонтів, а також розташування центрифуг і холодильників віддалено від робочих місць. Крім того, для боротьби з шумом в лабораторії пропонується ввести додаткові акустичні заходи, такі як звукоізоляція та звукопоглинання (встановлення звукоізоляційних кожухів)[40].

4.3. Пожежна та вибухова безпека під час досліджень

Ймовірними джерелами пожежі під час виконання науково-дослідної роботи можуть бути: виникнення полум'я через перенавантаження електричного обладнання (УФ-лампи, електричні плитки, автоклави) та пошкодження електропроводки; незадовільний стан електротехнічних пристроїв і порушення правил їх монтажу та експлуатації; займання легкозаймистих органічних і неорганічних речовин (наприклад, етанолу в спиртовому пальнику для стерилізації) при контакті з вогнем або окисниками через порушення правил зберігання легкозаймистих речовин, використання відкритого полум'я; прямий удар блискавки в будівлю.

Для запобігання пожежам розробляють організаційні, експлуатаційні, технічні, режимні, пожежно-евакуаційні, тактико-профілактичні та будівельно-конструктивні заходи. У робочих приміщеннях мають бути розташовані в належних місцях: пожежний рукав, ящик з піском, азбестова ковдра, вогнегасник та чотирихлористий вуглець. У разі виникнення пожежі в лабораторії необхідно негайно використовувати всі доступні засоби гасіння і одночасно викликати місцеву пожежну команду.

Попередження пожеж у лабораторії може бути досягнуто за допомогою:

– максимально можливого використання негорючих і важкогорючих речовин і матеріалів;

– обмеження маси і об'єму горючих речовин, матеріалів та найбільш безпечного способу їх розміщення;

– ізоляції горючого середовища;

– підтримання концентрації горючих газів, пари, суспензій і окислювача в суміші за межами їх спалаху;

– підтримання температури і тиску горючого середовища на рівнях, за яких розповсюдження полум'я неможливе;

– максимальної механізації та автоматизації технологічних процесів, пов'язаних із використанням горючих речовин;

– встановлення пожежонебезпечного обладнання, по можливості, в ізольованих приміщеннях або на відкритих майданчиках;

– застосування герметичного обладнання та тари для горючих речовин;

– використання пристроїв захисту виробничого обладнання від пошкоджень і аварій, включаючи відключаючі, відсікаючі та інші пристрої[46-47].

На випадок пожежі у лабораторії застосовуються такі організаційні заходи:

– проведення інструктажів з пожежної безпеки;

– розділення приміщень з різною пожежною небезпекою протипожежними перегородками з гіпсокартону з мінеральним наповненням (межа вогнестійкості 1,25 години);

– встановлення протидимних та протипожежних перегородок у коридорах на шляхах евакуації персоналу;

– забезпечення вільних евакуаційних шляхів і виходів, які не повинні бути захаращеними, щоб у разі виникнення пожежі забезпечити безпечну евакуацію всіх людей, які перебувають у приміщеннях будівлі;

– розміщення пожежних кранів у пожежних шафах, встановлених у нішах на шляхах евакуації персоналу;

– прокладання електропроводки за підвісною стелею з використанням кабелів з мідними жилами в оболонці, яка не розповсюджує горіння;

– проведення кабелів і проводів крізь стіни в обрізах сталевих труб та закриття їх вогнетривкою сумішшю;

– обладнання приміщень підприємства протипожежною сигналізацією[42,49].

4.4 Техніка безпеки при роботі з комп'ютером

Під час експерименту мною було отримано значний обсяг інформації, який можна було швидко обробити лише за допомогою комп'ютерної техніки та пристроїв відображення інформації. Під час роботи я дотримувався наступних правил

Щоб уникнути негативного впливу альфа- і бета-частинок, я ніколи не сидів ближче, ніж 50-70 см перед екраном. Я знаю, що на такій відстані частинки втрачають свій електричний заряд і їхній шкідливий вплив на живі клітини організму зменшується. Ці частинки мають велику іонізуючу силу, яка може змінювати ДНК і перешкоджати розвитку клітин. Вплив іонізуючого випромінювання знижує функцію кровотворних органів, робить кровоносні судини більш крихкими і знижує опірність до інфекцій. На відстані 50-70 см від екрану негативний вплив частинок на клітини майже незначний.

