

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра загальної та прикладної екології і зоології

Кваліфікаційна робота

бакалавра

на тему: "СТРУКТУРНА ОРГАНІЗАЦІЯ ТА ІНДИКАЦІЙНЕ ЗНАЧЕННЯ
МАКРОЗООБЕНТОСУ РІЧКИ ВЕРХНЯ ХОРТИЦЯ "
“STRUCTURAL ORGANIZATION AND INDICATIVE VALUE OF
MACROZOOBENTHOS OF THE UPPER KHORTYTSIA RIVER”

Виконав (-ла): студент (-ка) 4 курсу, групи 6.1010

спеціальності : 101 Екологія

освітньо-професійної програми: Екологія та охорона
навколишнього середовища

Ардал'янова Тетяна

Керівник: кандидат біологічних наук, доцент
Домбровский К.О

Рецензент: кандидат біологічних наук, доцент
Воронова Н.В

Запоріжжя – 2024

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Біологічний факультет

Кафедра загальної та прикладної екології і зоології

Рівень вищої освіти бакалавр

Спеціальність 101 Екологія

Освітньо-професійна програма «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

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

_____ О.Ф. Рильський

«» 2024 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

_____ Ардал'янова Тетяна Володимирівна _____

1. Тема роботи Структурна організація та індикаційне значення макрзообентосу річки Верхня Хортиця "
"Structural Organization and Indicative Value of Macrozoobenthos of the Upper Khortytsia River"

керівник роботи Домбровський К.О., доцент, доцент, к.б.н.

затверджена наказом ЗНУ від «01» травня 2023 року № 644-с

2. Строк подання студентом роботи квітень 2024 року.

3. Вихідні дані до роботи: польові дослідження.

Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): огляд наукової літератури, матеріали та методи досліджень, експериментальна частина

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): таблиць 3.1, 3.2, 3.3, 4.1, 4.2: рисунків 1.1-2.1.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 31 січня 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент _____

Т.В Ардал'янова

Керівник роботи _____

К.О. Домбровський

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____

Н.М. Притула

РЕФЕРАТ

В роботі 79 сторінок, 7 таблиць, 10 рисунків, було використано 50 літературних джерел, із них 22 іноземною мовою.

Об'єктом дослідження є структурна організація та індикаційне значення макрозообентосу річки Верхня Хортиця

Предметом дослідження є компоненти екосистеми водойм, зокрема проби макрозообентосу тіа біомаси за допомогою яких був розраховане їх індикаційне значення

Методи досліджень: теоретичні (теоретичний аналіз, синтез і систематизація наукової літератури, вивчення літературних джерел та аналіз наявних даних щодо екосистеми водойм) і емпіричні (розрахунковий метод оцінки якості води за індексом забруднення води (ІЗВ)).

Метою кваліфікаційної роботи є визначення структурної організації та індикаційного значення макрозообентосу річки Верхня Хортиця

Проби макрозообентосу річки Верхня Хортиця були відібрані в серпні – вересні 2023 року. За період дослідження в складі зообентосу річки Верхня Хортиця знайдені організми наступних груп: Gastropoda, Gammaridae, Isopoda, Insecta. Комахи представлені відділами Ephemeroptera, Coleoptera, Trichoptera і Diptera. Із двокрилих відмічені Simuliidae (мошки), Tabanidae (гедзі або табаніди) та Chironomidae (личинки хірономід або комарів-дзвінців).

Всього в складі донної фауни р. Верхня Хортиця було виявлено 6 видів і таксонів підвидового рангу.

Щільність макрозообентосу в середньому склала 355 ± 146 екз./м², біомаса 2.39 ± 43 г/м²

МАКРОЗОБЕНТОС, СТРУКТУРНА ОРГАНІЗАЦІЯ, ІНДИКАЦІЙНЕ ЗНАЧЕННЯ, РІЧКА ХОРТИЦЯ

ABSTRACT

The paper consists of 79 pages, 7 tables, 10 figures, and 50 references, including 22 in foreign languages.

The object of the study is the structural organization and indicative value of the macrozoobenthos of the Upper Khortytsia River

The subject of the study is the components of the water ecosystem, in particular, samples of macrozoobenthos and biomass, which were used to calculate their indicative value

Research methods: theoretical (theoretical analysis, synthesis and systematization of scientific literature, study of literature sources and analysis of available data on the ecosystem of water bodies) and empirical (calculation method of water quality assessment by the water pollution index (WPI)).

The purpose of the qualification study is to determine the structural organization and indicative value of the macrozoobenthos of the Upper Khortytsia River.

Samples of the macrozoobenthos of the Verkhnya Khortytsia River were collected in August - September 2023. During the study period, organisms of the following groups were found in the zoobenthos of the Verkhnia Khortytsia River: Gastropoda, Gammaridae, Isopoda, Insecta. Insects are represented by the orders Ephemeroptera, Coleoptera, Trichoptera and Diptera. Among the diptera, Simuliidae (midges), Tabanidae (horseflies or tabanids) and Chironomidae (larvae of chironomids or bell mosquitoes) are noted.

A total of 6 species and taxa of subspecies rank were identified in the bottom fauna of the Verkhnya Khortytsia River.

The density of macrozoobenthos averaged 355 ± 146 specimens/m², biomass 2.39 ± 43 g/m².

MACROZOOBENTHOS, STRUCTURAL ORGANIZATION,
INDICATION VALUE, KHORTYTSIA RIVER

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	8
1.1 Сучасний стан та проблеми малих річок України.....	8
1.2 Антропогенні фактори та їх негативний вплив на водні екосистеми та їх біоту.....	16
1.3 Фізико-хімічний склад поверхневих вод що зазнають антропогенного забруднення.....	25
1.4 Екологічні проблеми малих річок міста Запоріжжя.....	34
2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	44
2.1 Методи збору гідробіологічного матеріалу. Розрахунок чисельності та біомаси макрозообентосу.....	44
2.2 Фіксація та розбір гідробіологічного матеріалу.....	54
3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА.....	59
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	67
ВИСНОВКИ.....	72
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	73

ВСТУП

Вода – це не просто джерело життя, це основа для сталого розвитку людства та планети. На жаль, у XXI столітті людство стикається з гострою проблемою – дефіцитом та забрудненням водних ресурсів. Це питання має не лише екологічні, а й соціальні, економічні та політичні наслідки.

Метою даної роботи стало дослідження структурної організації та індикаційного значення макрзообентосу р. Верхня Хортиця.

Для досягнення мети роботи потрібно виконати наступні завдання:

- 1) встановити видовий склад та кількісні характеристики угруповань донної макрофауни р. Верхня Хортиця;
- 2) виявити індикаторні види макрзообентосу та оцінити сапробіологічний стан р. Верхня Хортиця;
- 3) встановити якість води дослідженого водотоку за біотичним індексом Вудівіссі та індексом сапробності.

Актуальність дослідження полягає у тому, що за відомими даними екологічний стан планети погіршується, тануть льодовики, руйнується озоновий шар, через це змінюються кліматичні умови, що має вплив на людське здоров'я, флору і фауну, у тому числі забруднення питної води відіграє одну з важливих ролей, адже живий організм не зможе жити довго без води. Саме тому дуже важливо з точки зору екології, займатися подібними дослідженнями, щоб детальніше з'ясувати причини забруднення і мати змогу покращити рівень чистоти річок України.

Практичне значення дослідження полягає у тому, що воно дасть змогу вивчити природу забруднення річки Верхня Хортиця та розробити методи і рекомендації для покращення рівня забрудненості, і збереження фауни річки.

Об'єкт дослідження забруднення річок України.

Предмет дослідження макрзообентос р.Верхня Хортиця.

1. ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Сучасний стан та проблеми малих річок України

Екологія в Україні викликає занепокоєння. Радіаційне та хімічне забруднення, несанкціоновані сміттєзвалища, ерозійні процеси, катастрофічні повені та інші процеси, часто спричинені або посилені діяльністю людини, суттєво гальмують зусилля нашої країни щодо реалізації принципів переходу до сталого розвитку та зрештою перешкоджають її євроінтеграційним прагненням. Громадянське суспільство через найактивніших громадян, які об'єднуються у вигляді колись нікому невідомих в СРСР неурядових громадських організацій (НУО), намагається протистояти таким процесам. Найбільш яскраво ця діяльність проявляється у сфері охорони природи. Неурядові організації, історія яких не надто довга, часто мають пристойний послужний список. В їхньому активі вже є не лише видання екологічної літератури та інша просвітницька та інформаційна діяльність, а й розроблені та реалізовані проекти з ренатуралізації чи реабілітації природних екосистем та інші масштабні заходи.

На жаль, через останні події в Україні, які пов'язані з нападом країни сусіда, екологічний стан країни погіршився мінімум у два рази. З політичної точки зору, зараз відбуваються екологічні злочини зі сторони російської федерації, що мають неабиякий вплив на нашу екосистему, у тому числі на забруднення річок. Вплив війни в Україні на навколишнє середовище дуже широкий (ЮНЕП, 4 липня 2022 року). Війна має ряд загрозливих факторів впливу на навколишнє середовище, а саме :

- військова техніка, що завдає шкоди через снаряди та вибухівку;
- загрози, яка може виникнути від ядерних установок та радіації;
- забруднення води;
- використання зброї;

- пошкодження промисловості, середовища проживання та клімату можуть бути вказані серед областей, що постраждали або постраждають в цьому контексті.

Широкий спектр територій зазнав шкоди від бойових дій, постраждали міста, села та сільськогосподарські угіддя. Відомо, що наслідки такого руйнування будуть відчуватися ще багато років. Території будуть непридатні для життя, а природа буде відновлюватися десятиліттями.

У Карпатському біосферному заповіднику через обстріли з боку Росії виникають пожежі (зазначено у 2022 році). За попередніми оцінками, внаслідок цих пожеж загинуло багато тварин та рослин.

Бомбардуванню піддаються промислові підприємства та електростанції. Внаслідок цих бомбардувань в атмосферу викидаються отруйні гази. Тому існує ймовірність кислотних дощів та забруднення на великій площі. Через руйнування або порушення екологічної рівноваги зростає ризик знищення екосистем. Очікується, що забруднення повітря, води та ґрунту завдасть значної шкоди довкіллю.

Не менш важливим є те, що росія також обстрілює АЕС, ТЕЦ і інші станції, викиди з яких мають дуже важливе значення у забрудненні екосистеми. Наприклад, існують ризики, через обстріли Запорізької АЕС:

- Викид в атмосферу шкідливих газів. Під час бойових дій з боєприпасів викидаються хлорофторкарбони, галони та інші токсичні речовини. Це може спричинити смертельні наслідки для людей та інших живих істот. Викид шкідливих газів може призвести до забруднення не лише на локальному та регіональному рівні, але й у глобальних масштабах. Це може мати катастрофічні наслідки для довкілля.

- Руйнування озонового шару та посилення зміни клімату. Викиди в атмосферу шкідливих речовин можуть погіршити стан озонового шару та прискорити зміну клімату.

- Забруднення водних ресурсів. Обстріли та руйнування можуть призвести до забруднення річок, струмків та ґрунтових вод. Забруднені води

можуть потрапити до Чорного моря, що матиме згубний вплив на його екосистему.

- Пожежі на військових об'єктах та промислових зонах. АЕС знаходиться близько до військових об'єктів та промислових зон до міст, що збільшує ризик виникнення масштабних пожеж. Це може завдати значної шкоди довкіллю та людям.

- Аварії на ядерних об'єктах. Обстріли можуть призвести до аварій на Запорізькій АЕС та сховищах радіоактивних відходів. Це матиме жахливі наслідки для людей та довкілля. Деякі експерти вважають, що загроза від Запорізької АЕС може бути навіть більшою, ніж від Чорнобильської, яка мала перевагу від Хіросіми.

Для кращого розуміння того, як впливає війна на ситуацію з екологією у країні, можна переглянути карту забруднення екосистеми, яку склали у результаті моніторингу екологічної ситуації у програмі ООН разом з партнерами.

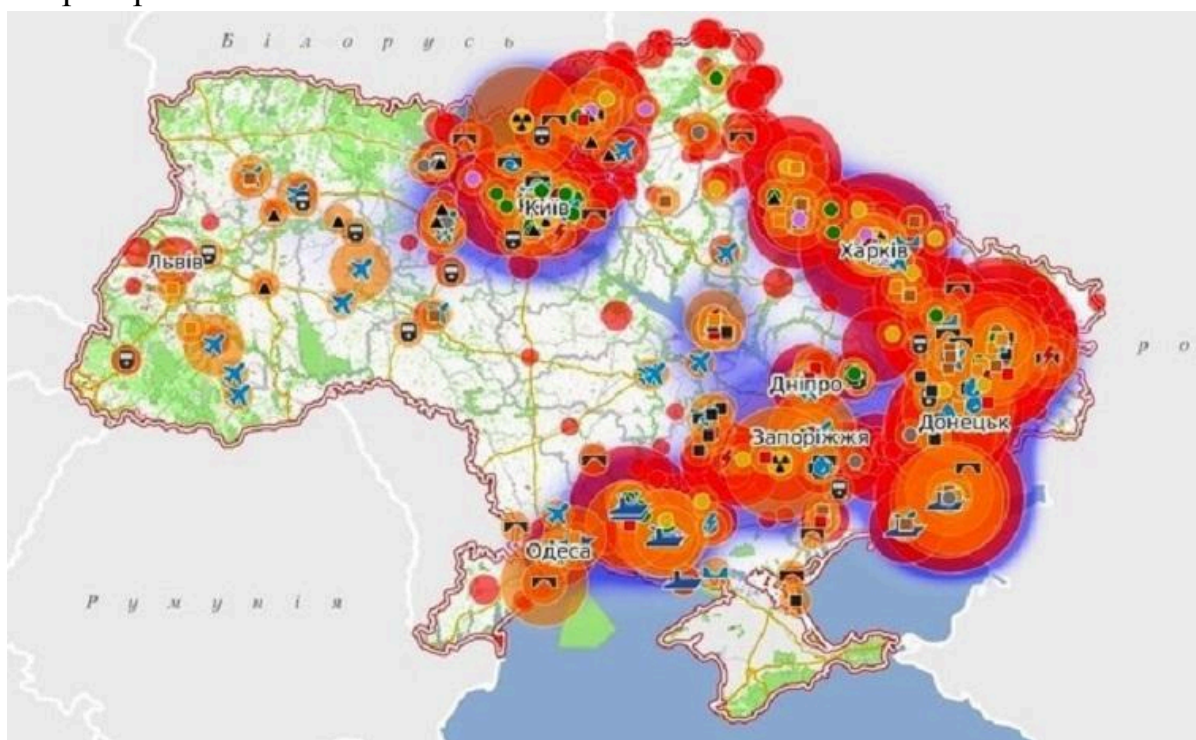


Рис.1.1 – Карта забруднення екосистеми України під час військових дій

Одним із найважливіших напрямів діяльності громадських організацій є водні ресурси. Більшість водойм і водотоків в Україні зараз віднесено до категорії забруднених або сильно забруднених. У кращому випадку адміністративні заходи можуть дещо покращити їхній стан. Однак деякі водойми, особливо ті, що входять до складу так званих водно-болотних угідь, потребують значно більшого втручання. Все це є сферою, де члени Української Річкової Мережі (УРМ), до складу якої зараз входять 72 природоохоронні організації та низка окремих членів, можуть і роблять свої зусилля. Безумовно, на сьогодні УРН є найпотужнішим об'єднанням природоохоронних організацій в Україні, а враховуючи те, що серед членів окремих організацій є чимало фахівців з науковими ступенями, стає зрозумілим, що НУО, зокрема члени УРН, можуть вирішувати складні проблеми теорії та практики охорони навколишнього середовища.

Зміна природного стану річок України зумовлена їх зарегулюванням, відбором води на зрошення та побутові потреби, а також перетворенням на колектори стічних вод. Це призвело до забруднення, спрямлення, мілководності, погіршення якості води, збіднення рослинного та тваринного світу.

Надмірне використання річок та водозборів у народному господарстві порушує їх природний гідрохімічний та гідробіологічний режим. Це призводить до зменшення водності, глибини, замулення та заростання річок, а також до їх евтрофікації через накопичення сполук азоту, фосфору та калію.

Річки забруднюються:

- Хлорорганічними пестицидами: Ці пестициди потрапляють у річки з водозбірних площ.
- Господарсько-побутовими стоками: Ці стоки містять велику кількість органічних та біогенних елементів.
- Промисловими стоками: Ці стоки містять шкідливі та токсичні речовини, такі як феноли та ціаніди.

На рис. 1.2 проілюстровано забруднення річок України. Зеленим позначені чисті річки, жовтим слабозабрудненні, червоним забруднені, чорним дуже сильно забрудненні.



