

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувачка кафедри
екології агросфери та екологічного
контролю
_____ **Наумовська О. І.**
« ____ » _____ 2025 р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему «Визначення ступеня забруднення води органічними речовинами на прикладі р.Дніпро міста Київ»

Спеціальність 101 Екологія

Гарант освітньої програми

доктор педагогічних наук, професор
кафедри загальної екології, радіобіології
та БЖД

_____ **Боголюбов В. М.**
(підпис) (ПБ)

Керівниця бакалаврської кваліфікаційної роботи

кандидат педагогічних
наук, доцент
кафедри екології
агросфери та
екологічного контролю

_____ **Строкаль В.П.**
(підпис) (ПБ)

Виконав

_____ **Грабовецький К.С.**
(підпис) (ПБ студента)

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології
Кафедра екології агросфери та екологічного контролю
Освітній ступінь «Бакалавр»
Спеціальність 101 «Екологія»**

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувачка кафедри
екології агросфери та екологічного
контролю
_____ **Наумовська О. І.**
“ ____ ” _____ **2025 р.**

ЗАВДАННЯ
на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи студенту

_____ Грабовецькому Кирилу Сергійовичу

1. Тема роботи «Визначення ступеня забруднення води органічними речовинами на прикладі р.Дніпро міста Київ»

керівник роботи доц., канд. пед. наук Строкаль В. П.

2. Строк подання студентом роботи 14 травня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи: літературні дані, нормативні документи, результати моніторингу.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

4.1. Провести характеристику річки Дніпро в межах міста Києва. Визначити основні джерела органічного та бактеріологічного забруднення. Провести аналіз дифузних та точкових джерел забруднення. Сформувати теоретичну частину дипломної роботи.

4.2. Описати методику та методологію проведення дослідження. Сформувати план по відбору проб води на прибережних ділянках річки Дніпро в межах міста Київ.

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Строкаль В. П.		
2	Строкаль В. П.		
3	Строкаль В. П.		

6. Дата видачі завдання 1 вересня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної бакалаврської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Затвердження теми дипломної роботи та робота з відповідною літературою	Вересень	
2	Огляд літератури	Вересень-жовтень	
3	Написання теоретичної частини диплому, формування плану відбору проб води	Жовтень-лютий	
4	Проведення дослідження, аналіз результатів та формування рекомендацій щодо покращення	Березень-квітень	
5	Оформлення висновків та доопрацювання дипломної роботи	Травень	

Завдання прийняв до виконання

_____ (підпис)

Грабовецький К.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

_____ (підпис)

Строкаль В.П.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Робота була виконана в обсязі 61 сторінок, в нього включені 3 розділи, 17 рисунків, 1 графік, 6 таблиць, 1 формула та 35 використаних джерел.

Метою дослідження є визначення рівня забруднення органічним та бактеріологічним чином. У межах роботи було проаналізовано теоретичні матеріали та складено характер і масштаби навантаження на водну екосистему річки Дніпро. Зокрема було проаналізовані джерела забруднення, як точкові так і дифузні які могли б впливати на якість води Дніпра в межах міста Київ.

В теоретичній частині було описаний характер забруднення для точкових та дифузних джерел, в рамках аналізу були представленні найбільш ймовірніші джерела та їхній механізм впливу. Також була надана оцінка потенційного впливу міста на господарські та побутові потреби населення країни які дотичні або напряду залежні від якості води в річці Дніпро.

Вся практична частина була зосереджена на біотестуванні де тест-об'єктом слугувала цибуля ріпчаста (*Allium sera* L.), що надало змогу мені оцінити інтегрально токсичність води та її вплив на розвиток рослини. Випробування проводилися в лабораторних умовах, в термостаті за температури 20°C без доступу світла. Експозиція становила 72 години. Було проведено морфометричний аналіз завдяки трьом параметрам, а саме мінімальній довжини кореня, максимальній довжини кореня та кількості пророслих коренів. Було встановлено графік відмінності токсичності проб поміж місць відбору проб води на річці Дніпро в межах міста Київ.

Запропоновано підхід до розрахунку інтегрального коефіцієнту інгібування (ІКІ) як загального показника якості води та токсичності в рамках проведеного біотестування *Allium sera* L. Цей індикатор дозволив використовувати розраховані значення для розуміння того, де вода з Дніпра стимулювала ріст та розвиток цибулі ріпчастої, а де навпаки інгібувала. Завдяки ІКІ було виявлено найбільші зони забруднення Дніпра в рамках ділянок де були відібрані проби

води. Також було проаналізовано зв'язок між потенційними джерелами забруднення та токсичністю проб.

Актуальність була зумовлена зарахунок того, що річка Дніпро слугує джерелом питної та господарської води для мільйонів людей країни в населених пунктах що розташовані нижче по течії Дніпра та безпосередньо, громадян що проживають в місті Київ. Те, яка якість та токсичність води знаходиться в річці до її входження в адміністративні межі міста, та після того як вона пододала їх, має критичне значення для розуміння як саме Київ, впливає на води Дніпра.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА	9
1.1 Проблема забруднення природних водних ресурсів органічними речовинами.....	9
1.2 Точкове забруднення в контексті органічного забруднення річки Дніпро	16
1.3 Дифузне забруднення в контексті органічного забруднення річки Дніпро	23
РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ	28
2.1. Умови проведення дослідження	28
2.2 Методика біотестування.....	39
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ	42
3.1 Результати біотестування	42
3.2 Заходи за покращення.....	55
Висновок	58
Список використаних джерел.....	60

ВСТУП

Мета дослідження: Провести аналіз рівня забруднення води органічними речовинами та бактеріологічного забруднення річки Дніпро в межах міста Київ.

Теоретична частина: Дослідження було акцентовано на огляді теоретичних матеріалів та наукової літератури відносно проблематики забруднення водних ресурсів, зокрема річки Дніпро, органічними речовинами. Протягом виконання роботи, було детально проаналізовано природу точкових та дифузних джерел забруднення, в тому числі були наведені конкретні приклади джерел в самому Києві. Аналіз використаних джерел надав інформацію про різні підходи до ідентифікації, оцінки рівня забруднення та потенційних забрудників для водних ресурсів.

Практична частина: Дослідження буде побудовано на проведенні біотестування завдяки цибулі ріпчастої (*Allium sera* L.). На основі результатів відібраних проб, було здійснено аналіз рівня токсичності органічного забруднення. Це дозволить визначити не лише рівень забруднення, але й основні теоретичні джерела, які впливають на якість води у річці. Аналіз включатиме порівняння забруднень на семи прибережних ділянках Дніпра в межах міста Києва. Кожна проба буде проаналізована за трьома параметрами, мінімальна довжина, максимальна довжина та кількість пророслих коренів.

Методологія: У ході дослідженні буде використано біотестування на основі цибулі ріпчастої (*Allium sera* L.) в лабораторних умовах. Дослід буде проводитися в термостаті за температури +20°C з експозицією 72 годин без доступу світла. Після закінчення буде проведений морфометричний аналіз результатів за трьома параметрами. Забір проб води буде здійснений у семи точках вздовж русла р. Дніпра в Києві.

Актуальність дослідження: Річка Дніпро є стратегічно важливою для України. Річка забезпечує господарські, рекреаційні та питні потреби мільйонного населення всіх населених пунктів, що розташовані нижче за течією, в тому числі й Києва. Та різниця між якістю води на початку Києва та на кінці, має критичне

значення для розуміння як саме місто впливає на якість води, в тому числі для населених пунктів які розташовані нижче за течією.

Очікувані результати: Проведення аналізу забруднення річки Дніпро дозволить отримати реальну інформацію про забруднення річки Дніпро в межах міста Києва. Всі ці дані нададуть змогу краще та наочно зрозуміти як місто та його населення впливає на річку Дніпро відносно органічного забруднення та свого антропогенного навантаження.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Проблема забруднення природних водних ресурсів органічними речовинами.

Забруднення природних ресурсів стало одним із головних екологічних викликів сучасності. У ХХІ столітті весь світ отримав загрозливого рівня якість води. Органічні сполуки, будівництва, сільськогосподарська діяльність і багато чого іншого, що стало для нас звичним та навіть покращило рівень життя, стало основними джерелами деградації водних ресурсів. Річка Дніпро є близьким та жахливим прикладом як за декілька десятиліть, людина здатна не вчитися на помилках і продовжувати знищувати водну екосистему. Одне із завдань захисту національної безпеки, є завдання щодо відновлення чи превентивних заходів р. Дніпро. Ці рішення є ще більш актуальнішими, адже це пов'язано з зростанням антропогенного впливу та змін в екосистемі водойми [1].

Такі водні ресурси як Дніпро, в Україні вважається основними елементами для забезпечення водою населення, сільськогосподарства чи навіть підприємства. Жодне підприємство не зможе існувати та приносити прибутки без достатньої кількості води яку вони можуть використовувати. Її експлуатують як і для оходження систем, так і для виготвлення сировини, розведення хімікатів чи годування тварин. Дніпро є однією з найбільших річок Європи Довжина річки становить понад 2 201 кілометрів, а водозбірна площа охоплює близько 504 тисяч квадратних кілометрів, що робить Дніпро важливим елементом для економіки держави. Проте швидкий темп урбанізації агломерацій вздовж русла річки крайнє негативно впливає на стан річки. Все це пов'язано з точковим, будь-яких видів стоку та дифузним забрудненням, через змив органічних речовин сільськогосподарських угідь.

Органічне забруднення відбувається в моменті коли достатня кількість продуктів життєдіяльності, бруду, миючих засобів, добрив і т.д., досягають вод-

ного ресурсу. Вміст біогенних речовин стимулює пришвидшення життєвих процесів мікроорганізмів. Через що відбувається процес евтрофікації, іншими словами, відбувається масовий розвиток планктону [3, 24]. Така поточна ситуація призводить лише до негативних наслідків. Таке явище призводить до збільшення каламутності води, зменшення прозорості та до несприятливих умов розвитку більшості водних організмів. В сумі, ці фактори унеможивлюють використання водойми для різних умов, найбільш очевидним слугує риболовля.

Проте що небезпечніше, так це ідеальні умови для розмноження сапрофітних бактерій і інших мікроорганізмів, що спричиняє зниження безпечності епідеміологічного стану водного ресурсу. Разом з цим, поряд також знаходяться і інші небезпечні фактори – мінеральні комплекси з важкими металами. Вони є токсичними і мають більшу потенційну небезпеку, ніж самі важкі метали. Щоб зрозуміти масштаби проблем, не потрібно навіть й згадувати про донні відкладення, що перманентно лишаються у водоймі. Це все стає проблемою й для інших водних ресурсів, яке живить Дніпро своєю площею басейну, таким чином ставлячи під загрозу живлення інших водних ресурсів [27, 10].

Дніпро живить понад 70 відсотків водних ресурсів для господарств цілої країни, живить 50 великих міст і близько 10 тисяч підприємств, майже 40 зрошувальних систем і всі діючі атомні електростанції. Нажаль більшість з цих підприємств скидують неочищені або недостатньо очищені відходи прямо в річку, хоча це є заборонено. Один із головних джерел органічного забруднення Дніпра — це сільське господарство. Цей сектор економіки є вкрай важливим для країни, він вносить свій внесок як і до харчової безпеки, так і до економічного процвітання. Напротивагу, він одночасно є одним із головних джерел забруднення. Це зумовлюється від використанням добрив, пестицидів, хімічних домішків й органічними відходами тваринництва, котрі доволі часто потрапляють у водні об'єкти через змиви з поверхні сільськогосподарських угідь та ферм [10].

Як було зазначено, велику частку забруднення становлять саме органічні речовини з тваринницьких комплексів. У процесі вирощування худоби утво-

рюється велика кількість гною та інших органічних відходів. Однак більшим забрудником існують мінеральні добрива, пестициди та будь-які інші хімічні сполуки які використовуються в цій галузі. Азотні та фосфорні добрива, використовуються для підвищення врожайності, у річку потрапляють разом з дощовою або талою водою, викликаючи процес евтрофікації. Він здебільшого викликаний процесом розкладання водоростей, котрі споживають кисень. В надмірних масштабах це погіршує стан водних екосистем. Повертаючись до теми пестицидів, вони також слугують серйозною загрозою. Більшість з них мають в складі токсичні сполуки. Як результат, ці сполуки здатні до накопичення у тканинах водних організмів, в тому числі риб, це призводить до ланцюгових реакцій в екосистемах. До прикладу, хижаки живляться рибою, котра була уражена токсичними сполуками пестицидів. В наслідок чого хижаки також потенціо можуть страждати від токсичного впливу. А в майбутньому це знижує популяцію чи її загальний стан здоров'я та порушує природні харчові ланцюги [1, 10, 5, 4].

