

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
магістра на тему
ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ РІЧОК М. ХАРКОВА
ЗА ІНДЕКСОМ ВУДІВІССА

Виконав: студент 2 курсу, групи ДЕ-61
спеціальності : 101 «Екологія»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Автор _____ / Даниил НАУМЕЦЬ
(підпис) (ім'я та прізвище)

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

Рецензент _____ / _____
(підпис) (ім'я та прізвище)

«До захисту допущено»

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

Нормоконтроль _____ / Марина ЩОКІНА
(підпис) (ім'я та прізвище)

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

Харків – 2023 рік

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

Навчально-науковий інститут екології
Кафедра екологічної безпеки та екологічної освіти
Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) магістр
Спеціальність 101 Екологія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____/ проф. Алла НЕКОС
підпис ім'я та прізвище

“ 5 ” травня 2023 року

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

Даниилу НАУМЦЮ

(прізвище, ім'я, по батькові студента)

1. Тема роботи Оцінка екологічного стану річок м. Харкова за індексом Вудівісса

керівник роботи Олексій КРАЙНЮКОВ, доктор географічних наук, професор,
(ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від “25” жовтня 2023 року № 4301-5/3070

2. Строк подання студентом роботи _____ 30 листопада 2023 р.

3. Перелік питань, які потрібно розробити:

1. Опис та огляд наукових публікацій по темі: оцінка екологічного стану річок м. Харкова за індексом Вудівісса.
2. Вивчити загальну характеристику біологічних методів.
3. Оцінити можливості застосування індексу Вудівісса при оцінці якості поверхневих вод.

4. Розрахунок та оцінка екологічного стану вод річок Харків, Лопань, Уди м. Харкова за допомогою індексу Вудівісса.
5. Визначити хронічну токсичність води на ракоподібних *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg та вміст важких металів у пробах води з обраних створів.
6. Дати рекомендації щодо поліпшення стану водойм річок м. Харкова.
7. Зробити висновки.

4. План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи
1	Огляд наукових публікацій за темою
2	Оцінка екологічного стану річок м. Харкова
3	Розрахунки, аналіз, написання роботи

5. Дата видачі завдання 8.06.2023

Студент

підпис

Даниил НАУМЕЦЬ

ім'я і прізвище

Керівник роботи

підпис

проф. Олексій КРАЙНЮКОВ

посада, ім'я і прізвище

АНОТАЦІЯ
ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ РІЧОК М. ХАРКОВА ЗА
ІНДЕКСОМ ВУДІВІСА

Даниил НАУМЕЦЬ

Кваліфікаційна робота «Оцінка екологічного стану річок м. Харкова за індексом Вудівісса» містить 37 сторінок, 4 розділи, 1 таблиця, 10 рисунків, 15 використаних джерел та 1 додаток.

Мета роботи: провести комплексну оцінку екологічного стану створів рр. Харків, Лопань, Уди, що протікають у м. Харків.

Актуальність теми полягає у тому, що за допомогою біологічних методів можна оцінити забрудненість водних об'єктів.

Завдання. Провести натурні дослідження екологічного стану водойм, визначити та проаналізувати їх ступінь забруднення за індексом Вудівісса.

Методи. Робота включає аналітичний, порівняльний, методологічний та практичний методи дослідження.

Результати. За допомогою навчально – дослідної лабораторії аналітичних екологічних досліджень було проведено хімічний аналіз, а саме за органолептичними показниками, мінералізацією та вмісту важких металів. За результатами було визначено незначні перевищення хлоридів в 1,5 рази у всіх трьох річках м. Харкова, а вміст важких металів не перевищував фонових значень. Згідно розрахунку індексу Вудівісса визначено, що дві річки Харків та Уди мають 3 клас забрудненості, а Лопань 2 клас (чиста водойма).

ІНДЕКС ВУДІВІССА, ВОДНІ ОБ'ЄКТИ, МАКРОЗООБЕНТОС, РІЧКИ,
МІСТО ХАРКІВ, БІОЛОГІЧНІ МЕТОДИ

ABSTRACT

ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL STATE OF THE RIVERS OF M. KHARKIV ACCORDING TO THE WOODIVIS INDEX

Danyyl NAUMETS

The qualification work "Assessment of the ecological state of Kharkiv rivers according to the Woodyviss index" contains 37 pages, 4 chapters, 1 table, 10 figures, 15 used sources and 1 appendices.

The purpose of the work: to carry out a comprehensive a assessment of the ecological state of the Kharkiv, Lopan, and Udy rivers flowing through the city of Kharkiv.

The relevance of the topic lies in the fact that with the help of biological methods it is possible to assess the pollution of water bodies.

Task. Conduct field studies of the ecological state of water bodies, determine and analyze their degree of pollution according to the Woodyviss index.

Methods. The work includes analytical, comparative, methodological and practical research methods.

The results. With the help of the educational and experimental laboratory of analytical ecological research, a chemical analysis was carried out, namely according to organoleptic indicators, mineralization and the content of heavy metals. According to the results, insignificant excesses of chlorides by 1.5 times were determined in all three rivers of the city of Kharkiv, and the content of heavy metals did not exceed the background values. According to the calculation of the Woodivissa index, it was determined that the two rivers Kharkiv and Udy have pollution class 3, and Lopan is class 2 (clean reservoir).

WOODIVISS INDEX, WATER BODIES, MACROZOOBENTOS, RIVERS,
CITY OF KHARKIV, BIOLOGICAL METHODS

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВИХ ПУБЛІКАЦІЙ БІОЛОГІЧНИХ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ВОДНИХ ОБ’ЄКТІВ	10
1.1. Інноваційні підходи та технології у сфері біоіндикації	12
1.2. Важливість біологічних методів	12
РОЗДІЛ 2 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА БІОІНДИКАЦІЇ	14
2.1. Класи якості поверхневих вод	15
2.2. Охорона поверхневих вод	17
2.3. Методи біоіндикації	18
РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ АНАЛІЗУ ТА ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ РІЧОК М. ХАРКІВ ЗА ІНДЕКСОМ ВУДІВІССА	20
3.1. Завдання та хід проведення експериментальної роботи	20
3.2. Опис місць відбору гідробіологічних проб у м. Харків	21
3.3. Аналіз отриманих результатів	23
3.4. Лабораторний аналіз води та визначення її хронічної токсичності	25
РОЗДІЛ 4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПОЛІПШЕННЯ СТАНУ РІЧОК М. ХАРКОВА	29
4.1. Рекомендації по очищенню вод рр. Харків, Лопань та Уди	29
ВИСНОВКИ	32
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	34
ДОДАТКИ	36

ВСТУП

У сучасному світі, проблеми, пов'язані із забезпеченням високої якості водних екосистем, стають дедалі більш актуальними внаслідок неперервного розвитку господарської діяльності та вичерпання невідновлюваних водних ресурсів. Невідповідальне використання цих ресурсів та викидання забруднюючих речовин призводять до серйозного порушення природних процесів у водоймах. Це, в свою чергу, загрожує формуванню та нормальному функціонуванню різних організмів, що мешкають у водоймах. Господарська діяльність сучасного суспільства внесла суттєві зміни в природні екосистеми, порушивши природну рівновагу і ставши фактором, який спричинює негативні зміни у екологічному ландшафті водних об'єктів. Надмірний антропогенний тиск призводить до зменшення само регуляційних можливостей водних екосистем, що ускладнює процеси очищення води від антропогенних забруднювачів і становить загрозу екологічній рівновазі [1].