Рис.1.2 – Карта забруднення річок України

За даними досліджень, в Україні майже не залишлося чистих річок, це проілюстровано і на карті. Все складніше стає знайти чисту питну воду у grimучій суміші викидів зі станцій, заводів, залишках сільськогосподарських добрив, відходів каналізаційних та промислових стоків. Найбільш забрудненими річками, як ми бачимо є Сіверський Донець, Дністер, Сулу, Західний Буг та Кальміус. До прикладу, у річці Західний Буг вміст азоту перевищує аж у 15 разів гранично допустиму норму, а вміст важких металів перевищує майже у 8 разів. Це призводить до повної загибелі екосистеми річки. Зі слів дослідників, риба просто гине у таких умовах, тому у річці постійно видно тушки риби. Поголів'я риб зменшилося майже у сто разів, а також з'явилися видові зміни особин: вони стали дрібнішими і хворобливішими на вигляд.

Не менш складна ситуація і дніпровських водосховищах, а саме: Київському, Каховському, Кременчуцькому і Дніпродзержинському. Найбільш помітним є перевищений майже у 80 разів вміст марганцю і міді у воді. Майже така сама ситуація у притоках таких річок, як Прип'ять, Тетерів,

Ірпень, Десна та деякі інші. Там вміст марганцю, міді, заліза перевищує норму у деяких випадках аж у 18,57 і 40 разів. Такі сполуки є вкрай небезпечними, адже можуть збиратися у організмах живих тварин, тобто риб, що призводить до загибелі цілих популяцій. Також медики повністю забороняють купатися у такій воді, бо це може викликати захворювання шкіри. Марганець і мідь можуть осідати на стінках водопровідних труб і обладнання, що може призвести до забруднення питної води. Високі рівні марганцю можуть призвести до виникнення неприємного смаку та запаху води, а також до забруднення кольору. Якщо вживати таку воду, як питну на постійній основі, то це призводить до ураження центральної нервової системи, серцево-судинної, а також кишково-шлункового тракту.

Характер забруднення та самоочищення українських річок неоднаковий. Наприклад, у Центральній Україні, де протікає річка Дніпро, Ворскла, Грунь та інші, найбільшим чинником забруднення є мінеральні добрива, які масово використовують аграрії даних регіонів, де протікають річки. Мінеральні добрива потрапляють до річок через ґрунт та повітря. До прикладу, коли йде дощ він змиває з ґрунту добрива і вони потрапляють у водні ресурси або навпаки, вони просочуються у землю і потрапляють у підземні води, які є живленням для річок. Це викликає високий рівень азоту і фосфору у річках, що зрозуміло, має вплив на екосистему, живі організми, рослини, зменшує придатність до пиття води, тощо.

Найбільшою загрозою також є білий фосфор. Повертаючись до теми війни в Україні, хочеться зазначити, що країна агресор використовує фосфорні бомби, що є забороненими протоколом Женевської конференції у 1977 році. Така сполука призводить до опіків аж до кісток і кісткового мозку, а також може випалити легені через один подих. Фосфор, який у будь-якому вигляді потрапить до організму, це викликає смерть у страшних муках. Для людини летальна доза усього 0,05 – 0,15 г. Як вже стає зрозуміло, залишки такої сполуки є також і у водних ресурсах Сходу країни, що поступово переноситься до інших її частин, що викликає неабияке занепокоєння.

Загалом фосфор є ключовим елементом, необхідний для життя та розвитку водних організмів. Проте надмірне надходження фосфатів може призвести до дисбалансу в екосистемі. Це може спричинити вибухове зростання одноклітинних водоростей, відоме як "цвітіння" води.

"Цвітіння" води є природнім явищем, яке виникає через масове розмноження мікроскопічних фотосинтезуючих організмів. Це відбувається завдяки надмірній кількості поживних речовин, особливо фосфатів, у поєднанні з сприятливими умовами: сонячним світлом та підвищеною температурою. Але також існує інша сторона такого процесу. Відмирання водоростей призводить до розкладання органічних речовин, отруєння води та задухи риби, а також погіршення гідробіологічного стану водойми та зміна екосистеми.

Річки Сходу України страждають зараз найбільше через військові дії, через хімічні сполуки які вивільняються з боєприпасів, бомб, ракет, зброї, тощо. Раніше, найбільшим чинником їх забруднення були викиди з «життєдіяльності» нафтохімічних комбінатів і шахт. Через це у річки потрапляють хімічні сполуки, нафтопродукти, з шахт у воду потрапляють важкі метали. Такі підприємства також можуть використовувати воду з водоймищ для охолодження обладнання, після використання її можуть відводити назад у водні системи зі збільшеним рівнем температури та вмістом хімічних речовин, що може негативно впливати на екосистему водоймища. На разі, існує велика загроза затоплення шахт, що також може призвести до розмивання ґрунтів, підняття ґрунтових вод, підтоплення територій, обвалів, зсувів, що несуть геологічну і екологічну проблему. Можуть просідати дома, точніше те, що від них зашилося.

На Заході країни ситуація трохи краще, але не набагато. Джерела забруднення Дністра і Прута розташовані верхів'ях ділянках і в басейнах їхніх притоків. Найбільше шкодять їх санітарному режиму Дрогобицький нафтопереробний вузол в нафтопромислами Борислава й нафтопереробними заводами Дрогобича. Каналізація стоків з Чернівців та Івано-Франківська,

Роздольський сірчаний комбінат, нафтова й хімічна промисловість Долинського та Калуського районів Івано-Франківської області, теж забруднюють річки. Хімічний аналіз води Дністра на виході з Івано-Франківської області показує, що вміст фенолів у ньому іноді перевищує допустиму норму в 10 разів, а нафти - в 50. Притоки Дністра і Прута Стрий, Верещиця, Орелець, Чугур, Золота Липа, Стрипа, Серет, Збруч, Смотрич, Тернава, Ушиця, Мурафа - забруднюються місцевими стічними водами харчової промисловості, які суттєво порушують їх природний гідробіологічний режим.

Річки Карпат і гірського Криму в наш час більш-менш чисті і в цілому належать до так званої олігосапробної зони, тобто зони чистих вод. Якщо взяти основну, рівнинну зону України, то елементи будови долини і русла малих річок більш-менш однакові по всій країні.

Долини рік Прип'ятського Полісся характеризувались низинним рельєфом, великою кількістю боліт, заболочених і перезволожених земель, густою мережею повноводних річок, густою лісистістю території та дрібноструктурністю сільськогосподарських угідь. Полісся було збалансованою екологічною системою, де кожне екологічне угруповання займало чи займає своє місце, відіграючи свою роль як у корисній продуктивності, так і в самоочищенні водойм усього регіону в цілому. Висока самоочисна здатність і велика біологічна продуктивність поліських річок забезпечувалися сприятливим гідрологічним режимом. Саме тому, на цій території прослідковується найменша забрудненість річок.

Екологічний стан водних ресурсів України не є однорідним. Рівень забруднення антропогенними поліюгантами водних екосистем значно відрізняється в різних регіонах.

На деяких територіях річки та водойми не піддаються значному техногенному впливу. Це зумовлює нижчий рівень їх забруднення у порівнянні з індустріалізованими регіонами. Навіть у межах однієї річки рівень забруднення може значно коливатися на різних ділянках русла. Це

пов'язано з різною інтенсивністю промислової діяльності у водозбірних басейнах, а також з процесами самоочищення води та збільшенням стоку (розведенням).

Як правило, токсикологічний стан водних об'єктів у межах природоохоронних територій (заповідники, національні природні парки) є задовільним. Це пояснюється обмеженим антропогенним впливом на ці території. Однак навіть у природоохоронних зонах спостерігається забруднення водойм. Це відбувається внаслідок надходження токсичних речовин з атмосфери. Атмосферна міграція та трансформація забруднювачів з подальшим сухим або вологим осадженням можуть призвести до забруднення водойм, навіть розташованих на значній відстані від промислових джерел.

1.2 Антропогенні фактори та їх негативний вплив на водні екосистеми та їх біоту

Зростання населення світу різними способами впливає на водне середовище, і ці впливи спостерігаються з двадцятого століття. Однак палеолімнологічні дані вказують на те, що антропогенна діяльність впливає на водну екосистему вже давно. Основним визначальним фактором шкоди екосистемі озера є зміна та використання ландшафтів водозбірної території, що сприяє замуленню, а також забезпеченню поживними речовинами. Збільшення сільськогосподарської та домашньої роботи є основними причинами евтрофікації через надходження поживних речовин. Крім того, садкова аквакультура в озерних водах призвела до виснаження кисню в нижній товщі води внаслідок надходження органічних речовин. Крім того, зміна середовища проживання, включаючи порушення берегової зони, призвела до змін у прибережних районах. Зрештою, ці процеси впливають на

структуру популяції біоти та деградують екосистему водного середовища. Тому розуміння антропогенних факторів та їхнього впливу на екосистему озера дозволить людям контролювати свою діяльність та керувати їхнім впливом на екосистему.

Водні екосистеми займають понад 70% нашої планети. Вони виробляють приблизно таку ж кількість біомаси, як і всі наземні екосистеми разом узяті, і вони поглинають близько 90% тепла, виробленого антропогенним шляхом. Вони поглинають велику кількість викидного CO₂ і транспортують його в глибини океану, таким чином стримуючи глобальну зміну клімату. Водні виробники та споживачі знаходяться під впливом багатьох стресових факторів, таких як підвищення температури, підкислення та УФ-випромінювання. Забруднення є основним фактором стресу, що впливає на всі водні екосистеми, включаючи прісні, прибережні та відкриті води океану. Основними забруднювачами є розливи нафти, стійкі органічні забруднювачі, добрива та фармацевтичні препарати, які потрапляють у гідросферу з наземним стоком. Токсичні хімікати та важкі метали вже давно викидаються в океани, що впливає на морське життя, наприклад безхребетних і хребетних. Останнім часом сталося зростання забруднення мікропластиком.

Сьогодні зростає кількість даних, які доводять, що багато антропогенних забруднювачів із сільськогосподарських, міських і промислових відходів скидаються у водні екосистеми та накопичуються в багатьох середовищах, включаючи середовища проживання морських і прісноводних ціанобактерій. Ціанобактерії, як природна частина угруповань фітопланктону, відомі своєю роллю домінуючих первинних виробників і основи водних харчових мереж. Ці мікроорганізми постійно піддаються впливу різноманітних концентрацій забруднювачів, які присутні в їхньому середовищі існування та впливають на спільноти ціанобактерій на різних рівнях, таких як чисельність, стратегії росту, моделі спадкоємності та домінування. Навіть якщо прямих змін у спільнотах ціанобактерій не видно,

забруднювачі можуть накопичуватися в ціанобактеріях і каскадно передаватися на вищі трофічні рівні, що призводить до біозбільшення певних забруднювачів. Найпоширенішими забруднювачами водних екосистем є важкі метали, гербіциди, пестициди, поживні речовини, фармацевтичні препарати, поліциклічні ароматичні вуглеводні та мікропластик. Важливо визначити їх концентрацію в клітинах ціанобактерій та в їхньому середовищі, щоб знати можливість забруднень, які можуть бути передані на вищі трофічні рівні. Однак деякі штами ціанобактерій здатні метаболізувати ці забруднювачі, що робить їх менш токсичними, а іноді навіть видаляють забруднювачі з навколишнього середовища.

Забруднення важкими металами є основною загрозою для прісноводних середовищ існування, таких як озера та річки, а також для прибережних екосистем. Ртуть такий собі сумнозвісний токсин, який, як було встановлено, є причиною втрати риби та харчових отруень. Стійкі органічні забруднювачі потрапляють у море наземним стоком і переносяться річками або повітрям. Ці речовини включають антипірени, фторовані полімери та перфторалкільні сполуки, які містяться у водному стовпі та осадах. Пестициди, такі як гербіциди та інсектициди, також досягають водних середовищ існування через наземний стік. Вони схильні до біоаккумуляції в харчовій мережі та містяться в рибі та ссавцях, які використовуються для споживання людиною. Забруднення сировою нафтою в результаті аварій кораблів або аварій нафтових платформ сприяє випадковим розливам і просочуванню з природних джерел. Вуглеводневі компоненти є токсичними для навколишнього середовища та становлять постійну загрозу для здоров'я людей і тварин. Крім того, диспергатори, які використовуються для полегшення розчинення нафти у воді, є токсичними для біоти. Фармацевтичні препарати та ліки зазвичай не видаляються на очисних спорудах, а потрапляють у нижні течії річок і скидаються в океан. Пластикове забруднення навколишнього середовища розвинулося протягом останніх 70 років. Сміття накопичується на суші та переноситься вітром і річками до морських екосистем. Розкладаючи

механічні сили та УФ на пляжі, отриманий мікропластик є стійким забруднювачем у воді та осадах, що впливає на мікроорганізми. Сміття біоакмулюється в харчовій мережі і, нарешті, виявляється в рибі, птахів і ссавцях. Людський розвиток характеризується викиданням предметів після закінчення терміну їх служби, а не переробкою, що підкреслює обмеженість ресурсів нашої планети. Зростаюча лавина одноразових пластикових виробів накопичується в ландшафті та в океанах. Небезпечні хімічні відходи перекачують по трубопроводу в море, перевозять кораблями і скидають в океан або спалюють на березі. Фармацевтичні препарати, ліки та побутові відходи змиваються в прибережні екосистеми, створюючи стрес для біоти. На додаток до побутових і промислових відходів, ґрунт і щебінь від будівельних робіт утилізуються в море. Особливо після воєн зброя та боєприпаси, включаючи хімічні, бактеріологічні та ядерні бойові речовини, скидаються в океани. Згодом з контейнерів витікають небезпечні хімічні речовини, що загрожує морському життю. Радіоактивні відходи від реакторів ядерного поділу та виробництва ядерної зброї становлять серйозну проблему через тривалий період напіврозпаду радіонуклідів, що утворюються під час виробництва. Тому багато країн вдалися до скидання їх у море. Крім того, катастрофічні аварії на атомних суднах і підводних човнах, а також ядерних реакторах викидають радіоактивний матеріал у навколишнє середовище, який може досягти моря. Після завоювання простору навколо нашої планети кількість об'єктів, що обертаються навколо Землі, зростає в геометричній прогресії. Кількість виведених з експлуатації космічних апаратів і пошкоджених об'єктів становить понад 500 тис. штук, які падають з орбіти контрольованим або неконтрольованим способом. Більші об'єкти, такі як космічні станції та ракети, спрямовуються до південної частини Тихого океану, де на «кладовищі космічних кораблів» зберігаються останки численних космічних кораблів.

Водні екосистеми зазвичай отримують забруднювачі з поблизу індустріалізованих і густонаселених зон через притоки річок, скидання

стічних вод чи інших відходів або атмосферу. Трофічні мережі таких екосистем можуть зазнавати впливу цих забруднювачів, при цьому місцеві види виявляють різну вразливість до певних сполук. Забруднювачі можуть біоаккумуляватися при попаданні всередину з вищою швидкістю, ніж при виведенні, а деякі також можуть біозбільшуватися, якщо накопичуються з такими вищими темпами по всьому харчовому ланцюгу. Біозбільшуючі речовини, такі як хлорорганічні сполуки, зазвичай ліпофільні або, як метилртуть, мають високу спорідненість до білків. Інші забруднювачі, як, наприклад, важкі метали, здебільшого пов'язані з водою і, як правило, взагалі не біозбільшуються, хоча вони можуть біоаккумуляватися до дуже високих концентрацій у певних організмах. Двостулкові молюски та інші фільтратори зазвичай біоаккумуляують речовини з більшою швидкістю, тому що вони отримують забруднювачі із зважених часток. Найвищі хижаки (риби, морські птахи та ссавці) у водних трофічних ланцюгах можуть піддаватися впливу біомагніфікованих сполук.

Також, ще одним важливим фактором антропогенного забруднення є миючі засоби. Мийні засоби – це водорозчинні хімічні мийні засоби, які видаляють забруднення та пил і складаються з основних хімічних компонентів, наприклад, поверхнево-активних речовин, структурних компонентів і добавок. Миючі засоби стали основними забруднювачами води, які потрапляють у водойми та харчовий ланцюг і, отже, можуть бути небезпечними для людей та інших організмів. Залишки миючих засобів у водоймах надходять із житлових територій (побутові мийні засоби), стічних вод сільськогосподарських угідь (гербіциди та інсектициди) та промислових стоків. Можна зробити висновок, що мийні засоби є небезпечними забруднювачами води, а їх компоненти легко втручаються в біологічні процеси, і тому представляють собою високотоксичну групу забруднюючих речовин, що є значною токсичністю для всіх водних організмів. Тому важливо розробити точні аналітичні процедури для якісного та кількісного

визначення детергентів та їх первинних компонентів і, як наслідок, їхнього впливу на організми в біосфері.