Ключовими галузями котрі є передовими для забруднення водних ресурсів, можна виділити хімічну промисловість, металургію, текстильну промисловість.

Розпочнемо огляд з хімічних заводів. Багато з них розташовані поблизу русла річки, більшість з яких скидають у воді власні відходи. В яких частка органічних та токсичних сполук потенційна може бути великою. Феноли, які можна ідентифікувати майже в усіх відходах подібного виду мануфактур, здатні на викликання гострої інтоксикації риб. Окрім цього, деякі з цих сполук мають здатність на накопичення в осаді та мулі водних ресурсів, таким чином забруднення стає тривалим і складним для ліквідації. Окрім хімічних, також є і металургійні підприємства. Вони пошкоджують стан екосистем, так як в процесі виробництва металів, утворюються органічні та неорганічні відходи, що обов'язково потрапляють у воду. Розберемо на прикладі коксуванні вугілля. Такі речовини як бензол, толуол не лише отруюються воду, а й змінюють її фізико-хімічні властивості. Такий стан обставин може стати приводом для повної непридатності з метою те-

хнічного використання [23, 31]. Ще однією галузею котра має не менший негативний вплив на водойми ніж всі інші попередні види мануфактур, є текстильна промисловість. Для функціонування роботи, більшість з них використовують барвники і засоби для обробки текстильних виробів. Почнемо з перших, барвники, частина з яких вважається органічними сполуками або сумішами. Вони використовуються для надання певного кольору своїм кінцевим продуктам. Частина з цих продуктів надають не споживачу, а іншим галузям підприємств, текстиль, фарби, целюлозно-паперова промисловість, косметична та харчова промисловість. Виробництво таких продуктів призводить до утворення стічних вод, які в свою чергу стають забрудненими усіма класами барвників. За попередніми оцінками, у промисловості використовується понад 10 000 різних барвників або пігментів. Фенол також є природньою сполукою, однак одночасно з цим є види, які є синтетично створеним. Більшість фенолів є в природі, наприклад в забарвленні квітів і плодів. Рослинні феноли прийнято поділяти на три основні групи фенольні кислоти, флавоноїди та нефлавоноїди поліфеноли. Функції цих фітохімічних фенолів полягає в захисті рослин від зовнішніх та внутрішніх стрес-факторів, наприклад хвороби або шкідників. Тим часом, синтетичних фенол виробляється та використовується в багатьох продуктах, навіть в тому числі в зубній пасти. Незважаючи що рівень фенолу в продуктах побутового використання дозволений, кінцеві стічні води, можуть мати особливо шкідливий вплив на водні організми та екосистему в цілому [26, 10, 19].

У містах і селищах уздовж річки щодня утворюються значні обсяги стічних вод, які включають домішки від побутової чи промислової діяльності населення. Ці стоки часто потрапляють до річкових систем без достатньої очистки або з недостатньо ефективною. Дослідження показали, що в стічних водах містяться також фармацевтичні препарати, зокрема антибіотики, анальгетики, гормональні препарати. На прикладі забруднення гормональними препаратами, вони можуть спричинити зміну репродуктивної функції риб, а антибіотики – порушити бактеріальне середовище водойм [10, 17, 21].

Очищення стічних вод для подальшого використання, в більшості агломерацій України, в тому числі котрі розташовані вздовж русла р. Дніпро. Здійснюється на застарілих очисних спорудах, які вже не можуть ефективно видаляти складні сполуки. Більшість з них не здатні належним чином очищати стічні води від теперішніх забруднювачів, починаючи від мікропластику, закінчуючи синтетичними сполуками. Фактично це можна вважати як виконання норм закону, тобто очищення стічних вод. Однак питання достовірності та ефективності під сумнівом [19, 10].

Я не можу оцінювати роботу Екологічної інспекції, проте варто зауважити про те що потенційний рівень корупції в державних установах хоч і не визначений, однак всеодно присутній, і це також є серйозним фактором при досягненні цілей перевірки установ. Згідно з даними Державного агентства водних ресурсів України, щорічно в Дніпро та його притоки скидається понад 2 мільярди кубометрів неочищених або недостатньо очищених стічних вод. Водні ресурси країни зазнають серйозного впливу через недосконалість очисних споруд, що не здатні ефективно видаляти неорганічні та органічні забруднювачі. Наприклад, лише 15-20% мікропластика видаляється під час стандартних етапів очищення води, в той час як інші частинки залишаються у водному середовищі, завдаючи шкоди як фауні, так і флорі [10, 11].

Органічні сполуки, котрі містяться у стічних водах, піддаються розкладанню та споживання з боку водних мікроорганізмів. Вони потребують великої кількості кисню. Це в свою чергу призводить до утворення гіпоксичних зон, тобто ділянки водойм де функціонування й існування водних організмів стає неможливим. Таке явище призводить до зменшення біорізноманіття в річці, приносячи за собою негативні наслідки. Поживні речовини, наприклад азот та фосфор, здатні завдяки процесу евтрофікації призводити до явища цвітіння води, після якого збільшується біомаса водоростей. Всі ці водорості відмирають, розкладаються і тільки більше знижують рівень кисню у воді. Такі процеси зафіксовані на численних прибережних ділянках Дніпра, більшість яких розташовані біля великих міст, такі от як Київ, Дніпро, Запоріжжя [26, 10, 28].

Враховуючи що більшість рибних продуктів виробляються на спеціальних підприємствах, ризик потрапити на прилавки магазинів забрудненої риби доволі низький. Потрібно брати до уваги й стихійні ринки та барахолки, на яких місцеві риболови збувають рибу. Цей незаконний вилов риби й подібні “підприємці” на мають жодної ліцензії чи санітарно-епідеміологічних довідок. Навіть якщо випустити це з нашої уваги, лишається всеодно фактор незаконного вилову риби для власного споживання. Велика верства населення позитивно ставляться до риболовлі, останнім часом все більше і більше людей переходять до спортивної риболовлі котра має на увазі відпускати спійману рибу назад у водойми. Проте чимало риболовів лишають її собі і потім споживають цілими сім’ями. [21].

Повертаючись до теми важких металів, вони здатні до утворення органічно-мінеральних комплексів з відповідними наслідками що були описані. Незважаючи на те, що забруднення виникає в місцях скидання стічних вод уздовж річки, вплив поширюється на населення та екосистеми, розташовані нижче за течією, оскільки забруднюючі речовини переносяться через річкову мережу. Ступінь впливу вниз за течією залежить від здатності річки до самоочищення через розбавлення природним стоком і природну деградацію мікроорганізмами. Зміни річкового стоку внаслідок зміни клімату впливають на здатність річки до розрідження, збільшуючи ризик забруднення річок [5, 10].

Щоб запобігти негативному впливу між міських побутових стоків, варто нарешті почати впроваджувати сучасні системи очищення води, або по крайній мірі, почати масово модернізувати їх. Серед перспективних й перевірених напрямків є впровадження мембранних технологій (MBR), які зарекомендували себе як один з найкращих технологій фільтрування. Навіть найдрібніші частинки, такі як ось мікропластик або ж фармацевтичні залишки. На даний момент це є найсучаснішим та найефективнішим методом очищення стічних вод. MBR поєднує біологічне очищення з мембранною фільтрацією [8, 11].

У «звичних» для нас методах очищення стічних вод використовується механічна і біологічна обробка, але вони не здатні ефективно видаляти мікробаб-

руднювачі, які останнім часом все більше накопичуються в навколишньому середовищі. Наприклад, у Сінгапурі було впроваджено мембранні біореактори на кількох станціях очищення стічних вод у рамках програми "NEWater". Як результат, очищені стічні води були настільки чисті, що їх можна використовувати для потреб промисловості що потребують води відповідної степені очистки або навіть для пиття після додаткової обробки. Для розуміння повної картини ситуації, Сінгапур ще з початку ХХ століття, частково залежний від імпортованої прісної води з Малайзії. Власних ресурсів та потужностей аби обробляти стічні води в них не було, тому постало питання стратегічної значимості для країни. На початку ХІХ століття уряд США допоміг реалізувати цей проект та було відкрито цілих два заводи. Наразі було побудовано ще два. Взагалом процес очищення займає три головних етапи, як було сказано це MBR, зворотній осмос та УФ-дезінфекція. Не зважаючи на проблеми з прісною водою, ці мануфактури надають лише <10% для питних потреба країни. Більша частина використовується для місцевих заводів котрі потребують прісну воду високого очищення [8].

Розглядаючи успішні приклади впровадження інноваційних очисних систем, я помітив як у Німеччині намагалися впровадити технологію озонування й ультрафіолетового опромінення . Це також є відносно новою технологією для видалення стійких органічних забруднювачів та мікроорганізми. Озон є сильним окисником, який розкладає складні органічні сполуки до простіших форм, що легко піддаються подальшому очищенню. Після закінчення попереднього процесу, розпочинається фаза УФ-випромінювання, яке на цьому етапі знищує мікроорганізми, руйнуючи при цьому їх ДНК. У Німеччині вже застосовується декілька таких систем озонування, зокрема у Мюнхені та Гамбурзі [22].

Встановлення подібних систем, якими б вони не були новітніми та інноваційними, варто впроваджувати комплексний підхід до моніторингу якості води, контролю за дотриманням екологічних стандартів та підвищення особистого рівня відповідальності громадян й керівників підприємств за стан навколишнього середовища [14, 19, 29].

Звісно одним з найбільш важливим та одночасно важким для реалізації, є

підвищення екологічної свідомості населення. Варто мотивувати громадян до більш свідомого використання та споживання ресурсів. Це стосується як і свідомого підходу до купівлі побутових хімічних засобів (миючі, пральні і відбілюючі засоби) так і сортування сміття для зменшення навантаження на очисні споруди. Жителі країн Європейського Союзу значну увагу приділяють просуванню концепції "нульових відходів". Її основна суть в тому, аби не купувати і використовувати надмірну кількість продуктів чи речей, і разом з цим, свідомо підходити до вибору марки. Все починається не з держави, її програм і проектів, а саме зі звичайних громадян.

1.2 Точкове забруднення в контексті органічного забруднення річки Дніпро

Одним з найбільш поширених видів антропогенного впливу на екосистеми, включаючи водні, прийнято вважати точкове забруднення. Основна суть якого полягає в тому, що забруднюючі речовини надходять у воду з чітко визначених джерел які можна ідентифікувати та можуть бути виміряні.

В нашому випадку, основними такими джерелами слугують промислові підприємства, каналізаційні й дренажні системи та інші об'єкти інфраструктури, які скидають органічні речовини безпосередньо до водних ресурсів. Варто мати на увазі, що річки є доволі складними й динамічними екосистемами. Вони постійно змінюються під впливом навколишніх природних умов та антропогенних умов. Слід дуже обережно ставитися до джерел забруднення не залежачи від того, чи це є дифузне, чи точкове забруднення [13].

В такому випадку, це є серйозною екологічною загрозою у густонаселених районах міст. Органічне забруднення вже більше століття є однією з ключових проблем для екосистем річок. Воно включає в себе широкий спектр забруднювачів, таких як нафтопродукти, хімічні речовини, фармацевтичні препарати, залишки сільськогосподарської діяльності та побутові відходи. Органічне забруднення поділяється на точкові джерела та неточкові, про перших і буде зараз йти мова. Скиди стічних вод промислових підприємств, каналізаційні стоки та

аварійні скиди неочищених вод, це все відноситься до точкових джерел забруднення.

