

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна
Навчально-науковий інститут екології
Кафедра екологічної безпеки та екологічної освіти

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавра

на тему

ОЦІНКА ЕКОЛОГО-ТОКСИКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ЖУРАВЛІВСЬКОГО ГІДРОПАРКУ

Виконав: студент 4 курсу, групи ЗДЕ-41

спеціальності : 101 «Екологія»
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Пі автора _____ / Евеліна НАКОНЕЧНА
(підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник _____ / проф.Олексій КРАЙНЮКОВ
(підпис) (ім'я та прізвище)

Рецензент _____ / заст. дир. Михайло ЛУКАШ
(підпис) (ім'я та прізвище)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри _____ / проф.Алла НЕКОС
(підпис) (ім'я та прізвище)

Нормоконтроль _____ / Вікторія КОШЕЛЬКОВСЬКА
(підпис) (ім'я та прізвище)

Секретар ЕК _____ / доц. Світлана БУРЧЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

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

Навчально-науковий інститут екології

Кафедра екологічної безпеки та екологічної освіти

Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) бакалавр

Спеціальність 101 Екологія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____/проф. Алла НЕКОС

підпис -ім'я та прізвище

20 травня 2024 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ)

Евеліні НАКОНЕЧНІЙ

(ім'я та прізвище)

1. Тема роботи Оцінка еколого-токсикологічного стану поверхневих вод Журавлівського гідропарку

Керівник роботи Олексій КРАЙНЮКОВ, д-р геогр.наук, професор

(ім'я ,прізвище, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом по університету від 16.04.2025 р. № 4301-5/966

Строк подання студентом роботи 01 травня 2025 р.

2. Перелік питань, які потрібно розробити:

1. Провести аналіз літературних джерел з оцінки якості поверхневих водних об'єктів за допомогою біологічних методів;

2. Опрацювати методику біотестування на ракоподібних *Ceriodaphnia affinis*

Lilljeborg для визначення хронічної токсичності поверхневих вод;

3. Провести натурні дослідження та узагальнити результати експериментальних та польових досліджень;

4. Визначити динаміку змін властивостей та рівнів хронічної токсичності зразків води, які було відібрано з Журавлівської водойми.

3. План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи
1	Загальні питання щодо застосування біологічних методів дослідження якості різних категорій вод.
2	Основні засади використання екотоксикологічних тестів для оцінки забрудненості поверхневих водних об'єктів.
3	Оцінка еколого-токсикологічного стану поверхневих вод Журавлівського гідропарку

4. Дата видачі завдання 20 травня 2024 р.

Студент

підпис

Евеліна НАКОНЕЧНА

ім'я і прізвище

Керівник роботи

підпис

проф. Олексій КРАЙНЮКОВ

посада, ім'я і прізвище

АНОТАЦІЯ

ОЦІНКА ЕКОЛОГО-ТОКСИКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ЖУРАВЛІВСЬКОГО ГІДРОПАРКУ

Евеліна НАКОНЕЧНА

Кваліфікаційна робота «Оцінка еколого-токсикологічного стану поверхневих вод Журавлівського гідропарку» містить 31 сторінку, 3 розділи, 3 таблиці, 7 рисунків, 1 формулу та 21 використане джерело.

Мета роботи: Провести еколого-токсикологічну оцінку якості поверхневих вод Журавлівського лугопарку та класифікувати її за рівнями хронічної токсичності.

Актуальність дослідження пов'язана з експериментальними дослідженнями забруднення поверхневих водних об'єктів токсичними хімічними сполуками. Біотести, ймовірно, є надійним рішенням для визначення токсичних властивостей води водних об'єктів, але за їх допомогою не можливо ідентифікувати хімічні сполуки. У той же час, сучасні хіміко-аналітичні методи забезпечують чудову чутливість при аналізі відомих хімічних сполук.

Завдання дослідження було спрямовано на проведення експериментального визначення токсичних властивостей поверхневих вод Журавлівського лугопарку.

Методи. Встановлення токсичних властивостей води, а саме хронічної токсичності води водного об'єкту у навчально-дослідній лабораторії еколого-токсикологічних досліджень за допомогою методики біотестування на ракоподібних *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg.

Результати. В результаті моніторингових досліджень зразків поверхневих вод, які було відібрано у різні пори року з Журавлівської водойми встановлено, що більш прийнятна якість води досліджуваної водойми була визначена навесні 2025 року – в усіх створах другий клас якості води – вода слабо забруднена.

ЗАБРУДНЕННЯ ХІМІЧНИМИ СПОЛУКАМИ, БІОТЕСТУВАННЯ, РІВЕНЬ ХРОНІЧНОЇ ТОКСИЧНОСТІ, ПОВЕРХНЕВІ ВОДИ

ABSTRACT

ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL AND TOXICOLOGICAL STATE OF SURFACE WATERS OF THE ZHURAVLIVSKY HYDROPARK

Evelina NAKONECHNA

The qualification work "Assessment of the ecological and toxicological state of surface waters of the Zhuravlivskiyi Hydropark" contains 31 pages, 3 sections, 3 tables, 7 figures, 1 formula and 21 sources used.

Purpose of the work: To conduct an ecological and toxicological assessment of the quality of surface waters of the Zhuravlivskiyi Meadow Park and classify it by levels of chronic toxicity.

The relevance of the study is associated with experimental studies of pollution of surface water bodies with toxic chemical compounds. Biotests are probably a reliable solution for determining the toxic properties of water bodies, but they cannot be used to identify chemical compounds. At the same time, modern chemical analytical methods provide excellent sensitivity in the analysis of known chemical compounds.

The task of the study was aimed at conducting an experimental determination of the toxic properties of surface waters of the Zhuravlivskiyi Meadow Park.

Methods. Determination of the toxic properties of water, namely the chronic toxicity of water of a water body in the educational and research laboratory of ecological and toxicological research using the biotesting method on the crustacean *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg.

Results. As a result of monitoring studies of surface water samples taken at different times of the year from the Zhuravlivska reservoir, it was found that the more acceptable water quality of the studied reservoir was determined in the spring of 2025

In all sections the second class of water quality – the water is slightly polluted.

CHEMICAL POLLUTION, BIOTESTING, CHRONIC TOXICITY LEVEL, SURFACE WATER

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ ЩОДО ДОСЛІДЖЕННЯ ШЛЯХІВ ЗАБРУДНЕННЯ ВОДИ СПЕЦИФІЧНИМИ ХІМІЧНИМИ СУМІШАМИ.....	9
РОЗДІЛ 2. ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ЗАСТОСУВАННЯ ТОКСИКОЛОГІЧНИХ ТЕСТІВ ДЛЯ ОЦІНКИ ЗАБРУДНЕНОСТІ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ.....	14
2.1. Закордонний досвід використання токсикологічних систем у дослідженні забрудненості поверхневих водних об'єктів.....	14
2.2. Методика біотестування для визначення хронічної токсичності води водних об'єктів на ракоподібних <i>Ceriodaphnia affinis</i> Lilljeborg.....	17
РОЗДІЛ 3. ЕКОЛОГО-ТОКСИКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ ЖУРАВЛІВСЬКОЇ ВОДОЙМИ.....	19
3.1. Гідрографічна характеристика річки Журавлівської водойми.....	19
3.2. Оцінка еколого-токсикологічного стану поверхневих вод Журавлівського гідропарку.....	20
ВИСНОВКИ.....	26
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	29

ВСТУП

Пов'язати біологічні ефекти з впливом конкретних активних речовин часто проблематично через велику кількість сполук, присутніх у навколишньому природному середовищі. Біотести, ймовірно, є надійним рішенням для визначення токсичних властивостей води водних об'єктів, але за їх допомогою не можливо ідентифікувати хімічні сполуки. У той же час, сучасні хіміко-аналітичні методи забезпечують чудову чутливість при аналізі відомих хімічних сполук, але вони не можуть надати інформацію про токсичність і легко пропускають сполуки, які не були включені в конкретний метод кількісного визначення. Щоб встановити причинно-наслідкові зв'язки між ефектами, що спостерігаються в навколишньому природному середовищі, та оцінити результати хімічного аналізу, все більше дослідницьких груп почали поєднувати біологічні (переважно біотести) та хімічні методи. Можна виділити різні види комбінованих досліджень. Перший тип включає дослідження, засновані на цільовому аналізі попередньо відібраних хімічних сполук і кореляції результатів з результатами біологічного аналізу. Другий тип дослідження дотримується таких схем, як оцінка ідентифікації токсичності та аналіз, спрямований на вплив хімічних сполук.