Гамма-промені мають високу іонізуючу та проникаючу здатність. Гамма-промені – це високочастотне електромагнітне випромінювання, що утворюється в результаті уповільнення електронів на екрані; рентгенівське і гамма-випромінювання є смертельними. Через це, а також через те, що рентгенівські промені спрямовані в протилежний бік від екрану, я уникав сидіти за комп'ютером позаду інших комп'ютерів, що рухаються.

Під час тривалої роботи за комп'ютером приміщення іонізується «позитивними» та «негативними» іонами (аероіонами), причому «позитивні» аероіони шкідливі для здоров'я. Щоб уникнути цього, я робив перерву кожні півтори години. Під час перерви я вмикала примусову вентиляцію, щоб вигнати аерозолі з приміщення і замінити їх свіжим повітрям; мінімум 160 аерозолів на см³ і максимум 5000 аерозолів на см³ є стандартом. Під час перерв виконувалися вправи для тіла та очей, оскільки робота з комп'ютером вимагає від користувача залишатися в одному положенні протягом тривалого часу [47].

Робота з комп'ютерною технікою виконується в одноманітній позі, що обмежує м'язову активність, і вимагає великого напруження зорового аналізатора, а також нервово-емоційного навантаження. Порушення зору можуть виникати через нераціональне освітлення та недотримання режимів праці та відпочинку. Постійна переадаптація між яскравими/світлими об'єктами з позитивним контрастом та темними об'єктами з негативним контрастом може призвести до болю та різі в очах.

Безпечні умови роботи осіб, які працюють з комп'ютерами, регламентуються Директивою ЄС 90/270/ЄЕС «Про мінімальні вимоги безпеки та гігієни праці при роботі з екранними пристроями» та НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями»[48-49].

Основні вимоги до моніторів включають: чіткість символів на екрані, належна відстань між символами і рядками, стабільність зображення, легке регулювання яскравості та контрастності символів, відсутність відблисків, можливість легко повертати та нахиляти екран.

Вимоги до природного та штучного освітлення визначаються відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення». Природне освітлення має забезпечувати коефіцієнт природної освітленості не нижче 1,5%. Для захисту від сонячних променів використовуються сонцезахисні пристрої. Штучне освітлення повинно здійснюватися системою загального рівномірного освітлення або системою комбінованого освітлення. Значення освітленості на робочих столах має становити 300-500 лк.

Джерелами шуму при роботі з комп'ютерною технікою є жорсткий диск, вентилятори, CD-ROM та DVD-ROM, сканер, принтер тощо. Рівні звукового тиску повинні відповідати вимогам ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» та ДСН 3.3.6-037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».

Джерелами електромагнітного випромінювання в комп'ютерній техніці є блок живлення, системи розгортки та блок модуляції променя. Це випромінювання може викликати подразнення та запалення шкіри, висипання, а також різні захворювання. Важливо звертати увагу на якість матеріалів корпусу та плат ПК, оскільки вони можуть виділяти отруйні речовини, такі як діоксини та фурани [40].

Для поліпшення умов праці важливо дотримуватися ергономічних принципів, враховувати організацію робочого місця, регулювання висоти робочої поверхні столу, відстань до монітора та розташування клавіатури. Також важливо мати підставку для ніг та забезпечити відповідне природне та штучне освітлення.

Загалом, безпека праці повинна включати дотримання державних санітарних норм і правил, зокрема ДСанПіН 3.3.2.007-98 та НПАОП 0.00-7.15-18, а також врахування вимог щодо гігієни, ергономіки та організації робочого місця [50].

ВИСНОВКИ

1. Аналіз фізико-хімічних параметрів води річки Сегура показав стабільний стан водного середовища, хоча деякі відхилення потребують подальшого моніторингу. Провідність води, яка зафіксована на рівні 1495, 1572, 1649 μS/cm, свідчить про помірний рівень розчинених солей, що не перевищує референсне значення 2500 μS/cm. Це означає, що відсутні значні антропогенні забруднення, які могли б спричинити підвищення трофності. Рівень розчиненого кисню, який знаходиться на рівні 98.5%, 98.3%, 102.5%, перевищує нормативне значення >50% насичення, що є важливим показником для підтримки здорового водного середовища. Значення pH в межах 8, 7.6, 7.9 свідчать про стабільне кислотно-лужне середовище, що не піддається значним впливам зовнішніх факторів. Температура води в межах 10°C-12°C також підтверджує стабільність водної екосистеми. Низькі рівні амонію (<0.1 мг/л), БПК5 (<2 мг/O_2/л), ХСК (<10 мг/O_2/л) та концентрація мийного засобу (<0.05 мг/л) вказують на низький рівень органічного забруднення та антропогенного впливу.