Двома типовими джерелами для точкового забруднення слугують заводи й мануфактури. Перш за все почнемо із заводів, серед них можна окремо виділити нафтопереробні, целюлозно-паперові комбінати, а також виробники хімічної продукції, електроніки та автомобілів, як правило, скидають одну або більше забруднюючих речовин у свої скиди. Деякі заводи скидають свої стоки прямо у водойму. Інші очищають їх самостійно перед викидом, а треті відправляють свої відходи на очисні споруди для обробки. Очисні споруди «намагаються» очищати відходи від забруднювачів та направляють очищені стоки в потік або річку. Інший спосіб, за допомогою якого деякі фабрики та очисні споруди переробляють відходи, полягає в змішуванні їх із міськими стоками в об'єднаній каналізаційній системі. [11]

Стік стосується дощової води, яка тече по поверхнях, як-от під'їзди та газони. Коли вода перетинає ці поверхні, вона збирає хімікати та забруднюючі речовини. Ця неочищена, забруднена вода потім потрапляє прямо в каналізаційну систему. У випадку що йде надмірний дощ, комбінована каналізаційна система може не впоратися з об'ємом води, і частина комбінованого стоку та необроблених стічних вод буде вилитися з системи, скидаючись безпосередньо в найближчу водойму без очищення. Це комбіноване переповнення каналізації вважається точковим джерелом забруднення та може завдати серйозної шкоди здоров'ю людини та навколишньому середовищу [2, 11].

Деякі хімічні речовини нешкідливі, але інші токсичні для людей і навколишнього середовища. Тому, щоб зрозуміти наскільки він небезпечний, потрібно знати ряд параметрів про нього, по перше що це за хімікат або речовина, його тип, концентрація, час який він перебуває у водному середовищі, його шлях, погодні умови і багато чого іншого. Основна відмінність між точковим і неточковим джерелами забруднення полягає в тому, як скидається забруднююча речовина [13].

Як і було сказано раніше, промислові підприємства є основними джерелами органічних забруднювачів у великих містах, включаючи Київ. Підприємства фармацевтичної, харчової та нафтопереробної галузей скидають у водні об'єкти органічні сполуки. Неправильно або ж недостатньо очищені стічні води цих підприємств все одно будуть містити значну кількість органічних сполук. При цьому порушуються процеси самоочищення води, зменшується розчинений кисень, що негативно впливає на водну флору і фауну.

До прикладу, забруднення, що походить від підприємств, що виготовляють фарби, може містити важкі метали і токсичні органічні барвники, які в подальшому стають причиною накопичення небезпечних речовин у ґрунтах і донних відкладеннях річки. Одним із найкращим прикладом точкового органічного забруднення річки Дніпро в Києві є забруднення від Дарницького вагоноремонтного заводу (ДВРЗ), що знаходиться відносно недалеко від розташування самої річки. Хоча цей завод не являється гігантом промислового виробництва, він у минулому викидав значні обсяги органічних речовин у довкілля. Основними органічними забруднювачами, що потрапляли у води, були нафтопродукти, феноли та інші органічні сполуки, які використовувалися в процесах очищення та фарбування вагонів.. Ці речовини змиваються дощовими водами з території підприємства і потрапляють у Дніпро через систему зливової каналізації. Нафтопродукти були одними з найбільш небезпечних забруднювачів, які потрапляли у водні ресурси внаслідок діяльності заводу [15].

Нафта та її похідні можуть тривалий час зберігатися у водному середовищі, одним з проявів її присутності є своєрідна плівка на поверхні води. Плівка про яку зазначалося раніше, блокує нормальний газообмін поміж водою і атмосферою. Це в свою чергу провокує кисеневе голодування всіх водних жителів. І як результат, навіть в мізерних кількостях, нафтопродукти у воді здатні на потенційний мор риби або інших мешканців річки. Навіть більше, нафтопродукти можуть проникати навіть у донні відкладення. Там вони можуть лишатися доволі тривалий час і при цьому слугувати як активні забруднювачі. Феноли, це ще одні забруднювачі, які використовувалися у виробничих процесах заводу. В нашому

випадку вони були не менш небезпечніші. Феноли, так само як і нафтопродукти, могли потрапляти у воду під час виконання виробничих процесів, наприклад як підготовка, очищення, фарбування вагонів. Окрім нафтопродуктів і фенолів, важливим джерелом забруднення є фарбувальні матеріали, що містять важкі метали. Вони не тільки змінюють фізико-хімічний склад води, але й накопичуються в організмах, які живуть у річці, зокрема в рибі. Це створює загрозу для екосистеми, оскільки через ланцюг харчування забруднювачі можуть потрапляти до їжі, і в кінці кінців навіть до людини. Головним викликом у питанні забруднення річки Дніпро від таких промислових підприємств є недосконалість систем очищення стічних вод. Дарницький вагоноремонтний завод, як і багато інших подібних об'єктів, тривалий час не впроваджував оновлення чи модернізацію систем очищення, що дозволило б знизити обсяги шкідливих викидів. Внаслідок цього значна частина стічних вод потрапляла у річку з недостатнім рівнем очищення або навіть без нього. Дощові води змивали хімічні речовини з території заводу сприяли забрудненню нашого Дніпра. Цей приклад, і наступні про які я буду повідомляти, демонструють необхідність жорсткішого контролю за всіма промисловими підприємствами у Києві, особливо тими, що мають безпосередній вихід на водні ресурси [32, 26, 12].

Наступним прикладом на нашому розгляді буде діяльність Київського заводу "Радикал". Це підприємство, яке діяло з середини ХХ століття до 1996 року, займалося виробництвом хімічних речовин: хлору, каустичної соди, а також інших хімікатів для абсолютно різних галузей. Завод мав великий вплив на стан навколишнього середовища Києва.

Однією з найбільш серйозних екологічних проблем, пов'язаних із заводом «Радикал», було і навіть до сих пір є – ртуть. Основною зайнятістю заводу було виробництво хлору, де використовувалося технологія електролізу, за участі ртуті. Значна кількість ртуті та її сполук, які є токсичними для навколишнього середовища, потрапляли в ґрунти, водоносні шари та в решті-решт, у річку Дніпро через систему зливої каналізації та стічних вод. Ртуть, як високотоксичний метал, може накопичуватися в організмах, викликаючи важкі отруєння та

порушення роботи нервової системи у організмів. Окрім ртуті, завод «Радикал» також спричиняв забруднення органічними сполуками, зокрема органічними розчинниками які використовувалися ними у виробництві хімікатів. Скиди стічних вод із заводу містили значні обсяги органічних забруднювачів, а для очищення певних хімічних речовин, використовувалися феноли. Які, як я аналізував раніше, є надзвичайно токсичними [16].

Забруднення річки Дніпро, яке спричиняв завод «Радикал», мало довготривалі наслідки. Оскільки ртуть має властивість біоаккумуляції, вона концентрується в організмах по всьому харчовому ланцюгу, створюючи серйозні ризики для здоров'я як диких тварин, так і людей, які споживають рибу з річки. Після його закриття залишилася серйозна проблема утилізації токсичних відходів і очищення забрудненої території. Однак процес ліквідації наслідків забруднення відбувається повільно через брак фінансування та складність вилучення ртуті з ґрунтів і водоносних шарів. Для зменшення негативного впливу на річку Дніпро необхідно провести повну утилізацію ртутних відходів і забрудненого ґрунту на території заводу.

Головна проблема сталася в тому, що комунальники та державні діячі сиділи складучи руки цілих 30 років, і лише зараз вони офіційно заявили що не можуть нічого впровадити, адже єдиний завод що здатен перероблювати ртутні залишки і його продукти, опинився під окупацією і його цілісність під великим питанням. Під таким самим питанням, як і можливість вилучення ртутних залишків з території заводу і безпечність містян Києва. У бюджеті міста були передбачені кошти на здійснення очищення заводу [16].

У 2020 році Антимонопольний комітет України заборонив КМДА фінансувати будь-які заходи на території заводу. Також у період з 2012 до 2015 роках, було вивезено частину хлормісних пестицидів і інших похідних хлору на території цього заводу. Однак ртуть все так само залишається там, і найближчим часом її не зможуть утилізувати. На момент закриття заводу, на його території залишилося близько 200 тонн ртуті та хімічних відходів, які не були належно

утилізовані. Проблема полягає в тому, що ртуть, яка потрапляла у ґрунти та водоносні горизонти, поступово проникала в підземні води та річку Дніпро, створюючи значне забруднення [16].

Ртуть не розкладається природним шляхом і продовжує впливати на екосистему річки навіть через десятиліття. Якщо аналізувати в контексті війни, це є великою пороховою бочкою не лише для Києва і річки Дніпро, але й для всієї півночі України, адже при падінні уламків на території заводу, пари ртуті та її частинки зможуть переміщатися завдяки потоку вітрів і осідати на всі прилеглі території, в тому числі на водні об'єкти.

Перейдемо до міських очисних споруд, навіть при наявності сучасних технологій очистки води, часто виникають випадки, коли очищення не відповідає екологічним стандартам. Це може бути пов'язано як із недостатньою ефективністю самих технологій, так і з порушенням у їх експлуатації. Неправильно очищені стоки потрапляють у водні об'єкти, значно збільшуючи концентрацію органічних речовин.

Часто стічні води містять залишки миючих засобів, харчових відходів. Вони не розкладаються природним шляхом і знову ж таки акумулюються в річці. Крім того, органічні сполуки можуть сприяти надмірному розвитку водоростей. А це потенційна евтрофікація водних об'єктів. Київ має кілька великих очисних станцій, серед яких найвідоміша — Бортницька станція аерації, вона є основною для міста. Бортницька станція аерації приймає близько 1 млн кубометрів стічних вод на день [18].

Проте ця станція вже давно потребує модернізації. Побудована ще у 1960-х роках, вона використовує застарілі технології очищення. Тепер ця станція не здатна ефективно видаляти всі забруднювачі, що містяться у стічних водах та й взагалом навколо неї до сих пір криються багато скандалів. Основним методом обробки на більшості очисних станцій Києва є біологічне очищення із застосуванням технологій аерації. Це передбачає використання мікроорганізмів, які розкладають органічні речовини. Цей метод, хоча і ефективний для видалення базових органічних забруднювачів, не справляється із сучасними викликами. А це

фармацевтичні залишки, мікропластик, хімічні барвники, феноли, нафтопродукти і т.д. Крім того, очисні споруди Києва регулярно стикаються з перевантаженням через збільшення населення та урбанізацію. Теперішня ситуація і населення міста, перевищує проєктні можливості очисних споруд. Подібна критична ситуація призводить до подій коли стічні води скидаються в річку після недостатньо повної обробки, а у крайніх випадках — взагалі без очищення [18].

На жаль такі моменти призводять до того, що вода не проходить усі етапи обробки. Як саме можна вдосконалити процеси очищення води в наших умовах я попередньо оглядав в першому розділі, серед головних є впровадження мембранних біореакторів та технології ультрафіолетевого очищення.

Ефективна робота міських очисних станцій полягає в ключовому моменті системного моніторингу якості води після процесу очищення. Такі системи моніторингу можуть працювати в режимі реального часу, а це дозволяє постійно контролювати якість води на виході з очисних станцій та виявляти навіть незначні зміни у складі стічних вод. Автоматизовані датчики якості води здатні фіксувати концентрації забруднювачів. Ці датчики працюють на базі хімічних і фізичних аналізаторів. Таке рішення дозволяє проводити експрес-аналіз води навіть без лабораторних досліджень. Завдяки цим системам можна оперативно виявляти порушення у роботі очисних споруд та запобігати потраплянню забруднених стоків у річку Дніпро. Однак зараз це все проводять вручну в лабораторіях НАН України, відбирається близько 10 проб і проводять хімічний аналіз на предмет небезпечних компонентів для людини. Такі заходи проводять буквально кожний день роботи очисної станції [18, 21, 29].