Забруднення навколишнього середовища є настільки широким питанням, що виникла потреба в новій галузі науки, яка охоплюватиме всі проблеми, пов'язані з екологічною долею забруднюючих речовин. Екотоксикологія — галузь науки, яка вивчає вплив ксенобіотиків на навколишнє середовище та охоплює весь «життєвий цикл» токсичних речовин у біосфері. В даний час екотоксикологічні дослідження набувають все більшого значення, а новий підхід у галузі біоаналітики та біомоніторингу дозволяє швидко оцінювати ризики та якість навколишнього середовища; наприклад, для перевірки безпеки медичних продуктів, отриманих з бактеріальних токсинів, таких як вакцини.

З цих причин все більший інтерес вчених приділяється зменшенню шкідливих хімічних речовин, які використовуються в екологічному моніторингу та аналізі, і заміні принаймні деяких з них біологічними дослідженнями. Щоб підтримати цей підхід і застосувати біотести та біологічні аналізи до сучасної зеленої аналітичної хімії, представлено найважливішу інформацію та параметри як класичних, так і нових тестів, щоб полегшити процес прийняття рішення менш досвідченими дослідниками. Необхідно також враховувати трансформацію та біотрансформацію забруднювачів навколишнього середовища в біотичних та абіотичних компонентах середовища, наприклад, сполук, які утворюються під час очищення стічних вод, наприклад, під час озонування та фотокаталізу. Деякі з цих сполук належать до групи нових забруднювачів і можуть характеризуватися більшою небезпекою та навантаженням на навколишнє середовище. Перевага біотестів у цьому випадку полягає в їх здатності оцінювати токсичність зразка в цілому, і не має значення, чи містить досліджуваний зразок сполуки, відомі людству. Згідно з європейськими правилами, достовірна інформація про рівень токсичності проб води повинна ґрунтуватися на визначеннях гострої та хронічної токсичності, проведених за допомогою водоростей, макрофітів, ракоподібних та риб (тих, що є характерними для даного регіону), щоб визначити стандарти забруднення для даної екосистеми. З цих причин біологічні аналізи повинні допомогти або навіть стати основою для визначення законодавчих норм безпеки та процедур оцінки екологічного ризику «старих» та нових хімічних речовин.

Відповідно до цього визначення токсикологічних властивостей поверхневих водних об'єктів за допомогою ракоподібних *Daphniamagna* Straus та *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg є, зазвичай, необхідним компонентом природоохоронної діяльності у багатьох розвинутих країнах.

Виходячи з вищезначеного, наші практичні дослідження були спрямовані на оцінку якості води важливого для м. Харків рекреаційного об'єкту - Журавлівського гідропарку, тому що саме біологічне благополуччя є головною запорукою стійкості та якості водної екосистеми та гідробіонтів.

РОЗДІЛ 1.

ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ ЩОДО ДОСЛІДЖЕННЯ ШЛЯХІВ ЗАБРУДНЕННЯ ВОДИ СПЕЦИФІЧНИМИ ХІМІЧНИМИ СУМІШАМИ

Токсичні ефекти, що виявляються в навколишньому середовищі, найчастіше викликані сумішами відомих і невідомих хімічних речовин. Однією з ключових проблем у хімії навколишнього середовища та екотоксикології є характеристика та ідентифікація цих токсикантів у зв'язку з їх можливим ефектом. Однак багато з поточних невизначених моментів в оцінці негативного впливу органічних забруднювачів у навколишньому середовищі пов'язані з труднощами в оцінці різних хімічних класів і біологічних ефектів у складних сумішах, а точніше – пов'язати обидва підходи. Щоб подолати ці аналітичні проблеми, протягом останнього десятиліття з'явилася біоаналітична концепція. У підході, з оцінки небезпеки хімічних речовин, виникають складнощі для правильної оцінки якості води, коли постійне надходження нових синтезованих хімічних речовин призводить до величезних аналітичних витрат при проведенні моніторингу, що може дозволяє припустити використання інтегрованих біоаналітичних підходів як багатообіцяючих потужних інструментів для покращення оцінки ризику для навколишнього середовища шляхом врахування зв'язку наявність/ефект при дослідженні впливу складних хімічних сумішей на якість поверхневих вод [1].

Існує величезна невідповідність між кількістю сполук, потенційно присутніх у навколишньому середовищі, та кількістю пріоритетних забруднювачів, які регулярно перевіряються. Насправді, одна з труднощів, що виникає при точному оцінюванні органічного забруднення екосистем навколишнього середовища, полягає в тому, що існує багато забруднюючих речовин (кілька джерел, кілька хімічних класів), пов'язаних як з низькими рівнями концентрації, так і зі значною часовою та просторовою мінливістю. Аналіз кількох класів сполук, присутніх у слідових або ультраслідових концентраціях (ppb або ppt), вимагає використання різних апаратів, протоколів, кожен протокол передбачає різні методи підготовки зразків.

Ці вимоги вимагають багато часу та витрат. Очевидно, що хімічний моніторинг усіх сполук у кожному відсіку неможливий, і цільовий аналіз попередньо відібраних наборів забруднюючих речовин часто пропускає токсичні речовини, специфічні для конкретного місця (які, крім того, залишаються невідомими для багатьох із них), і тому не може пояснити екотоксичні ефекти комплексних зразків навколишнього природного середовища.

Крім того, хімічні сполуки - органічні забруднювачі є реактивними сполуками, які реагують у навколишньому природному середовищі та водних системах доволі швидко. Добре відомі реакції трансформації, які включають фізико-хімічні процеси (гідроліз, реакції, викликані світлом, реакції з окислювачами, що використовуються у виробництві питної води) та біологічні процеси (з вільними бактеріями чи біоплівкою, або метаболізм). Ці реакції перетворення призводять до утворення численних продуктів перетворення, про які в більшості випадків майже нічого не відомо. Утворення кількох продуктів перетворення, що виникають із-за численних забруднювачів, присутніх у водних системах, збільшує складність проблеми, особливо тому, що деякі з них можуть бути більш стійкими та/або більш токсичними, ніж їхні вихідні сполуки. Всесвіт хімічних речовин продовжує розширюватися через необхідність включати метаболіти та продукти трансформації при оцінці ризику від певної хімічної речовини [2].

Численні дослідження, що поєднують хімічні та біологічні підходи до оцінки небезпеки складних екологічних сумішей, показують, що пріоритетні концентрації забруднюючих речовин є складним показником токсичності [3-4]. Таким чином, очевидно, що мета оцінки та прогнозування впливу хімічного забруднення не може бути досягнута лише на основі пріоритетного аналізу забруднюючих речовин. Окрім керованої хімічними речовинами стратегії для оцінки екологічного ризику від забруднювачів, необхідно досліджувати та застосовувати нові стратегії, поєднуючи як біологічні відповіді, так і хімічний аналіз, що б ідентифікувати токсичні впливи, охарактеризувати хімічні речовини,

які можуть викликати несприятливі біологічні ефекти, і, нарешті, оцінити екологічний ризик від ідентифікованих хімічних речовин у відповідних просторових масштабах [5]. Комбіновані біологічні та хіміко-аналітичні підходи забезпечують важливий прогрес у напрямку оцінки частки ефекту, який можна пояснити аналізованими хімічними речовинами. Зокрема, засновані на механізмі *in vitro* біологічні аналізи з використанням систем рекомбінантних клітин, у яких специфічні біологічні ефекти вимірюються безпосередньо, можуть надати цінну інформацію про очікувану загальну ефективність складної суміші хімічних речовин у зразку навколишнього середовища. Тим не менш, зв'язок між двома підходами, тобто зв'язок хімічного впливу та спостережуваних біологічних ефектів, не є однозначним, коли йдеться про складні суміші хімічних речовин. У зв'язку з цим інтегровані стратегії, такі як аналіз, спрямований на аналіз небезпечних впливів, може бути потужним інструментом для з'ясування невідомих токсикантів у складних зразках навколишнього середовища та їх сукупного впливу, таким чином покращуючи оцінку екологічного ризику. Такі комбіновані підходи поєднують хімічні та біологічні методи, щоб провести хімічний аналіз на ті сполуки, які дійсно викликають токсичний ефект [6]. Складність зразків послідовно зменшується шляхом видалення нетоксичних фракцій, тоді як основні токсиканти виділяються та ідентифікуються.