Не менш небезпечним є також забруднення миш'яком. Миш'як є розповсюдженим елементом на Землі, зустрічається на всіх континентах і був виявлений у понад 70 країнах. Він міститься в 10% світових трубчастих колодязів, які забезпечують підземну воду для мільйонів людей. Оскільки він не має запаху, смаку чи кольору, його часто не виявляють, особливо в країнах, що розвиваються, де він спричиняє серйозні шкідливі наслідки для біоти та здоров'я людини. Хронічний вплив миш'яку (особливо тривалентного As) викликає проблеми зі шкірою, пошкодження мозку, легеневі та серцево-судинні захворювання, а також різні види раку. Він накопичується в рослинах і потрапляє у водні харчові мережі. Миш'як можна виявити за допомогою лабораторних тестів, а також польових тестів, але останні часто не дуже надійні. Іншими способами виявлення є кілька біотестів. Існує кілька стратегій видалення миш'яку з води для споживання людиною, а також промислового та сільськогосподарського використання, таких як осадження, зворотний осмос, іонний обмін або адсорбція. Для країн, що розвиваються, були розроблені та випробувані в польових умовах дешеві фільтраційні установки.

Встановлено, що переважна більшість пластикового сміття в океані походить із суші та змивається у воду через припливні рухи чи дію хвиль, а також використання пластику в морі, особливо в рибальському спорядженні, яке також утворює морське сміття. Немає надійних механізмів видалення пластикового сміття з океану в будь-якому практичному часовому масштабі, що призводить до його накопичення в донних відкладеннях. Десять найпопулярніших елементів пляжного сміття добре вказують на класи пластику, які домінують у морському смітті. Здебільшого вони виготовлені з п'яти класів пластмас, включаючи поліетилен (PE), поліпропілен (PP), полістирол (PS), полієфір (PET) і волокна ацетату целюлози.

Поглинання мікропластику, що містить CO₂, і його потенційна біодоступність для організмів, які його ковтають, викликає серйозне занепокоєння. Включено наукові оновлення про небезпеку заплутування та проковтування пластику для морських тварин, включаючи види хребетних, а також види планктону. Враховуючи сукупність доказів, які свідчать про забруднення пластиком у всіх басейнах океану, доведена ефективність сорбції CO₂ мікропластиком та його потрапляння в організм різноманітними морськими організмами, цей забруднювач океану, що забруднює океан, заслуговує на пильну наукову увагу.

На рис.1.3 проілюстровано, як антропогенні фактори з роками впливають на водойми.

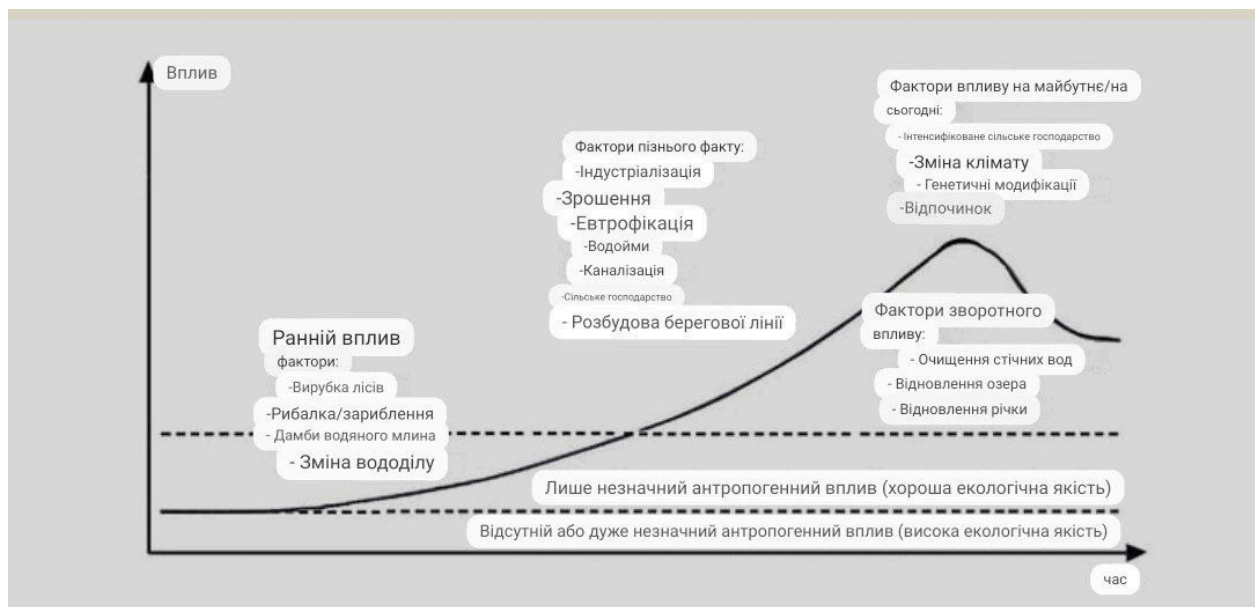


Рис.1.3 – Вплив антропогенних факторів на водойми

На рисунку показано, що крива впливу продовжує збільшуватися з часом відповідно до рівня антропогенної діяльності та часу, коли буде досягнуто піковий малюнок кривої, що вказує на те, коли вплив антропогенної діяльності починає контролюватися. Час цього піку значно відрізняється для кожної країни, що підкреслює потребу в індивідуальних рішеннях для вирішення екологічних проблем на місцевому рівні. Хоча загально визнано, що шкода навколишньому середовищу була серйозною у

Рис.1.4 – Інфографіка «нежива» вода України.

Останнім не менш важливим фактором антропогенного забруднення є окиснення. Підкислення - це процес, який призводить до зниження рН у водоймах, і він може відбуватися як у локальному, так і в глобальному масштабах. Місцеве підкислення часто пов'язане з умовами ґрунту у водозбірній зоні. У глобальному масштабі підкислення спричиняється «кислотним дощем», який є результатом спалювання викопного палива та має транскордонний вплив. У локальному масштабі підкислення озера є впливом стану ґрунту водозбірного басейну. До періоду кислотних дощів підкислення в озерах було пов'язане зі змінами умов водозбору, а не з осадженням кислоти.

Після 1850 року нашої ери, почалося відбувати окиснення водоймищ через кислотні дщі, коли викиди кислоти зросли через спалювання викопного палива.

У 1970–1980-х роках підкислення вод, викликане відкладеннями сірки в атмосфері, стало серйозним міжнародним занепокоєнням, що призвело до реалізації потужних програм контролю сірки в світі. Однак різні фактори завадили їх широкому впровадженню. Незважаючи на скорочення зайнятості в промисловому секторі, вплив програм контролю сірки на навколишнє середовище залишався неясним.

Аміак, що в основному виробляється тваринництвом, добривами та промисловою діяльністю, потрапляє в атмосферу та нейтралізує сірчану кислоту оксидами азоту, істотно підвищуючи рН опадів. Коли сполуки амонію потрапляють у ґрунт і водне середовище, вони можуть окислюватися до азотної кислоти з виділенням кислоти. Кислотні відкладення можуть містити високі концентрації NO_3 і NH_4 .

У міру того, як населення зростає, а їхні потреби та інтереси стають різноманітнішими, умовиводних ресурсів, ймовірно, зміняться. Найзначнішим впливом людської діяльності на екосистему є осадження та модифікація середовища існування, що змінює середовище існування та

фізіологію біоти. Збагачення поживними речовинами за рахунок надходження у воду фосфору призводить до надмірного утворення водоростей і ціанобактерій, зменшуючи прозорість води та викликаючи високі коливання кисню. Високий вміст органічної речовини у воді спричиняє виснаження кисню, однак надходження органічної речовини часто ігнорується в екологічному моніторингу озерних вод. Підкислення, яке відбувається в локальному та глобальному масштабах, впливає на біоту. Тому вкрай важливо розширити наші знання та розуміння водного середовища, особливо озер, щоб ми могли розвинути більшу цінність і повагу до природи.

1.3 Фізико-хімічний склад поверхневих вод що зазнають антропогенного забруднення.

Фізико-хімічний склад поверхневих вод, що зазнають антропогенного забруднення краще розібрати на наочному прикладі, у нашому випадку це буде дослідження проведене у Марокко з річкою Себу, а саме сегмента річки Уед-Фес. Річка Себу становить три чверті ресурсів поверхневих вод, з яких майже 25%. Марокко є однією з африканських країн, яким найбільше загрожує забруднення води. Погіршення стану поверхневих вод продовжує становити серйозну проблему для людини та навколишнього середовища. Водні ресурси піддаються декільком навантаженням, включаючи: надмірна експлуатація підземних вод, скидання неочищених стічних вод, зміна клімату тощо, що призводить до зменшення як кількості, так і якості водних ресурсів.

Фес - наукова, історична та духовна столиця Марокко, що належить до регіону Фес-Мекнес, розташованого в центрі-півночі Марокканського Королівства, стародавнього міста, яке ЮНЕСКО віднесло до світової культурної спадщини. Це місто характеризується гідрографічною мережею, яка заснована на Уед-Фес. В основному символічне місце Фес і постійна

притока басейну Себу. Це джерело води протягом тривалого часу зазнавало серйозних і реальних збурень її якості. В результаті багато сміття сусідніх агломерацій, зокрема, населення Феса. Ці відходи сільськогосподарського, промислового, побутового, міського та стічного походження спричиняють порушення фізико-хімічної та біологічної якості вод цієї річки.

Вододіл Уед-Фес відноситься до середземноморського клімату , розташований між паралелями 33 30 і 34 08 пн.ш. і між меридіанами 4°54 і 5°09 зах.д., простягається на площі 879. Уед-Фес є основним водоймищем, який отримує воду з кількох джерел (Айн-Рас-ель-Ма, Сеннад, Атрус, Бергама-лқбіра та Бергама-Шира тощо) і річок (Айн-Чкеф, Буфекран, Ель-Хіммер, Ель-Мехраз, El Malleh і Checkout), які забезпечують постійний його потік. Поточне дослідження зосереджено на ділянці приблизно 14 км, розташований між широтами 5°26'000 і 5°38'000 пн.ш., і довготами 37°5'000 і 38°5'000 зах.д., детальніше проілюстровано на рисунку 1.5 , від джерела Рас Ель Ма до королівського палацового мосту.

На місцевості було обрано 9 точок як зразки для дослідження. Відповідно, доступність та різноманітна антропогенна діяльність , визначена в досліджуваному сегменті; станція 1 (Рас-Ель-Ма) вище за течією далеко від населених пунктів як контрольна ділянка, станція 2 (місто Мачера Крим), станція 3 (місто Джбала) і станція 4 (місто Беркані) у сільськогосподарській зоні; станція 5 (міст Бенсуда), станція 6 (міст Мерджа) впадіння в річку Айн Чкеф і станція 7 (міст Марджане) впадіння в річку Ель Хіммер у міській зоні; станція 8 і станція 9 знаходяться в промисловій зоні.

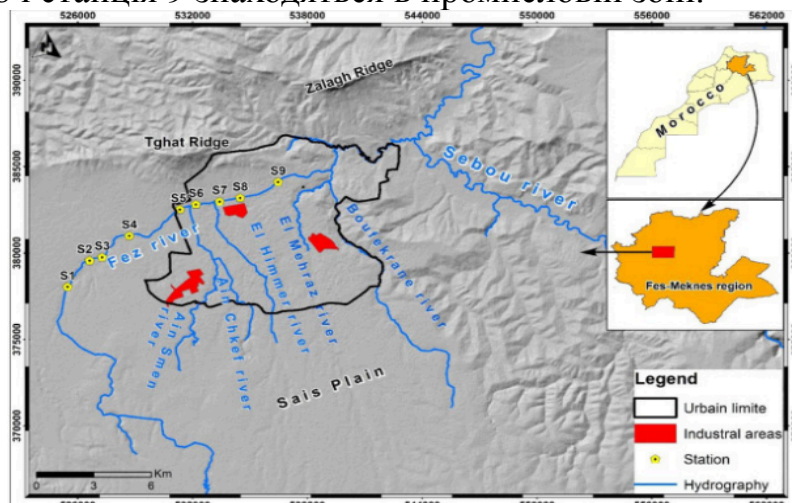


Рис.1.5 – Карта району дослідження та станцій відбору проб.

Усі проби відбирали вздовж річки на глибинах від 20 до 40 см вранці протягом трьох сезонів у 2021 році: зими (дощовий період у січні), весни (проміжний період у березні) та літа (посушливий період у серпні). Зразки відбирали згідно стандартних норм мікробіології (однорідність, стандартний стан, асептика). Зразки води відбирали в стерильні скляні пляшки об'ємом 250 мл (автоклавували при 120 °С протягом 20 хв) на кожній станції для мікробіологічного аналізу.

Для фізико-хімічного аналізу зразки збирали в поліетиленові контейнери об'ємом 1 л, попередньо промивали водою, відібраною з кожної станції, маркували, щільно закривали та зберігали в холодильнику при $4,00 \pm 1,00$ °С, потім транспортували до лабораторії та аналізували протягом 24 години.

Температуру, рН, електропровідність і насиченість киснем на досліджуваних станціях уздовж Уед-Фес вимірювали в польових умовах. Каламутність, концентрація загальної кількості розчинених речовин (TDS), хімічне споживання кисню (COD), сульфат (SO_4^{2-}), ортофосфат (PO_4^{3-}), амоній (NH_4^+), нітрати (NO_3^-), нітроти (NO_2^-) і біологічного споживання кисню (БПК₅) визначали в лабораторії з використанням відповідного обладнання та норм стандартів якості поверхневих вод у Марокко, як показано в таблиці 1.

Таблиця 1.1 - Рекомендовані Марокко та ВООЗ стандарти якості поверхневих вод

Параметр	одиниця	Методи аналізу	Граничні значення
Фізико-хімічні показники			
рН		рН-метр типу WTW Multi 3430	6.5–9.2
T	°C	SET F Зроблено в Німеччині на полі	20–30 °C
Насиченість киснем	мг.л ⁻¹		3–5 мг /л

Електропровідність	мкс.см ⁻¹		750–2700 мкс.см ⁻¹
Каламученість	NTU	Турбідиметр типу LOVIBOND Turbidirect модель SN 13/2116	<10 NTU
Концентрація розчинених речовин	мг.л ⁻¹	ПОРТАТИВНИЙ 540-смуговий кондуктометр	<150 мг /л
DBO ₅		Вимірювач БПК типу Oxitor R IS6 при 20 °С	3–5 мг /л
COD		Спектрофотометр на основі методів аналізу, рекомендованих стандартами AFNOR (1997) і Rodier (2009)	30–40 мг /л
PO ₄ ³⁻			0,2–1 мг.л ⁻¹
NH ₄ ⁺			0,1–0,5 мг /л
NI ₃ ⁻			<50 мг /л
NI ₂ ⁻			<3 мг.л ⁻¹
SO ₄ ²⁻			100–250 мг.л ⁻¹
Бактеріологічні показники			
Підрахунок загальних аеробних мезофільних бактерій	КУО/100 мл	посів в масі	<1000 CUF/100 мл
<i>S. aureus</i>		посів в масі	<1000 CUF/100 мл
Загальні коліформи	Клітини/100 мл	найбільш вірогідна кількість мікробів (MPN)	<5000 клітин/100 мл
Фекальні коліформи		найбільш вірогідна кількість мікробів (MPN)	<2000 клітин/100 мл

Бактеріологічна характеристика води Уед-Фес включала підрахунок загальних аеробних мезофільних бактерій, загальних коліформ (ТС), фекальних коліформ (FC) та бактерій типу *Staphylococcus aureus* шляхом інюляції 1 мл у масі від 10⁻¹ до 10⁻⁵ розведення в трьох повторах.

Підрахунок загальних аеробних мезофільних бактерій підраховували на кип'яченому поживному агаризованому середовищі (BN) після 24–48 годин інкубації при 30 °С. *S. aureus* на агаризованому середовищі Чепмена після 48-72 годин інкубації при 30 °С. Загальні коліформи кількісно визначали за допомогою середовища BGBLB (Brilliant Green Bile Lactose Broth) після 24-48 годин інкубації при 37 °С. Фекальні коліформи кількісно визначали з позитивних пробірок FC після 24 годин інкубації при 44 °С у пептонній воді. Мікробне навантаження визначали шляхом визначення найбільш вірогідної кількості мікробів за допомогою таблиці 1.1.