2. Аналіз результатів фітотоксичних тестів для різних агро культур у весняний та літній періоди 2024 року вказав на значний вплив евтрофікації річки Сегура на ріст рослин. Надмірна концентрація поживних речовин, таких як нітрати та фосфати, сприяє швидкому росту надземної частини рослин, але водночас пригнічує розвиток кореневої системи. Це явище спостерігалося як у пшениці звичайної (*Triticum aestivum L.*), так і в огірка посівного (*Cucumis sativus L.*).

Для пшениці у весняний період проби з високим рівнем поживних речовин сприяли значному збільшенню висоти рослин (+8.34% до +11.42%), але значно пригнічували ріст кореневої системи (-15.03% до -10.00%). У літній період вплив евтрофікації також був помітним, хоча і менш вираженим, з

аналогічними тенденціями щодо росту надземної частини та пригнічення кореневої системи.

Для огірка у літній період результати показали значне пригнічення росту надземної частини рослин (-8.00% до -15.20%) при збільшенні довжини кореневої системи (+5.50% до +9.50%). У весняний період спостерігалося схоже явище, коли рівень евтрофікації ще не набрав максимального впливу, з пригніченням росту надземної частини рослин (-7.92% до -15.49%) та стимуляцією розвитку кореневої системи (+5.12% до +9.71%). Це свідчить про стресові умови, створені наявністю поживних речовин та токсичних сполук у воді, та про адаптивні механізми рослин у відповідь на ці умови.

3. Порівняння досліджуваних культур виявило відмінності у чутливості та реакції на вплив забруднюючих речовин у весняний та літній періоди. Пшениця звичайна (*Triticum aestivum L.*) та огірок посівний (*Cucumis sativus L.*) показали різну реакцію на надмірну концентрацію поживних речовин і токсичних сполук. Для пшениці у весняний період спостерігалося значне збільшення висоти рослин при одночасному пригніченні росту кореневої системи. Високий рівень нітратів стимулював вертикальний ріст, але знижував здатність кореневої системи до поглинання води та поживних речовин. Для огірка у літній період спостерігалося пригнічення росту надземної частини та збільшення довжини кореневої системи, що вказує на адаптивні механізми рослин у стресових умовах. У весняний період для огірка спостерігалося схоже явище, коли рівень евтрофікації ще не набрав максимального впливу, з пригніченням росту надземної частини та стимуляцією розвитку кореневої системи. Це підкреслює важливість врахування сезонних змін у рівні евтрофікації та їх впливу на ріст і розвиток агрокультур.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Хільчевський В.К., Забокрицька М.Р., Стельмах В.Ю. Гідроекологічні аспекти водопостачання та водовідведення. Київ, 2023.

2. Grindlay, A.L., Boluda Botella, N., & Rosado, D. Implementation of the European Water Framework Directive: Integration of hydrological and regional planning at the Segura River Basin, southeast Spain. Land Use Policy,2011, 28(1), 242-256.

3. Притула Н.М. Біоіндикація: методичні рекомендації до лабораторних робіт для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності «Екологія» освітньо-професійної програми «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування». Запоріжжя: ЗНУ, 2019. 71 с.

4. Aragonés, L., Martínez-Capel, F., & García de Jalón, D. The impacts of Segura River (Spain) channelization on the coastal seabed. Science of the Total Environment, 2016, 493-504.

5. Стецюк Л.М. Використання методів біоіндикації та біотестування для оцінки стану водних екосистем. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування*. Сер.: Сільськогосподарські науки, 2013, № 2, С. 175-181.

6. Грицак Л.Р., Поліщук В.П., Карпенко О.М. Біоіндикаційні методи для потреб системного аналізу якості довкілля. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка*. Серія: географія, 2017, № 2, С. 153-165.

7. Река В.В., Бігун П.П. Визначення якості води методами біоіндикації. Збірники наукових праць професорсько-викладацького складу ДонНУ імені Василя Стуса, 2017.

8. Протченко А.С., Пастернак О.М. Біоіндикація води річки Мокрі Яли за організмами макрозообентосу. *Вісник Національного університету*

водного господарства та природокористування. Сер.: Сільськогосподарські науки, 2018, № 45, С. 85.

9. Boix-Fayos, C., Barberá, G.G., López-Bermúdez, F., & Castillo, V.M. Effects of check dams, reforestation and land-use changes on river channel morphology: Case study of the Rogativa catchment (Murcia, Spain). Geomorphology, 2007. 91(1-2), 103-123.