Не впровадження таких рішень можна виправдати браком коштів чи фінансування. Однак у Варшавській водопровідній станції вже давно використовують один з видів біомоніторингу. А саме вони відбирають вид молюсків, гострокінцева річкова мідія, і підлаштовують її до своєї системи моніторингу. В руках цих молюсків вся робота водопровідної станції, так як цей вид дуже чутливий до якості води. Мідії знаходяться в спеціальних резервуарах, де підключені до датчиків, і у випадку якщо якість води гірша за допустимий рівень, їхня раковина

закривається. Потім запускається цілий ряд процесів, в кінці яких припиняється робота всієї станції до поки не проведеться додатковий аналіз води [9].g

Вплив точкового забруднення органічними речовинами на річку Дніпро є багасторонім. Це призводить до процесу зменшення рівня розчиненого у воді кисню, який негативно впливає на водних організмів. Евтрофікація прокладає шлях до подальшого виснаження рівня кисню, ніж утворюється за звичайних умов в процесі фотосинтезу. Найбільш серйозним наслідком точкового забруднення потенційно може бути порушення природних процесів самоочищення води. Зменшення видового різноманіття й деградація водних екосистем, це наслідки не належного ставлення до очищення та моніторингу стічних вод [12, 25].

Точкове забруднення походить від одного джерела, тоді як неточкове, походить від джерел що не мають одного конкретного місця розміщення. Більшість забруднюючих речовин, які походять від сільськогосподарського сектору, є неточковими забруднювачами, так, як їх складно віднести до однієї точки скиду, і вони змішуються з іншими джерелами.

1.3 Дифузне забруднення в контексті органічного забруднення річки Дніпро

Дифузне забруднення, як правило, є результатом наземного стоку, опадів, атмосферних опадів, дренажу, просочування або гідрологічної зміни. Не точкове забруднення, на відміну від промислових, походить з багатьох дифузних джерел. NPS (non-point source) спричинене дощем або талим снігом, що рухається над землею та крізь неї. Коли стік рухається, він збирає та виносить природні та антропогенні забруднювачі, зрештою осідаючи їх в озерах, річках, водно-болотних угіддях, прибережних і ґрунтових водах. Забруднення не точкового джерела виникає, коли дощова вода або талий сніг змивають забруднювачі у водні шляхи, такі як річки, струмки, озера, водно-болотні угіддя і навіть у підземні води. Сама назва «Дифузне забруднення» походить від того, що це забруднення не надходить із одного єдиного місця; воно походить від усіх і з усяди. NPS є найбільшою

загрозою для якості води в країнах. Приклади джерел NPS-забруднення включають стік із полів, ферм, будівельних майданчиків, газонів, але в нашому випадку більше садів, міських вулиць і парковок, вугільних шахт чи коксохімічних заводів, лісництв і т.д. [15].

Основними джерелами NPS-забруднення в Україні є сільське господарство і міський стік. Міський стік проходить через зливові системи та величезну мережу труб буквально під нами. Всупереч тому, що думає більшість людей, вода, яка потрапляє в зливову каналізацію, не проходить через очисні споруди. Вона напряму потрапляє до водних ресурсів.

Сільське господарство є однією з найважливіших галузей, яка забезпечує продовольчу безпеку країни, але воно також є одним із головних джерел дифузного забруднення річкових систем. Поля, розташовані в межах Київської області, зокрема в районі Борисполя, Василькова та інших населених пунктів поблизу Києва, є важливими аграрними територіями. Проте їхній внесок у забруднення річки Дніпро не можна недооцінювати. Добрива, що містять азот і фосфор, застосовуються для підвищення врожайності сільськогосподарських культур, але через стоки після дощів або танення снігу вони легко потрапляють у водні об'єкти. Зелене "цвітіння" води для нас стали звичним явищем, а це в свою чергу впливає як і на якість води, так і на біорізноманіття всередині водойм. Пестициди, які використовуються для захисту врожаю від шкідників, є токсичними речовинами, також легко потрапляють у води, але вони мають більш токсичних ефект. Гліфосфат та хлорпирифос можуть накопичуватися у водних екосистемах і викликати порушення у водних організмів [14].

Грубо кажучи що органічні добрива, можуть збільшувати кількість зоопланктону, що погано впливає на всіх мешканців водойми, а пестициди, вбивати що і його, що і риб та інших водних організмів.

Донний осад це і є ґрунт і частинки що змивається з полів, будівельних майданчиків і берегів річок. Коли осад потрапляє в наші озера та річки, він не просто забарвлює воду наприклад у коричневий колір. Осад робить воду каламутною, ускладнюючи водним організмам орієнтуватися та шукати їжу. Такий

осад може пошкоджувати зябра риб і утруднювати дихання водних комах. Місця для нересту риб покриваються ним, і зменшується проникнення сонячного світла, а це порушує звичний ріст організму. Осад також може переносити інші забруднювачі, такі як метали та токсичні хімікати. Це не приносить великого задоволення плавати, рибалити чи займатися водними видами спорту. Через що рекреаційний потенціал прибережних зон різко падає [14].

Ще одним значним джерелом дифузного забруднення є каналізаційні системи міст про які згадувалося раніше. У випадку Києва старі каналізаційні мережі часто стають причиною аварійних скидів неочищених або частково очищених стоків у водні об'єкти. Причина цьому зношеність інфраструктури, недостатнє фінансування для проведення ремонтних робіт або несправність системи під час пікових періодів (зливи, повені). Такі ситуації загрожують не тільки органічними речовинами, а й через велику концентрацію патогенних мікроорганізмів [2].

Побутові стоки містять певну кількість залишків їжі, мийні засоби та інші побутові відходи, що стає джерелом органічного забруднення. Вони спричиняють біологічне забруднення, оскільки їхній розклад потребує великої кількості кисню, знову ж таки повертаючись до евтрофікації. Такі стоки містять й концентрації фосфатів, які можна знайти в більшості побутових засобах, найбільш звичними для нас стануть пральні й миючі засоби.. Ще одним викликом можна згадати мікропластик, він все частіше зустрічається майже в кожній водоймі. Небезпека мікропластику в тому, що він концентрується в тканинах водних організмів, а люди що ігнорують знаки про вилов риби, можуть її споживати, потрапляючи в харчовий ланцюг. В деяких бідних країнах було навіть індексовано мікропластик в ненародженої дитини. Каналізаційні системи столиці навіть і не передбачені для такого виду забруднення, і не здатні його очищати, а його кількість у воді з часом тільки збільшується.

Багато каналізаційних мереж Києва були ще на початку минулого століття і в післявоєнний період відновлення міста, і вони вже не відповідають сучасним вимогам щодо транспортування стічних вод, не згадуючи про їхній аварійний

стан. У Києві такі ситуації трапляються регулярно, і вони можуть призводити до різкого підвищення концентрації забруднювальних речовин у річці Дніпро. Можна згадати лише ситуацію з неконтрольованим виверженням продуктів життєдіяльності людей на дарницькому районі Києва. За лютий 2024 року, було два великих розривів труб, так, вони протягом 24 годин були полагоджені, але для прикладу така велика кількість стічних вод була вище майже колесо машин. І як правило увага суспільства було повернута саме до ситуації і комічності, але ніяк не до наслідків для навколишнього середовища, а біля дарницького району доволі багато є різних водних об'єктів в які теоретично ці стічні води могли потрапити, зокрема навіть через звичайний газон. [2, 26]

Будівництво в Києві є тепер буденним для нас процесом, який бурхливо розвивається через урбанізацію. Проте будівельні майданчики є джерелом дифузного забруднення завдяки ерозії ґрунтів та осаду. Коли під час будівництва знімається верхній шар ґрунту, настає великий ризик змивання. Потік води захоплює частки ґрунту, транспортує їх до річки, а там осад підвищує каламутність води. Як правило таке найчастіше стає біля притоків чи берегів річки. Взагалом законом заборонено будувати щось в прибережних ділянках, однак якщо пройтися по Голосіївському районі Києва і навіть трішки вийти за його межу вздовж Дніпра, знаходяться всі відповіді на питання. Однак не варто гадати що це лише певний період часу може приносити шкоду, будівництво будь-якої будівлі - займає роки.

Ще один важивий фактор — це присутність бетонних і фарбувальних матеріалів, що містять розчинники чи хімікати. До прикладу, ізоляційні матеріали, розчинники для знаття елементів поверхонь, фарби, можуть виділяти токсичні компоненти, котрі будуть змивати дощовою водою у стоки, потрапляють у водойми. Ці елементи не тільки впливають безпечність води, та ще й накопичуються у водних організмах, спричиняючи довгострокові порушення в екосистемі [12].

Я наведу ще один приклад як в Києві будівництво у прибережних районах

на лівому березі десь в середині 2010-х років спричинило змивання великої кількості осаду в Дніпро. Позняки та Осокорки піддалися масштабному зведенню житлових комплексів (ЖК). Під час підготовки території було знято великі площі рослинного покриву та верхнього шару ґрунту. Таке рішення призвело до великої площі водяної ерозії ґрунту. Значна частина осаду потрапляла у водні шляхи через тимчасові злизові системи, які і не планувалися для подальшої очистки су-бстанції. Осад, що потрапив до Дніпра, не лише порушив нормальний розвиток водної флори, але й здійснив погіршення умов для нересту риб.

Інший приклад пов'язаний із будівництвом транспортної розв'язки на Подільському мосту в Києві, яке відновило роботи в 2017 році. Під час будівництва відбулися великі земляні роботи, що призводили до постійного розмивання ґрунтів та забруднення Дніпра осадом. Разом з цим, було потенційне знищення озера Райдужне через поновлення робіт з мостовим переходом. Рух важкої будівельної техніки та використання будівельних матеріалів збільшувалася кількість нафтопродуктів і хімічних речовин, які потрапляли у воду обох водойм. Теоретично встановлення систем тимчасового захисту ґрунтів під час проведення будівництва (геотекстильні бар'єри) могли б зменшити навантаження на екосистеми, однак враховуючи рівень потенційної корупції та бажання провести будівництво дешевше, заходи не були проведені.

РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ

2.1. Умови проведення дослідження

Разом з науковим керівником було попередньо узгоджено точки відбору проб води. Весь план на день полягав з відбору проб на зазначених місцях у об'ємі 1.5 літра досліджувальної води у спеціальну ємність. Більшість маршруту було пройдено пішки. Починаючи з точки відбору №5, було використано автомобільний транспорт, у зв'язку з складним розташуванням точок №6 і №7. Після того, як всі проби були зібрані, маршрут пролягав до університетської лабораторії, де в той самий день, було поставлено біотестування на основі цибулі ріпчастої (*Allium serf L.*) [6, 7]. Всі проби були відібрані на правому березі річки Дніпро.

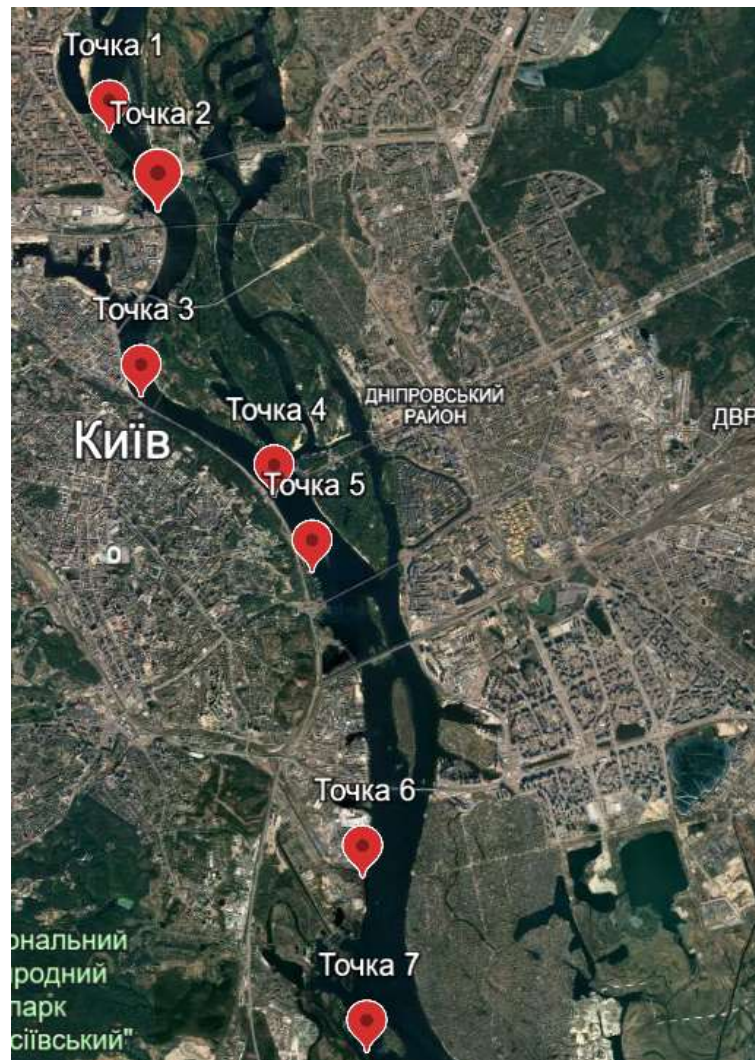


Рис 2.1 – Схема розташування точок відбору проб води на річці Дніпро.