Під впливом людської діяльності природна очисна здатність водних об'єктів зменшується, спостерігається погіршення якості води та скорочення водного біорізноманіття. З цієї причини для комплексної оцінки безпеки водних екосистем, яка враховує як природні, так і антропогенні чинники, використовують методи біоіндикації. Використання біоіндикаційної оцінки дозволяє враховувати вплив різних забруднювачів та їх взаємодію, а також виявляти зміни в найбільш чутливих елементах біотичного населення на ранній стадії. Крім того, цей підхід допомагає прогнозувати потенційні наслідки довгострокових і поточних впливів на водну екосистему в цілому.

Використання макробезхребетних як індикаторів для оцінки природної та антропогенної безпеки водних екосистем обумовлено їхньою високою чутливістю до змін у навколишньому середовищі. Ці водні організми реагують на різноманітні фізичні та хімічні параметри, такі як рівень кисню, реакція води та концентрація розчинених речовин. Такий підхід дозволяє точно визначити ступінь впливу антропогенних факторів на водні біотопи.

Ключові характеристики макробезхребетних, такі як різноманіття видів та їхня чисельність, стають важливими показниками для оцінки стану водних систем. Високий рівень видового різноманіття свідчить про стабільність екосистеми, тоді як зниження цих параметрів може бути індикатором негативного впливу людської діяльності.

Для отримання більш глибокого розуміння впливу людської діяльності на навколишнє середовище, можна розглядати взаємодію між забруднювачами та макрозоопланктоном на різних етапах їхнього життєвого циклу. Наприклад, вивчення метаболічної трансформації та накопичення забруднювачів у тканинах макрозоопланктону може надати важливу інформацію про рівні токсичності та потенційний вплив на вищі трофічні рівні водних екосистем. Загалом використання макрозоопланктону в біоіндикаційних методах вважається обґрунтованим та перспективним напрямком для оцінки стану водних ресурсів та впровадження заходів з охорони довкілля [2].

Отже, проблема нашого дослідження виникає з об'єктивних вимог та необхідності використання біоіндикаційних методів для оцінки природної та антропогенної безпеки водних екосистем. Застосування цього підходу дозволяє виявляти зміни найбільш чутливих компонентів біотичної популяції на ранніх стадіях, спричинені впливом забруднювачів, та оцінювати потенційний вплив тривалого впливу на всю водну екосистему.

Актуальність теми полягає в тому, коли дана методика дозволяє оцінювати наслідки постійного і тимчасового забруднення. Зокрема, біологічні методи дають можливість визначити здатність та їх інтенсивність у процесах самоочищення водоймища після впливу забруднювача. Оцінка якості води за допомогою біологічних методів, що базуються на біологічних особливостях видів та показниках структури біоти водойми, активно застосовується здебільшого з другої половини XX століття. На сьогодні ці методи вже завоювали широку популярність і продовжують стрімко розвиватися.

Тема кваліфікаційної роботи – Оцінка екологічного стану річок м. Харкова за індексом Вудівісса.

Мета роботи – провести комплексну оцінку екологічного стану створів рр. Харків, Лопань, Уди, що протікають у м. Харків.

Завдання. Зробити огляд наукової літератури по темі: «Оцінка екологічного стану річок м. Харкова за індексом Вудівісса», вивчити загальну характеристику біологічних методів, надати характеристику можливих джерел забруднення річок, експериментально розрахувати екологічний стан вод річок м. Харкова, визначити хронічну токсичність води на ракоподібних, а також вмісту важких металів, розробити рекомендації покращення стану водойм, підвести висновки.

Об'єкт дослідження – вода водних об'єктів м. Харків.

Предмет дослідження – якість води водних об'єктів м. Харків.

Методи дослідження. Робота включає як теоретичні так і експериментальні методи дослідження.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВИХ ПУБЛІКАЦІЙ БІОЛОГІЧНИХ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ

До цього часу значна кількість досліджень була приурочена до розробки та впровадження біологічних методів для оцінки якості водних об'єктів. Дослідники досліджують різні аспекти, такі як використання різних біомів, таких як водорості, бентосні безхребетні, риби та інші біологічні показники стану водних екосистем.

Біологічні методи, зокрема біоіндикатори, представляють собою важливі інструменти вивчення водних екосистем, використовуючи організми як індикатори забруднення, що надають інформацію про стан довкілля та екосистеми.

Біоіндикація - це метод вивчення стану природних середовищ, зокрема водойм, за допомогою біоіндикаторів. Організми виступають як індикатори ступеня забруднення та загрози екосистемам. Різні види організмів, такі як водорості, бактерії, рослини і тварини, використовуються для визначення різних аспектів забруднення і стану водних систем.

Аналізуються переваги та обмеження біологічних методів при вивченні водних екосистем, а також визначається ефективність цих методів та їхній внесок у науку і практику охорони довкілля.

Використання біологічних методів є важливою частиною сучасних досліджень для отримання вичерпної інформації про стан водних екосистем, їх вплив на антропогенну діяльність та екологічну стійкість.

Відповідно до аналізів, проведених нашими колегами з Національного університету цивільного захисту України, дослідження якості води за екологічними нормами у водних об'єктах басейну річки Харків вказують на різний стан всіх водних об'єктів і різні класи якості забрудненої води. Ці результати підкреслюють важливість використання біологічних індикаторів у

комплексному аналізі впливу антропогенної діяльності на водні екосистеми та розробці стратегій захисту їх природних цінностей [3].

Біоіндикатори, що становлять елемент біологічного методу, ґрунтуються на специфічних реакціях організмів на зміни в навколишньому середовищі. Ці реакції біоти на забруднення надають об'єктивні дані про стан довкілля. Біоіндикатори є специфічним інструментом для кількісної оцінки ступеня забруднення. Для порівняння чистих і забруднених водойм використовуються різні критерії, такі як біомаса та видове різноманіття. Істотною перевагою біологічних методів є їхня здатність виявляти кумулятивний ефект забруднення та динаміку змін у водних екосистемах з плином часу. Крім того, вони можуть відтворювати взаємозв'язки між різними компонентами екосистеми, що сприяє кращому розумінню її функціонування.

Один із ключових компонентів біологічних методів - це аналіз донних організмів. Бентосні організми представляють собою водне середовище, що покриває дно водойми і включає в себе різноманітні організми, такі як макробезхребетні та водорості. Вивчення складу і чисельності бентосних організмів може надати важливі відомості про екологічний стан водойми та зміни в її навколишньому середовищі. Загальний огляд біологічних методів дослідження водних екосистем створює основу для подальших наукових висновків, а також розглядається конкретність застосування цих методів для вивчення річок Харкова.

Біологічні методи дозволяють науковцям та екологам оцінювати вплив антропогенного фактора на водні екосистеми, виявляти джерела забруднення, поліпшувати якість води та розробляти заходи для захисту природного біорізноманіття. Використання різних видів біоіндикаторів, таких як макробезхребетні, водорості та мікроорганізми, може забезпечити вичерпну та детальну інформацію про стан водних екосистем. Наприклад, зміни у складі або чисельності макробезхребетних можуть свідчити про стабілізацію або деградацію водного середовища. Біоіндикатори також можна використовувати для

дослідження екологічного стану водойм, виявлення джерел забруднення та розробки заходів для відновлення екологічної рівноваги.