10. Ródenas, M.A., & Albacete, M. The River Segura: reclaimed water, recovered river. Journal of Water Reuse and Desalination, 2014 4(1), 50-57.

11. Сидорович М.М., Полянський В.В., Костін І.В. Lemna minor L. фітотест для визначення токсичності і полютантності міської питної води з нецентралізованого водопостачання (пунктів продажу). *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування*. Сер.: Сільськогосподарські науки 2016.

12. Сидорович М.М., Речицький О.Н. Визначення екологічної безпеки синтетичних хімічних речовин за рівнями фітотесту «проростки *Allium cepa* L.» //*Збірник праць Всеукр. наук.-практ. конф. з міжнародною участю «Екологічні дослідження у вищих навчальних закладах*». м. Херсон. 2018, Т. 16, С. 56-63.

13. Маслова О.В., Полун Л.С. Біоіндикація водного середовища за допомогою вищої водної рослинності на прикладі *Elodea canadensis*. *Вісник Запорізького національного університету*, № 2, 2011, С. 112.

14. Писаренко П.В., Черніченко Н.М., Клименко Л.О. Оцінка фітотоксичної дії стічних вод місць захоронення відходів на стійкість *Triticum aestivum. Вісник Полтавської державної аграрної академії*, 2019, № 2, С. 77-84.

15. Сумський Н.А. Особливості системи охорони праці під час польових досліджень. Студентської наукової конференції, присвяченої Міжнародному дню студента, 2023. С. 225.

16. Голопура С.М. Безпека праці при роботі з біологічними матеріалами у мікробіологічних та біотехнологічних лабораторіях. *Наукові*

здобутки студентів у дослідженнях технічних та біоенергетичних систем природокористування. 74-ї Всеукраїнська науково-практична студентська конференція: збірник тез. м. Київ, Україна, 16–20 березня 2020 року. Київ, 2019. 158 с. Збірник тез рекомендовано до друку рішенням науково-технічної ради НДІ, 2020, С. 46.

17. Лотоцька О.В., Бицюра Л.О. Моніторинг поверхневих водних ресурсів в Україні та його законодавча основа. *Вісник соціальної гігієни та організації охорони здоров'я України*, 2021, № 2(88), С.

18. Larrea, J.A., Rojas, M.M., Romeu, B., Rojas, N.M., & Heydrich, M. Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura. CENIC Ciencias Biológicas, 2013, 44(3), 24-34.

19. Piccini, C., & Conde, C. Comunidad microbiana. En R. Arocena (Ed), Principios y métodos de limnología: ejemplos de Uruguay 2016, 117-128. Montevideo: DIRAC.

20. Лисиця А.В. Біоіндикація і біотестування забруднених територій. Методичні рекомендації до самостійного вивчення дисципліни. Рівне: Дока-центр, 2018. 94 с.

21. Дідух Я.П. Основи біоіндикації: монографія. Київ: Наук. думка НАН України, 2012. 344 с.

22. Madsen, J.D., Chambers, P.A., James, W.F., Koch, E.W., & Westlake, D.F. La interacción entre movimiento de agua, dinámica de sedimentos y macrófitas sumergidas. *Hidrobiología*,2001, 71-84.

23. Tomanova, S., Goitia, E., & Helesic, J. Trophic levels and functional feeding groups of macroinvertebrates in neotropical streams. *Hydrobiologia*, 2006, 556, 251-264.

24. Aparicio-Tejo, P.M., Lasa, B., Frechilla, S., Muro, J., Quemada, M., Arrese-Igor, C., & Lamsfus, C. La nutrición mineral en ecosistemas agrícolas naturales y el medio ambiente. Actas VIII Simposio Nacional-IV Ibérico sobre Nutrición Mineral de las Plantas. Comunidad Autónoma de la Región de Murcia,2000.

25. Porta, J., López Acevedo, M., & Poch, R.M. Edafología. Uso y protección del suelo. 3ª Edición. Ediciones Mundi Prensa,2013, 607 pp.

26. Андрейко Г.П. Методи біоіндикації навколишнього середовища: метод посіб. для практ. занять та сам. роб. Харків: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2014. 30 с.

27. Gómez García, A. Caracterización de los suelos de usos agrícola e industrial de la comarca de Molina de Segura (Murcia) para una planificación racional del territorio. Tesis doctoral, Universidad de Murcia, 2015, 351 pp.