Крім того, використання пасивного відбору проб замість класичного точкового відбору проб води також може допомогти покращити оцінку екологічного ризику. Завдяки своїй здатності концентрувати біодоступний осад і водні забруднювачі (і, таким чином, також враховувати забруднювачі, які не виявляються звичайними методами), ці інтегративні пасивні пристрої дозволяють підвищити репрезентативність і надійність отриманих даних. Крім того, вони можуть збирати екстракти хімічних речовин для хімічного аналізу або біоаналізу, тому є переваги, які можна отримати від поєднання використання екстрактів пасивного пробовідбірника та біоаналізу.

На деяких прикладах можливо вивчити поточні обмеження в хімічному підході, коли стикаємося з новими хімічними речовинами, які необхідно інтегрувати при проведенні моніторингу якості води, щоб врахувати постійне збільшення використаних і вироблених хімічних речовин і продуктів їх перетворення, а також деякі інтегровані біоаналітичні підходи як потужні інструменти для покращення оцінки ризику для навколишнього середовища.

Організми в забрудненому середовищі, як правило, піддаються впливу складної суміші хімічних забруднювачів, і вплив іноді може спричиняти токсичні ефекти, навіть якщо окремі стресори присутні в концентраціях, нижчих за концентрацію без помітного ефекту [7]. Це явище відоме як комбіновані ефекти, токсичність суміші, спільна токсичність або ефект коктейлю. Оскільки оцінка хімічної токсичності зазвичай проводиться по речовинах, нехтуючи потенційними ефектами суміші, можливо, що шкідливі ефекти сумішей забруднювачів навколишнього середовища недооцінюються. Забруднювачі з подібним або різним способом дії ((mode of action (MoA)) можуть впливати на токсичність один одного; що призводить до майже необмеженої кількості можливих адитивних, синергетичних або антагоністичних комбінацій. Термін MoA можна визначити як серію ключових процесів, які починаються із взаємодії хімічного забруднювача з цільовим місцем (наприклад, рецептором) і проходять через операційні та анатомічні зміни в організмі, що призводять до сублетальних або летальних ефектів [7]. Через велику кількість потенційних хімічних забруднювачів і велику складність природних систем практично неможливо провести випробування екотоксичності для кожної потенційної суміші. Крім того, нехімічні фактори також можуть діяти як стресори та ускладнювати численні стресорні ситуації. Тому необхідний спрощений і надійний підхід до оцінки екотоксичності хімічних сумішей для використання в оцінці екологічного ризику (ERA) і в нормативній токсикології. ERA визначається як процедури, за допомогою яких вірогідний або фактичний несприятливий вплив забруднюючих речовин та іншої антропогенної діяльності на екосистеми та їх компоненти оцінюється з відомим ступенем достовірності з використанням наукових

методологій. Структура ERA зазвичай включає певний набір багаторівневих модулів і забезпечує інструмент для оцінки та управління забрудненням навколишнього середовища. Аспекти комбінованих ефектів ще не впроваджено в ERA стандартизованим чином, а питання комбінованих ефектів не стало невід'ємною частиною досліджень щодо хімічного регулювання. Проте вже деякий час триває активний процес, спрямований на подолання цих обмежень.

РОЗДІЛ 2.

ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ЗАСТОСУВАННЯ ТОКСИКОЛОГІЧНИХ ТЕСТІВ ДЛЯ ОЦІНКИ ЗАБРУДНЕНOSTІ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ

2.1. Закордонний досвід використання токсикологічних систем у дослідженні забрудненості поверхневих водних об'єктів

Дані про токсичність, отримані в результаті лабораторних випробувань з окремими чистими хімічними речовинами, є важливим внеском у наукові оцінки хімічних ризиків для водних організмів. Однак водні організми практично не піддаються впливу лише одного забруднювача, а зазвичай піддаються впливу суміші численних хімічних речовин, створених людиною, з різними складовими в різних концентраціях і співвідношеннях концентрацій. Пряме тестування мільйонів потенційних комбінацій забруднювачів води є неможливим, і тому ми стикаємось із завданням отримання дійсних прогнозів токсичності кількох сумішей на основі даних про токсичність окремих сполук.

Численні методи та моделі для аналізу та оцінки комбінованих ефектів хімічних сполук були впроваджені в різні галузі фармакології та токсикології. Однак, по суті, більшість із них базуються лише на двох різних фундаментальних концепціях. Зазвичай їх називають додаванням концентрації та незалежною дією, але обидва поняття також використовувалися під іншими назвами. Зокрема, відповідь доповнення часто використовується як синонім самостійної дії. Короткий вступ до цих концепцій наведено [8]. Широкі дискусії з різних точок зору та вказівки щодо цих концепцій є в багатьох публікаціях закордонних фахівців [9, 10].

Додавання концентрації та незалежна дія представляють різні гіпотези щодо функціонального зв'язку між токсичністю окремих речовин і комбінованих токсикантів. У випадку, якщо компоненти хімічної суміші мають загальний механізм дії, концепція додавання є загально визнаною як розумне очікування їхньої спільної токсичності [11]. Підтверджувальні докази отримані з досліджень токсичності багатокомпонентної суміші з різними групами

токсикантів і різними типами водних організмів [12-16]. У протилежному випадку дія хімічних речовин з різними способами та механізмами впливу передбачуваність їх комбінованої токсичності та вибір найбільш прийнятної концепції для прогнозування є дуже суперечливим питанням через відсутність переконливих теоретичних аргументів та експериментальних доказів.

Концентраційне додавання передбачає подібну дію компонентів суміші, але тлумачення цього терміну значно відрізняються. З погляду механістичної точки зору, він повинен застосовуватися лише до таких токсикантів, які взаємодіють з ідентичним хімічними сполуками. З дуже широкої феноменологічної точки зору, навпаки, це може означати лише те, що різні речовини здатні викликати спільну токсикологічну реакцію. У випадку інтегральних кінцевих точок, таких як смерть або пригнічення відтворення, це може стосуватися майже всіх хімічних речовин, лише залежно від біодоступних концентрацій. Дійсно, додавання концентрації було запропоновано як «загальне рішення» проблеми розрахунку очікуваного кількісного ефекту для будь-якої комбінації агентів, і без посилання на їх механізми дії [17, 18].

Біологічні аналізи ґрунтуються на вимірюванні реакції організмів, які зазнали впливу забруднюючих речовин, порівняно з контролем. Їх використовують для встановлення рівнів токсичності цільових забруднювачів і складних водних матриць (наприклад, поверхневих вод, ґрунтових вод, стічних вод) для водних організмів. Тестові організми, які можуть бути використані для проведення біологічних аналізів, можна згрупувати та охарактеризувати наступним чином: мікроорганізми, вищі водні рослини, водорості, безхребетні та риби [19].

Безхребетні широко використовуються в оцінці токсичних ефектів забруднюючих речовин у водних матрицях. Найбільш використовуваним організмом для характеристики токсичності води та стоків очищення стічних вод є *Daphnia magna* *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg.

Тести на гостру летальність з ракоподібними добре відомі та стандартизовані. Організми піддаються впливу цільових забруднень або водних матриць у контрольованих умовах, а живі (рухомі) дафнії підраховуються після

необхідного періоду інкубації. Використання дафній має багато переваг для рутинного тестування на токсичність, наприклад, висока чутливість до токсикантів, короткий репродуктивний цикл і партеногенетичне розмноження [19].