Таблиця 2.1 – Характеристика точок відбору проб води річки Дніпро

№ Точки відбору проб	Місцерозташування	Тип зони	Геокоординати	Особливості
1	Парк «Наталка»	Рекреаційна зона	50°29'52"N 30°31'33"E	Відкрита зона відпочинку
2	Рибацький острів	Промислова зона	50°29'06"N 30°32'12"E	Велика кількість пристанів, велике логістичне навантаження, промислові об'єкти
3	Поштова площа	Історико-міська зона	50°27'24"N 30°31'49"E	Центр міста, велике логістичне навантаження, поблизу багато забудов
4	Міст Метро	Урбанізована зона	50°26'24"N 30°33'41"E	Велике логістичне навантаження, ремонтні роботи над опорами мосту.
5	Наводницький парк	Урбанізована зона	50°25'31"N 30°34'19"E	Велике логістичне навантаження, поблизу багато харчових та розважальних закладів розташованих на воді.
6	Поблизу гирла р. Либеді	Промислова зона	50°22'50"N 30°34'42"E	Велика промислова зона, багато будівельних робіт, гирло річки Либідь
7	Корчувате	Природно-лісова зона	50°21'12"N 30°34'38"E	Лісиста місцевість, мінімальне антропогенне навантаження поблизу.

Точка відбору №1 розташувалась біля узбережжя парку «Наталка». Парк характеризувався, як один з найбільших по площі та відвідуваності парк вздовж річки Дніпро в межах міста Київ. Ландшафт упорядкований в урбаністичній місцевості, вздовж якого було побудовано безліч житлових комплексів. Пробу було відібрано безпосередньо на камяному насипі. Вихід до неї здійснювався через проміжну стежку. Поблизу точки №1 не споглядалося зливних труб чи сміття, що могло б вплинути на результати дослідження. Візуальний огляд води був прозорий, колір світло-зелений з легким відблиском коричневого, специфічний запах відсутній. Каламутності не виявлено. Метеорологічні умови на початок відбору проб: температура навколишнього середовища - +16°C, швидкість вітру - 20 км/год, хвилі помірні, хмарність, вологість – 32%, атмосферний тиск - 1024 гПа, індекс УФ - 3.

Ділянка відзначилася своїм високим рекреаційним потенціалом. Поблизу знаходилося доволі багато людей, переважно в той часовий проміжок парк використовувався для прогулянок та зайняття спортом.



Рис 2.2 Огляд та розташування точки №1

Наступний за планом був Рибоцький острів, де знаходилася точка відбору №2. Пробу було відібрано на крайній східній частині. Точка характеризується великим інженерним втручанням, в декількох сотень метрах знаходився залізничний міст. Довкола можна було споглядати велику кількість пристаней, також тут проходить важлива автомобільна артерія. Вся територія острова повністю забудована під промислові потреби або гаражні кооперативи. На місці відбору та

вздовж пішохідної ділянки не було зафіксовано зливів, стічних труб і т.д. Однак потенційно їх можливо було не помічено завдяки складності самого острова або вони були замасковані. Незважаючи, що весь беріг укріплений бетонними плитами, доступ до узбережжя здійснювався через піщаний беріг з кам'яним насипом. Жодної рослинності, що надводної, що підводної не було помічено. Беріг біля точки відбору був абсолютно чистий, однак подекуди вздовж річки було виявлено численне сміття рибацького промислу, такі як пусті пакети з прикорми, ліски, та риболовної периферії. Вода візуально прозора, специфічний запах відсутній. Колір жовто-зелений з коричневатим відблиском. Каламутності не виявлено. Метеорологічні умови на початок відбору проб: температура навколишнього середовища - $+17^{\circ}\text{C}$, швидкість вітру - 22 км/год, хвилі помірні, хмарність, вологість – 32%, атмосферний тиск - 1024 гПа, індекс УФ – 3.



Рис 2.3 Огляд та розташування точки №2

Точка відбору №3 знаходилася за колишнім річковим вокзалом на Поштовій площі, поблизу горельєфу князя Володимира. Ділянка набережної розташована прямо в центральній частині Києва. Охарактеризована як істрико-міська через безпосередню близькість до історичного місця хрещення населення міста часів Київської русі. Довкола знаходиться щільна забудова та потужною транспортною інфраструктурою. Точка відбору є однією з найбільш антропогенно навантажених за весь маршрут. Подібно до точки №1, тут розташовано багато житлових приміщень, однак на цей раз, без великих комплексів. Здебільшого були побудовані в минулому столітті. Вздовж берегу поблизу відбору, не було помічено стічних труб або зливів. Доступ здійснювався завдяки технічному спуску у

вигляді бетонних сходинок. Весь беріг укріплений, як і на Рибоцькому острові, бетонними плитами. Поверхня води прозорою, однак подекуди були помічені дивні бульбашки. Потенційно створені хвилями, які вдаряються в бетонну опору. Дно води не проглядалося. Метеорологічні умови на початок відбору проб: температура навколишнього середовища - $+17^{\circ}\text{C}$, швидкість вітру - 24 км/год, хвилі помірні, хмарність, вологість – 31%, атмосферний тиск - 1023 гПа, індекс УФ – 3.



Рис 2.4 Огляд та розташування точки №3

Четверту пробу, по створеному плану, взято поблизу аркової частини мосту Метро. Безпосередньо територія навколо нього була огорожена колючим дротом. На водній поверхні знаходилося дуже багато промислових барж. Вони транспортували в цей момент опори, які встановлювалися з метою укріплення

мосту. Доступ до води здійснювався через піщано-осадовий беріг який був вкритий дерев'яними гілками. На цьому місці було доволі багато надводної рослинності, наприклад як от очерет звичайний (*Phragmites australis*) та невідомі види кущів. Поблизу знаходилася пішохідна інфраструктура з широким твердим покриттям, яка відділяла беріг від Набережного шосе. Сама берегова лінія складалася здебільшого з бетонних укріплень, однак доступ до самої води можливий лише через піщано-осадовий беріг з відносно щільною надводною рослинністю. Вздовж узбережжя помічено числення побутове сміття, навіть стара інформаційна дощечка про станцію метро Дніпро. Джерелом скоріше за все слугували хвилі, котрі прибивалися до берегу. Ця ділянка була популярна для місцевих рибаків, котрі лишали після себе також численне сміття, на кшталт яке було знайдено на точці відбору №2. Каламутність не була виявлена. Метеорологічні умови на початок відбору проб: температура навколишнього середовища - +16°C, швидкість вітру - 19 км/год, хвилі помірні, хмарність, вологість – 35%, атмосферний тиск - 1023 гПа, індекс УФ – 3.



Рис 2.4 Огляд та розташування точки №4

Точка відбору №5 розташована по ліву сторону від моста ім. Патона в Наводницькому парку. В безпосередній близькості були розташовані харчові та розважальні заклади, одне з яких є відомим в Києві під назвою «Віранда на Дніпрі». Зона має одночасно, як і рекреаційний та і техногенно-урбанізований характер. Територія є доволі унікальною за своїм розташуванням, адже тут збігається своєрідне комбіноване антропогенне навантаження. З однієї сторони через міст ім. Патона, який знаходиться в аварійному стані й приймає інтенсивний потік транспорту. Відповідно як і до інших мостів через Дніпро, тут присутній поверхневий злив з проїжджої частини. В ньому можуть бути присутні нафтопродукти, залишки гуми і важкі метали. З іншої сторони харчові й розважальні заклади, які є

потенційними джерелами органічного забруднення. Особливо в умовах відсутності централізованого каналізаційного підключення до міста. Заклади представляють з себе плавучі кафе та платформи. Беріг, як і в попередніх випадках, також укріплений бетонними плитами. Доступ до води незважаючи на всі фактори, лишається відкритим. Пробу було відібрано прямо біля одного з таких закладів. Поблизу було помічено багато побутового сміття, як на березі, так і на дні водного об'єкту. На водній поверхні відсутня жодна специфічна плівка, що могла б звідчити про забруднення. Натомість вода виявилася прозорою. Специфічний запах відсутній, каламутності також не було виявлено. Метеорологічні умови на початок відбору проб: температура навколишнього середовища - $+15^{\circ}\text{C}$, швидкість вітру - 20 км/год, хвиля помірна, хмарність, вологість – 37%, атмосферний тиск - 1024 гПа, індекс УФ – 3.



Рис 2.5 Огляд та розташування точки №5

Точка відбору №6 знаходилася відносно близько до гирла річки Либідь. Неподалік розташована велика промислова зона. Місце відбору має потенційний вплив від зливів побутової й промислової води. Гирло ріки Либідь часто асоціюється з міським зливом, зокрема через те, що русло річки протікає через численні колектризовані ділянки. Доступ до ділянки берегу був один з найважчим, у зв'язку з огорожами, котрі були поставлені власниками підприємств в цій промисловій зоні. Однак він був забезпечений завдяки вдалої комунікаціями з охоронцями, котрі вбачали в моїх діях підозру і проміжними стежками. Безпосередньо на місці відбору, було помічено багато насипів скоріше за все з метою потенційного будівництва. Незважаючи на наявність неподалік гирла річки Либідь, вода була прозорою, специфічний запах на місці відбору відсутній. Візуальних підозр не було виявлено. Метеорологічні умови на початок відбору проб: температура навколишнього середовища - $+15^{\circ}\text{C}$, швидкість вітру – 17 км/год, хвилі помірні, хмарність, вологість – 40%, атмосферний тиск - 1024 гПа, індекс УФ – 3.



Рис 2.6 Огляд та розташування точки №6

Остання точка відбору проб розташувалася в районі Корчуватого. Доступ до річки здійснювався пішим переходом до напівострову, який був недалеко від острова Водників. Вся територія є поєднанням датчних та лісових масивів. Берегова лінія не мала благоустрою, характеризувалася щільною надводною рослинністю. Через важкість доступу для відбору проб, було прийнято рішення дістатися поваленого дерева котре було напівзатоплено. Візуально вода не мала жодних підозр на забруднення. Однак колір води в цьому місці мав коричнювато-

жовтий відтінок. Метеорологічні умови на початок відбору проб: температура навколишнього середовища - $+14^{\circ}\text{C}$, швидкість вітру – 18 км/год, хвилі помірні, хмарність, вологість – 42%, атмосферний тиск - 1024 гПа, індекс УФ – 3.



Рис 2.7 Огляд та розташування точки №7

2.2 Методика біотестування.

З метою визначення токсичності води та органічного забруднення, було вирішено про доцільність проведення біотестування, де біоіндикатором слугувала цибуля ріпчаста (*Allium cepa* L.). Метод був обраний завдяки його простоті виконання, доступності тещ-об'єкту та його високої чутливості до забруднення.

Відібрану воду було поміщено в 8 окремих пробірок. В якості контрольної проби була використана негазована вода «Моршинська». Кількість повторювальності – 7. Для дослідження використовувалася насіньова цибулина. Попередньо був здійснений огляд на наявність дефектів, гнилі і т.д. Була відокремлена суха луска, відрізана частково верхівка тест-об'єкту. Цибулини занурювали донцями на залиті відповідними зразками води пробірки. Вся експозиція тривала рівно 72 години за температури +20 °С в закритому термостаті без доступу світла.