28. Orihuela. 2024. El Río Segura. URL:https://www.orihuela.es/via-publica-medio-ambiente-y-territorio/concejalia-de-medio-ambiente/el-rio-segura/ (Дата звернення: 19.09.2024).

29. Костюченко Н.І. Мікробіологічна характеристика джерельних вод острова Хортиця. Вісник Запорізького національного університету: *Збірник наукових праць. Біологічні науки*. Запоріжжя: ЗНУ, 2013, С. 115-120.

30. Крайнюков О.М., Кривицька І.А. Удосконалення способу визначення ступеня забрудненості ґрунтів методом біотестування. *Вісник Запорізького національного університету*. Біологія, 2019, № 1, С. 83-89.

31. Горова А.І., Шевченко О.В., Кравченко Ю.М. Біоіндикація: Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт студентами напряму підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування». Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2014, 76 с.

32. Костюченко Н.І., Коваленко А.О. Вплив антропогенного навантаження на екологічний стан річки Конка (Запорізька область). *Питання біоіндикації та екології*, 2017, Вип. 22, № 2, С. 87-99.

33. Якість води. Визначання розчиненого кисню. Пер. і наук.-техн. ред. С. Олійнічук та ін.. Київ: Держспоживстандарт України, 2005. 8 с. (Національний стандарт України).

34. Якість води. Визначання розчинених фторид-, хлорид-, нітрит-, ортофосфат-, бромід-, нітрат- і сульфат-іонів, методом рідинної

хроматографії. Київ: Держспоживстандарт України, 2004. Ч. 1: ДСТУ ISO 10304-1:2003; Метод для слабкозабруднених вод (I O 10304-1:1992, ID)/ пер. і наук.-техн. ред. П. Хоружий [та ін.]. Київ: [б.в.], 2004. IV, 14 с. (Національний стандарт України).

35. Гомеля М.Д., Шаблій Т.О., Радовенчик Я.В. Фізико-хімічні основи процесів очищення води: підручник. Київ: Кондор-Видавництво, 2019. 256 с.

36. Радовенчик Я.В., Гомеля М.Д. Фізико-хімічні методи доочищення води: підручник. Київ: Кондор-Видавництво, 2016. 264 с.

37. Трус І.М. Маловідходні технології демінералізації води: монографія. Київ: Кондор-Видавництво, 2016. 250 с.

38. ДСТУ 7239:2011. Національний стандарт України. Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація.

39. ДСТУ EN 954-1:2003. Безпечність машин. Елементи безпечності систем керування. Частина 1. Загальні принципи проектування.

40. Випромінювання іонізуюче: Словник-довідник з екології: навч.-метод. посіб. Уклад. О.Г. Лановенко, О.О. Остапішина. Херсон: ПП Вишемирський В., 2013. С. 36.

41. Криволапчук В.О., Мельник О.П., Сидоренко П.В. Особиста безпека: навч.-практ. посіб. Київ: ВПЦ МВС України, 2006. 169 с.

42. Основи охорони праці. / Запорожець О.І. [та ін.]. Підручник. Київ: Центр учбової літератури, 2009. 264 с.

43. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення.

44. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. URL:https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1332-12#Text

45. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Київ, 2000.

46. Березюк О.В., Лемешев М.С. Безпека життєдіяльності. Вінниця: ВНТУ, 2011. 204 с.

47. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.

48. ГОСТ 12.1.029-80. Система засобів безпеки праці. Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація.

49. Екологія і організація природоохоронної діяльності: навчальний посібник. Київ: Національна академія управління, 2005. 304 с.

50. Сухарев С.М., Чундак С.Ю., Сухарева О.Ю. Основи екології та охорони довкілля: навчально-методичний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Київ: Центр навчальної літератури, 2006. 394 с.

ДОДАТКИ

Додаток А.1

Місце відбору проб води з р. Сегура: А – ділянка №1 Контрапарада



Додаток А.2

Місце відбору проб води: ділянка №2 (центр міста): Міст Мантерола



А

Додаток А.3

Місце відбору проб води: ділянка №3 (центр міста): Міст Ла Фіка



Додаток Б.1

Результати ростового тесту на плаваючих дисках з насінням тест-культур *Triticum aestivum* L. і *Cucumis sativus* L.: А – на 4 добу; Б – на 10 добу



А.1



А.2



Б.1



Б.2

Додаток Б.2

Результати ростового тесту на плаваючих дисках з насінням тест-культур:

А – *Cucumis sativus* L.; Б – *Triticum aestivum* L. (13 доба експерименту)



А



Б