1.1. Інноваційні підходи та технології у сфері біоіндикації

Прогрес у розвитку біоіндикації визначається значними досягненнями в молекулярно-генетичних методах, спрямованих на поліпшення точності та глибини аналізу водних екосистем. Інновації включають в себе використання штрих-кодів ДНК та метагеномного секвенування, що дозволяє ідентифікувати види та проводити кількісний аналіз біоти водних екосистем.

Метод ДНК-штрихкодів ґрунтується на використанні коротких фрагментів ДНК для унікальної ідентифікації видів, забезпечуючи швидкі та точні результати та спрощуючи визначення видового складу. Секвенування дозволяє аналізувати як весь генетичний матеріал у водних зразках, визначаючи функціональне генетичне різноманіття та видовий склад [4].

Ще однією важливою інновацією є використання дистанційного зондування, що дозволяють відстежувати динаміку екосистем на великих територіях [5]. Ці методи допомагають виявляти потенційно забруднені ділянки, що важливо для оперативного управління ресурсами та екологічної безпеки. Використання таких підходів надає об'єктивні дані про стан водних екологічних систем, що виявляється ключовим для ефективного моніторингу та управління водними ресурсами.

1.2. Важливість біологічних методів

Біологічні методи, зокрема біоіндикатори, відіграють ключову роль у передбаченні та управлінні водними екосистемами. Вони дозволяють не лише оцінити поточний стан водних об'єктів, але і прогнозувати можливі зміни під впливом антропогенних та природних факторів. Ці методи інтегративні, здатні

враховувати різні аспекти екосистеми та реагувати на зміни у її складності. Ця інтегративність робить їх важливим інструментом у розробці стратегій управління для захисту та відновлення водних ресурсів.

Використання біологічних методів має важливе значення, оскільки вони враховують екологічні та соціально-економічні фактори. Це дозволяє розглядати ресурси води як компоненти екосистеми, яка взаємодіє з суспільством. Застосування біологічних методів для передбачення та управління забезпечує стаке використання водних ресурсів, враховуючи екологічні та соціально-економічні вимоги. Такий підхід визначає біологічні методи як основу для розробки ефективних стратегій сталого управління водними екосистемами та сприяє збереженню природних ресурсів для майбутніх поколінь [6].

Існують важливі результати наукових досліджень у галузі біоіндикаторів для водних екосистем, але вони також викликають ряд невирішених питань. Серед них - стандартизація методів біоіндикації та інтеграція різних видів, а також врахування різних динамічних аспектів, зокрема в екосистемах. Наше дослідження спрямоване на вирішення цих питань з метою поліпшення точності та застосовності біологічних методів у оцінці водних об'єктів. Важливим є комплексне використання біологічних та хімічних методів, яке гарантує достовірну оцінку якості води у водних об'єктах.

РОЗДІЛ 2

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА БІОІНДИКАЦІЇ

Біоіндикація – це важливий інструмент у сфері екології, який використовує організми як індикатори для визначення якості середовища. Цей метод став необхідністю в умовах зростаючого антропогенного впливу та екологічних проблем. У цьому есе розглянемо загальні принципи та основні характеристики біоіндикації, обговоримо її важливість та застосування в сучасному світі.

Основні принципи біоіндикації. Біоіндикація ґрунтується на реакціях живих організмів на зміни в навколишньому середовищі. Організми реагують на забруднення, кліматичні зміни та інші фактори, що можуть впливати на екосистему. Біоіндикатори можуть бути рослинами, тваринами або мікроорганізмами, і їх зміни вказують на певні аспекти стану навколишнього середовища.

Різноманіття біоіндикаторів. Однією з ключових особливостей біоіндикації є різноманіття використовуваних організмів. Від водоростей та бактерій до вищих тварин, біоіндикатори представляють різні екологічні рівні. Це дозволяє отримати комплексну картину стану довкілля та екосистеми.

Визначення екологічного стану. Біоіндикація дозволяє визначати якість навколишнього середовища. Зміни в показниках, таких як розмноження, ріст, чутливість до забруднень, служать показниками стабільності або деградації екосистеми. Це допомагає вчасно виявляти проблеми та розробляти стратегії їх вирішення.

Застосування в біологічних дослідженнях. Біоіндикація стала невід'ємною частиною біологічних досліджень. Вона використовується для вивчення водних та наземних екосистем, моніторингу кліматичних змін, а також для прогнозування впливу антропогенних факторів на біорізноманіття.

Біоіндикація та антропогенний вплив. Основна вагома перевага біоіндикації полягає в її здатності виявляти антропогенний вплив. Зміни в показниках

біоіндикаторів можуть свідчити про забруднення відпрацьованими речовинами, викидами промисловості та іншими антропогенними факторами.

2.1. Класи якості поверхневих вод

Поверхневі води відіграють важливу роль у підтримці життєдіяльності людини та екосистем. Якість поверхневих вод визначається багатьма факторами, включаючи фізичні, хімічні та біологічні параметри. Для оцінки якості поверхневих вод використовуються різні класифікації.

Різні показники екологічної класифікації поверхневих вод включають в себе, як біологічні, фізико-хімічні так і хімічні показники.

Біологічні показники включають водні біологічні, як біохімічні, бактеріологічні так і токсикологічні властивості.

Перелік фізико-хімічних результатів показує лише загальні показники хімічного складу та їх властивостей поверхневих вод, що характеризуються, як звичайні компоненти, притаманні екосистемам, концентрації яких можуть змінюватися під впливом людських факторів, та токсичні речовини, що мають більш поширений вид у поверхневих водах нашої країни і можуть впливати на біосферу також включені показники радіологічних забруднювачів [7].

До того, різний екологічний стан вод оцінюється за показниками порушення гідрологічних характеристик водного об'єкта.

Систематика еко класифікації якості поверхневих вод суходолу та вододілу в Україні надає дві підкатегорії: класифікація за біо показниками та класифікація за фізико-хімічними показниками.

1. Класифікація за біологічними показниками:

Біологічні екологічні (еколого-гігієнічні) показники завжди повинні бути включені в екологічну оцінку якості поверхневих вод суші та естуаріїв в Україні. Ці показники можуть включати як стан фітопланктону, так і стан макроводоростей і рослинної придонної фауни, стан і чисельність придонної безхребетної фауни, а також склад і чисельність іхтіофауни.

2. Класифікація за фізико-хімічними показниками:

Класифікація таких якостей поверхневих вод суші та вододілу за мінералізацією включає 3 класи та 7 переліків якості води. Фізичний стан забруднення води спричиняє зміни її фізичних властивостей, таких як прозорість, вміст зважених речовин та інших недорозчинних домішок, радіоактивність і температура.

Природна класифікація якостей води за біологічними критеріями включає наступні показники:

а. Водні біологічні:

– Структурні показники можливих окремих груп - наприклад, чисельність, біомаса, кількість видів, індекс Шеннона, структурний індекс.

– Трофічні показники - біомаса фітопланктону, концентрація хлорофілу-а, 1 продукція.

– Біоіндикаційна оцінка - сапробні індекси за системами Пантла-Букка та Гуднайта-Уітлі, біоіндикатори.

б. Біохімічні показники: індекс AR (самоочищення/самозабруднення), сама здатність води до самоочищення, активність ферментів позаклітинної оксидоредуктази в осаді.

с. Бактеріологічні тести: загальне бактеріопланктонне число, кількість гнильних бактерій, коліформи (колі-індекс).

д. Біотести - біотести на ракоподібних, а також біотест Кнеппа.