Розроблені й інші тести, наприклад ті, що ґрунтуються на *Artemia salina* та морському їжаку. *Artemia salina* служить тестовим організмом у широкому діапазоні токсикологічних аналізів і досліджень, його використовують для скринінгу біологічно активних сполук у природних продуктах, виявлення токсичності ціанобактерій і водоростей у воді, виявлення антропогенних хімічних речовин у навколишньому середовищі та дослідженнях біохімічних процесів, що викликають гострі токсичні реакції. Біоаналіз на артемію є привабливим з різних причин, зокрема це комерційна доступність, артемію можна підтримувати в лабораторії необмежений час у формі цисти та легко культивувати її, аналіз є швидким, простим і виконується за низьку вартість та вимагає невеликого об'єму зразка і може виконуватися з високою пропускнуою здатністю зразка (мікропланшети).

Ембріони морських їжаків використовуються або для оцінки забруднення моря, або для перевірки токсичності конкретних забруднювачів і неморських комплексних хімічних сумішей. Крім того, оскільки стічні води різних підприємств зазвичай характеризуються високою солоністю, токсичність стічних вод для морських їжаків також була досліджена у роботі [20].

Через високу чутливість деяких безхребетних до сильно забруднених водних матриць, таких як промислові стічні води, ці організми можуть бути некорисними для характеристики токсичності.

Біотести на основі рослин характеризуються низькою вартістю обслуговування та різними кінцевими точками оцінки (наприклад, швидкість проростання, маса біомаси, активність ферменту).

2.2. Методика біотестування для визначення хронічної токсичності води водних об'єктів на ракоподібних *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg

В представленій кваліфікаційній роботі, для визначення рівня хронічної токсичності води з Журавлівської водойми, яка була утворена шляхом будівництва в 1962 році водопідйомної греблі на р. Харків у районі селища Журавлівка було використано методику біотестування з визначення рівнів хронічної токсичності води водних об'єктів на представниках ракоподібних *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg, яка на даний час ґрунтується на встановленні достовірної різниці між виживаністю і плодючістю ракоподібних у воді, що представлена для аналізу (експеримент) та у воді, в якій ракоподібні культивуються (контроль).

Критерієм рівнів хронічної токсичності води з водного об'єкта є визначаємо сучасними статистичними інструментами значиме зменшення виживаності і плодючості ракоподібних у експерименті в порівнянні з контролем впродовж усього терміну проведення алгоритму біотестування.

Тривалість біотестування становила 7 діб, або до появи в 95 % вихідних ракоподібних або 3 пометів [21].

Якість досліджуваної води з Журавлівської водойми оцінювали за рівнем її хронічної токсичності та ступенем забрудненості відповідно до наведеної нижче класифікаційної шкали (таблиця 2.1) [21].

Таблиця 2.1

Класифікація якості води за рівнями хронічної токсичності [21]

Клас якості води	Ступінь забрудненості	Рівень хронічної токсичності, OT_x
I	чиста	1,0
II	слабко забруднена	1,1-2,0
III	помірно забруднена	2,1-4,0
IV	брудна	4,1-8,0
V	дуже брудна	більше 8,0

Експериментальні дослідження проводились у навчально-дослідній лабораторії еколого-токсикологічних досліджень навчально-наукового інституту екології Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна.

РОЗДІЛ 3.

ЕКОЛОГО-ТОКСИКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ ЖУРАВЛІВСЬКОЇ ВОДОЙМИ

3.1. Гідрографічна характеристика Журавлівської водойми

Журавлівська водойма була створена для цілей технічного водопостачання підприємств різних галузей промисловості і рекреації. На даний час Журавлівська водойма функціонує тільки в цілях рекреації і є улюбленим місцем відпочинку місцевих жителів м. Харкова. Акваторія водойми повністю розташовується в межах селітебної частини міста (Київський район) та в середній частині водойми перетинається сучасним мостовим переходом. Ложе Журавлівської водойми складено, в основному, піщаними ґрунтами та прошарками мергелистих глин і нижче водонасиченою крейдою різної потужності. Водоупором цієї водойми, в основному, є глина, суглинки та крейда.

Журавлівського гідропарку було опрацьовано та використано методику біотестування з визначення хронічної токсичності поверхневих вод на ракоподібних церіодафніях, яка ґрунтується на статистично значимій різниці між виживаністю і плодючістю ракоподібних церіодафній у зразках води, що аналізувалися та у воді, в якій ракоподібні церіодафнії культивувалися.

Критерієм хронічної токсичності поверхневої води з водного об'єкта є статистично значиме зменшення виживаності і плодючості ракоподібних церіодафній у експерименті порівняно з контролем впродовж усього терміну

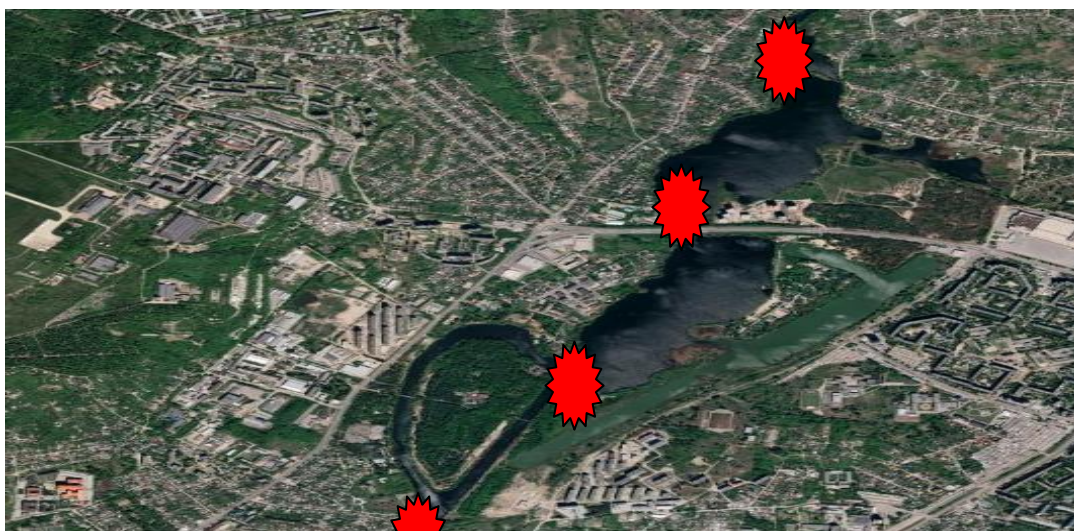


Рис.3.1 – місця відбору зразків поверхневих вод з Журавлівської водойми
Відбір зразків поверхневих вод з Журавлівської водойми було здійснено влітку і восени 2024 року та взимку і навесні 2025 року (рис. 3.1).

Зразки відбирались у 4 створах Журавлівської водойми:

1. Журавлівська водойма, Квітучий міст;
2. вул. Нескорених, міст через Журавлівську водойму;
3. плавбаза клубу моряків;
4. Журавлівська гребля.

Всі зразки поверхневих вод було досліджено на наявність токсичних властивостей у навчально-дослідній лабораторії еколого-токсикологічних досліджень ННІ екології.

Оцінка еколого-токсикологічного стану поверхневих вод Журавлівського гідропарку

У роботі, для визначення хронічної токсичності поверхневих вод з процедури біотестування. Тривалість процедури біотестування становила 7 діб, або до появи в 90 % вихідних церіодафній трьох пометів.

В результаті проведених еколого-токсикологічних експериментальних досліджень влітку 2024 року, у всіх зразках поверхневих вод, які було відібрано з Журавлівської водойми було визначено токсичні властивості, а саме у створах: вул. Нескорених, міст; Квітучий міст, Журавлівська водойма; Журавлівська гребля; плавбаза клубу моряків.