Після закінчення часового проміжку дослідження, було проведено морфометричний аналіз пророслих коренів. Було підраховано кількість коренів, наявність викривлень, потовщень і т.д., найдовший та найменший корінь. На основі середніх значень було проведено порівняльний аналіз з контрольною пробюю з відповідними висновками. Також було розроблено мною інтегральний коефіцієнт інгібування (ІКІ), нижче можете споглядати його формулу:

Формула 2.1

$$IKI = \frac{1}{3} \left(\frac{Min_{ctrl} - Min_x}{Min_{ctrl}} + \frac{Max_{ctrl} - Max_x}{Max_{ctrl}} + \frac{Count_{ctrl} - Count_x}{Count_{ctrl}} \right)$$

де Min_{ctrl} – мінімальна середня довжина кореня у контрольній пробі, см.

Min_x – мінімальна середня довжина кореня у відповідній пробі, см.

Max_{ctrl} – максимальна середня довжина кореня у контрольній пробі, см.

Max_x – максимальна середня довжина кореня у відповідній пробі, см.

$Count_{ctrl}$ – середня кількість пророслих коренів у контрольній пробі, шт.

$Count_x$ – середня кількість пророслих коренів у відповідній пробі, шт.

ІКІ – це формула яка рахується як середня арифметична значення, яке обрховується за трьома параметрами, мінімальна середня довжина, максимальна середня довжина та середня кількість пророслих коренів. Значення піддається відносно контрольної проби, в якій своє значення рівняється нулю. Відповідно значення можна трактувати наступним чином:

- $IKI > 0$ – проба відрізняється від контролю більше в сторону ефекту пригнічення, відповідно проба гірше за контроль.

- $IKI < 0$ – проба відрізняється від контролю більше в сторону стимулюючого ефекту, відповідно проба краще за контроль.
- $IKI = 0$ – проба ніяк не відрізняється від контролю.

Таблиця 2.2 Методика дослідження

Показник	Метод визначення	Стандарти/Джерела	Оптимальні значення	Інтерпретації
Кількість пророслих коренів на 1 цибулину	Біотестування методом пророщування в аналітичній воді	—	>5 коренів на цибулину	< 3 – ознака токсичного впливу.
Середня довжина коренів (мм)	Вимірювання лінійкою після 72 годин експозиції	Методика біотестування з використанням <i>Allium cepa</i> L.	>5 мм	< 10 мм – інгібування росту
Наявність аномалій коренів	Візуальний огляд	Контрольний зразок	Відсутність видимих аномалій	Викривлення, потовщення, зміна кольору – наявність токсичного впливу
Порівняння з контрольним зразком	Аналогічне пророщування в контрольному зразку води	Контрольне біотестування	Значення не нижчі ніж у контролі	Суттєве відставання – індикатор токсичності

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Результати біотестування

З метою оцінки загального рівня токсичності на відведених точках, де відбувалися проби води на річці Дніпро в межах міста Києва, було проведено біотестування, за основу якого було взято цибулю ріпчасту (*Allium cepa* L.). Дослідження мало на меті дізнатися морфометричну оцінку та аналіз росту кореневої системи, для подальшого обговорення результатів на предмет токсичності елементів в складі відібраних зразків. Також методологія ґрунтувалася на візуальному огляді вегетативних структур цибулини на наявність різного роду аномалій, візуальних змін тощо [6].

З метою виключити різноманітні похибки, було проведено 7 повторень, в загальній сумі 56 пробірок було заповнено зразками води з відібраних проб враховуючи ще нульову пробу (контроль) та 56 цибулин було використано в ході дослідження.



Рис 3.1 Перший штатив заповнений водою з ділянок Дніпра



Рис 3.2 Другий штатив заповнений водою з ділянок Дніпра



Рис 3.3 Початок підготовки *Allium cepa* L. до дослідження

Кожну пробу було оцінено за трьома критеріями. Зниження кожного з параметрів за значення контрольної проби буде індикатором токсичної дії водних зразків. Починаючи від надлишку органічних речовин або ж важких металів, закінчуючи бактеріальним забрудненням і поверхнево-активних речовин. Перша,

мінімальна довжина пророслого корення, см. За рахунок цих параметрів за середнього значення для кожної з проб протягом 7 повторень, було визначено порогову здатність кореневої системи рослини до ініціації свого росту. Чим нижче значення, тим більша вірогідність того, що цибулина було вражена токсичною дією на інгібітори клітинного поділу або ж меристемі коренів. У випадку якщо вона ближче до значень контрольної проби, це може означати про мінімальний вплив або ж навіть відсутність токсичної дії.



Рис 3.4 Підготовлений перший штатив

Таблиця 3.1. Мінімальне значення усіх проб порівняно з кількістю повторювальності.

№ Проби	Мінімальне значення, см							Середнє значення
	Повтори							
0	0,6	0,3	0,6	0,3	0,5	0,3	0,9	0,50
1	0,3	0,2	0,6	0,5	1	0,3	0,6	0,50

2	0,2	0,3	0,5	0,8	0,8	0,4	0,5	0,50
3	0,4	1,2	0,4	0	0,3	0,3	0,6	0,46
4	0,7	0,2	0,5	0,4	0,5	0,4	0,5	0,46
5	0,2	0,5	0,8	0,7	1	0,8	0,5	0,64
6	0,5	1,1	1,3	0,7	0,9	0,5	0,5	0,79
7	0,6	0,2	0,4	0	0,5	0,6	0,6	0,41

Другим параметром слугувала максимальна довжина пророслого кореню, см. Це значення дає нам уявлення про її потенційний ріст в умовах токсичного навантаження. Особливо якщо значення має нижче від контрольної проби, або взагалі рахується як найнижче з усіх. Такі порушення свідчать про порушення процесів росту рослини. Високі значення параметру навпаки слугують індикатором про прийнятний екологічний стан зон де були відібрані проби води.



Рис 3.5 Два підготовлені штативи на початку дослідів в термостаті

Таблиця 3.2. Максимальне значення усіх проб порівняно з кількістю повторювальності.

№ Проби	Максимальне значення, см							
	Повтори							Середнє значення
0	2,7	1,6	3,5	1,1	2,9	2,7	3,3	2,54
1	3,7	3,7	3,7	3,4	2,3	1,5	2,5	2,97
2	2,8	1,4	1,9	3,9	3	0	1,7	2,10
3	1,3	3,1	2,1	0	1,5	2,6	2,1	1,81
4	3,1	3,4	2,1	2,1	2,3	2,8	2,4	2,60
5	2,8	2,8	0	3,9	3,1	3,3	1,6	2,50
6	2	1,2	4,4	1,2	3,4	1,8	2,6	2,37
7	3,9	3,1	1,7	0	1,5	4,2	2,6	2,43

Третій і останній критерій це кількість пророслих коренів, шт. В нашому випадку це кількісний індикатор того, як рослинний об'єкт проявляє свою життєздатність. Для тест-об'єкту *Allium sera* L. це дуже складний і важливий індикатор процесу росту, водопоглинання й формування цілої меристеми. Від нього залежить подовження майбутніх клітин.

Таблиця 3.3. Кількість пророслих коренів усіх проб порівняно з кількістю повторювальності.

№ Проби	Кількість пророслих коренів, шт.							
	Повтори							Середнє значення
0	24	14	26	11	17	20	23	19,29
1	21	25	27	13	8	5	16	16,43
2	19	20	24	31	23	1	19	19,57
3	22	26	24	0	11	24	21	18,29
4	17	11	16	32	17	23	24	20,00
5	28	12	1	25	28	17	8	17,00
6	29	2	35	11	20	13	17	18,14
7	23	20	13	0	18	14	12	14,29

Таблиця 3.4. Значення інтегрального коефіцієнта інгібування порівняно до проведених проб.

№ Проби	Інтегральний коефіцієнт інгібування (ІКІ)
0	0.000
1	-0.007
2	0.053
3	0.140
4	0.007
5	-0.049
6	-0.151
7	0.161

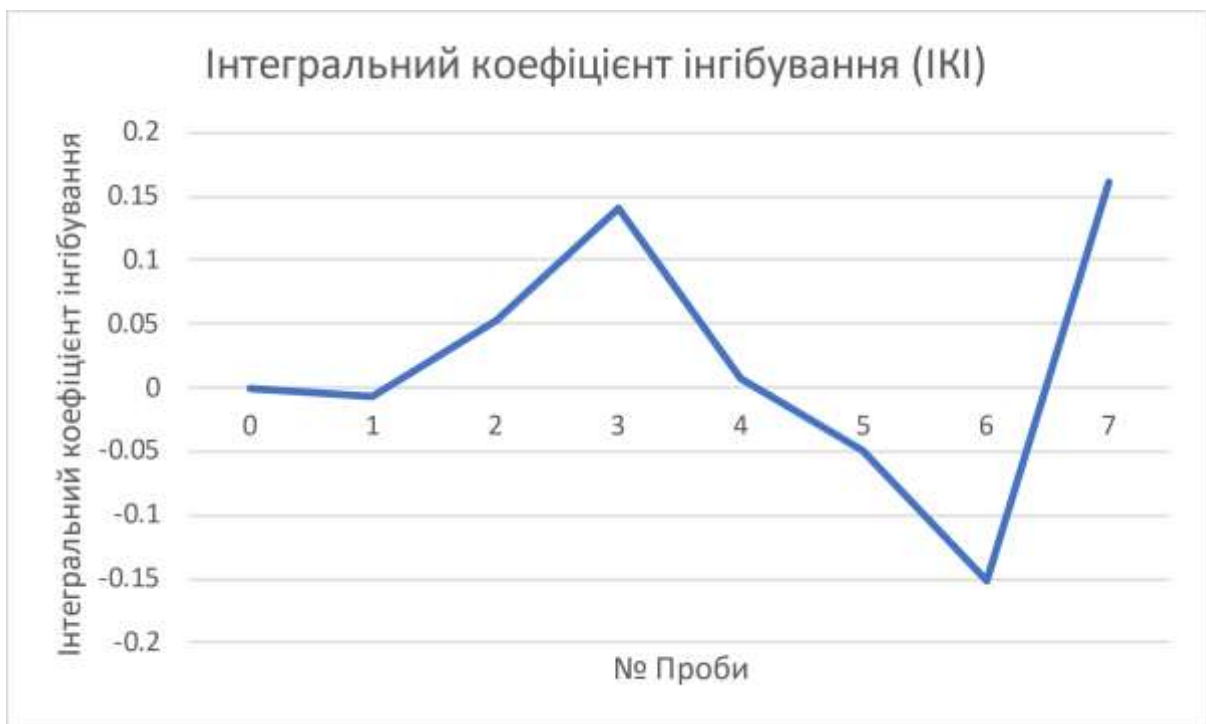


Рис 3.6. Інтегральний коефіцієнт інгібування (ІКІ)

Контрольна проба має за собою критичну роль в усьому нашому дослідженні, так як в більшості випадків я буду опиратися на її результати та брати значення як референтні. Для неї була використана негазована вода «Моршинська» 1.5 л. Це дозволило виключити будь-який вплив сторонніх чинників на кінцеві результати дослідження. Значення, що були отримані, взагалом збігаються з літературними джерелами. Пророщування коренів цибулі ріпчастої (*Allium сера* L.) у лабораторних умовах становить від 15 до 26 коренів. Стабільність контрольної проби підтверджує відсутність в будь-якій цибулині нульових параметрів. Мінімальна середня довжина з першого погляду можливо виглядає доволі

сумнівною. Однак це характерно для окремих відростків коренів котрі потенційно могли б не набрати силу росту на момент 72 годин експозиції. Інші значення в межах повної норми, кількість коренів більше за 15, свідчить про його активну систему проростання і здорову меристему. Результат контрольної проби підтверджує повну відсутність токсичного впливу водного зразка. Відповідно середні значення контрольної проби доцільно використовувати як референтні. Середні показники усіх зазначених параметрів :

- Мінімальна довжина коренів – 0.50 см (діапазон – 0.3-0.9 см)
- Максимальна довжина коренів – 2.54 см (діапазон – 1.1-3.5 см)
- Кількість пророслих коренів – 19.29 шт. (діапазон – 11-26 шт.)
- ІКІ = 0



Рис 3.7 Перший штатив після 72-годинної експозиції в термостаті

Проба №1, відібрана в парку «Наталка» в Оболонському районі міста Києва. Найбільш північна точка з усіх відібраних проб, й відповідно точка котра має потенційно найменший вплив від будь-яких забрудників які можна було б знайти в Києві. Ці значення гратимуть велику роль в порівнянні зі значеннями

проби №7. Результати аналізу та порівняння з контрольною пробою показали доволі близькі значення один до одного. Це означає про відсутність суттєвого гальмування росту кориневої системи. Однак виключати ймовірність токсичного впливу водного зразка не варто, адже в цьому випадку присутня велика варіативність. В якому було помічено значення від 0.2 см до цілого 1.0 см. Такий характер довжини пророщених коренів значить про потенційне рекреаційне навантаження прибережної ділянки або застосування добрив чи хімікатів під час оброблення газону, рослинності в парку. Вони могли потрапити на водну поверхню аерозольним чином або стоком під час дощів.