Всі професійні системи оцінки екологічного переліку якості поверхневих вод ґрунтуються на однакових принципах. Базовими ознаками якості води є специфічні гідрологічні, гідрохімічні, водні біологічні та інші показники. Інтегровані кількісні показники, що базуються на інтеграції елементарних показників якості води, є узагальненими показниками якості води. На основі простих та узагальнених показників визначають класи, категорії, індекси, індекси якості води, корозійні зони та трофічні рівні. Визначені на основі цих показників класи та категорії якості води характеризують стан природи та ступінь людського забруднення поверхневих вод суші та інших ділянок України [8].

Якість поверхневості вод поділяється на п'ять головних класів:

- Клас I: Клас I: якість води, яку можна використовувати, як питну без очищення. Рівень забруднення низький.
- Клас II: Якість води добра і потребує мінімального очищення, перш ніж її можна буде використовувати як питну. Рівень забруднення помірний.
- Клас III: Середньої якості вода, що потребує значного очищення, перш ніж її можна буде використовувати як питну. Рівень забруднення високий.
- Клас IV: Водойми дуже низької якості, що категорично не можна використовувати як питну воду. Дуже високий рівень вона має забруднення.
- Клас V: Водойми непридатні для використання. Надзвичайно високий рівень забруднення.

2.2. Охорона поверхневих вод

Охорона поверхні вод в Україні є достаньо важливою частиною екологічної політики держави. Вона включає комплекс заходів, спрямованих на запобігання, обмеження та ліквідацію наслідків забруднення, засмічення та вичерпання вод, спричинених антропогенним впливом.

Основними заходами з охорони поверхневих вод є:

1. Впровадження систем оборотного водопостачання та водовідведення (з повним циклом очищення стічних вод).
2. Розробка та впровадження науково обґрунтованих норм поливу.
3. Заміна водяного охолодження агрегатів на повітряне.
4. Зменшення частки водоемних галузей у структурі економіки України.

Агентство ресурсів води є першою організацією в Україні, яка публікує екологічні дані відповідно до найкращих міжнародних практик. Публікуються дані моніторингу поверхневих вод за 17 ключовими показниками з майже 500 водозбірних пунктів на річках у всіх прилеглих річкових басейнах України.

Органи, як виконавчої влади та органи місцевого самоврядування в межах своїх повноважень забезпечують виконання країною санітарне та екологічне законодавство, правил додержання тиші в житлових і громадських місцях та

інших нормативно-правових актів у напрямку захисту населення від небезпечного шуму, неіонізуючого випромінювання та інших фізичних факторів таким чином, щоб забезпечити їх додержання громадянами, а також керівниками та працівниками підприємств, установ і організацій усіх форм власності.

Більш переважним аспектом захисту поверхневих вод є розроблення та впровадження ефективних методів очищення води. Це включає використання всіх фізичних, хімічних та біологічних методів очистки води.

Фізичні методи включають фільтрацію, відстоювання та інші процеси для видалення певних твердих частинок. Хімічні методи передбачають певні використання хімічних речовин для нейтралізації шкідливих речовин. Біологічні методики передбачають використання мікро організмів для розщеплення органічних речовин.

Крім того, визначною частиною захисту поверхневих вод є освіта та участь громадян. Сюди входять інформаційні кампанії, спрямовані на певну обізнаність громадськості і важливість охорони вод та залучення громадськості до водоохоронної діяльності.

Всі ці рекомендовані заходи спрямовані власне на забезпечення сталого використання водних ресурсів, збереження біорізноманіття та здоров'я людей і екосистем [9].

2.3. Методи біоіндикації

Однією з найбільш розповсюджених систем біологічних індикаторів є сапробна система та індикатори Майєра, Вудівісса, Олігоцета та Зелінк-Марвана. Основні концепції біологічної нотації були вперше сформульовані на початку 20-го століття, коли вперше визначено поняття сапробності. З того часу сапробна система еволюціонувала за допомогою кількісних показників (Г. Пантле та Г. Бук), введенням концепції валентної спробної за Зелінкем та Марванем, а також розширенням переліку індикаторних організмів (Г. Лібман та В. Сладечек).

Залежно від рівня органічного забруднення водного об'єкта виділяють різні ротиферні зони: поліротиферну, мезоротиферну, олігоротиферну та ксеноротиферну.

- Метод Пантле-Букка, модифікований Сладечеком, що є універсальним способом визначення еродованості водного об'єкта шляхом визначення наявності у ньому певних (планктонних, придонних або перифітонних) видів організмів.
- Найпростіший спосіб оцінити якість води різних типів водойм з різним ступенем забруднення - розрахувати біоіндикатор Майєра. Цей метод дозволяє оцінити екологічний стан водного середовища.
- Індекс Вудівісса використовується для оцінки якості водних об'єктів за структурними характеристиками репрезентативних фауністичних плазунів. Індикатор враховує різноманітність видів-індикаторів і дозволяє оцінити екологічний стан водного середовища.
- Індекс олігохет Гуднайта-Уітлі - це відсоток олігохет у загальній кількості фауни бентосу. Діапазон вимірювання – 0-100%. Значення індексу пропорційне ступеню забруднення; чим вищий індекс, тим сильніше забруднення.
- Олігохетний індекс Пареле визначається, як співвідношення чисельності олігохет родини тубіфіцид до загальної чисельності всіх олігохет у дослідженому водному середовищі [10].

У цьому розділі розглянуті різні методи біологічних індикаторів для оцінки ступеня забруднення води, такі як системи сапробності та індикатори, включаючи індекс Вудівісса, Майєра та інші індекси.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ АНАЛІЗУ ТА ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ РІЧОК М. ХАРКІВ ЗА ІНДЕКСОМ ВУДІВІССА

Порівняно з водними макро водоростями, різноманіття безхребетних, що населяють водні середовища, значно більше, і їх використання як біоіндикаторів детально розглядається. Однак, оскільки різні види виявляють різні вимоги до умов оточуючого середовища, більшість методів базується на використанні характеристик окремих видів для аналізу.

Серед найпростіших, універсальних і широко використовуваних методів є індекс Вудівісса. Цей метод використовує великі форми безхребетних у донних відкладах і водних рослинних угрупованнях, які, в основному, можна спостерігати неозброєним оком. Важливо зауважити, що цей метод може лише приблизно оцінити екологічний стан та якість води в водоймі [9].

3.1. Завдання та хід проведення експериментальної роботи

Для здійснення відбору гідробіологічних проб ми використовували наступне обладнання та матеріали:

1. Підсака з нейлону для збору зразка з тестової зони.
2. Нейлонове сито для ретельного очищення зібраного матеріалу.
3. Пластикове відро для промивання зразків з метою видалення водної рослинності, сміття та мулу.
4. Контейнер з широким горлом для зберігання зібраних зразків.
5. Клейка стрічка для стікерів контейнера по відбору зразків.

Для того, щоб оцінити стан водойми, необхідно: визначити індикаторні групи організмів зустрічаються у водоймі. Їх починають з найчутливіших до забруднення груп організмів у тому порядку, як вони розташовані в таблиці зверху до низу. Якщо в досліджуваній водоймі присутні личинки веснянок, працюйте з першим або другим рядком таблиці, ігноруючи інші рядки. Якщо у

пробі виявлено кілька видів піденцин, використовуйте перший рядок таблиці або другий рядок, якщо присутній лише один вид. Якщо у зразку не виявлено жодного виду підгризаючих мух, шукайте личинок підгризаючих мух. Якщо личинки піденних совок присутні, розгляньте рядки 3 і 4 таблиці відповідно, залежно від кількості цих видів безхребетних, і проігноруйте інші [11]. Якщо їх немає, шукайте личинок підгризаючих совок.