У всіх створах, де були відібрано зразки поверхневих вод, а саме: вул. Нескорених, міст; плавбаза клубу моряків; Квітучий міст; Журавлівська гребля – було визначено 3 клас якості поверхневих вод – вода помірно забруднена (рис. 3.2)

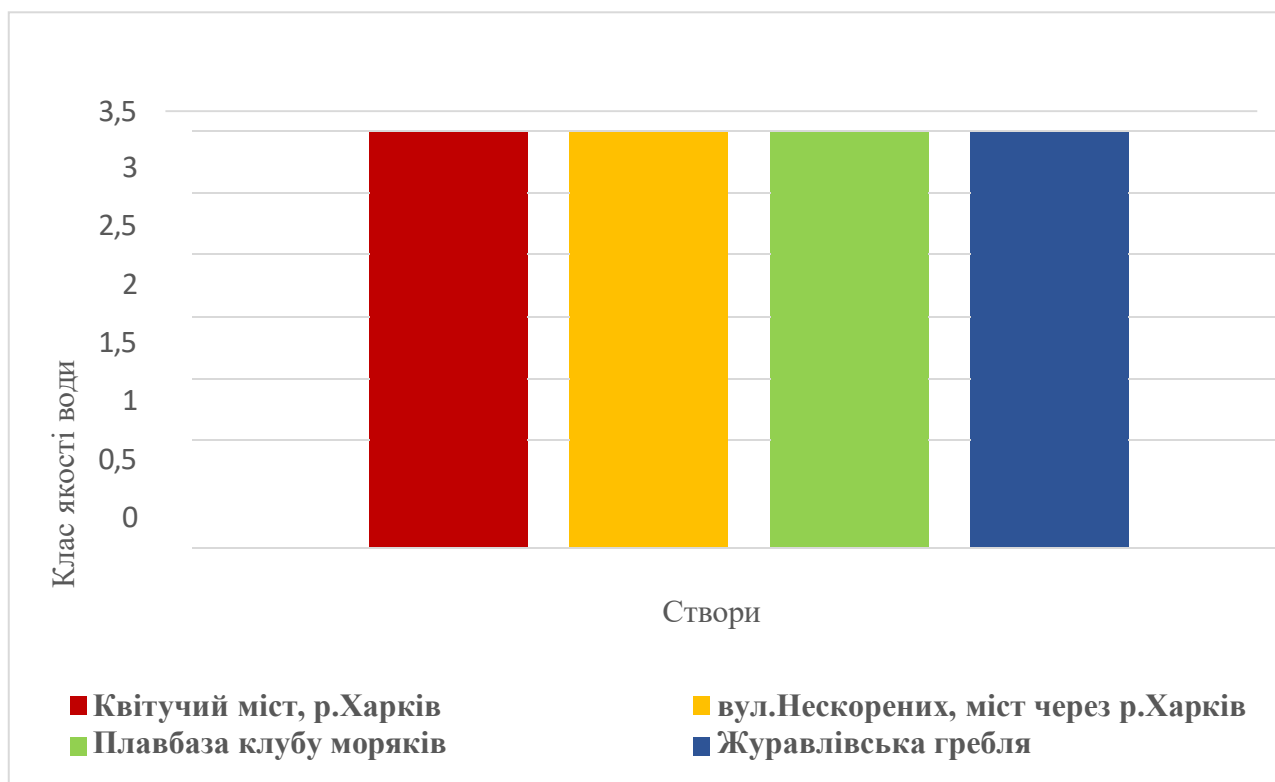


Рис. 3.2 - Результати експериментально визначення токсичних властивостей проб поверхневих вод, які було відібрано в межах Журавлівського гідропарку влітку 2024 року

В результаті проведених досліджень восени 2024 року у створі Квітучий міст, Журавлівська водойма було визначено другий клас якості води – вода слабо забруднена; у створах плавбаза клубу моряків і вул. Нескорених, міст було визначено третій клас якості води – вода помірно забруднена, у створі Журавлівська гребля–четвертий клас якості води-вода брудна. Задовільний стан якості зразків поверхневих вод у літній меженний період можна пояснити суттєвим скороченням ґрунтово-підземного живлення річки та періодичними санітарними попусками води з розташованих вище водойм, підвищенням середньодобової температури повітря і температури води у Журавлівській водоймі, що призводить до інтенсивне розмноження синьо-зелених водоростей та вищих водних рослин з обумовленим всіма цими факторами погіршенням

якості води Журавлівської водойми.

Восени 2024 року процес погіршення якості води продовжився, зважаючи на аномально спекотне літо та осінь, що на нашу думку, скоріш за все призвело до зниження вмісту розчиненого кисню та збільшення вмісту токсичних хімічних речовин у р. Харків і Журавлівській водоймі внаслідок зменшення об'єму розбавлення поверхневих вод (рис. 3.3).

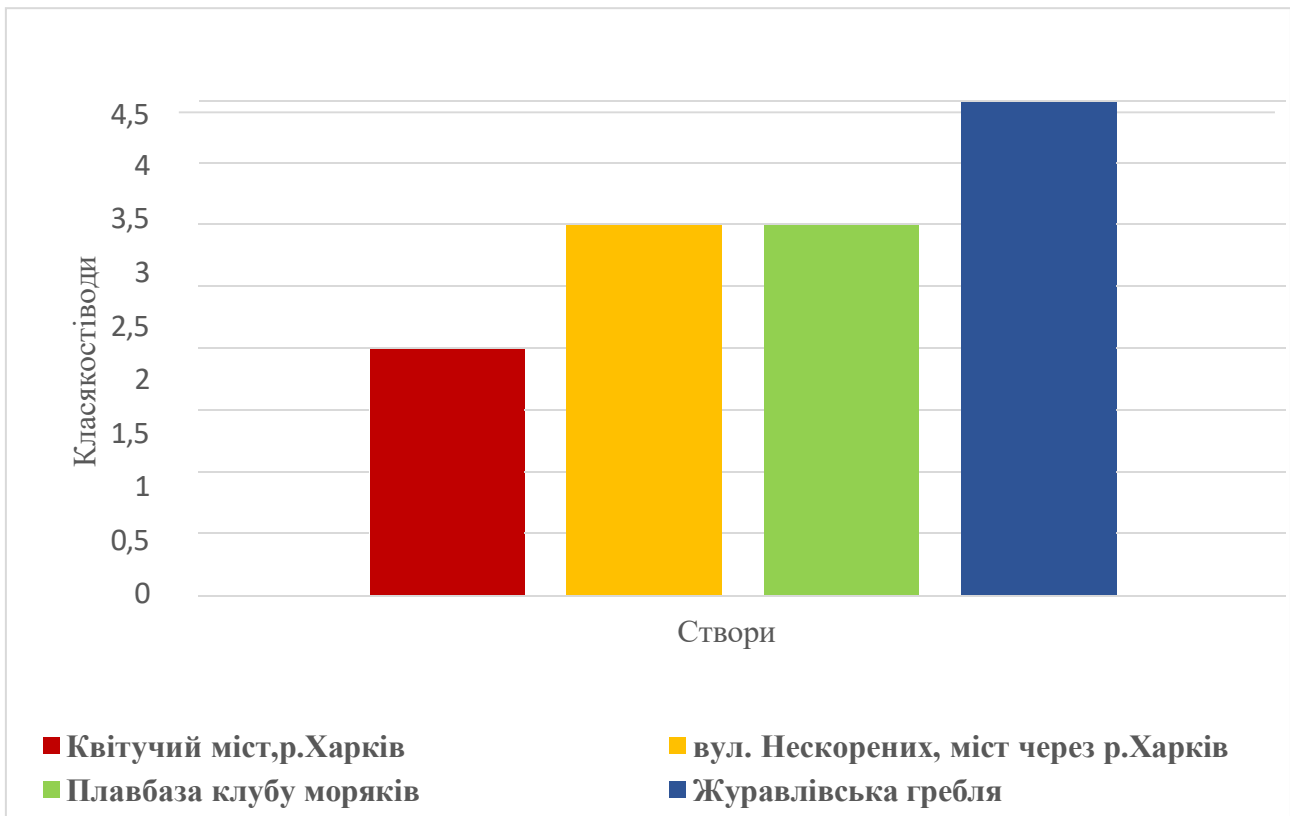


Рис.3.3 - Результати визначення токсичних властивостей зразків поверхневих вод, які було відібрано в межах Журавлівського гідропарку восени 2024 року

В результаті проведених експериментальних досліджень зразків поверхневих вод, які було відібрано з Журавлівської водойми взимку 2025 року (січень) у створі Квітучий міст, Журавлівська водойма було визначено другий клас якості води – вода слабкозабруднена; у інших створах, а саме – плавбаза клубу моряків; вул. Нескорених, міст; Журавлівська гребля було визначено третій клас якості води – вода помірно забруднена.