Максимальне середнє значення проявило себе навіть краще ніж в контрольній пробі. Такі випадки будуть зустрічатися в деяких інших пробах. Однак не варто переоцінювати цей факт і трактувати його як позитивний. Така ситуація може слугувати як індикатор присутності незначної кількості біогенних речовин. На відмінну від токсичного впливу, вони можуть стимулювати рост клітин рослини в низьких концентраціях. Такі випадки мають свою назву – гормезис. Набір стресоутворюючих факторів котрі здатні активізувати обмін речовин в організмі за умови низьких доз [33].



Рис 3.8 Процес відбору значень для параметрів на прикладі одного тест-об'єкту

Кількість середніх пророщених коренів виявилася трохи нище за рівень контрольної проби. Однак, не зважаючи на відносно високий рівень пророщених коренів, в деяких повтореннях були доволі низькі значення, 5-8 коренів. Такі відхилення означають дві речі, або про наявність забруднення в просторі води, або про окремі дефекти цибулин котрі знаходилися в пробах. Однак більшість значень залишалися в межах контрольної варіабельності.

Взагалом вода на набережній ділянці парку «Наталка» виявилася з низьким рівнем токсичності, однак вона не є абсолютно ідеальною в нашому випадку, особливо враховуючи аномальні значення максимальної довжини та кількості кореня в певних тестах. Середні показники усіх зазначених параметрів :

- Мінімальна довжина коренів – 0.50 см (діапазон – 0.2-1.0 см)
- Максимальна довжина коренів – 2.97 см (діапазон – 1.5-3.7 см)
- Кількість пророслих коренів – 16.43 шт. (діапазон – 5-27 шт.)
- ІКІ = -0.007

На Рибачькому острові, де знаходилося місце відбору проби №2, значення мінімально середньої довжини залишалися аналогічними до контрольної проби. Проте максимальні значення виявилися ще більш аномальні, ніж в пробі №1. Було продемонстровано надзвичайну варіативність від 0 см (точніше від повного пригнічення проростання) до 3.9 см. Відсутність будь-яких натяків на проростання коренів дає натяк на потрапляння певної кількості осаду у відповідний тест, й скоріше за все він мав фатальне значення.

Кількість пророщених коренів, на цьому місці відбору проби є одним з найвищим за все дослідження, трішки більше навіть за контрольну пробу. Однак відсутність пророщених коренів в певному тесті потребують уваги, і бути впевненим в позитивному біологічному фоні водного зразка на цій ділянці не можна. Тому взагалом проба №2 відзначилась з низьким рівнем токсичності, з наявністю

точкового впливу та підозрілого осаду. Середні показники усіх зазначених параметрів :

- Мінімальна довжина коренів – 0.50 см (діапазон – 0-0.8 см)
- Максимальна довжина коренів – 2.10 см (діапазон – 0-3.9 см)
- Кількість пророслих коренів – 19.57 шт. (діапазон – 0-31 шт.)
- ІКІ = 0.053

Поштова площа, центр Києва, місце відбору проби №3. Мінімальне середня довжина знизилася відносно контрольної проби. І знову, аналогічно проби №2, мала в одному тесті повністю відсутній пророщений корінь. Кількість коренів зберігається в середньому близько до рефернтних значень. Такі параметри в заданій пробі слугують індикатором більш токсичного впливу ніж в попередніх двох відборах, що можливо пов'язано з впливом урбанізованого середовища та потужного транспортного навантаження на ділянку. Це перша проба, в якій яскраво відображено дія токсичного впливу. Значення не можна охарактеризувати як критичні, однак відхилення від попередніх та контрольної проб, свідчать про забруднення. Середні показники усіх зазначених параметрів :

- Мінімальна довжина коренів – 0.46 см (діапазон – 0-1.2 см)
- Максимальна довжина коренів – 2.10 см (діапазон – 0-3.1 см)
- Кількість пророслих коренів – 19.57 шт. (діапазон – 0-26 шт.)
- ІКІ = 0.140

Проба №4 була відібрана в районі місцезнаходження мосту Метро. Ситуація доволі схожа до результатів дослідження проби №3. Мінімальна середня довжина тримається на рівні з попереднім аналізом, однак в цьому випадку не було жодного тесту, де не проросли корені, відповідно це свідчить про кращий фон токсикантів на цій ділянці. З іншої сторони, максимальна середня довжина коренів в цьому тесті є однією з найбільших в усьому дослідженні, а саме 2.60 см. Це на 0.06 см більше за контрольну пробу. Не зважаючи що ця точка характеризується як урбаністична зона з великим логістичним впливом, де на поверхні прямо

зараз плавають баржі та проводять ремонтні роботи опор мосту, вона показала прийнятливі результати в ході дослідження. Можливо це пояснюється сильним розбавленням забруднень течією Дніпра. Кількість пророслих коренів, аналогічно як і до максимальних середньої довжини, є найбільшим показником за все дослідження. Тому зона відбору проби біля моста Метро, має суперечливий характер. З однієї сторони тут показники одні з найбільших, а з іншої високе логістичне навантаження та урбаністична зона. Середні показники усіх зазначених параметрів :

- Мінімальна довжина коренів – 0.46 см (діапазон – 0.2-0.7 см)
- Максимальна довжина коренів – 2.60 см (діапазон – 2.1-3.4 см)
- Кількість пророслих коренів – 20.00 шт. (діапазон – 11-32 шт.)
- ІКІ = 0.007



Рис 3.9 Прикладна зміна кольору води після закінчення дослідження

Ділянка відбору проб біля моста імені Патона відзначила себе вже зі сторони мінімальної середньої довжини, як одні з найбільших значень та вищим за

контрольну пробу. Проте діапазон доволі великий, порівняно з іншими тестами. Часті заниження значень в деяких повтореннях є ознакою впливу забруднення. Середнє значення є майже ідентичним до контрольного. Нульове значення яке трапилося в одному з повторів, приводить нас до висновку про повну інгібіцію клітинного розвитку. Потенціально концентрований осад або концентрація забрудника в одному з шарів водного зразку могли повпливати на інгібіцію рослини. В противагу цьому, варто відзначити що на деяких тестах максимальна середня довжина корення досягала 3.90 см, що вже вкотре демонструє парадоксальну ситуацію. Що деякі шари водної ділянки є одночасно сприятливими для розвитку рослини, так і токсичними. Середнє значення – 17 шт., воно доволі близьке до значень контрольної проби, проте розкид, від 1 до 28 шт., є найбільшим з усього дослідження цього параметру. Скоріше за все ця ділянка відбору проби характеризується суттєвим впливом органічного забруднення або ПАР. Середні показники усіх зазначених параметрів :

- Мінімальна довжина коренів – 0.64 см (діапазон – 0-1.0 см)
- Максимальна довжина коренів – 2.50 см (діапазон – 0-3.9 см)
- Кількість пророслих коренів – 17.00 шт. (діапазон – 0-28 шт.)
- ІКІ = -0.049

Проба №6 виявило несподіване для цієї ділянки середні значення. Наприклад щодо мінімальної довжини коренів, воно найвище серед усіх проб – 0.79 см. Це свідчить що ефект токсичної дії на найменші коренів був мінімальний. Однак така позитивна тенденція для цього параметру, нівелюється для двох інших, особливо їхню глибоку нестабільність. Тому відразу перейдемо до них, в цій пробі виявлено найвище значення серед усіх – 4.4 см. Це скоріше за все свідчення про горметичну дію. Це підкреслює ще факт наявності доволі низьких значень в цьому діапазоні, в більше ніж двох тестах було виявлено довжину 1.2-1.8 см. Що сильно відхиляється від значень контрольної проби. Показник кількості пророслих коренів відповідає контролю проби. Однак в одному повторі було лише 2

пророслих корені, а в наступному – цілих 35. Потенційно на це могла вплинути фрагментація забруднення. Середні показники усіх зазначених параметрів :

- Мінімальна довжина коренів – 0.79 см (діапазон – 0.5-1.3 см)
- Максимальна довжина коренів – 2.37 см (діапазон – 1.2-4.4 см)
- Кількість пророслих коренів – 17.00 шт. (діапазон – 2-35 шт.)
- ІКІ = -0.151



Рис 3.10 Закінчення дослідження та відбору значень

Не дивлячись що на Корчуватому найменше антропогенне навантаження та наявність лісних масивів, середнє значення мінімальної довжини корення найнижче за все дослідження. Така ситуація може свідчити про системне пригнічення росту клітин. Скоріше за все це стало можливим завдяки органічному забрудненню, що для якого характерно такий вплив на тест-об'єкт. Середній показник максимальної довжини корення лишається в межах норми контрольної проби. Однак знову ж таки було зафіксовано випадок, коли в одному з повторень не було пророщено жодного корення. Одночасно з цим також присутні високі значення, до 4.20 см. Це скоріше за все пояснюється розведенням токсикантів течією річки. Кількість пророслих коренів має найнижчий показник, 14.29 шт.

Проба №7 є найбільш токсичною серед усіх. Усі показники повідомляють про дію інгібіторів росту рослини, в двох з трьох параметрів присутні найнижчі показники. Однак це було майже очевидно, враховуючи що точка відбору проби №7 знаходиться найнижче за течією в межах міста Києва. Середні показники усіх зазначених параметрів :

- Мінімальна довжина коренів – 0.41 см (діапазон – 0-0.6 см)
- Максимальна довжина коренів – 2.43 см (діапазон – 0-4.2 см)
- Кількість пророслих коренів – 14.29 шт. (діапазон – 0-23 шт.)
- ІКІ = 0.161

3.2 Заходи за покращення

Місцева влада Києва й комунальні служби мають пам'ятати факт що річка Дніпро є стратегічно важливою для країни. Вона несе безліч функцій за собою, не тільки гідрологічну, а й екосистемну. Річка забезпечує господарські, рекреаційні та питні потреби мільйонного населення всіх населених пунктів, що розташовані нижче за течією, в тому числі й Києва. І та різниця між якості води на початку Києва та на кінці, має критичне значення. Проведене дослідження показало що нажаль, цей вплив існує, й найбільше він концентрується в центральній та південній частині міста. Це підтвердило що теперішня система заходів, не справляється зі своєю цілю. Наявна велика необхідність у впровадженні змін, які мають бути не лише юридично і фінансово доступними, але й науково та технологічно обгрунтованими. Нижче я запропоную заходи зменшення забруднення води і навіть способи покращення ситуації.

Першим, що я хотів би зазначити, це про тотальну реконструкцію та модернізацію дренажної системи Києва котра на нині, лише зазнавала очисних заходів. Так як більшість зливової каналізації знаходиться під землею, факт недобросовісного поводження з ними, дуже легко приховати. Більша частина забруднення Києва, або приховується за дренажною системою, або напряду пов'язана з ним. В нашому місті злизова каналізація тісно прилягає до побутової або будів-

ництв. Таким чином це створює великий спектр можливостей для появи нелегальних з'єднань поміж ними. Внаслідок чого, до водного об'єкту потрапляють і фекальні залишки, і детергенти і інші побутові відходи. Практично виправданим рішенням може слугувати встановлення локальних очисних систем за основу яких взято біофільтраційні каскади або сорбційних модулів. Однак перед встановленням, варто розробити та встановити систему моніторингу по всім вихідним точках скидів. Це допоможе по перше актуалізувати інформацію про те, які забрудники потрапляють у води Дніпра, і виявити де створені ці нелегальні з'єднання. В перспективі навіть мати аналіз того, як змінювався хімічний та мінеральний склад скидів дренажів.