2. Наступним кроком є оцінка різноманітності бентосних організмів у водоймі, для цього визначається кількостідонних груп у зразку.

3. Перетин рядків і стовпців таблиці дає значення біологічного індексу.

Таблиця 3.1

Таблиця для визначення індексу Вудівісса

Індикаторні групи та організми	Кількість видів - індикаторів	Загальна кількість груп макробезхребетних				
		0	102	5-6	10-11	>16
Личинки веснянок <i>Plecoptera</i>	>1 виду	-	7	8	9	10
	1 вид	-	6	7	8	9
Личинки одноденок <i>Ephemeroptera</i>	>1 виду	-	6	7	8	9
	1 вид	-	5	6	7	8
Личинки водо крилець <i>Trichoptera</i>	>1 виду	-	5	6	7	8
	1 вид	4	4	5	6	7
Бокоплати, рід <i>Gammarus</i>	Усі відсутні	3	4	5	6	7
Рівноногі раки <i>Asellus aquaticus</i>	Усі відсутні	2	3	4	5	6
Трубочник (<i>Tubifex</i>) або личинки комарів (<i>Chironomidae</i>)	Усі відсутні	1	2	3	4	-
Усі групи відсутні	Деякі присутні	0	1	2	-	-

3.2. Опис місць відбору гідробіологічних проб у м. Харків

Для виконання роботи нами було обрано шість створів досліджень, для річки Харків 1 та 2, річка Лопань 3-4, річка Уди 5-6, котрі розміщуються на

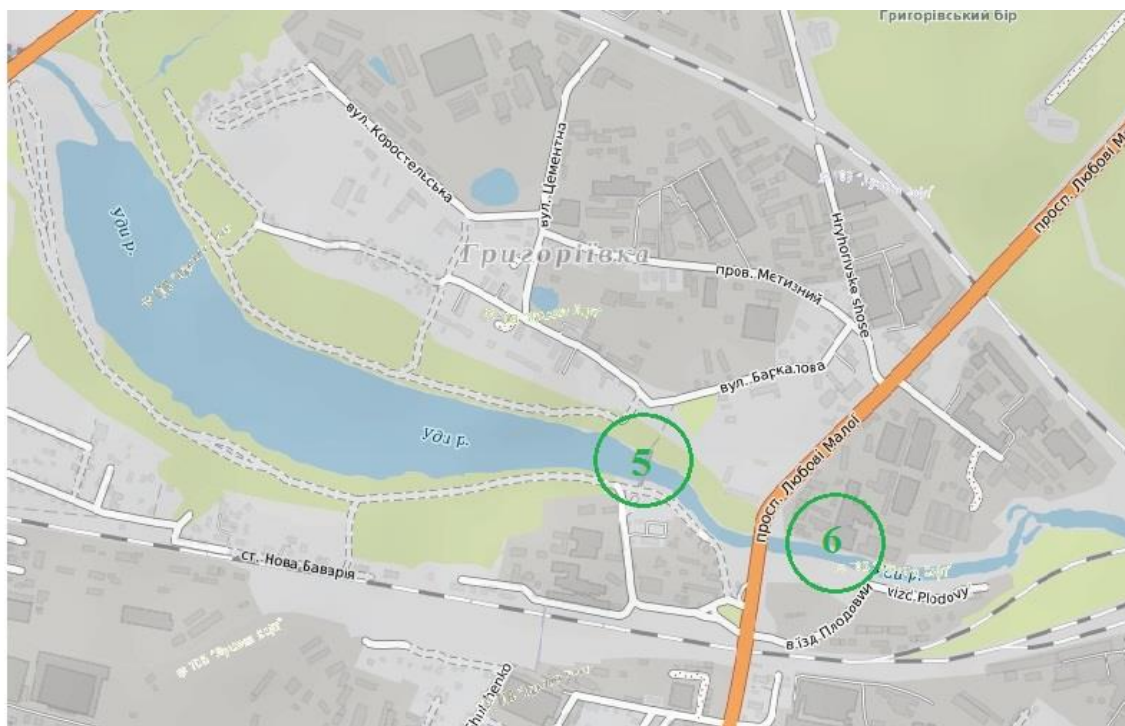


Рис. 3.2 – Місце відбору проб річки Уди

Зразки відбирали з поверхні дна ставка за допомогою підсаки (Додаток 1). Вміст переносили на сито і ретельно промивали водою, щоб видалити залишки ґрунту. У лабораторії бентосні організми були відсортовані та відібрані у спеціальні контейнери. Виявлені організми переносили в чашки Петрі для філогенетичної ідентифікації. Для більш детального визначення філогенетичного положення тварин за ними уважно спостерігали в бінокль, використовуючи наступні ідентифікатори [8].

3.3. Аналіз отриманих результатів

Здійснивши відбір водних біологічних зразків на визначених ділянках річок Харків, Лопань і Уди, було проведено аналіз їхнього вмісту та визначено таксономічні групи безхребетних донних організмів, можемо детально проаналізувати отримані результати.

На місцях відбору проб р. Харків знайдено 7 видів макробезхребетних: 1 вид личинок одноденок – Одноденка звичайна; 1 вид двостулкових моллюсків – Перлівниця звичайна; 1 вид личинок Бабки справжньої; 1 вид моллюск

Живородки; 2 види черевоногих молюсків Ставковик великий, Котушка закручена; 1 вид твердокрилих Жук плавунець.

Разом вони складають 6 груп. Отже, слід шукати значення індексу в стовпчику «6 – 10» (Усього знайдено груп). Далі встановлюємо горизонталь. Ключовою в нашому випадку є група одноденок (1 вид) – тому за відсутністю групи веснянок ця група є найвищою в таблиці за своїм положенням. З двох рядків що відповідають групі одноденок ми обираємо той що відповідає одному виду. На перетині рядка (одноденки 1 – вид) стовпчика «6 – 10» знаходимо значення індексу ТВІ, він дорівнює 6 балам.

Отже, значення біотичного індексу співставне з уживаними в Україні класами якості води [12]. Тому можна заявити що вода у річці Харків, належить до III класу – забруднена, в – мезо сапробна, на картах позначається жовтим кольором.

На місцях відбору проб р. Лопань знайдено 8 видів макробезхребетних:

1 вид личинок веснянок; 1 вид двостулкових молюсків – Перлівниця звичайна; 1 вид дрібних молюск – дрейсени; 1 вид Водяного віслючка; 2 види черевоногих молюсків Ставковик великий, Котушка закручена; 1 вид Водяного скорпіона; 1 вид олігохетів – Несправжня кінська п'явка.

Разом вони складають 7 груп. Отже, слід шукати значення індексу в стовпчику «6–10» (Усього знайдено груп). Далі встановлюємо горизонталь. Ключовою в нашому випадку є група веснянок (1 вид). З двох рядків що відповідають групі веснянок ми обираємо той що відповідає одному виду. На перетині рядка (веснянки 1 – вид) і стовпчика «6–10» знаходимо значення індексу ТВІ, він дорівнює 7 балам.

Тому можна сказати, що вода у річці Лопань міста Харків, належить до II класу – чиста, в – мегзосапробна, на картах позначається зеленим кольором.