Тенденція до стабільно незадовільної якості води Журавлівської водойми взимку 2025 року можливо пояснити зменшенням швидкості та інтенсивності протікання хімічних реакцій і процесів самоочищення у досліджуваній водоймі. Така динаміка притаманна практично всім водним об'єктам узимку (рис. 3.4).

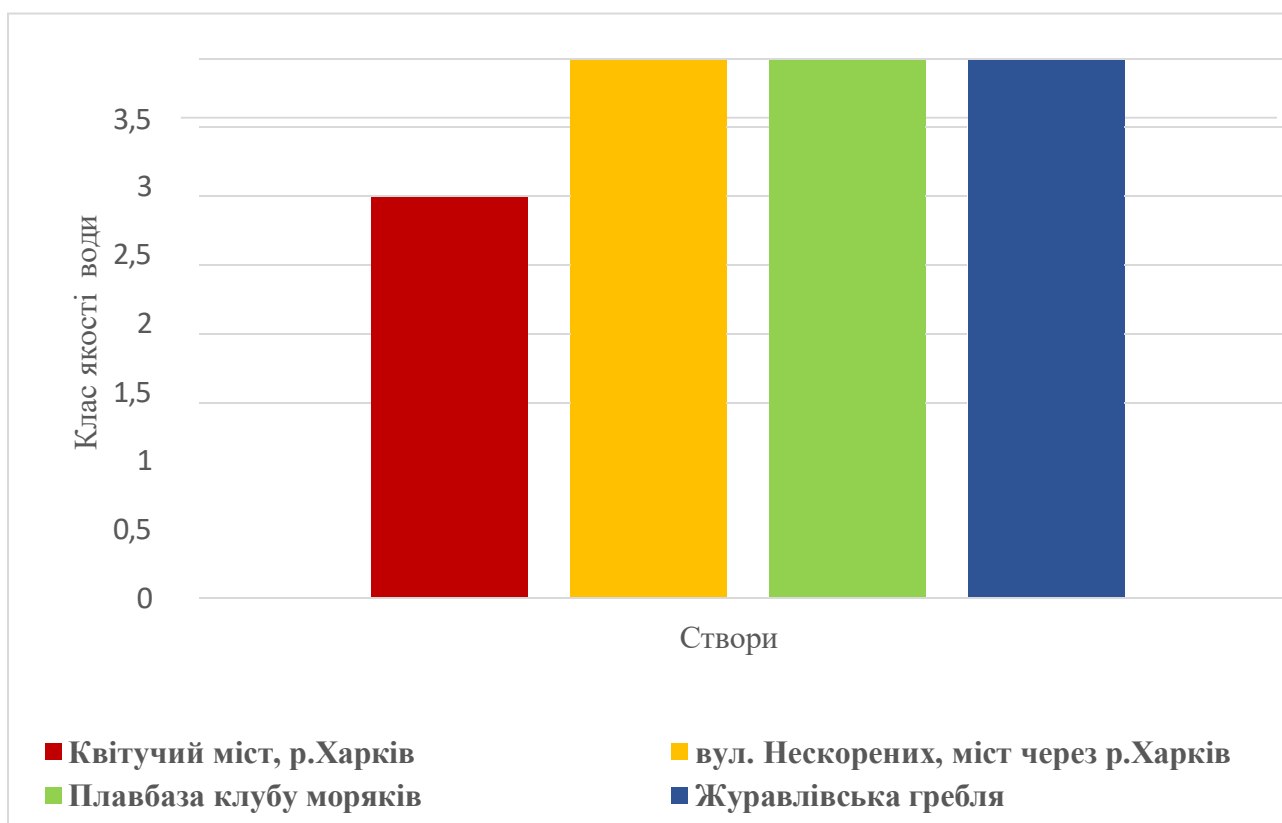


Рис. 3.4 - Результати визначення токсичних властивостей зразків поверхневих вод, які було відібрано в межах Журавлівського гідропарку взимку 2025 року

У зразках поверхневих вод, які було відібрано навесні 2025 року (березень) у всіх створах - вул. Нескорених, міст; плавбаза клубу моряків; Квітучий міст; Журавлівська гребля було визначено другий клас якості води – вода слабо забруднена (рис. 3.5). Така тенденція до покращення якості води пов'язана, на нашу думку, пов'язана із процесами розбавлення води водойми ґрунтовими водами та опадами, що сприяло покращенню якості води. Також слід

відмітити практично без льодовий зимовий та весняний сезони 2025 року, що сприяло насиченню водойми киснем, який сприяє процесам самоочищення води водного об'єкту.

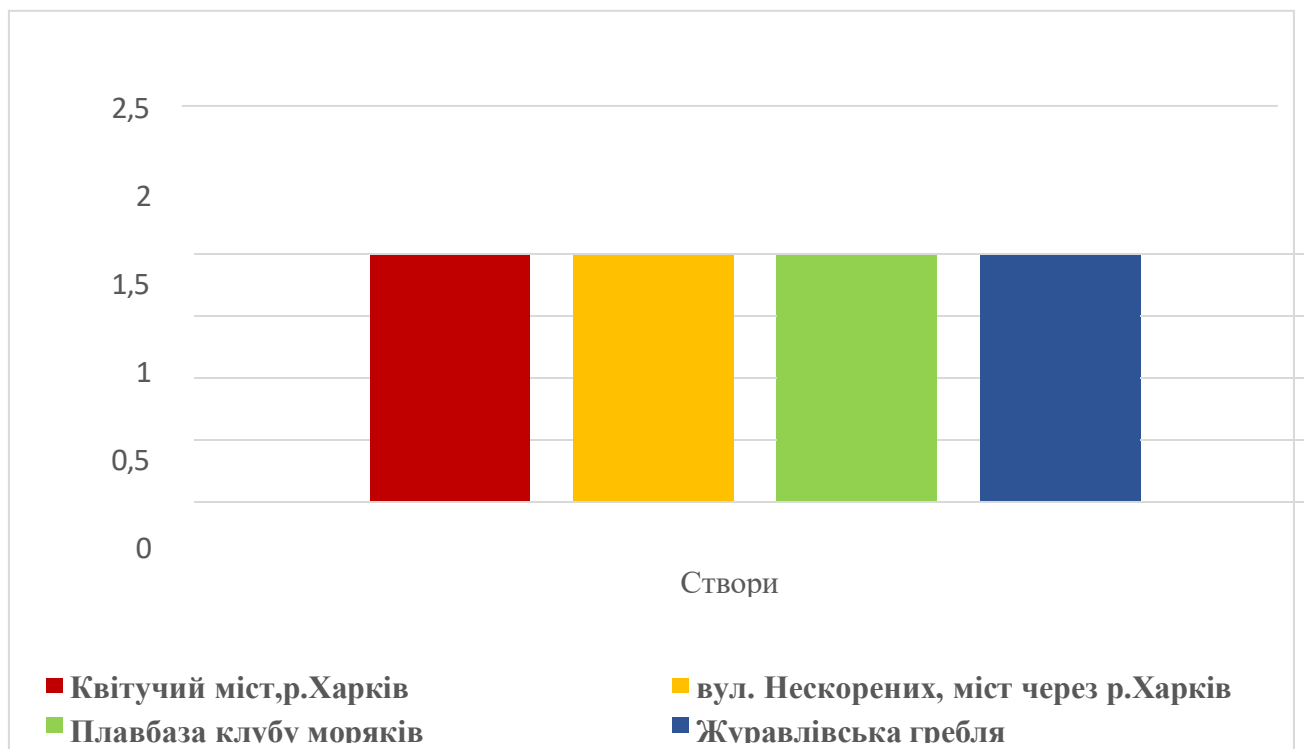


Рис.3.5 - Результати визначення токсичних властивостей зразків поверхневих вод, які було відібрано в межах Журавлівського гідропарку навесні 2025 року

Аналізуючи отримані результати з визначення токсичних властивостей зразків води, які було відібрано з Журавлівської водойми, можна зробити наступні висновки: у всіх 16 зразках води виявлено токсичні властивості - 38% (6 зразків води) другий клас якості води – вода слабо забруднена; 56% (9 зразків води) - третій клас якості води – вода помірно забруднена; 6% (1 зразок води) - четвертий клас якості води- вода брудна.