Визначали якість води у кінцевому результаті з допомогою індексу якості води. Індекс якості води (WQI) — це спрощений метод, який використовується для відображення загального стану якості води в одному терміні з використанням групи параметрів. Якість води визначається за значеннями WQI, можна виділити п'ять категорій якості (табл. 2). 17 параметрів, які були дослідженні використовували для розрахунку WQI.

Таблиця 1.2 - Класифікація стану якості води

Індекс	Статус якості	Використання
0–25	Дуже добре	Пиття, зрошення та промисловість
>25–50	добре	Пиття, зрошення та промисловість
>50–75	погано	Іригація та промисловість
>75–100	Дуже погано	зрошення
>100	Неприпустимо	Перед використанням необхідна відповідна обробка

Усі результати були виявлені як середнє значення потрійних експериментів \pm SD (стандартне відхилення). Значимість різниці між середніми перевіряли за допомогою дисперсійного аналізу (однофакторний та двосторонній ANOVA). Кілька інтервальних тестів Тьюкі при $p < 0,05$ проводили за допомогою програмного забезпечення GraphPad Prism 8.0.1 (Graph Pad Software Inc., Сан-Дієго, США). Аналіз основних компонентів проводили за допомогою програмного забезпечення Minitab 19.1.1 (Minitab Inc, Державний коледж, США).

Як правило, більшість параметрів змінювалися вгору та вниз за течією досліджуваної ділянки. На всіх досліджуваних станціях рН завжди був від нейтрального до лужного. Він мав нерегулярні та незначні сезонні коливання в усі пори року. Його основні сезонні значення коливалися від мінімуму $6,93 \pm 0,15$ (S3 взимку) до максимуму $8,96 \pm 0,23$ (S4 влітку), були в межах

допустимого діапазону, рекомендованого Марокканським стандартом якості поверхневих вод (6,5–8,5) та ВООЗ .

Значення рН, зареєстровані в цьому дослідженні, можна порівняти з тими, що були знайдені Chahinian et al. Високі значення рН, визначені на станції 1 вище за течією від ділянки, є результатом вапнякової природи землі, що дозволяє тиснути воду. На сільськогосподарських ділянках (S2–S4) його незначне зниження не помітно. Міські об'єкти (S5–S7) і промислові об'єкти (S8 і S9), а також значні органічні речовини, які існують у воді, ймовірно, спричиняють це.

На досліджуваних станціях температура підвищувалася від верхньої до нижньої течії, коливаючись від мінімального ступеня $11,32 \pm 0,26$ °C (S7 взимку), до максимального ступеня $30,57 \pm 0,41$ °C (S3 влітку). Виміряні середні сезонні температури відповідали клімату регіону [28] . Підвищення температури на двох станціях; S1 ($32,26 \pm 0,38$ °C) і S2 ($32,49 \pm 0,35$ °C), влітку, що перевищує рекомендовану межу, і, таким чином, належить до класу бідних [25] . Це, ймовірно, буде результатом застою води в цій останній точці в маловодний період [29] і низького потоку води [2 , 11] .

На досліджуваній ділянці результати електропровідності показали значні сезонні коливання, а її середні виміряні значення коливалися між 314 ± 27 мкс.см⁻¹ (S3 взимку) та 1839 ± 23 мкс.см⁻¹ (S8 влітку), і не перевищував законодавство Марокко щодо якості поверхневих вод. Вода Уед-Фес відноситься до категорії від доброї до середньої якості.. Незначне підвищення ЕС на станціях S5–S7 могло бути спричинене забруднювачами та міськими стічними водами , що скидаються безпосередньо у водойму , і, зокрема, тими, що надходять із промислової зони.

Розчинений кисень виражав зменшення коливань від верхньої течії до нижньої за течією, зі значними сезонними та просторовими відмінностями як під час зимового, так і весняного періодів. Вода досліджуваного сегмента показала високу оксигенацію, від $6,33 \pm 0,03$ мг.л⁻¹ (S3) до $11,81 \pm 0,05$ мг.л⁻¹ (S5) взимку, коливаючись від $8,34 \pm 0,02$ мг.л⁻¹ (S8) при $11,25 \pm 0,02$ мг.л⁻¹

(S4) навесні. Середні концентрації коливалися в межах допустимого діапазону марокканського стандарту ($>3-7$ мг /л). Збагачення киснем, ймовірно, пояснюється зниженням температури протягом вологого періоду та явищем самоочищення, таким чином, високою витратою протягом дощового періоду.

Це джерело води може бути покращено завдяки фотосинтетичній діяльності водних рослин річки, особливо у верхній частині . Влітку на п'яти станціях (від S5 до S9) спостерігалось поступове зниження вмісту DO. Це падіння становить $2,91 \pm 0,01$ мг. л $^{-1}$ (S5) і $4,71 \pm 0,04$ мг.л $^{-1}$ (S9). Цей дефіцит DO, ймовірно, пов'язаний із низьким стоком під час маловоддя влітку. Це посилюється споживанням кисню мікроорганізмами, які зменшують його вміст під час деградації органічної речовини, слідуючи за внеском міських, побутових та промислових викидів у нижній частині. Зменшення розчиненості кисню, що спостерігається влітку на станціях S5, S6 та S7, можна пояснити розвитком інвазивних видів *Pistia stratiotes* , яка утворює килимки на водоймі, викликаючи її асфіксію.

Каламутність(NTU), як правило, демонструвала вищі значення вище за течією, ніж вниз за течією, зменшуючись від S1 до S9 і від зими до літа в діапазоні від $175,33 \pm 3,06$ NTU (S1 взимку) до $3,67 \pm 0,84$ NTU (S2 влітку). Більшість зразків були каламутними, що перешкоджало проникненню світла на глибину річки, реєструючи значення, вищі за бажану таблицю (5–10 NTU), рекомендовану ВООЗ для якості води [26] . За винятком наступних станцій, які зафіксували $3,67 \pm 0,84$ NTU (S2 влітку), $5,51 \pm 1,07$ NTU (S5 навесні), $7,96 \pm 1,89$ NTU та $7,28 \pm 1,6$ (S6 і S7 влітку). Збільшення каламутності в досліджуваній ділянці, особливо взимку, пояснюється внеском осадових надходжень (глини, мулу, органічних часток і рослинних залишків), що повертаються внаслідок ерозії берегів і вододілу, а також стоку, викликаного опади.

Загальні концентрації розчинених твердих речовин суттєво змінюються від верхів'я до нижнього за течією та від одного сезону до іншого, з дуже

високими значеннями, що перевищують природну концентрацію (150 мг.л⁻¹), коливаючись між $423,67 \pm 7,5$ мг.л⁻¹ (S1 в влітку) і $885,00 \pm 8,19$ мг/л (S1 взимку). Вищі значення TDS взимку можна пояснити походженням багатьох осадових частинок, які переносяться після їх вилучення стоковою водою, під час дощу [30] або антропогенним внеском.

Ортофосфатний елемент мав тенденцію до незначного зростання ($p < 0,05$) від верхів'я до низів протягом трьох сезонів. Крім того, залишався низьким майже в усіх точках відбору проб, збільшуючись взимку на $0,01 \pm 0,00$ мг.л⁻¹ (S1) до $1,44 \pm 0,01$ мг.л⁻¹ (S9), навесні на $0,13 \pm 0,03$ мг.л⁻¹ (S1) до $0,52 \pm 0,03$ мг.л⁻¹ (S8), а влітку $0,15 \pm 0,04$ мг.л⁻¹ (S1) при $1,18 \pm 0,03$ мг.л⁻¹ (S9). Високі концентрації ортофосфатів на станції 9 можуть проявлятися надходженням стічних вод та міськими скидами з сусідніх агломерацій, які впливають на якість води, викидаючи фосфор безпосередньо у воду.

Значення ХПК і БПК₅ значно ($p > 0,05$) і прогресивно збільшувалися вгору за течією, і сильно залежали від пори року. Взимку ці значення, як правило, залишаються в межах допустимої межі, встановленої марокканськими стандартами якості води на поверхні в 40 мг.л⁻¹ для ХПК і від 5 до 10 мг.л⁻¹ для БПК₅, за винятком станції 5, яка зафіксувала вражаюча концентрація $45,79 \pm 1,93$ мг.л⁻¹ ГПК. Зниження ХПК і БПК₅ в зимовий період свідчить про низьке органічне навантаження, яке могло бути розведене під впливом приток дощового стоку [30]. Два параметри зафіксували високі концентрації навесні та влітку, перевищивши стандарти на більшості ділянок, відібраних пробами. Отже, ХПК збільшився на мінімальне значення $305,93 \pm 4,38$ мг.л⁻¹ (S9 влітку), при максимальному значенні $973,17 \pm 6,83$ мг.л⁻¹ (S3 влітку). БПК₅ варіював від $2,00 \pm 0,30$ мг.л⁻¹ (S1), при $12,60 \pm 0,60$ мг.л⁻¹ (S8) навесні та $5,90 \pm 0,85$ мг.л⁻¹ (S1), при $31,27 \pm 1,42$ мг.л⁻¹ (S8) влітку. Високі показники ХПК і БПК₅ відображають високе органічне навантаження. Крім того, це було б пов'язано з підвищенням температури, яке сприяє розкладанню органічних речовин мікроорганізмами, принесеними

сільськогосподарськими добривами, міськими відходами та промисловими стоками.

Сполуки азоту, які вивчаються в цій роботі, є мінеральними (NH_4^+ , NO_3^- та NO_2^-). У кожному сезоні рівні NO_3^- та NO_2^- не реєстрували помітних максимальних значень $4,72 \pm 0,05$ мг.л⁻¹ (S2 взимку), $1,40 \pm 0,005$ мг.л⁻¹ (S8 влітку), під поверхнею Марокко. стандарти якості води і ВООЗ [26], встановлені в 50 мг/л для нітратів і в 3 мг. л⁻¹ для нітритів. Тоді як NH_4^+ показав високі частки влітку, коливаючись від $0,70 \pm 0,02$ мг.л⁻¹ (S4) до $3,48 \pm 0,03$ мг.л⁻¹ (S3). Його значення були вищими за марокканські стандарти (2 мг.л⁻¹), повідомлялося вище за течією (S1–S3) і вниз за течією (S8 і S9), ймовірно, це було результатом сільськогосподарських надходжень вище за течією та промислових відходів нижче за течією.

Концентрація сульфату, показувала слабкі коливання, і вона не залежала від пір року, коливаючись від $14,32 \pm 3,69$ мг. л⁻¹ (S4 навесні), до $77,40 \pm 4,44$ мг.л⁻¹ (S4 влітку), і залишається нижче марокканських стандартів якості поверхневих вод, встановлених на рівні 250 мг.л⁻¹ як максимального значення.

Результати бактеріологічного аналізу (рис. 1.6) показали сильне мікробне забруднення ділянок, відібраних зразками. Усі станції зафіксували достовірні ($p > 0,05$) показники сумарних аеробних мезофільних бактерій (ТАМВ). Сезонно найвище значення загальних аеробних мезофільних бактерій зафіксовано у S2 ($43,73 \times 10^6$ КУО/100 мл) для весни, у S8 ($23,60 \times 10^6$ КУО/100 мл) для зими та у S8 ($6,70 \times 10^6$ КУО/100 мл.) на літо. Результати *S. aureus* продемонстрували ту ж еволюційну модель, що й результати загальних аеробних мезофільних бактерій.

Однак достовірної різниці між результатами, отриманими навесні та влітку, не виявлено ($p < 0,05$). Найбільша щільність *S. aureus* була отримана навесні з двома максимальними значеннями; $1,56 \times 10^7$ КУО/100 мл у S8 та $1,09 \times 10^7$ КУО/100 мл у S9. Загальні коліформні та фекальні коліформні рівні мають ту саму тенденцію, реєструючи максимальні значення взимку; ТС

досягли 2×10^5 клітин/100 мл (S4) та 3×10^5 клітин/100 мл (S8), тоді як FC зафіксували 4667×10^4 клітин/100 мл (S4) та $3,5 \times 10^4$ клітин/100 мл (S8). На більшості досліджених станцій результати показали, що бактеріологічна якість води Уед-Фес була неадекватною, оскільки високе мікробне навантаження перевищувало рівні, рекомендовані марокканськими стандартами якості води на поверхні [25]. Бактеріальне навантаження, кількісно визначене під час нашої характеристики, може бути спричинене різноманітним сміттям різного походження; антропогенні, побутові (S2, S4–S6), промислові (S7–S9).

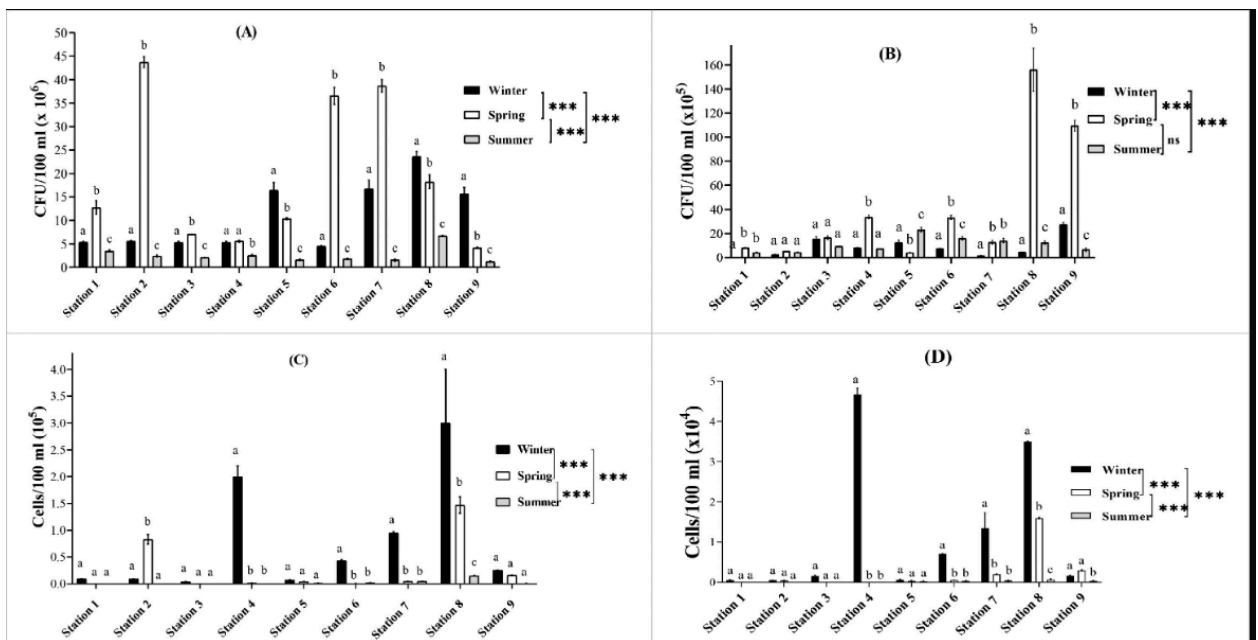


Рис.1.6 – Результати бактеріологічної характеристики.

A: Загальна кількість аеробних мезофільних бактерій (ТАМБ);

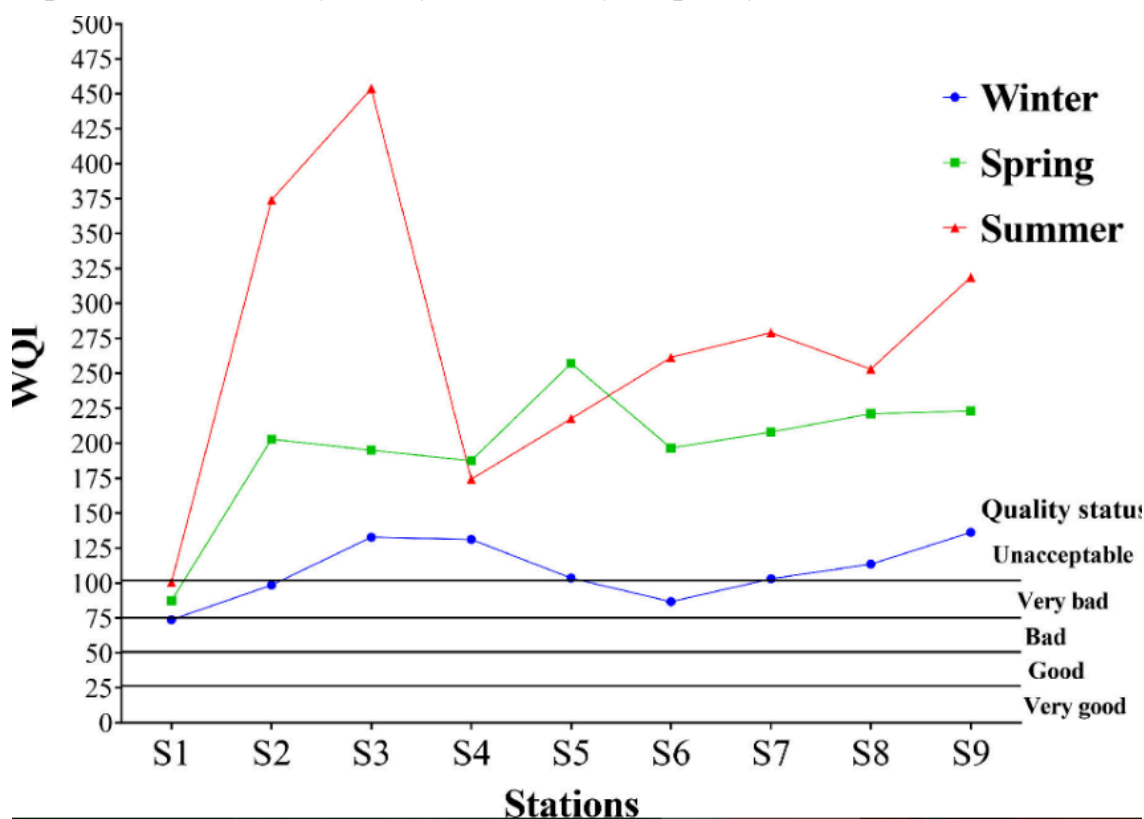
B : *S. aureus* ;

C: Загальна кількість коліформ;

D: фекальні коліформи. Різні літери в тій самій станції вказують на значну різницю між різними бактеріями за допомогою двостороннього дисперсійного аналізу з наступним тестом Тьюкі ($p < 0,05$): значення між сезонами;

ns: немає значення між сезонами.