На місцях відбору проб р. Лопань знайдено 5 видів макробезхребетних:

1 вид личинок одноденок - Одноденка звичайна; 2 види черевоногих молюсків Ставковик великий, Котушка закручена; 1 вид ракоподібних – Бокоплав озерний; 1 вид двостулкових молюсків – Перлівниця звичайна.

Разом вони складають 4 групи. Отже, слід шукати значення індексу в стовпчику «2–5» (Усього знайдено груп). Далі встановлюємо горизонталь.

Ключовою в нашому випадку є група одноденок (1 вид) – тому за відсутністю групи веснянок ця група є найвищою в таблиці за своїм положенням. З двох рядків що відповідають групі одноденок ми обираємо той, що відповідає одному виду. На перетині рядка (одноденки 1 – вид) стовпчика «2–5» знаходимо значення індексу ТВІ, він дорівнює 5 балам.

Отже, можна сказати, що вода у річці Уди, належить до III класу – забруднена, а – мезо сапробна, на картах позначається жовтим кольором [13].

3.4. Лабораторний аналіз води та визначення її хронічної токсичності

З метою більш об'єктивної оцінки екологічного стану річок Харків, Лопань та Уди в м. Харкові було звернуто за допомогою до лабораторії екології, токсикології та аналітичної екологічної освіти Харківського національного університету ім. В. Н. Каразіна. Відповідно за наданими інструкціями нами були відібрані проби води, щоб можна було визначити рівень хронічної токсичності води для ракоподібних *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg і вмісту в ній важких металів.

Метод визначення хронічної токсичності базується на різниці у виживаності та/або швидкості розмноження *C. seriodaphnia* у воді, що аналізується (тест), та у воді, в якій *C. seriodaphnia* вирощувалася (контроль). Критерієм хронічної токсичності є статистично значуще зниження виживання та/або розмноження церіодафній у досліджуваній воді порівняно з контролем під час проведення біотестування. Тривалість самого біотестування становить (7 ± 1) днів [14]. Результати враховуються, якщо протягом періоду біотестування кількість загиблих дафній у контрольній зоні не перевищує 10%. Якість води оцінюють за ступенем хронічної токсичності та забруднення. Згідно з висновками та дослідженнями інституту, хронічна токсичність (мікротоксичність) була виявлена

у всіх 3 пробах води, протестованих методом біотестування на ракоподібних *Celiodaphnia*.

Важкі метали, такі як ртуть, кадмій, свинець, мідь, цинк, хром і миш'як, є особливо небезпечними через свою токсичну дію. Під певним впливом мікробіологічних процесів їх токсичні метали можуть перетворюються на більш токсичні органічні форми. За допомогою навчально – дослідної лабораторії аналітичних екологічних досліджень було проведено хімічний аналіз, а саме за органолептичними показниками, мінералізацією та вмісту важких металів [15]. Згідно результатів було встановлено незначні перевищення хлоридів у 1,5 рази (Рис. 3.3) за зразками всіх трьох річках м. Харкова, а вміст важких металів було визначено, що результати досліджень не перевищували нормових значень.