Найгірша якість води була визначена восени 2024 року, що є наслідком спекотного літа та осені з практично відсутніми опадами та ґрунтовим живленням водойми, що можливо стало причиною підвищення вмісту токсичних хімічних сполук та зниження вмісту розчинного кисню.

Більш прийнятна якість води досліджуваної водойми була визначена навесні 2025 року – в усіх створах другий клас якості води – вода слабо забруднена, що свідчить про найбільш сприятливі умови для водних організмів цього сезону – більш висока водозабезпеченість та без льодовий зимовий та весняний сезони 2025 року, що надало можливість вільного надходження кисню до водойми (рис. 3.6).

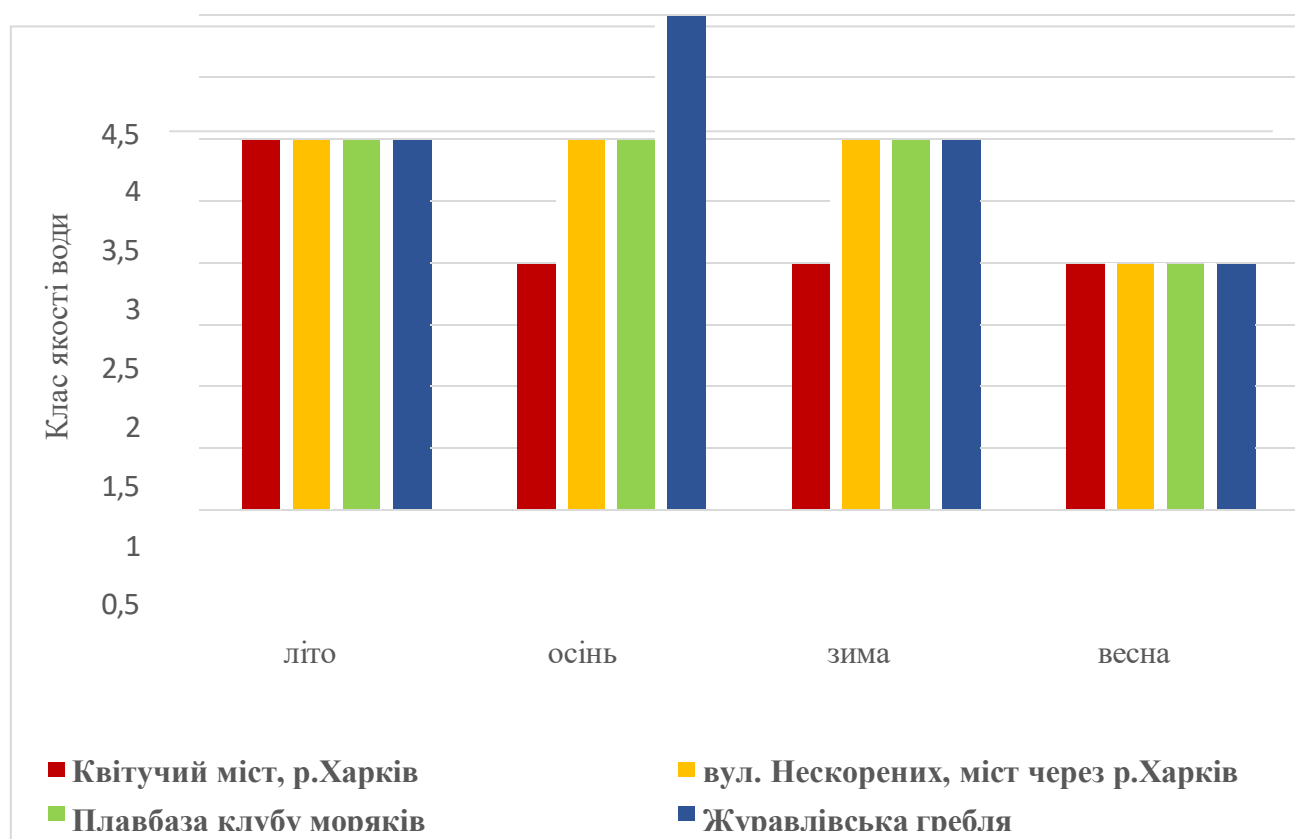


Рис.3.6–Сезонна динаміка змін хронічної токсичності у пробах води, яка була відібрана з Журавлівської водойми

ВИСНОВКИ

1. Журавлівська водойма на річці Харків була утворена шляхом будівництва у 1962 році водопідйомної греблі в районі селища Журавлівка. Водойма була призначена для цілей технічного водопостачання підприємств різних галузей виробництва та рекреації.

2. Основним джерелом можливого забруднення Журавлівської водойми є поверхневий стік з урбанізованих територій та скиди стічних вод підприємствами комунального господарства.

3. Для дослідження токсикологічних властивостей води з даної водойми було здійснено відбір зразків поверхневих вод влітку та восени 2024 року та взимку і навесні 2025 року. Зразки відбирались у 4 створах: Квітучий міст; вул. Нескорених, міст; плавбаза клубу моряків; Журавлівська гребля.

4. Для визначення хронічної токсичності поверхневих вод з Журавлівської водойми було опрацьовано та використано методику біотестування з визначення хронічної токсичності поверхневих вод на ракоподібних *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg, яка ґрунтується на встановленні статистично значимій різниці між виживаністю і плодючістю ракоподібних церіодафній у воді, що аналізується та у воді, в якій ракоподібні церіодафнії культивуються.

5. В результаті проведених еколого-токсикологічних експериментальних досліджень влітку 2024 року, у всіх зразках поверхневих вод, які було відібрано з Журавлівської водойми було визначено токсичні властивості, а саме у створах: вул. Нескорених, міст; Квітучий міст, Журавлівського гідропарку; Журавлівська гребля; плавбаза клубу моряків.

У всіх створах, де були відібрано зразки поверхневих вод, а саме: вул. Нескорених, міст; плавбаза клубу моряків; Квітучий міст; Журавлівська гребля було визначено 3 клас якості поверхневих вод – вода помірно забруднена.

6. В результаті проведених досліджень восени 2024 року у створі Квітучий міст, Журавлівська водойма було визначено другий клас якості води – вода слабо забруднена; у створах плавбаза клубу моряків і вул. Нескорених,

міст було визначено третій клас якості води – вода помірно забруднена, у створі Журавлівська гребля – четвертий клас якості води - вода брудна.

– Експериментальні дослідження зразків поверхневих вод, які було відібрано з Журавлівської водойми взимку 2025 року (січень) у створі Квітучий міст, Журавлівська водойма показали, що визначено другий клас якості води – вода слабо забруднена; у інших створах, а саме - плавбаза клубу моряків; вул. Нескорених, міст; Журавлівська гребля було визначено третій клас якості води - вода помірно забруднена.

Тенденція до стабільно незадовільної якості води Журавлівської водойми взимку 2025 року можливо пояснити зменшенням швидкості та інтенсивності протікання хімічних реакцій і процесів самоочищення у досліджуваній водоймі.

7. У зразках поверхневих вод, які було відібрано навесні 2025 року (березень) у всіх створах - вул. Нескорених, міст; плавбаза клубу моряків; Квітучий міст; Журавлівська гребля було визначено другий клас якості води – вода слабо забруднена. Така тенденція до покращення якості води пов'язана, на нашу думку, пов'язана із процесами розбавлення води водойми ґрунтовими водами та опадами, що сприяло покращенню якості води. Також слід відмітити практично без льодовий зимовий та весняний сезони 2025 року, що сприяло насиченню водойми киснем, який сприяє процесам самоочищення води водного об'єкту.