Значення WQI змінювалися від 73,65 (S1 взимку) до 453,67 (S3 влітку), зростаючи в наступному сезонному порядку; зима, весна і літо відповідно.



Було зареєстровано три категорії якості води від верхів'я до низу; погано (S1), дуже погано (S2 і S6) і неприйнятно (S3–S5, S7–S9). WQI показав, що якість води Уед-Фес сильно постраждала, що пояснюється кількома забруднювачами, створеними різними антропогенними впливами. Проте верхня течія зазнає впливу сільськогосподарської діяльності (S1-S4), станції S5-S7 піддаються міським і побутовим викидам, а станції S8, S9 погіршуються промисловими забруднювачами, що викидаються заводами, розташованими поблизу Уед-Фес. Це продемонстровано на рис.1.7.

Рис.1.7 – Зміна значень WQI вздовж досліджуваного сегмента

Отже, у цьому дослідженні оцінювалися просторово-часові зміни фізико-хімічної та бактеріологічної якості води Уед-Фес. Ступінь забруднення змінювався за зростаючим градієнтом, від верхньої течії до нижньої. Вміст і концентрація більшості вимірних параметрів були вищими за марокканські стандарти якості поверхневих вод і стандарти ВООЗ. Забруднення Уед-Фес

Рис.1.8 – Схема впливу діяльності людини на малі річки

1.4 Екологічні проблеми малих річок міста Запоріжжя.

На території Запоріжжя є багато річок і проток. Найбільшою і найвідомішою з них є Дніпро, але також є невеличкі річечки Мокра Московка, Суха Московка, Верхня, Нижня, Середня Хортиця та інші. Загалом на території нараховується 118 малих річок. Більша частина цих річок знаходиться у занедбаному стані, на жаль, тому що роками на ці річки ніхто не звертав уваги.

Річки Запоріжжя мають непридатну для пиття воду, через високий загальний вміст солі, що робить її вискоромінералізованою. Саме через це, а також через надмірне антропогенне навантаження, а саме розорення замість допустимих 40-50%, близько 95 % території Запоріжжя, у такій воді неможливе риборозведення та зрошування, тому що найбільше страждає екосистема річок.

Ще одним важливим фактором, який впливає на забрудненість річок Запоріжжя є побудова дамб і гребель. Воду з малих річок використовують для поливу. До прикладу, на невеличкій річці Мокра Московка побудовано близько 37 гребель, які збільшують дзеркало випаровування, зменшують водотік і об'єм води, який стікає у Дніпро чи Азовське море, тобто вода стоїть на місці, а отже швидше підіймається її температура. Також пагубно впливає буріння артезіанських свердловин. Через те, що їх почали масово бурити, зменшився рівень ґрунтових вод, знижується водна температура, змінюється рівень води, що веде до зміни в біологічному складі річкових екосистем. Зрозуміло також, що під час буріння свердловин може виникати ризик забруднення води внаслідок витоків нафти, газу і інших забруднюючих, хімічних речовин. Наприклад, на річці стоїть 37 гребель, зрозуміло, що течія

буде дуже маленька, через що річка буде цвісти. Шкоду зацвітання річки було описано у минулих підрозділах роботи.

Також однією з найбільших проблем вод Запоріжжя є стічні води. Раніше ніхто не задумувався над тим, що скидання неочищених стоків не лише шкодить екосистемі, але й має й інші негативні наслідки. Злив брудної води сповільнює течію, нагріває воду, що призводить до посиленого випаровування. Скидання стічних вод призводить до появи низки забруднюючих речовин, включаючи важкі метали, токсичні хімікати, фармацевтичні препарати, мікропластики та хвороботворні мікроорганізми. Ці речовини можуть зберігатися у водоймах, погіршуючи якість води та роблячи її непридатною для споживання людиною, зрошення та рекреаційної діяльності. Крім того, накопичення забруднюючих речовин у водних організмах може потрапити в харчовий ланцюг, створюючи ризик для здоров'я людини.

Скидання стічних вод порушує крихкий баланс прісноводних екосистем. Токсичні речовини та виснаження кисню в результаті забруднення стічних вод завдають шкоди водним рослинам, риbam та іншим організмам, що призводить до втрати біорізноманіття та руйнування екосистеми. Середовища існування, такі як водно-болотні угіддя, які забезпечують важливі екологічні послуги, можуть бути серйозно постраждали.

Скидання неочищених стічних вод становить пряму загрозу здоров'ю людей. Патогени, присутні у стічних водах, такі як бактерії, віруси та паразити, можуть спричинити захворювання, що передаються через воду, такі як холера, дизентерія та гепатит. Громади, які залежать від прісної води, яка є забрудненою для пиття, купання та приготування їжі, піддаються підвищеному ризику захворювань і спалахів хвороб.

Скидання неочищених або погано очищених стічних вод у системи прісної води є актуальною екологічною проблемою. Його вплив поширюється за межі водних екосистем на здоров'я та благополуччя людей. Віддаючи пріоритет стійким практикам управління стічними водами та стійким

адсорбційним технологіям, інвестуючи у відповідну інфраструктуру очищення та підвищуючи обізнаність громадськості, ми можемо захистити наші ресурси прісної води, зберегти біорізноманіття та забезпечити безпечне та стійке водопостачання для майбутніх поколінь.

Неабиякий негативний вплив на річки Запоріжжя має загальна екологічна ситуація і недбале ставлення українців до викидання сміття. На рис.1.8 проілюстровано як викладає місце біля річки Суха Московка, де знаходяться приватні будинки.



Рис.1.8 – Приватний сектор Вознесенівського району, р. Суха Московка
Місцеві жителі, через те, що вивозити сміття дорого коштує, просто викидають його на березі.

На рис.1.9 проілюстровано річку Мокра Московка, яка також потерпає від літнього відпочинку людей.



Рис.1.9 – Мокра Московка

Також місцеві жителі повідомляють, що більшість з тих, хто живе тут, проривають каналізацію прямо до річки і зливають туди всі відходи, тому що жаліють коштів на зливні ями. Неправильно викинуте сміття є розсадником бактерій і хвороб. Послід може поширювати хвороби, віруси та паразитів двома способами: прямим і непрямим контактом.

Мікроби можуть передаватися безпосередньо при фізичному контакті з підстилкою. Це може статися, якщо підняти, торкнутися або випадково поранитися об неправильно викинуте сміття.

Бактерії та паразити також можуть передаватися людині опосередковано через ураженого переносника. Переносниками є тварини або комахи, які контактують із забрудненим сміттям, а потім передають ці забруднення людям.

Така ситуація створює серйозні проблеми для довкілля та здоров'я населення, а також впливає на розвиток країни. До прикладу про наслідки такої недбалості, у Бразилії, у 2013 році SUS витратив 125,5 мільйонів R \$ на лікування пацієнтів з інфекційними захворюваннями шлунково-кишкового тракту. Ці ресурси можна було б інвестувати в інші сфери, якби в країні була

відповідна санітарія. Неочищені стічні води кишать сальмонелою, гепатитом, дизентерією, криптоспоридією та багатьма іншими інфекційними захворюваннями. Мікроби залишаються навіть після того, як сморід стічних вод розсіюється. Здорові дорослі можуть ніколи не зрозуміти, що вчорашнє плавання спричинило сьогоднішній кашель, діарею чи вушну інфекцію. Маленькі діти, їхні бабусі та дідусі та люди, які вже ослаблені хворобою, мають більший шанс серйозно захворіти або померти. Вчені вважають, що близько 3,5 мільйона американців щороку хворіють після плавання, катання на човні, риболовлі або іншого торкання води, яку вони вважали безпечною.

У дослідженні 1998 року, опублікованому в Міжнародному журналі епідеміології, забруднення води стало причиною однієї третини всіх зареєстрованих випадків гастроентериту та двох третин усіх вушних інфекцій. У групі ризику знаходяться не лише люди, які граються у воді та біля неї. Між 1985 і 2000 роками Центри контролю за захворюваннями (CDC) задокументували 251 окремий спалах захворювань і майже півмільйона випадків захворювань, що передаються через воду через забруднену питну воду в Сполучених Штатах. Інше дослідження, проведене CDC і Національною академією наук, прийшло до висновку, що причиною більшості хвороб, спричинених вживанням забруднених морепродуктів, є людські стічні води.

Також страшним наслідком такого поводження з водними ресурсами є евтакація. Процес евтрофікації може бути природним або штучним (викликаним діями людини). Штучний виникає в основному внаслідок забруднення річок стічними водами, однак інші антропогенні дії можуть спричинити процес евтрофікації. Природна евтрофікація є повільним і поступовим процесом, спричиненим екологічними та природними умовами.

При евтрофікації відбувається ріст мікроорганізмів, які зменшують концентрацію кисню в річках, викликаючи загибель риби.

Збільшення кількості водоростей і рослин у водоймі зменшить кількість кисню, доступного у воді, що ускладнить виживання риб та інших водних організмів. Крім того, водорості зазвичай накопичуються на поверхні води, перешкоджаючи проникненню сонячного світла, унеможливаючи фотосинтез організмів.

При евтрофікації навколишнє середовище виробляє більше органічної речовини, ніж воно здатне спожити. Розкладання органічних речовин, у свою чергу, посиляться, зменшуючи кількість кисню у воді та утворюючи метан (CH₄) і сірководень (або сірководень, H₂S).

Газ метан більш шкідливий, ніж вуглекислий газ (CO₂) для парникового ефекту. Газ метан без кольору та запаху має вибухонебезпечний потенціал і дуже шкідливий для здоров'я. Газоподібний водень, з іншого боку, дуже токсичний і також шкідливий для здоров'я людини. Він утворюється при відсутності кисню в процесі біодеградації. Його наповненість схожа на тухле яйце. Ці гази також утворюються в процесі очищення стічних вод, але в контрольованому порядку.

Можемо зробити висновок, що річки Запоріжжя знаходяться під загрозою, а також мають серйозний вплив на ґрунти території, здоров'я людей тварин. Екологічна ситуація погіршується з кожним днем через військові дії на території.

2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Методи збору гідробіологічного матеріалу. Розрахунок чисельності та біомаси макрзообентосу.

Найбільш поширеними методами збору гідробіологічного матеріалу є статистичний і метод теорії ймовірності. Найбільш поширеного застосування вони набули при розрахунках і прогнозах характеристик річкового стоку.

Перш ніж розповідати про метод теорії ймовірності, важливо зрозуміти, що таке "подія" у цій концепції. Подія – це будь-який факт, який може статися або не статися в результаті певного досліду чи експерименту.

Наприклад, кількість сонячних днів протягом тижня або ж кількість днів з опадами протягом року. Кожна з цих подій має певну ймовірність: одна може бути більш імовірною, а інша – менш. Однак на око визначити, яка з них ймовірніша, доволі складно. Тому для порівняння ймовірності різних подій використовують числові характеристики. Чим більша ймовірність події, тим більшим числом вона виражається. Це число називається ймовірністю події. Щоб чітко зрозуміти ймовірність, візьмемо за одиницю ймовірність достовірних подій.

Достовірна подія – це та, яка обов'язково відбудеться в результаті експерименту.

Наприклад, протягом одного тижня не може бути більше семи сонячних днів. Ймовірність такої події завжди дорівнює 1.

На противагу достовірним, існують й неймовірні події.

Неймовірна подія – це та, яка не може статися в рамках досліду.

Наприклад, протягом одного тижня може бути більше семи сонячних днів.

Ймовірність такої події дорівнює 0.

Отже, ймовірність – це числова міра, яка описує ступінь можливості настання певної події.

Випадкові величини: дискретні та безперервні

Випадкова величина – це величина, яка в результаті дослідження може приймати різні значення, заздалегідь невідомі. Залежно від характеру можливих значень, випадкові величини поділяються на два типи:

1. Дискретні, тобто можливі значення можна перерахувати.

Приклади:

- Кількість дощових паводків у році.
- Кількість випадків пересихання річки за літньо-меженний період.
- Кількість кидків монети, які призвели до випадання герба.

2. Безперервні, коли значення не відрізняються одне від одного, а безперервно заповнюють певний проміжок.

Приклади:

- Рівень води в річці.
- Час, за який випаде певна кількість опадів.
- Вага яблук з певного саду.

Для опису дискретної випадкової величини X використовуються або можливі значення: $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, або ймовірності появи: $p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$.

Ряд розподілу – це перелік можливих значень випадкової величини з відповідними ймовірностями. Закон розподілу дискретної випадкової величини X записується у вигляді:

$$\begin{aligned} X = x_1 & \text{ з ймовірністю } p_1 \\ & x_2 \text{ з ймовірністю } p_2 \\ & x_3 \text{ з ймовірністю } p_3 \\ & \dots \\ & x_n \text{ з ймовірністю } p_n \end{aligned}$$

Скласти ряд розподілу складно, адже вона має безліч можливих значень. Характеристикою розподілу безперервної випадкової величини X є функція розподілу $F(x)$.

Функція розподілу $F(x)$ показує ймовірність того, що випадкова величина X буде меншою або дорівнюватиме певному значенню x :

$$F(x) = P(X \leq x)$$

Важливо розуміти, що ймовірність події не є гарантією її настання. Вона лише описує ступінь можливості цієї події.

У теорії ймовірностей, коли йдеться про випадкову величину, два поняття є фундаментальними:

Функція розподілу $F(x)$ (інтегральна).

Щільність розподілу $f(x)$ (диференціальна).

1. Функція розподілу $F(x)$

Функція розподілу $F(x)$ показує ймовірність того, що випадкова величина X буде меншою або дорівнюватиме певному значенню x . Іншими словами, $F(x)$ дає нам відповідь на питання: "Яка ймовірність того, що значення X буде не більше, ніж x ?"

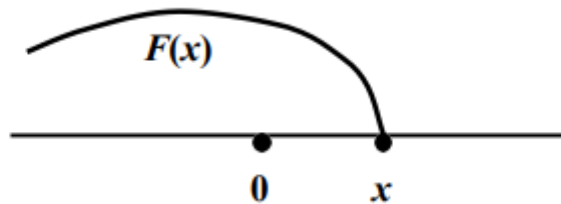


Рис. 2.1 – Функція розподілу

Графічно функція розподілу $F(x)$ зображується кривою, яка зростає від 0 до 1.

2. Щільність розподілу $f(x)$

Щільність розподілу $f(x)$ описує ймовірність того, що випадкова величина X потрапить до певного інтервалу. Іншими словами, $f(x)$ дає нам відповідь на питання: "Яка ймовірність того, що значення X буде знаходитися в інтервалі $[a, b]$?"

Щільність розподілу $f(x)$ пов'язана з функцією розподілу $F(x)$ наступним співвідношенням:

$$f(x) = F'(x) \tag{2.1}$$

Де $f'(x)$ - похідна $F(x)$.

Річковий стік річки – це складне явище, яке є результатом взаємодії багатьох факторів, таких як опади, випаровування, танення снігу, підземні води, рельєф місцевості, ґрунтовий покрив та інші.

Ряди стоку, які описують цю мінливість протягом часу, мають ряд особливостей, що відрізняють їх від більшості інших гідрометеорологічних даних. Тому для їх аналізу та прогнозування важливо використовувати статистичні методи.