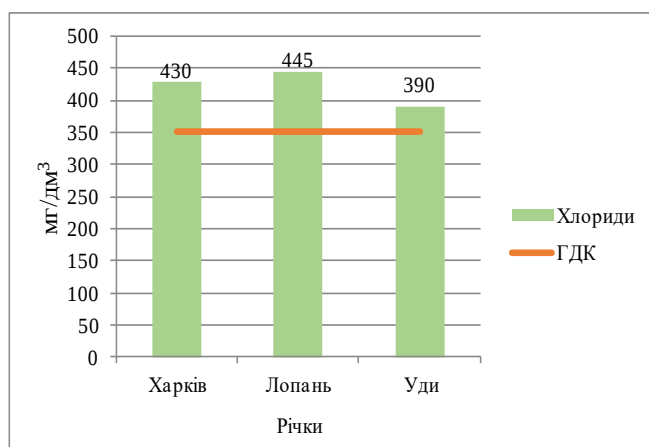


Рис. 3.3 – Результати розрахунку вмісту хлоридів

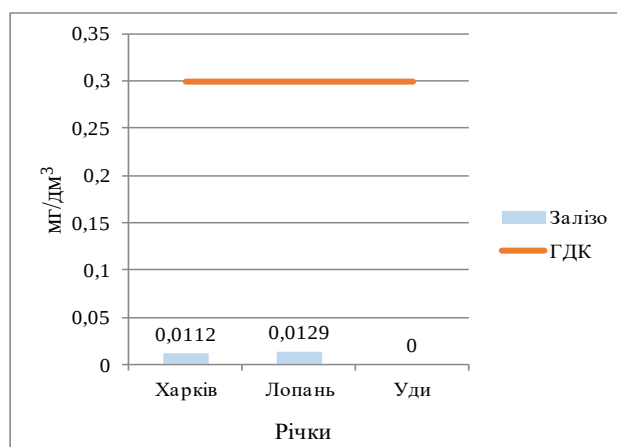


Рис. 3.4 – Результати розрахунку вмісту заліза

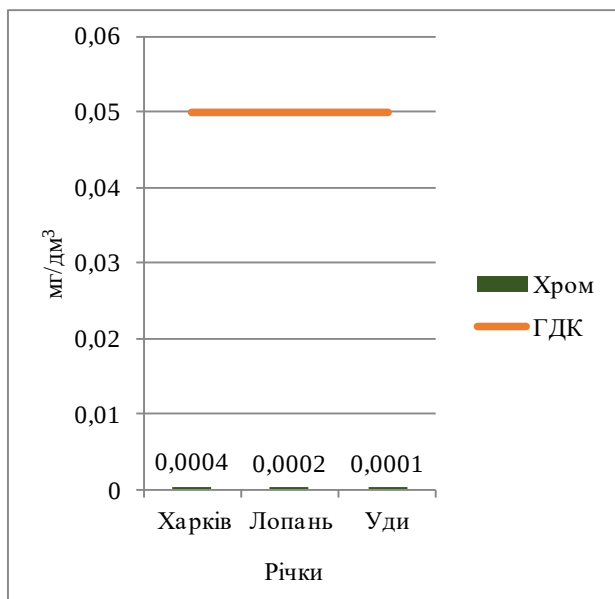


Рис. 3.5 – Результати розрахунку
вмісту хрому

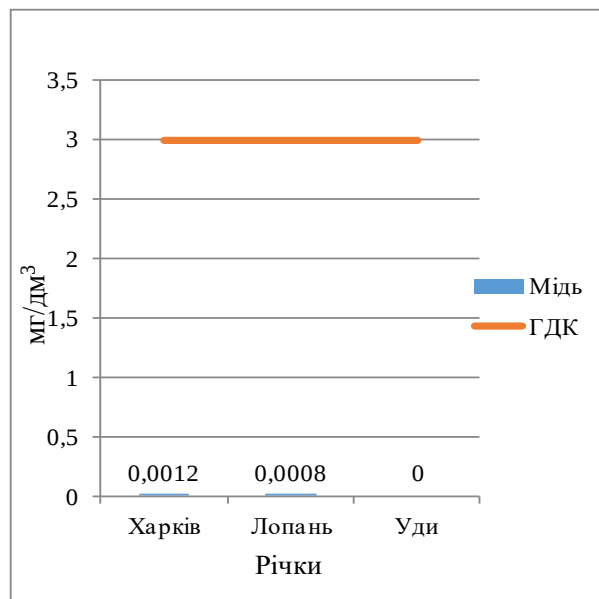


Рис. 3.6 – Результати розрахунку
вмісту міді

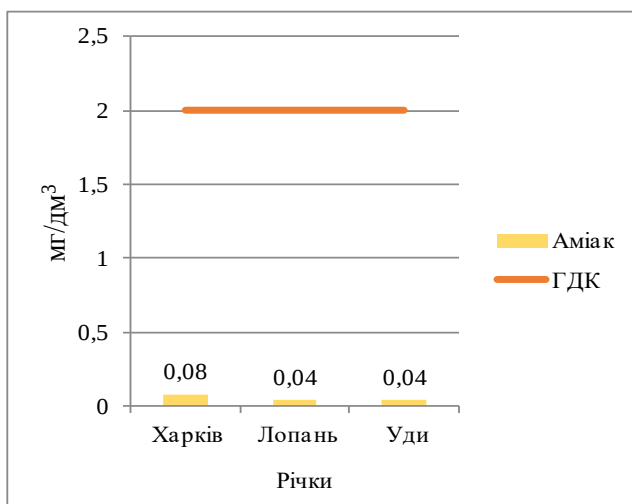


Рис. 3.7 – Результати розрахунку
вмісту аміаку

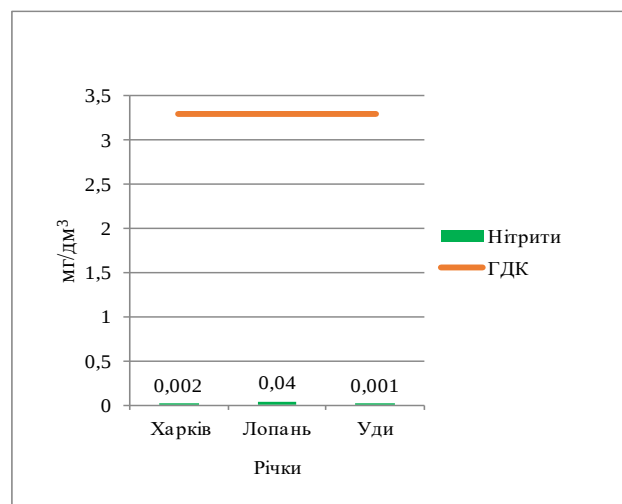


Рис. 3.8 – Результати
розрахунку вмісту нітритів

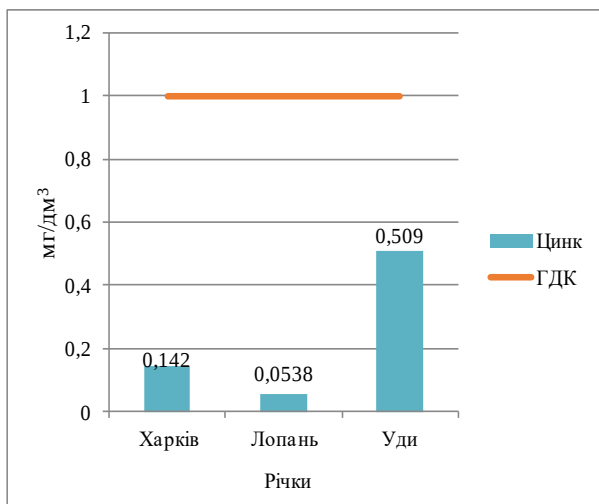


Рис. 3.9 – Результати розрахунку
вмісту цинку

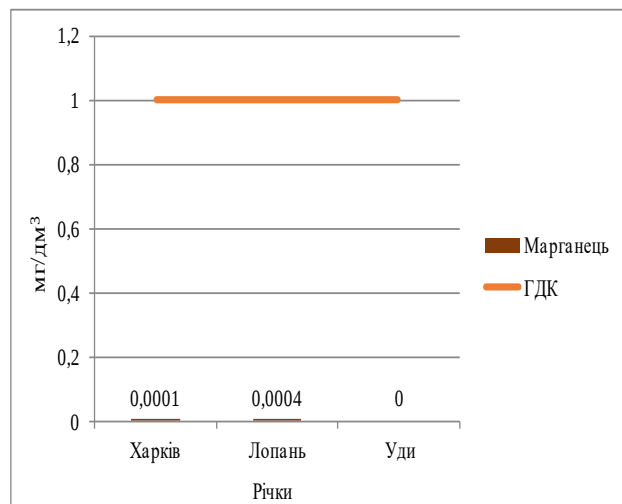


Рис. 3.10 – Результати розрахунку
вмісту марганцю

РОЗДІЛ 4

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПОЛІПШЕННЯ СТАНУ РІЧОК М. ХАРКОВА

Земля – більш "багата на воду" планета Сонячної системи з загальним обсягом гідросфери понад 144 млн км³. Більша частина цієї води, майже 93%, знаходиться в океанах. На підземні води припадає 4,12%, на льодовики – 1,65%, а на річки – лише 0,0001%. Прісна вода становить лише 2 відсотки від загального обсягу гідросфери і лише 0,3 відсотка від доступної частини.

Гідрологічний цикл є важливим процесом, який пов'язує всі частини гідросфери і забезпечує відновлення прісних водних ресурсів. Він триває млрд. років, і його часто порівнюють з "вічним двигуном", який переміщує воду з океанів на континенти.

Великий гідрологічний цикл також включає безпосереднє вивільнення хімічно зв'язаної води з гірських порід і вивільнення певної вільної води під час вулканічної активності. Цей процес формував океани протягом усієї геологічної історії Землі.

Малий цикл включає процеси випаровування, опадів, інфільтрації та стоку. Ці процеси забезпечують безперервний потік поверхневих і підземних вод з континентів в океани, поповнення підземних вод і збереження води, замороженої в льодовиках.

Вода є фундаментальним ресурсом для всього живого на Землі. Вона відіграє важливу роль у підтримці біосфери та клімату Землі. Збереження водних ресурсів та ефективне використання прісної води є важливими питаннями для людства. Завдяки кругообігу води природа забезпечує нас цим цінним ресурсом, але його охорона та раціональне використання є нашою відповідальністю.

4.1 Рекомендації по очищенню вод рр. Харків, Лопань та Уди

У Харкові можуть бути застосовані наступні методи очистки всіх поверхневих вод, засновані на новітніх технологіях.

1. Механічний (відстоювання): видаляє з води нерозчинні домішки. Важкі частинки з щільністю 1 г/см^3 або більше осідають у відстійнику, тоді як легші частинки піднімаються на поверхню. Цей метод може зменшити забруднення досить зваженими речовинами до 90%, а органічне забруднення – до 20%;
2. хмічні методи, що включають флокуляцію та нейтралізацію забруднюючих речовин. Процес флокуляції перетворює деякі нерозчинні речовини на нешкідливі розчинні сполуки. За допомогою хімічних методів можна очистити 80-85% води через кількість нерозчинних речовин;
3. фізико-хімічне очищення включає кілька методів:
 - a. флотація – пропускання повітря через стічні води, коли бульбашки повітря піднімаються, вони несуть забруднювачі і видаляють їх з потоку води.
 - b. Адсорбція – здатність поглинати забруднюючі речовини та відкладати їх на своїй поверхні;
 - c. Випарювання – пропускання пари через нагріті стічні води;
 - d. Іонний обмін – поглинання забруднювачів у процесі фільтрації через іоніти;
 - e. Електроліз – пропускання струму через стічні води в спеціальній електролізній установці.