8. Аналізуючи отримані результати з визначення токсичних властивостей зразків води, які було відібрано з Журавлівської водойми, можна зробити наступні висновки: у всіх 16 зразках води виявлено токсичні властивості - 38% (6 зразків води) другий клас якості води – вода слабо забруднена; 56% (9 зразків води) - третій клас якості води – вода помірно забруднена; 6% (1 зразок води) - четвертий клас якості води - вода брудна.

9. Найгірша якість води була визначена восени 2024 року, що є наслідком спекотного літа та осені з практично відсутніми опадами та ґрунтовим живленням водойми, що можливо стало причиною підвищення вмісту токсичних хімічних сполук та зниження вмісту розчинного кисню.

Більш прийнятна якість води досліджуваної водойми була визначена навесні 2025 року – в усіх створах другий клас якості води – вода слабо забруднена, що свідчить про найбільш сприятливі умови для водних організмів цього сезону – більш висока водозабезпеченість та безльодовий зимовий та весняний сезони 2025 року, що надало можливість вільного надходження кисню до водойми.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Altenburger R., Boedeker W., Faust M., Grimme L.H. Regulations for combined effects of pollutants: Consequences from risk assessment in aquatic toxicology. *Food and Chemical Toxicology*, Vol. 34, Is. 11–12, 1996. pp. 1155-1157. [https://doi.org/10.1016/S0278-6915\(97\)00088-4](https://doi.org/10.1016/S0278-6915(97)00088-4).
2. Belden, J. B., Gilliom, R. J., & Lydy, M. J. How well can we predict the toxicity of pesticide mixtures to aquatic life?. *Integrated environmental assessment and management*, 3(3),2007. pp. 364-372. <https://doi.org/10.1002/ieam.5630030307>
3. Senthil Rathi B., Senthil Kumar P., Dai-Viet N. Critical review on hazardous pollutants in water environment: Occurrence, monitoring, fate, removal technologies and risk assessment. *Science of The Total Environment*, Vol. 797, 2021. pp. 149134. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149134>.
4. Wu, X., Cobbina, S.J., Mao, G. et al. A review of toxicity and mechanisms of individual and mixtures of heavy metals in the environment. *Environ Sci Pollut. Res*, 23, 2016. pp. 8244–8259. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-6333-x>
5. Eom H., Kim S., Oh Sang-Eun Evaluation of joint toxicity of BTEX mixtures using sulfur-oxidizing bacteria. *Journal of Environmental Management*, Vol. 325, 2023. p. 116435. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116435>.
6. Hermens J., Canton H., Janssen P., De Jong R. Quantitative structure-activity relationships and toxicity studies of mixtures of chemicals with anaesthetic potency: A cutele tha land sublethal toxicity to *Daphniamagna*. *Aquatic Toxicology*, Vol.5,Is.2,1984.pp.143-154.[https://doi.org/10.1016/0166-445X\(84\)90005-5](https://doi.org/10.1016/0166-445X(84)90005-5).
7. Beyer J., Petersen K., Song Y., Ruus A., Grung M., Bakke T., Erik Tollefsen K. Environmental risk assessment of combined effects in aquatic ecotoxicology: A discussion paper. *Marine Environmental Research*, Vol. 96, 2014. pp.81-91.<https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2013.10.008>.
8. Könemann H. Fish toxicity tests with mixtures of more than two chemicals: A proposal for a quantitative approach and experimental results. *Toxicology*, Vol. 19,

- Iss. 3, 1981. pp. 229-238. [https://doi.org/10.1016/0300-483X\(81\)90132-3](https://doi.org/10.1016/0300-483X(81)90132-3).
9. Greco W. R., Bravo G., Parsons J. C. The search for synergy: a critical review from a response surface perspective. *Pharmacological Reviews*, Vol. 47, Iss. 2, 1995. pp. 331-385. [https://doi.org/10.1016/S0031-6997\(25\)06847-4](https://doi.org/10.1016/S0031-6997(25)06847-4).
10. Gramatica P., Vighi M., Consolaro F., Todeschini R., Finizio A., Faust M. QSAR approach for the selection of congeneric compounds with a similar toxicological mode of action. *Chemosphere*, Vol. 42, Iss. 8, 2001. pp. 873-883. [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(00\)00180-6](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(00)00180-6).
11. Calamari D., Vighi M. A proposal to define quality objectives for aquatic life for mixtures of chemical substances. *Chemosphere*, Vol. 25, Iss. 4, 1992. pp.531-542. [https://doi.org/10.1016/0045-6535\(92\)90285-Y](https://doi.org/10.1016/0045-6535(92)90285-Y).
12. Backhaus T., Scholze M., Grimme L.H. The single substance and mixture toxicity of quinolones to the bioluminescent bacterium *Vibrio fischeri*. *Aquatic Toxicology*, Vo. 49, Iss.1-2, 2000. pp.49-61. [https://doi.org/10.1016/S0166-445X\(99\)00069-7](https://doi.org/10.1016/S0166-445X(99)00069-7).
13. Wolf W.De., Canton J.H., Deneer J.W., Wegman R.C. C., Hermens J.L.M. Quantitative structure-activity relationships and mixture-toxicity studies of alcohols and chlorohydrocarbons: reproducibility of effects on growth and reproduction of *Daphniamagna*. *Aquatic Toxicology*, Vol.12, Iss. 1,1988. pp.39-49. [https://doi.org/10.1016/0166-445X\(88\)90018-5](https://doi.org/10.1016/0166-445X(88)90018-5).
14. Faust M., Altenburger R., Backhaus T., Blanck H., Boedeker W., Gramatica P., Hamer V., Scholze M., Vighi M., Grimme L.H. Predicting the joint Algal toxicity of multi-components-triazinemix turesatlow-effect concentrations of individual toxicants. *Aquatic Toxicology*, Vo.56,Iss.1,2001. pp.13-32. [https://doi.org/10.1016/S0166-445X\(01\)00187-4](https://doi.org/10.1016/S0166-445X(01)00187-4).
15. Крайнюкова А. М., Крайнюков О. М., & Кривицька І. А. Використання методик біотестування для оцінювання екологічного стану поверхневих вод. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна серія «Екологія»*, (24), 2021. с.103-116. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2021-24-09>

16. Крайнюков О.М. Встановлення нормативів гранично допустимих рівнів токсичності стічних вод на основі застосування конструктивно-географічної методології суб'єкт-об'єктних відносин. *Вісник ХНУ. Сер.: Екологія*. №16, 2017. с. 22-29.
17. Berenbaum Morris C. The expected effect of a combination of agents: the general solution. *Journal of Theoretical Biology*, Vol. 114, Iss. 3, 1985. pp. 413-431. [https://doi.org/10.1016/S0022-5193\(85\)80176-4](https://doi.org/10.1016/S0022-5193(85)80176-4)
18. Berenbaum M. C. What is synergy? *Pharmacological Reviews*, Vol. 41, Iss. 2, 1989. pp. 93-141. [https://doi.org/10.1016/S0031-6997\(25\)00026-2](https://doi.org/10.1016/S0031-6997(25)00026-2)
19. Крайнюков О., Кривицька І., & Найдьонова О. Алгоритм оцінюванню базового набору таксонів задля визначення їх ефективності. *Український журнал природничих наук*, 8, 2024. 252-269. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.8.2024.26>
20. Meriç S., Selçuk H., Belgiorno V. Acute toxicity removal in textile finishing wastewater by Fenton's oxidation, ozone and coagulation–flocculation processes. *Water Research*, Vol. 39, Iss. 6, 2005. pp. 1147-1153. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2004.12.021>.
21. ДСТУ 4174:2003 Якість води. Визначення хронічної токсичності хімічних речовин та води на *Daphnia magna* Straus та *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg (Cladocera, Crustacea) (ISO 10706:2000, MOD). Київ: Держспоживстандарт України, 2004.