Статистичні параметри, такі як дисперсія, асиметрія, математичне сподівання та ексцес, дозволяють кількісно оцінити властивості розподілу ймовірностей річкового стоку.

Ці параметри дають цінну інформацію про середню величину стоку та міру його мінливості. Математичне сподівання показує, скільки води в середньому проходить через річку за певний період часу, а дисперсія та середнє квадратичне відхилення описують, наскільки значення стоку можуть відхилятися від середнього значення.

Симетрію розподілу стоку: асиметрія показує, чи схильний розподіл стоку до більш високих або нижчих значень.

Наявність "хвостів" розподілу стоку: ексцес описує, чи є ймовірність виникнення екстремальних значень стоку вищою або нижчою, ніж очікується за нормальним розподілом.

Знання статистичних параметрів річкового стоку дає можливість:

- Робити висновки про закономірності формування стоку: наприклад, про те, які фактори найбільше впливають на його мінливість.
- Прогнозувати величини стоку: очікуваний обсяг води, який пройде через річку протягом певного періоду, або ймовірність виникнення повені.

- Розробляти заходи з регулювання стоку. До прикладу проектувати водосховища або канали для збору та розподілу води.

- Оцінювати вплив антропогенної діяльності на стік: наприклад, вплив вирубки лісів або будівництва гребель.

Існує декілька методів розрахунку статистичних параметрів річкового стоку:

- Метод моментів: ґрунтується на розрахунку моментів першого, другого, третього та четвертого порядків. Початковим моментом s-го порядку a_s дискретної величини є сума:

$$a_s = \sum_{i=1}^n x_i^s p_i \quad (2.2)$$

Центральний момент- це середнє значення відхилень випадкової величини X від її середнього значення (математичного сподівання m_x), узятих в степені s:

Другий центральний момент це дисперсія D_x . Він характеризує розсіювання випадкової величини відносно середнього.

$$\mu_s = \sum_{i=1}^n (x_i - m_x)^s p_i \quad (2.3)$$

$$\sigma_x = \sqrt{D_x} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}} \quad (2.4)$$

Третій центральний момент, також відомий як коефіцієнт асиметрії, коефіцієнт ексцесу або асиметрія Пірсона, є мірою несиметричності (асиметрії) розподілу випадкової величини.

- Метод максимальної правдоподібності: шукає такі значення параметрів, які максимізують правдоподібність вибірки. Цей метод введений у гідрологічну практику С.М.Крицьким і М.Ф.Менкелем. Даний метод

$$C_S = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{n \cdot S^3} = \frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^3}{n \cdot C_S^3} \quad (2.5)$$

рекомендується використовувати, коли використовується крива трипараметричного гама розподілу при $CV > 0,5$. При $CV < 0,5$ методи найбільшої правдоподібності та моментів мають збіжні результати

- Графо-аналітичний метод: використовує спеціальні графіки для визначення параметрів розподілу за Г.А.Алексєєвим.

Не менш важливим є метод гідрологічної аналогії. Гідрологічна аналогія - це метод оцінки гідрологічних характеристик невимірюваних або маловимірюваних водойм. Метод передбачає виявлення вимірюваного водотоку (аналога), фізичні та географічні характеристики якого подібні до характеристик невимірюваної водойми. Після вибору відповідного аналога гідрологічні характеристики, спостережувані у вимірюваному місці (наприклад, дані про сток), переносяться або поширюються на невимірювану водойму. Ключ до успішного застосування гідрологічної аналогії полягає у виборі відповідного аналога. Цей процес вибору включає ретельне порівняння та аналіз гідрологічних режимів на основі декількох факторів:

- Кліматичні умови, такі як режими опадів та температурні режими у водозборах як вимірюваної, так і невимірюваної водойми, повинні бути схожими.

- Час і настання гідрологічних подій (наприклад, повеней, посух) у обох водозборах повинні бути синхронізовані або тісно відповідати один одному.

- Екологічні характеристики водозборів, включаючи рельєф, геологію, гідрогеологію, типи ґрунтів, рослинний покрив, практики землеволодіння та будь-які антропогенні впливи, повинні бути максимально схожими.

- Ключові гідрологічні параметри, вимірювані у вимірюваному місці (наприклад, сток, рівень води), повинні бути достатніми для представлення гідрологічного режиму невимірюваної водойми.

- Дані, зібрані у вимірюваному аналогу, повинні бути високої якості та охоплювати достатньо довгий період, щоб відобразити мінливість гідрологічного режиму.

Ретельно розглядаючи ці фактори, гідрологи можуть вибрати відповідний аналог і використовувати спостережувані дані для оцінки гідрологічних характеристик невимірюваних або маловимірюваних водойм. Цей підхід є особливо цінним у регіонах з обмеженими даними про сток.

Гідрологічна аналогія служить для цілей:

- оцінки гідрологічних характеристик для маловимірюваної водойми;
- поширення даних і характеристик, отриманих з короткострокових спостережень, на більш тривалий або віддалений період;
- перевірки результатів, отриманих опосередковано (наприклад, за допомогою емпіричних формул).

Крім того, аналогія використовується:

- при систематичній розробці гідрологічних характеристик у регіональних деталях (для більшої кількості профілів річок, місцевостей тощо, ніж є ділянок, придатних для прямих вимірювань);

- для оцінки непрямих визначень характеристик гідрологічного режиму (детальне порівняння водозбірних площ і водоймища відповідно до принципів гідрологічної аналогії полегшує вибір відповідної моделі щодо

впливу можливих часткових відмінностей причинних факторів) тобто середні значення гідрологічних елементів, екстремальні значення величин, що характеризують гідрологічні явища, і характеристики часових ходів гідрологічних явищ

Інші дані потрібні для спеціальних цілей, таких як розширення значень деяких величин (наприклад, середньорічних скиди) за періоди, що перевищують періоди короткострокових спостережень на малозамірених водоймах.

Існують також і інші методи дослідження малих річок. До прикладу, методика визначення потенційної чисельності та біомаси бентофагів у внутрішніх водоймах включає аналіз кормової бази водойми та розмірно-вікової структури популяцій риби. В першу чергу розраховується сумарна біопродукція всього кормового макрзообентосу, який використовується рибами в стандартному, пластичному та генеративному обміні за вегетаційний період. Далі, враховуючи біологічні особливості досліджуваного виду та коливання екологічних факторів, розраховують загальну чисельність особин усіх видів у водоймі. Нарешті, на основі відносної чисельності всіх видів і середньої маси кожного виду в уловах визначається загальна біомаса риби та окремих видів у водоймі.

Оцінка потенційної кількості риби (її біомаси) у водоймах є важливим показником для визначення їх промислової цінності. Рибопродуктивність залежить як від біологічних характеристик самих риби та їх здатності до розмноження, так і від умов довкілля. Абіотичні та біотичні складові екосистеми водойм суттєво впливають на кількість риби. Це, зокрема, гідрологічний та гідрохімічний режим, видовий склад риби, розвиненість природної кормової бази. Для донних мешканців континентальних водойм кормова база включає червів, личинок комах, ракоподібних, моллюсків та інші групи зообентосу.

Дослідження живлення риби починається зі збору матеріалу – вилову представників різних видів за допомогою різноманітних знарядь. Оскільки

раціон риби може суттєво відрізнятись залежно від екологічних умов, збір матеріалу для вивчення їх харчової поведінки бажано проводити в усі сезони року по всій площі водойми. Методи збору, рекомендації щодо необхідної кількості особин у пробі, їх фіксації, маркування зразків та ведення польового журналу описані в окремих інструкціях та керівництвах з дослідження живлення риб.

Обов'язковою складовою дослідження живлення риб є відбір проб зообентосу поряд із місцем вилову. Це допомагає встановити кормову базу водойми або конкретної ділянки. Лабораторна обробка проб бентосу здійснюється за загальноприйнятими методиками. Збір даних, необхідних для подальших обчислень, завершує перший етап дослідження. Другий етап дослідження полягає у визначенні продуктивності зообентосу водойми. Це робиться шляхом розрахунку біомаси (кг/га) організмів кожного таксона за вегетаційний період за такою формулою:

$$P = k * B * P/B * 10, \tag{2.6}$$

де:

B (г/м²) - щільність організмів на одиницю площі;

P/B - коефіцієнт відношення продукції за певний відрізок часу до середньої біомаси за цей же період;

k - коефіцієнт використання продукції, допустимий ступінь.

Для визначення продуктивності зообентосу необхідно розрахувати біомасу кожного таксона за літній період, використовуючи цю формулу та дані про щільність організмів.

Після визначення біомаси кожного таксона зообентосу, необхідно встановити енергетичний еквівалент (Дж/г або кДж/кг) кожної групи кормових організмів. Потім цей показник множиться на значення біомаси (P) кожної групи, і отримані значення для всіх груп підсумовуються. Таким чином обчислюється сумарна продукція всіх груп кормових організмів водойми на одному гектарі за вегетаційний період. Для ілюстрації

розрахунків можна навести приклад, характерний для континентальних водойм України.

Розрахуємо енергетичну вартість (продукцію) усіх груп макрозообентосу Кагульського озера за 2012 рік (кг/га). Для цього скористаємося встановленими для озера коефіцієнтами P/V [1]. Припустимий ступінь утилізації органічної речовини k вважаємо рівним 50% (0,5) [2].

- Олігохети: $k = 0,5$, $V = 3,83 \text{ г/м}^2$, $P/V = 5$, енергетичний еквівалент - 3910 Дж/г. Отже, $P = 0,5 * 3,83 * 5 * 3910 * 10 = 374,4 \text{ МДж/га}$ (95,8 кг/га).

- Аналогічно розраховуємо значення для інших груп макрозообентосу:

- Амфіподи: $0,5 * 1,80 * 5 * 2950 * 10 = 132,8 \text{ МДж/га}$ (45,0 кг/га).

- Мізиди: $0,5 * 1,00 * 10 * 4790 * 10 = 239,5 \text{ МДж/га}$ (50,0 кг/га).

- Хірономіди: $0,5 * 4,70 * 21 * 4640 * 10 = 2289,8 \text{ МДж/га}$ (493,5 кг/га).

- Молюски черевоногі: $0,5 * 4,15 * 2 * 2260 * 10 = 93,8 \text{ МДж/га}$ (41,5 кг/га).

- Молюски двостулкові: $0,5 * 23,2 * 2 * 1990 * 10 = 461,7 \text{ МДж/га}$ (232,0 кг/га).

Таким чином, сумарна продукція цих груп макрозообентосу в озері Кагул становить за вегетаційний період 2012 р становить 3591,9 МДж/га.

Третій етап дослідження полягає у визначенні добового раціону кожної вікової групи риб усіх видів, що вивчаються. Харчові потреби визначаються кількістю енергії, необхідною для здійснення життєвих функцій та оптимального росту. Таким чином, метод розрахунку раціону базується на балансі надходження в організм енергії та витрат на життєві функції, приріст маси та виділення неперетравленої їжі. Для визначення добового раціону (C), необхідного дорослим статевозрілим особинам, використовується формула балансу енергії [3]:

$$C = R + L + Q + F,$$

(2.7)

де:

R - витрати енергії на основний обмін;

L - витрати енергії на пластичний обмін;

Q - витрати енергії на генеративний ріст;

F - неперетравлена частина спожитої їжі.

Четвертий етап. Оцінювання середнього значення раціону для всіх видів риб з урахуванням їхніх станів. Для цього розраховуємо загальну кількість N особин всіх видів риб водойми за формулою: $N = \frac{\sum(P_i * w_j * K_j)}{\sum(w_j)}$, де P_i - продукція для кожного таксону кормового макрозообентосу водойми (кДж/га); w_j - частка кожного виду риби у даній водоймі, яка визначається на підставі контрольних виловів; K_j - середньозважений раціон за вегетаційний період кожного виду риби даної водойми (кДж/екз.). Розрахунки цього етапу проілюструємо наступним прикладом.

Цей приклад розглядає, як оцінити середню кількість їжі, яку споживає бичок-пісочник (*Neogobius fluviatilis*) в озері Кагул, враховуючи його вікову структуру та співвідношення самців і самок.

Крок 1: Віковий склад

Використовуючи дані контрольного вилову риби за 2012 рік, визначаємо віковий розподіл популяції бичка-пісочника.

Крок 2: Раціон за віком

Для кожної вікової групи розраховуємо середньодобовий раціон (кількість їжі, яку споживає одна особина за день) відповідно до методу, описаного на третьому етапі (таблиця 1).

Крок 3: Статевий склад

Важливим показником є також співвідношення самців і самок у популяції. Цю інформацію можна отримати з даних вилову. Наприклад, якщо співвідношення самців до самок становить 1:1,25, тоді популяція складається приблизно з 44,4% самців ($(1 / (1 + 1,25)) * 100\%$) та 55,6% самок ($100\% - 44,4\%$).

Крок 4: Середній зважений раціон

Окремо розраховуємо середній раціон для самців і самок, враховуючи їхній раціон для кожної вікової групи та частку кожної вікової групи. Потім, зважаючи на відсоток самців (44,4%) та самок (55,6%) в популяції, отримуємо середньозважене значення раціону бичка-пісочника за період росту в озері Кагул.

П'ятий етап. Оцінка потенційної чисельності та біомаси риб-бентофагів

На цьому етапі ми оцінюємо, скільки риб-бентофагів (риб, що живляться донними організмами) могло б мешкати у водоймі за умови достатньої кількості їжі.

1. Середньозважений раціон риб-бентофагів: Спочатку розраховуємо середню кількість їжі, яку споживає одна риба-бентофаг за день (середньозважений раціон) з урахуванням різних видів риб та їхнього раціону. Наприклад, середньозважений раціон може становити 3502,7 кДж/екз.

2. Потенційна чисельність риб-бентофагів. Знаючи середньодобовий раціон риб та загальну продукцію зообентосу у водоймі за сезон (3591,9 МДж/га, як визначено в прикладі 1), можемо оцінити потенційну кількість особин риб-бентофагів на 1 га (щільність популяції). Для цього ділимо загальну продукцію зообентосу на середньодобовий раціон риб та множимо на коефіцієнт 1000 (щоб перевести одиниці з МДж/га в кДж/екз). Наприклад, потенційна щільність популяції може становити $(3591,9 \text{ МДж/га} / 3502,7 \text{ кДж/екз}) * 1000 \text{ екз/га} = 1025,5 \text{ екз/га}$.

Отже, за умови достатньої їжі, у водоймі могло б мешкати до 1025,5 особин риб-бентофагів на 1 га.

2.2 Фіксація та розбір гідробіологічного матеріалу

Фіксація матеріалу проводиться звичайно концентрованим формаліном або 70-95° спиртом з таким розрахунком, щоб у банці з урахуванням води, що в ній, був 4% або 70% розчин фіксатору.

Етикетка заповнюється простим олівцем і повинна мати такі дані:

Планктон _____ П.І.П. _____ дата _____

t повітря _____ t води _____

хмарність _____ прозорість _____

води _____ колір _____ запах _____

грунт _____ зарості _____

_____ знаряддя _____

Якісна та кількісна обробка проб поводиться в лабораторії. Проби із 200-грамових банок переливають в мірні циліндри, які нумеруються за допомогою стеклографу. Пробу необхідно тримати 2-3 дні в одному місці для того, щоб організми під дією сили тяжіння осіли на дно. Концентрують проби планктону до 10 мл. Гумовою трубкою з грушею дуже обережно зливають надосадкову рідину в порожню судину, що залишилась в циліндрі з організмами – добре перемішують і переливають в пініциліновий флакон з аналогічною етикеткою. Тільки після цього проба готова до обробки.

Перед тим, як проводити якісний і кількісний облік, проби в пініциліновому флаконі перемішують. Мірною піпеткою відбирають 1 мл. рідини і розміщують в облікову камеру. Облік організмів ведеться під біноклярною лупою. Необхідно проводити разом як якісний, так і кількісний

облік. Робиться це так. Облікова камера поділена на смужки, так що ширина однієї смужки відповідає полю зору, який розглядають. Розглядаючи послідовно одну смужку за іншою, в щоденник записується назва організму, визначеного за допомогою визначника або іншої довідкової літератури. Кількісний склад визначається за прикладом:

Тут проби № 1,2,3, - це зразки, що взято з пеніцилінової пляшечки і мають об'єм (1 мл.). Розглянуті проби виливають назад у пляшечку і перемішують. Таким чином визначається середня кількість організмів в 1 мл. Всього було відібрано 100 мл., тому необхідно зробити перерахунок. Для цього отриманий результат перемножують на 1000. Для визначення біомаси планктону існують спеціальні таблиці з відомою середньою масою організму. Якщо знати цю величину, необхідно перемножити її на отриману кількість організмів, а добуток - це біомаса організмів певного виду.