Залежно від кількості нерозчинних речовин, ступінь очищення води становить майже 90%;

4. біологічне очищення – біологічне окислення забруднювачів у природних умовах (поля зрошення, спеціальні біологічні ставки, штучні умови (наприклад, біологічні фільтри). Цей тип очищення видаляє лише 10-40% неорганічні речовини і майже не видаляє солі важких металів;

Усі дані водоохоронні заходи можна розділити на 3 типи:

- Профілактичні заходи: спрямовані на запобігання або обмеження забруднення, засмічення та виснаження водних ресурсів.

- Діагностичні заходи: їх суть полягає у визначенні складу і ступеня можливого забруднення води.
- Процедурні заходи, спрямовані на ліквідацію забруднення вод та негативного антропогенного впливу.

Таким чином нами було вивчено та опрацьовано план міста по очищенню поверхневих вод. Було опрацьовано методи очищення поверхневих вод у світовій практиці та рекомендовано деякі із них для поліпшення якості води в річці Харків. Більше того, водні ресурси теоретично невичерпні, тому що вони поповнюються в процесі кругообігу. Проте споживання цієї води в Україні продовжує зростати, і питання чистої води та її дефіциту є однією з найгостріших проблем.

ВИСНОВКИ

1. Зразки для дослідження було відібрано наприкінці літа – початку осені 2021 року для дослідження обумовлених рядом факторів. На цей період припадає піковий розвиток безхребетних, що дозволяє отримати більш репрезентативні дані про біорізноманіття водних екосистем. Крім того, самоочисні процеси у водоймах відбуваються найбільш інтенсивно, що дозволяє отримати об'єктивні дані про природні механізми впливу на якість води.

2. Водяні організми відіграють вагомую роль у функціонуванні природних водних екосистем, використовують їх з метою біоіндикації стану водойм та водотоків, у процесах очищення стічних вод та відновлення середовища водних об'єктів, забруднених антропогенними речовинами.

3. Виявлення слабкої токсичності у трьох пробах води свідчить про наявність хронічного впливу забруднюючих речовин. Це може вказувати на потребу в додаткових дослідженнях, спрямованих на визначення конкретних забруднюючих речовин та їх джерел потрапляння у водні об'єкти.

4. Визначено класи забрудненості річок Харків, Уди та Лопані за індексом Вудівісса свідчить про різноманітність їхнього екологічного статусу. Клас 3 для Харкова та Уди та клас 2 для Лопані вказують на помірне та слабе забруднення відповідно. Це може слугувати важливим вихідним пунктом для розробки рекомендацій щодо поліпшення якості водних ресурсів.

5. Виявлення слабкої токсичності у трьох пробах води свідчить про наявність хронічного впливу забруднюючих речовин. Це може вказувати на потребу в додаткових дослідженнях, спрямованих на визначення конкретних забруднюючих речовин та їх джерел потрапляння у водні об'єкти.

6. Незначне перевищення вмісту хлоридів у всіх трьох річках може свідчити про можливий внесок поверхневого стоку до рівня забрудненості поверхневих вод. Однак відсутність перевищення вмісту важких металів свідчить про сталість щодо цих параметрів.

7. Результати досліджень підкреслюють необхідність використання не лише біологічних, а й хімічних методів для комплексної оцінки якості водних об'єктів. Різноманіття та мінливість дії забруднюючих речовин обумовлюють потребу в цілісному підході до моніторингу та оцінки стану водних екосистем. Таким чином було вивчено та опрацьовано план міста по очищенню поверхневих вод. Було опрацьовано методи очищення поверхневих вод у світовій практиці та рекомендовано деякі із них для поліпшення якості води в річці Харків, Уди, Лопань.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Екологічний контроль у водному господарстві України : навч. посіб./ М. О. Лазарчук та ін. Рівне: РДГУ, 2012. 126 с.
2. Дубовий В. І., Воробйов В. І. Біоіндикаційна оцінка якісної і кількісної складової природно - техногенної безпеки водних екосистем. *Екологія - філософія існування людства* : зб. матеріалів доповідей VII міжнар. науково-практ. конф. студентів, аспірантів і молодих вчен. Київ : НУБіП України, 2021. С. 48-50.
3. Рибалова О. М, Кусков О. Д., Кусков О. Д. Оцінка екологічного стану річки Лопань на основі визначення екологічного індексу. *Trends in the scientific development: II International Scientific and Practical Conference*. Vancouver, Canada. 2021. P. 35-43.
URL: <https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2022/03/Labinska-Trends-in-the-scientific-development-stattya2021.pdf> (дата звернення: 17.11.2023).
4. Towards next-generation biodiversity assessment using DNA metabarcoding / P. Taberlet et al. *Molecular Ecology*, 2012. Vol. 21 (8). P. 2045–2050.
URL: <https://doi.org/10.1111/j.1365-294x.2012.05470.x> (дата звернення: 17.11.2023).
5. Satellite remote sensing for applied ecologists: opportunities and challenges / N. Pettorelli et al. *Journal of Applied Ecology*, 2014. Vol. 51 (4). P. 839–848. URL: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12261> (дата звернення: 17.11.2023).
6. Економіка довкілля і природних ресурсів : навч. посіб. / за заг. ред. П. Т. Бубенка; Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ, 2014. 280 с.
7. Малахова В. Головні причини й джерела забруднення малих річок Харкова. *Шляхи подолання екологічної кризи* : Каразінський колоквиум. Шоста обласна конференція. Харків. 2007. С. 219-220.

8. Карпова Г., Зуб Л., Мельничук В., Проців Г. Оцінка екологічного стану водойм методами біоіндикації. Перші кроки до оцінки якості води: *навч. посіб.* Бережани : Національний екологічний центр України. 2010. 32 с.
9. Мальцев В. І., Карпова Г. О., Зуб Л. М. Визначення якості води методами біоіндикації : *науково-метод. посіб.* Київ : Науковий центр екомоніторингу, 2011. 112 с.
10. Хижняк М. І., Євтушенко М. Ю. Методологія вивчення угруповань водних організмів : *навч. посіб.* Київ : Український фітосоціологічний центр, 2014. 269 с.
11. Литвиненко А. В. Біоіндикаційна оцінка якісної і кількісної складової природно-техногенної безпеки водних екосистем : автореф. магістерська дисертація. Київ, 2018. 24 с.
12. Єрмолова Д. Р., Наумець Д. Ю., Крайнюков О. М. Вплив промислового забруднення на біорізноманіття бентосних макроінвертебратів у річках м. Харків. *Охорона довкілля* : зб. наук. статей XIX Всеукраїнських наукових Таліївських читань. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2023. С. 50-51.
13. Єрмолова Д. Р., Наумець Д. Ю., Крайнюков О. М. Оцінка якості води річок м. Харкова за допомогою індексів Майєра та Вудівісса. *Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: освіта – наука – виробництво – 2023* : зб. мат. XXV Міжнародної науково-практичної конференції. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна. 2023. С. 82-84.
14. ДСТУ 4174-2003. Якість води. Визначання гострої сублетальної та хронічної токсичності хімічних речовин та води на *Daphnia magna* Straus та *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg (Cladocera, Crustacea). [Чинний від 2004-07-01]. Вид. офіц. Київ, 2004. 22 с.
15. Єрмолова Д. Р., Наумець Д. Ю., Крайнюков О. М. Моніторинг якості річок у м. Харків. *Екологічна безпека та раціональне природокористування* : Всеукраїнська наукова конференція здобувачів вищої освіти та молодих учених. Житомир. 2023. С. 280.

Відбір гідробіологічних проб