Наступним кроком є ліквідувати неконтрольовані побутові та рекреаційні скиди. Як було проведено в дослідженні, одна з точок відбору розташовувалася близь плавуючих закладів і дебаркадерів. І як було очікувано, на цій точці було виявлено факт інгібування росту коренів тест-об'єкту. Враховуючи що вони так чи інакше мали б проходити процедуру екологічної паспортизації і щорічної перевірки. Тому проблема тут могла б бути в недобросовісному виконанні своїх обов'язків екологічної інспекції м. Києва, корупції або недосконалої процедури перевірки таких закладів. В такому випадку критично важливо прослідкувати герметизацію контейнерів або ємностей рідких відходів та якісно налагоджену систему утилізації відходів. Іншими словами, варто посилити перевірки, в тому числі незаплановані, для подібного роду закладів. Також, щоб мінімізувати вплив факту що більшість дренажних систем знаходяться під землею, варто проводити інформаційну відкритість в такому випадку. А цьому як раз зможе допомогти система моніторингу та ведення відкритих звітностей перед громадянами міста. Потенційно, але скоріше за все бюджетно затратним рішенням буде створення цифрової екологічної карти Дніпра, на якій будуть результати моніторингу із системним оновленням хоча раз в місяць або тиждень. Такі карти вже наявні в багатьох країнах Європи, це допомагає більш ретельно підходити людям до вибору місця купання, риболовлі або інших рекреаційних активностях. Справедливо відзначити про спробу впровадження подібної системи в Україні на рівні

головних та найбільших річок України. Однак інформації після початку повномасштабного наступу щодо цього проекту я не зміг знайти. Наскільки відомо, їхній інтерфейс не мав функціоналу саме карти, а радше численні графіки різних забрудників, з відокремленим ГДК для кожного. Таким чином можна було споглядати в який місяць та рік була концентрація обраного забрудника.

Останнім, та важливим заходом є ренатуралізація прибережної зони. Відсутність флори вздовж берегу річки, зумовлена щільним урбаністичним навантаженням, як от ті самі бетонні плити, котрі допомагають утримувати беріг і відповідно цілісність споруд і інфраструктури прибережної ділянки. Це насправді виправдане рішення, однак з іншої сторони майже не було створено своєрідного противовісу. Додаючи щодо урбаністичного навантаження, варто згадати й про рекреаційний характер, в центральній частині міста дуже поширені штучно створені пляжі для відпочинку містян. Вони також унеможлиблюють створення стійкої флори на цих ділянках. Всі ці фактори приводять до висновку, що здатність екосистеми річки Дніпро в межах міста Києва на самовідновлення є зменшена. Обґрунтованим рішенням за таких умов може слугувати штучно створення буферної прибережної смуги з флористичною структурою. Якщо говорити про сам очерет, він має потенціал на іммобілізацію близько 40-60% важких металів через кореневе сорбування. Однак наявність одного або декількох таких смуг, не забезпечує ефективність, необхідно впровадження системного підходу при розробці та реалізації, і можливо навіть штучного підтримання [30].

Таким чином запропоновані заходи можуть допомогти в підтримці сталого поводження з річкою Дніпро, по крайній мірі в межах міста Київ. Кожний із запропонованих заходів допомагає в своїй сфері. Однак те, що вони працюють по різних напрямках забруднення, варто їх оцінювати в ролі єдиної інтегрованої системи, а не як альтернативні. Погляд місцевої влади повинен кардинально змінитися відносно стану річки та те, як вона забруднюється. Це відіграє значну роль у функціонуванні населених пунктів нижче за течією та стану самої річки в майбутньому.

ВИСНОВКИ

За все дослідження було проведене 72-годинне біотестування, в якому було взято за тест-об'єкт цибулю ріпчасту (*Allium sera* L.), з використанням 7 повторів та 7 проб + 1 контрольний тест. Було отримано в ході дослідження три морфометричні параметри – мінімальна середня довжина, максимальна середня довжина і середня кількість пророслих коренів. Майже в кожній дослідницькій пробі було помічено процес інгібування порівняно з контрольною пробюю. Однак ступінь інгібування був різний, від <-10% до >-34%, як це і було очікувано, цей ступінь градювався від північної частини, до південної, після проходження мосту Метро.

Дослідження підтвердило, що води річки Дніпро є просторово неоднорідною відносно токсичної дії. Контрольна проба, забезпечила референтні значення на які я протягом всієї роботи опирався. Проби №1-4, північна та центральна акваторія, демонстрували відносно помірне зниження мінімальної та максимальної довжини й кількості коренів. В більшості випадків це можна було б виправдати рекреаційно-побутовим забрудненням. Проби №5-7, південна акваторія, мають найбільш виразні прояви інгібування процесів росту клітин (скорочення мінімальної довжини до 0.41 см; зменшення кількості коренів до 14.3 шт. Це свідчить про накопичення важких металів близь мостів Метро та ім. Патона й побутово-рекреаційних стоків, зокрема від харчових закладів та розважальних комплексів які знаходилися на водній поверхні. Нижче буде проведено порівняння відхилення між найвищими та найнижчими показниками з різницею у відсотках порівняно до контрольної проби:

- Мінімальна середня довжина: -18% (проба №7) / +58% (проба №6)
- Максимальна середня довжина: -29% (проба №3) / +17% (проба №1)
- Середня кількість пророслих коренів: -26% (проба №7) / +4% (проба №4)
- ІКІ: -15%(проба №6) / +16%(проба №7)

Дослідження підтвердило про доцільність використання біотестування за обраним тест-об'єктом. Забруднення, як і очікувалося показало низькосхідних

градієнт по руслі Дніпра в межах міста Київ. Виявлені результати можуть бути запропоновані як основа для подальших дискусій щодо доцільності поточної стратегії розвитку міста. Адже як було запропоновано в рамках покращення, варто оглянути та модернізувати дренажну систему Києва, систему управління водними ресурсам й очисні споруди міста.

Список використаних джерел

1. Закон України «Про затвердження Загальнодержавної цільової програми розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну річки Дніпро на період до 2021 року» від 24 травня 2012 р. № 4836-VI. Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/4836-17>
2. Указ Президента України «Про заходи щодо забезпечення ефективного прогнозування повеней і паводків та ліквідації їх наслідків» від 15 березня 2002 р. № 243. Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/243/2002>
3. Директива Ради 98/83/ЄС від 3 листопада 1998 року «Про якість води, призначеної для споживання людиною». Режим доступу: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/994_963
4. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. К.: «Символ-Т», 1998. 28 с
5. Яцик А.В., Томільцева А.І., Дупляк В.Д. та ін. Концепція впорядкування використання та охорони водних ресурсів у заплаві р. Дніпро від гирла р. Десна до гирла р. Стугна: К.: Університет «Україна», 2011. 27 с
6. Fiskesjö, G. (1995). Allium test. *In vitro toxicity testing protocols*, 119-127.
7. Fiskesjö, G. (1985). The Allium test as a standard in environmental monitoring. *Hereditas*, 102(1), 99-112.
8. PUB Singapore. NEWater | PUB, Singapore's National Water Agency [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.pub.gov.sg/Public/Water-Loop/OurWaterStory/NEWater>
9. PROTE. SYMBIO – protecting water intakes against sudden contamination [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.prote.pl/EN-H155/symbio--protecting-water-intakes-against-sudden-contamination.html>
10. Lin, C., Nguyen, K. A., Vu, C. T., Senoro, D., & Villanueva, M. C. (2017). Contamination levels and potential sources of organic pollution in an Asian river. *Water Science and Technology*, 76(9), 2434-2444.
11. Wu, Y., & Chen, J. (2013). Investigating the effects of point source and

nonpoint source pollution on the water quality of the East River (Dongjiang) in South China. *Ecological indicators*, 32, 294-304.

12. Jain, C. K., Bhatia, K. K. S., & Seth, S. M. (1998). Assessment of point and nonpoint sources of pollution using a chemical mass balance approach. *Hydrological sciences journal*, 43(3), 379-390.

13. Nemčić-Jurec, J., & Jazbec, A. (2017). Point source pollution and variability of nitrate concentrations in water from shallow aquifers. *Applied Water Science*, 7(3), 1337-1348.

14. Lin, C., Ma, R. H., Wu, Z. P., Xiong, J. F., & Min, M. (2018). Detection of the sensitive inflowing river indicators related to non-point source organic pollution: a case study of Taihu Lake. *J Environ Inf*, 32, 98-111.

15. Sun, B., Zhang, L., Yang, L., Zhang, F., Norse, D., & Zhu, Z. (2012). Agricultural non-point source pollution in China: causes and mitigation measures. *Ambio*, 41, 370-379.

16. Солонина Є. Хімічне прокляття Києва: що робити зі «ртутними покладами» заводу «Радикал»? [Електронний ресурс]. Євгей Солонина. Радіо Свобода. 2019. Режим доступу: <https://www.radiosvoboda.org/a/30311202.html>

17. Сухарев С. М. Основи екології та охорони / С. М. Сухарев. – Київ: Центр навчальної літератури, 2006. 394 с.

18. ПрАТ АК «Київводоканал». Роз'яснення щодо реконструкції БСА [Електронний ресурс]. ПрАТ АК «Київводоканал». 2021. Режим доступу: <https://vodokanal.kiev.ua/news/rozyasnennya-shhodo-rekonstrukczii-bsa/>

19. Тарасова В. В. Екологічна статистика: підручник / В. В. Тарасова. – Київ: Центр учбової літератури, 2008. 392 с.

20. Адаптація системи моніторингу поверхневих вод Державної гідрометеорологічної служби МНС України до положень Водної Рамкової Директиви ЄС / Н. М. Осадча та ін. *Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту: Зб. наук. пр.*, 2008. 257 с.

21. Архипова Л. М. Екологічні аспекти оцінки якості природних вод:

матеріали II-й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Екологія/Ecology-2009). – Вінниця, 2009. С. 103-107.

22. Fraunhofer-Gesellschaft. Water disinfection with ozone [Електронний ресурс]. Fraunhofer-Gesellschaft. 2021. Режим доступу: <https://www.fraunhofer.de/en/press/research-news/2021/february-2021/water-disinfection-with-ozone.html>

23. Данилишин Б. М. Наукові основи прогнозування природно-техногенної безпеки / Б. М. Данилишин. Київ: Лекс Дім, 2004. 552 с.

24. Картки первинної обробки проб. Фітопланктон водосховищ Дніпра. Випуск 2 (2015). – Київ: ДСНС ЦГО, 2016.

25. Мальцев В. Г., Карпова Г. О., Зуб Л. М. Визначення якості води методами біоіндикації: науково-методичний посібник / В. Г. Мальцев, Г. О. Карпова, Л. М. Зуб. Київ: Науковий центр екомоніторингу, 2011. 112 с.

26. Державний водний кадастр: Щорічні дані про якість поверхневих вод суші. Частина 2. Водосховища. Випуск 2. Басейн Дніпра (2015). Київ: ДСНС ЦГО, 2016.

27. Васенко О. Г. Оцінка динаміки якості поверхневих вод басейну р. Дніпро / О. Г. Васенко. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*, 2001. 398 с.

28. Державний водний кадастр: Щорічні дані про режим та ресурси поверхневих вод суші. Озера та водосховища, Басейн Дніпра. Київ: ЦГО, 2015. 341 с.

29. Бурда П. І. Біологічний моніторинг. Методичні вказівки / П. І. Бурда. Київ, 2001. 26 с.

30. Дідух Я. П., Плюта П. Г. Фітоіндикація екологічних факторів / Я. П. Дідух, П. Г. Плюта. Київ: Наук. думка, 1994. 280 с.

31. Злобін Ю. А. Основи екології / Ю. А. Злобін. Київ: Лібра, 1998. 246 с.

32. Michalowicz, J., & Duda, W. (2007). Phenols-Sources and Toxicity. *Polish Journal of Environmental Studies*, 16(3).

33. Calabrese, E. J., & Baldwin, L. A. (2002). Defining hormesis. *Human &*

experimental toxicology, 21(2), 91-97.

ДОДАТКИ