Для обліку бентосу використовується водний сачок. Як його виготовити, показано на рис. 1. Сачки мають мішечок з особливо міцного матеріалу або млинарного газу №32 – 62. Діаметр такого сачку повинен бути 20 або 25 см. Це зручно для подальшого перерахунку на 1 м².

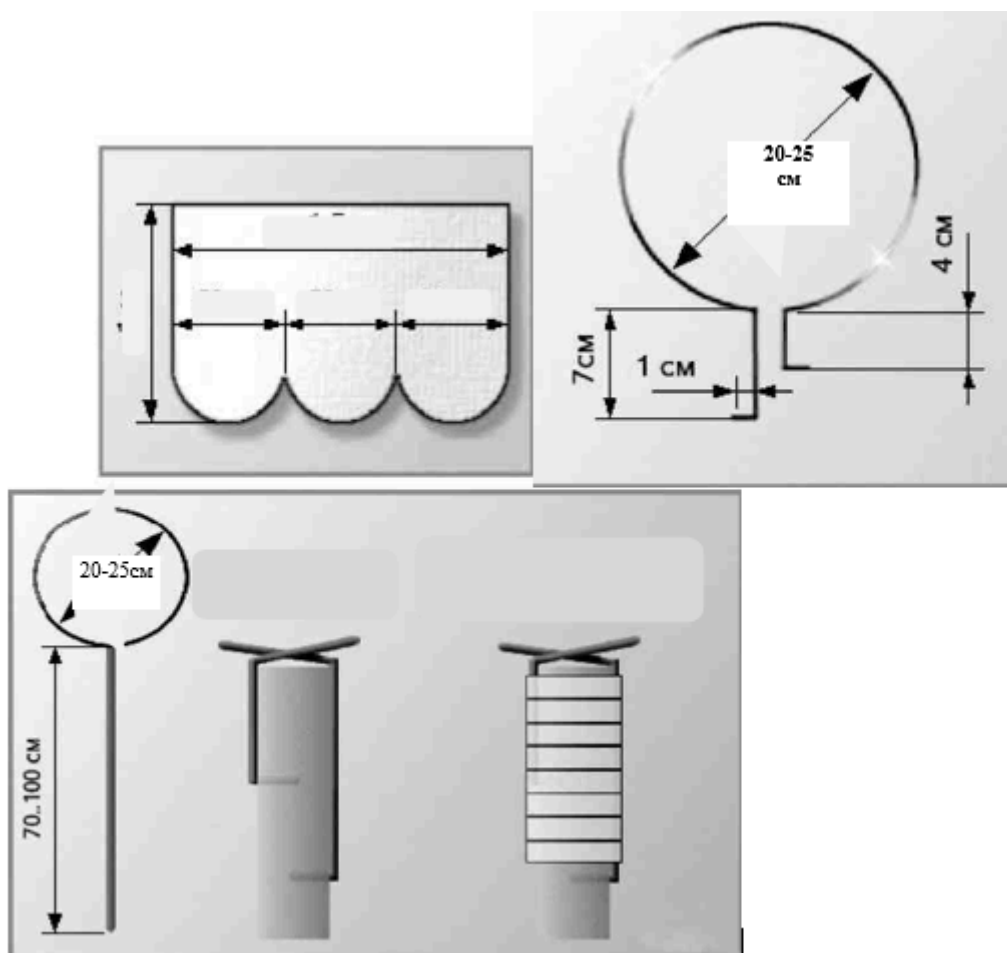


Рис.2.1 – Водний сачок

Проба бентосу береться на відстані 0,5 – 1,5 м від берегу. Сачком ведуть по дну 0,5 або 1 м. Грунт з сачка висипають на серію сит і промивають водою, після чого організми вибирають пінцетом або препарувальною голкою в пініциліновий флакон, додають води і фіксують формаліном або спиртом, як і зоопланктон. Якщо в пробі є великі молюски їх промивають і складають в іншу банку, фіксують і етикетують, вказуючи той же номер, що й на флаконі. У лабораторії розбирають вміст проби. Організми з пініцилінового флакону викладають в чашку Петрі та сортирують за видами. Потім за допомогою визначника встановлюють видову належність організмів. Після чого на торсійних терезах зважують організми по групам, легенько обсушив їх фільтрувальним папером. Отримані дані заносять до таблиці.

3 ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Особливості структурної організації макрзообентосу малої річки Верхня Хортиця

Одна із малих річок міста Запоріжжя річка Верхня Хортиця, яка тече переважно на південний схід. Впадає справа у річку Дніпро біля острова Байди, що знаходиться на Старому Дніпрі. Мала річка Верхня Хортиця протікає по урбанізованій території (житлова забудова міста), піддається великому антропогенному навантаженню. Загальна довжина р. Верхня Хортиця становить 9,1 км. По всій довжині річка була замулена та засмічена, поросла вищою водною рослинністю, головним чином очеретом звичайним (*Phragmites communis* Trin.), що призвело до погіршення її гідрологічного режиму та санітарного стану, підтоплення житлової забудови. Ширина русла річки Верхня Хортиця після проведених заходів щодо відновлення і підтримання сприятливого гідрологічного режиму та санітарного стану річок була збільшена з 3 м до 9–12 м, глибина збільшена з 1 м до 2,5 м в наслідок чого рівень води понизився на 1,5 м. Також під час проведених заходів протягом 2017–2019 років було виконано укріплення берегів та планування відкосів, завершені роботи з монтажу мостових переходів, роботи з планування території та влаштування тимчасових доріг, нарізано осушувальну мережу.

Основними негативними чинниками, що нині впливають на малі річки, є замулення, тісно пов'язане з ерозією, забруднення, зарегулювання і спрямлення, погіршення самоочисної здатності, збіднення генофонду корисних тварин і рослин, меліоративні роботи [1].

Досліджені ділянки річки Верхня Хортиця відрізняються відносно невеликою кількістю макрофітів і водоростей. Серед макрофітів

зустрічаються: рогіз широколистий, рогіз вузьколистий, очерет звичайний (*Phragmites communis* Trin.), а із водоростей – нитчасті водорості.

Швидкість течії річки на досліджених ділянках складала 0,4 м/с, температура води в прибережній зоні водотоку знаходилась в межах 18,5 – 20,0°C.

Вода річки Верхня Хортиця каламутна, містить багато зважених речовин, характерних для зливових і різних стічних вод, які потрапляють у водотік, стікаючи з обширних засмічених територій приватної житлової забудови міста.

Проби макрзообентосу річки Верхня Хортиця були відібрані в серпні – вересні 2023 року. За період дослідження в складі зообентосу річки Верхня Хортиця знайдені організми наступних груп: Gastropoda, Gammaridae, Isopoda, Insecta. Комахи представлені відділами Ephemeroptera, Coleoptera, Trichoptera і Diptera. Із двокрилих відмічені Simuliidae (мошки), Tabanidae (гедзі або табаніди) та Chironomidae (личинки хірономід або комарів-дзвінців).

Всього в складі донної фауни р. Верхня Хортиця було виявлено 6 видів і таксонів підвидового рангу.

Щільність макрзообентосу в середньому склала 355 ± 146 екз./м², біомаса 2.39 ± 43 г/м²

Кількісні характеристики макрзообентосу дослідженого водотоку представлені в таблиці 3.1.

В залежності від сезону року змінювались кількісні показники (щільність та біомаса) угруповань макрзообентосу дослідженого водотоу та їх структурна організація.

У літній період (серпень) в угрупованні водотоку домінували за щільністю виключно личинки волохокрильців *Hydropsyche angustipennis* Curtis, субдомінантами були гамариди *Gammarus lacustris* Sars та ізоподи *Asellus aquaticus*.

За біомасою тут домінували також личинки волохокрильців *Hydropsyche angustipennis* та личинки двокрилих *Tabanus* sp., подекуди переважали за біомасою гамариди *Gammarus lacustris* Sars та личинки хірономід *Chironomus plumosus* Linne.

Таблиця 3.1 – Кількісні характеристики макрозообентосу річки Верхня Хортиця за 2023 рік (N, щільність екз/м², B, біомаса, мг/м²)

Групи, таксони	серпень		вересень	
	N	B	N	B
Trichoptera				
<i>Hydropsyche angustipennis</i> Curtis	75	2045	13	392
<i>Potamophylax</i> sp.	–	–	8	233
Chironomidae				
<i>Cricotopus silvestris</i> Fabr.	14	51	62	211
<i>Chironomus plumosus</i> Linne	25	80	80	256
<i>Ablabesmyia lentiginosa</i> Fries, 1823	16	51	47	145
Ephemeroptera				
<i>Caenis horaris</i> (Linne)	10	19,5	8	17
<i>Cloeon dipterum</i> Linne	6	8	17	21
Gastropoda				
<i>Lymnae auricularia</i> (L.)	23	40,5	–	–
Gammaridae				
<i>Gammarus lacustris</i> Sars	36	98,5	185	519
Isopoda				
<i>Asellus aquaticus</i> (Linne)	35	49	72	101
Coleoptera				
<i>Coleoptera</i> sp.	–	–	5	152
Diptera				
<i>Tabanus</i> sp.	3	200	–	–

<i>Simulium</i> sp.	–	–	8	8
---------------------	---	---	---	---

Щільність личинок волохокрильців *Hydropsyche angustipennis* коливалась у межах 60–88 екз./м², а біомаса – 1408–2728 мг/м².

У осінній період (вересень) в угрупованні макрозообентосу дослідженого водотоку домінували за щільністю личинки комарів-дзвінців та гамариди *Gammarus lacustris*, які склали 37,4% та 36,6% від загальної щільності угруповання. Другорядне значення мали ізоподи *Asellus aquaticus*, щільність яких становила 14,3% від загальної щільності макрозообентосу.

За біомасою в цей період тут домінували личинки волохокрильців біомаса яких становила 30,4% від загальної біомаси бентосу. Субдомінантами за показниками біомаси були личинки комарів-дзвінців та гамариди *Gammarus lacustris*, їх сумарна біомаса складала 55,0% від загальної біомаси макрозообентосу.

Таким чином, з огляду на значні прогалини у вивченні видового складу та особливостей структурно-функціональної організації угруповань зообентосу малої річки Верхня Хортиця, і можливість використання донних організмів в якості біоіндикаторів екологічного стану річок, які протікають по урбанізованим територіям, актуальним завданням є подальше поглиблене вивчення зообентосу досліджуваного водотоку.

В подальшому нами було проведено екологічний аналіз бентосних зооценозів руслової ділянки малої річки Верхня Хортиця для оцінки екологічного стану її гідроекосистеми, що перебуває в умовах багатofакторного антропогенного впливу, обумовленого поверхневим та комунально-побутовими стоками приватної житлової забудови міста Запоріжжя. В якості критеріїв оцінки стану водної екосистеми було використано ряд якісних і кількісних структурних характеристик макрозообентосу як абсолютних, так і відносних (табл. 3.2 та табл. 3.3).

Аналізуючи якісний склад угруповань макрозообентосу на дослідженому водотоці в серпні слід вказати, що він трохи відрізнявся по деках. Так у другій декаді збільшилась кількість домінуючі видів та систематичних груп. Також збільшилось відношення щільності видів домінант до загальної щільності макрозообентосу з 63,3% до майже 67%.

Таблиця 3.2 – Структурна характеристика макрозообентосу річки Верхня Хортиця (серпень 2023 року)

Показники	Перша декада	Друга декада
Кількість таксонів	10	10
Домінанти	<i>Hydropsyche angustipennis</i> ; <i>Gammarus lacustris</i>	<i>Hydropsyche angustipennis</i> ; <i>Asellus aquaticus</i> ; <i>Gammarus lacustris</i> ; <i>Lymnae auricularia</i>
Домінуючі таксономічні групи	Trichoptera; Gammaridae	Trichoptera; Isopoda; Gammaridae; Gastropoda
відношення домінант	63,3%	66,9%
Щільність N (екз./м ²)	180	305
Біомаса B (мг/м ²)	2844	2442
Індекс сапробності	2,39	2,60
Індекс Вудівісса	5,5	6,0

Слід підкреслити, що в складі домінуючого комплексу видів макрозообентосу в серпні були присутні невимогливі до умов середовища еврибійонтні представники волохокрильців – *Hydropsyche angustipennis*. Домінуючими серед основних систематичних груп макрозообентосу в серпні були ракоподібні Gammaridae.

У вересні якісний склад макрозообентосу дослідженого водотоку по декадах був схожим – домінуючі види та домінуючі систематичні групи були майже одні і ті ж самі за винятком того, що в першій декаді домінували

личинки хірономід *Chironomus plumosus*, а в другій декаді – ізоподи *Asellus aquaticus*. Ступінь переважання гамарид над рештою основних систематичних груп були досить подібними.

Таблиця 3.3 – Структурна характеристика макрозообентосу річки Верхня Хортиця (вересень 2023 року)

Показники	Перша декада	Друга декада
Кількість таксонів	10	8
Домінанти	<i>Gammarus lacustris</i> ; <i>Chironomus plumosus</i>	<i>Gammarus lacustris</i> ; <i>Asellus aquaticus</i>
Домінуючі таксономічні групи	Gammaridae; Chironomidae	Gammaridae; Isopoda
відношення домінант	53,1%	55,1%
Щільність N (екз./м ²)	531	457
Біомаса B (мг/м ²)	2295	1572
Індекс сапробності	2,81	2,74
Індекс Вудівісса	6,0	6,0

Також були виявлені коливання загальної щільності і біомаси макрозообентосу у вересні за декадами. В другій декаді вересня було виявлено незначне збільшення відношення щільності видів домінант до загальної щільності макрозообентосу з 53,1% до майже 55,1%.

Для проведення оцінки сапробіологічного стану дослідженої ділянки річки Верхня Хортиця ми використовували індикаторні організми сапробності води, які були знайдені за літературними джерелами (табл. 3.5).

Нами було встановлено, що з вище наведених виявлених видів макрозообентосу (13 таксонів) дев'ять видів донних безхребетних безпосередньо є індикаторами сапробності, які складають 69% від загальної кількості видів. Більшість виявлених індикаторних видів сапробності відносяться до мезосапробних представників (88,8%). Серед цих

індикаторних видів 1 (11,2%) – відноситься до полісапробів, 4 (44,4%) – відносяться до β -мезосапробів та 4 (44,4%) – відносяться до α -мезосапробів.

Індекс сапробності досліджених ділянок річки Верхня Хортиця коливався у межах 2,30–2,83. Якість води водотоку за індексом сапробності в серпні у першій декаді відповідала слабко забрудненим водам, а в другій декаді – помірно забрудненим водам. Результати розрахунку індексу сапробності за методикою Пантле і Букка дослідженого водотоку у вересні в першій і другій декадах показали, що якість води відповідала помірно забрудненим водам.

Для екологічної оцінки якості води р. Верхня Хортиця використовували модифікований індекс Вудівісса, або індекс річки Трент (ТВІ), який є одним з найпоширеніших індексів, що використовуються у країнах ЄС й інших країнах світу [2].

За індексом Вудівісса вода досліджених ділянок річки Верхня Хортиця за весь досліджений період відноситься до β -мезосапробної зони, а її якість відповідає задовільним водам. Таким чином поверхневі води водотоку за біотичним індексом належать до III класу якості води, що відповідає помірно забрудненим водам.

Для поліпшення екологічного стану малої річки Верхня Хортиця та підвищення якості води дослідженого водотоку та й інших малих річок Запорізького регіону необхідно здійснити модернізацію гребель, побудованих на малих річках, з метою перетворення їх на локальні біотехнологічні системи очищення поверхневих вод. Побудувати на греблях найбільш забруднених малих річок України пристрої, здатні відновити природний стан екосистем та відтворити питну якість води в них [3].

Розроблені біотехнологічні системи для модернізації гребель мають такі переваги [3]:

- 1) вперше греблі на малих і середніх річках можуть бути використані як локальні очисні споруди;

2) біотехнологія дозволяє значно знизити концентрації біогенних елементів (N, P, C) у воді, та провести деструкцію більшості сполук органічно-синтетичної природи, незалежно від джерела потрапляння цих сполук у воду річок (з сільськогосподарських земель, з промислових, господарських або зливових стоків);

3) не потребує примусової аерації та витрат електроенергії на неї;

4) використано ефект збільшення різноманіття гідробіонтів, закріплених на розділі 3-х фаз: твердої, рідкої, газоподібної;

5) у локальному просторі сконцентрована максимальна біомаса мікроорганізмів-деструкторів, інтенсивне насичення води киснем повітря, та реалізований принцип «біоконвеєра»

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Промислова безпека, важливий аспект гігієни та безпеки праці, відіграє ключову роль у житті працівників радіоелектронної промисловості. Це безпосередньо впливає на їхнє фізичне благополуччя, здоров'я та продуктивність. Недбалість у сфері охорони праці може призвести до соціально-економічних проблем для працівників та їхніх сімей.

Охорона праці має величезне соціальне та економічне значення, оскільки вона:

- Підвищення продуктивності: Ефективні заходи безпеки створюють здорове та безпечне робоче середовище, що сприяє підвищенню продуктивності праці працівників.
- Збільшує ВВП: Зменшення нещасних випадків на виробництві та захворювань сприяє оздоровленню робочої сили, підвищуючи загальну економічну продуктивність і валовий внутрішній продукт (ВВП).
- Мінімізує витрати на компенсацію. Запобігаючи небезпеці на робочому місці, компанії можуть мінімізувати витрати, пов'язані з медичними відпустками, компенсаціями за травми та професійні захворювання та інші витрати, пов'язані з безпекою.

Цей розділ присвячений ідентифікації та оцінці небезпечних і шкідливих факторів, які виникають під час дослідження та розробки радіометричних перетворювачів магнітного поля. Зокрема, це стосується:

- Гігієна праці та санітарія: встановлює технічні рішення для забезпечення гігієнічних та санітарних умов праці для дослідників.
- Розрахунок безпечної відстані: визначає безпечну відстань від джерела магнітного поля, щоб захистити дослідників від шкідливого впливу електромагнітного випромінювання.
- Процедури безпеки: впроваджує заходи технічної безпеки під час дослідницької діяльності, щоб мінімізувати ризик нещасних випадків і травм.

- Готовність до надзвичайних ситуацій: розробляє плани реагування на надзвичайні ситуації та процедури для ефективного управління потенційно небезпечними ситуаціями.

Звертаючись до цих важливих аспектів промислової безпеки, радіоелектронна промисловість може захистити добробут своєї робочої сили, підвищити продуктивність і зробити внесок у стійке та соціально відповідальне робоче середовище.

Для забезпечення сприятливих гігієнічних умов на робочих місцях, де проводяться дослідження радіовимірювальних перетворювачів магнітного поля, висуваються певні вимоги до якісних та кількісних параметрів освітлення.

З урахуванням завдань зорової роботи в даному приміщенні, роботи з дослідження радіовимірювальних перетворювачів магнітного поля, відносимо їх до IV розряду зорових робіт.

Для IV розряду зорових робіт рекомендується використовувати середній контраст об'єкта з фоном та середню характеристику фону. Цій комбінації відповідає підрозряд В.

Нормовані значення коефіцієнта природного освітлення (КПО) та мінімальні значення освітленості при штучному освітленні для даного підрозряду зорових робіт наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Нормовані значення коефіцієнта природного освітлення

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фону	Освітленість при штучному освітленні, лк	КПО для бокового освітлення, %	
Середньої точності		0,5-1	IV	в	середній	середній	400	200

Під час експлуатації пристроїв, крім іншого обладнання, використовується устаткування, робота якого генерує шум. У приміщенні, де проводяться дослідження радіовимірювальних перетворювачів магнітного поля, джерелами шуму можуть бути: вентилятори блоку живлення ЕОМ, кулери, мікропроцесора та відеокарти

З метою попередження травмування працівників від дії шуму його рівень підлягає нормуванню.

Допустимі рівні шуму на робочих місцях, які не повинні перевищуватися протягом робочої зміни, наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 -Допустимі рівні шуму на робочих місцях

середньо-геометричними частотами, Гц	еквівалентні рівні
31,5	50
63	50
125	50
250	50
500	50
1000	50
2000	50
4000	50
8000	50

В середині приміщення, де здійснюється робота з дослідження радіовимірювальних перетворювачів магнітного поля, особливу увагу потрібно приділити запобіганню загрози ураження електричним струмом. Згідно з [9], дане приміщення відноситься до приміщень з підвищеною

небезпекою ураження електричним струмом внаслідок наявності високої (більше 75%) вологості.

Для забезпечення безпеки експлуатації електрообладнання в приміщеннях з підвищеною небезпекою ураження електричним струмом необхідно вжити ряд заходів, які включають:

- Застосування ізоляційних матеріалів з високим опором для покриття або захисту струмоведучих частин електроустановок.

- Використання захисних пристроїв, які автоматично або неавтоматично відключають електроустановку при виникненні несправності або загрози ураження електричним струмом.

- Заземлення металевих неструмоведучих частин електроустановок, які можуть опинитися під напругою внаслідок пробоя ізоляції.

- Застосування захисних рукавичок, діелектричних килимів, бот, інструментів з ізольованими ручками та ін.

- Проведення регулярних перевірок та випробувань електроустановок для виявлення та усунення несправностей, які можуть призвести до ураження електричним струмом.

Різні загрозові фактори надзвичайних ситуацій можуть негативно впливати на роботу розроблених радіовимірювальних перетворювачів магнітного поля, а також на функціонування систем, в яких вони застосовуються. В радіоелектронній апаратурі, зокрема в радіовимірювальних перетворювачах магнітного поля, використовуються елементи, до складу яких входять такі матеріали:

- Метали
- Неорганічні матеріали
- Провідники
- Різноманітні органічні сполуки (діелектрики, смоли тощо)

Серед цих матеріалів метали найбільш чутливі до впливу іонізуючих випромінювань, оскільки їм властива висока концентрація вільних носіїв заряду.

Іонізуючі випромінювання можуть призводити до зворотних та незворотних процесів в радіоелектронній апаратурі, що може спричинити порушення роботи електричних елементів та вихід пристрою з ладу.

Проходячи через елементи РЕА, потік гамма-випромінювань створює в них вільні носії електричних зарядів, що може призвести до спрацьовування пристрою.

При великих дозах опромінення втрачають працездатність комплектуючі елементи систем радіоелектроніки та електроавтоматики.

У транзисторах змінюється обернений струм і коефіцієнт підсилення. У конденсаторах знижуються напруги пробоя та опір стікання, змінюється провідність та внутрішній нагрів.

В органічних діелектричних матеріалах змінюються електрична провідність, діелектрична проникність і тангенс кута втрат.

Неорганічні матеріали менш чутливі до впливу іонізуючих випромінювань. Для визначення області працездатності радіовимірювальних перетворювачів магнітного поля в умовах дії загрозливих факторів надзвичайних ситуацій необхідно провести дослідження, спрямовані на:

Визначення допустимих рівнів впливу загрозливих факторів (іонізуючих випромінювань, високих температур, електромагнітних імпульсів тощо) на роботу перетворювачів.

Розробку методів захисту перетворювачів від негативного впливу загрозливих факторів. Визначення граничних характеристик роботи перетворювачів в умовах дії загрозливих факторів. Результати цих досліджень дозволять встановити область працездатності радіовимірювальних перетворювачів магнітного поля в умовах надзвичайних ситуацій, а також розробити рекомендації щодо їхнього використання в системах, які можуть опинитися під впливом загрозливих факторів.

ВИСНОВКИ

1. Макрозообентос річки Верхня Хортиця у серпні-вересні 2023 року був представлений 13 таксонами, які належать до восьми таксономічних груп. В угрупованні макрозообентосу були виявлені личинки хірономід (3 види), личинки одноденок (2 таксона), личинки волохокрильців (2 види), інші таксономічні групи були представлені по одному таксону.

2. Щільність макрозообентосу досліджуваного водотоку в літній період 2023 року коливалась в межах 170–440 екз/м². Кількісні показники донної макрофауни у осінній період 2023 року знаходились у межах 457–560 екз/м².


3. Біомаса макрозообентосу р. Верхня Хортиця у серпні коливалась в межах від 2603 до 2972 мг/м², а у вересні знаходилась у межах 1572–2318 мг/м².

4. За сапробіологічними показниками вода річки Верхня Хортиця в літній період відповідала β-мезосапробній та α-мезосапробній зонам, що характеризує досліджену ділянку водотоку як слабо забруднену та помірно забруднену. В осінній період за сапробіологічним індексом стан малої річки характеризувався як помірно забруднена, а індекс сапробності був у межах 2,74–2,83.

5. За індексом Вудівісса вода досліджених ділянок річки Верхня Хортиця за весь досліджений період відноситься до β-мезосапробної зони, а її якість відповідає задовільним водам. Таким чином поверхневі води водотоку за біотичним індексом належать до III класу якості води, що відповідає помірно забрудненим водам.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бікулов Д. Т, Чкан А. С., Олійник О. М., Маркова С. В. Менеджмент : навч. посіб. Запоріжжя : ЗНУ, 2017. 360 с.
2. Водний кодекс України // Відомості Верховної Ради України. 1995. №24. ст. 189.
3. Водний фонд України: Штучні водойми – водосховища і ставки: Довідник / В.В. Гребінь, В.К. Хільчевський, В.А. Сташук, О.В. Чунарьов, О.С. Ярошевич ; за ред. В.К. Хільчевського, В.В. Гребеня. Київ:Інтерпрес, 2014. 192 с.
4. Воронка В.П., Непша О.В. Еколого-ресурсний потенціал малих річок Запорізької області // Географічна наука та освіта: екологічні та соціальні ризики. Матеріали Всеукраїнської наукової конференції, 17-18 жовтня 2005 року. К.: Київський національний університет ім. Т. Шевченка, 2005.45-46с.
5. Воронка В.П., Марченко О.А., Непша О.В. Еколого-географічні проблеми використання та відтворення гідроресурсного потенціалу Запорізької області // Регіональні проблеми України: географічний аналіз та пошук шляхів вирішення. Збірник наукових праць. Херсон: П.П. Вишемирський, 2007. 58-63с.
6. Віднова. URL: <https://vidnova.info/wp-content/uploads/2023/02/programa-revitalizatsiyi-malyh-ri-chok-Zaporizhzhya-2018-2028.pdf> (дата звернення: 17.04.2024).
7. Вплив фосфору на водні екосистеми. Цвітіння води // Регіональний офіс водних ресурсів у Тернопільській області. URL: <https://rovrto.davr.gov.ua/6374/> (дата звернення: 16.04.2024).

8. Гребінь В.В., Хільчевський В.К. Ретроспективний аналіз досліджень річкової мережі України та застосування типології річок водної рамкової директиви ЄС на сучасному етапі. 2016. 32-47с.
9. Державне агентство водних ресурсів України. Офіційний сайт. [Електронний ресурс]. Режим доступу: www.scwm.gov.ua.
10. Зуб Л.М., Карпова Г.О. Малі річки України: характеристика, сучасний стан, шляхи збереження. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.uarivers.net/>.
11. Клименко В.Г. Гідрологія України: Навчальний посібник для студентів-географів. Харків: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2010. 124 с.
12. Непша О.В. Місце водосховищ в організації короткочасної рекреаційної діяльності. Чернівці, 2000. 136-137с.
13. Непша О.В. Гідрологічні особливості річок Північно-Західного Приазов'я // Екологічний шлях у майбутнє: матеріали Всеукраїнської наук.-практ. конф., Умань, 29-30 березня 2012 р. К.: Науковий світ, 2012. С. 95-96.
14. Непша О.В., Дидичкін А.О. Гідрохімічний режим річок північно-західного Приазов'я. Мелітополь, 2014. 29-32с.
15. Домашня сторінка. URL: <http://dspace.nbuu.gov.ua/bitstream/handle/123456789/152153/05-Zamorov.pdf?sequence=1> (дата звернення: 11.05.2024).
16. Екологічний фронт Запоріжжя. Віднова. URL: <https://vidnova.info/ekologichnyj-front-zaporizhzhya.html> (дата звернення: 17.04.2024).
17. Карта свідчить, що війна з окупантами погіршила екологію України – Visicom API. URL: <https://api.visicom.ua/uk/posts/unermap070722> (дата звернення: 16.04.2024).
18.  Левківський С.С., Падун М.М. Рациональне використання і охорона водних ресурсів. 2006. 280 с.

19. Наукові засади раціонального використання водних ресурсів України за басейновим принципом. 2014. 320 с.
20. Охорона та раціональне використання природних ресурсів і рекультивація земель: навч. посібник. 2007. 420 с.
21. Смирнова В.Г. Трансформація річок та річкових русел (на прикладі річкових водних об'єктів Полтавської області). Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2013. 108 с.
22. Свобода Р. Сучасний екологічний стан малих річок Запорізького краю незадовільний. Такого висновку дійшли фахівці Державного управління екології та природних ресурсів Запорізької області під час паспортизації водних об'єктів. Радіо Свобода. URL: <https://www.radiosvoboda.org/a/905918.html> (дата звернення: 16.04.2024).
23. Редакція Т. Топ-5 найбрудніших річок України: українці п'ють з водойм, де гине навіть риба. ТСН.ua. URL: <https://tsn.ua/ukrayina/top-5-naybrudnishih-richok-ukrayini-ukrayinci-p-yut-z-vod-oyum-de-gine-navit-riba-303990.html> (дата звернення: 16.04.2024).
24. Осушувальні заходи | ВЕБ-портал для надання консультативних послуг сільгоспвиробникам через Інтернет. ВЕБ-портал для надання консультативних послуг сільгоспвиробникам через Інтернет. Інститут водних проблем і меліорації НААН України. URL: <https://ias.pp.ua/меліоративний-захід-м12/> (дата звернення: 16.04.2024).
25. Малі річки Запоріжжя планують перетворити в зони відпочинку. Володимир Буряк доручив розробити для цього міську програму. URL: <https://zp.gov.ua/uk/articles/item/1900/mali-richki-zaporizhzhya-planuyut-peretvoriti-v-zoni-vidpochinku-volodimir-buryak-doruchiv-rozrobiti-dlya-cogo-misku-programu> (дата звернення: 16.04.2024).
26. МДПУ репозиторій вітає вас! - МДПУ репозиторій. URL: http://eprints.mdpu.org.ua/id/eprint/2097/1/Крапівко_Непша_мелітополь_2017.pdf (дата звернення: 16.05.2024).

27. Уваєва О.І., Коцюба І.Г., Єльнікова Т.О. Гідробіологія: навчальний посібник. Житомир: Державний університет «Житомирська політехніка», 2020. 196 с.

28. Рильський О., Домбровський К., Петруша Ю., Горбань В. Новітні біотехнології очищення води малих річок. Сталий розвиток – стан та перспективи : зб. матер. IV міжнародного наукового симпозиуму в рамках Еразмус + Модуль Жан Моне «Концепція екосистемних послуг: Європейський досвід». (Львів – Славське, 13–16 лютого 2024) Україна., Львів, 2024. 137–139с.

29. Стецишин М.М. Господарське використання та охорона річок Північно-Західного Приазов'я/ М.М. Стецишин, Т.В. Зав'ялова, О.В. Непша// Інтеграція фундаментальних та прикладних досліджень в географічній, екологічній та хімічній освіті: збірник матеріалів Всеукраїнської науковопрактичної інтернет-конференції (12-13 листопада 2015 р., Умань). Умань: Видавець «Сочінський», 2015. 119-121 с.

30. Швебс Г.І. Каталог річок і водойм України: Навчальнодовідковий посібник. Одеса, 2003. 392 с.

31. Ukrinform. Затоплення шахт на окупованому Сході може призводити до забруднення води - експерт. Укрінформ - актуальні новини України та світу. URL: <https://rubryka.com/article/donbas-ekologiya/> (дата звернення: 16.04.2024).

32. Anthropogenic Impact on Lake Ecosystem. IntechOpen - Open Science Open Minds | IntechOpen. URL: <https://www.intechopen.com/chapters/87524> (date of access: 16.04.2024).

33. Anthropogenic Pollution of Coastal Ecosystems in Brazil. springerprofessional.de. URL: <https://www.springerprofessional.de/anthropogenic-pollution-of-coastal-ecosystems-in-brazil/19716860> (date of access: 16.04.2024).

34. Anthropogenic Pollution of Aquatic Ecosystems. springerprofessional.de. URL:

<https://www.springerprofessional.de/anthropogenic-pollution-of-aquatic-ecosystems/19716824> (date of access: 16.04.2024).

35. Detergents Pollution in Freshwater Ecosystems. springerprofessional.de. URL:

<https://www.springerprofessional.de/detergents-pollution-in-freshwater-ecosystems/19716832> (date of access: 16.04.2024).

36. Introduction. springerprofessional.de. URL: <https://www.springerprofessional.de/introduction/19716826> (date of access: 16.04.2024).

37. Effects of Pollution on Fish. springerprofessional.de. URL: <https://www.springerprofessional.de/effects-of-pollution-on-fish/19716848> (date of access: 16.04.2024)

38. How Sewage Pollution Ends Up In Rivers –. Life Depends on Rivers. URL: <https://www.americanrivers.org/threats-solutions/clean-water/sewage-pollution/> (date of access: 17.04.2024).

39. Marine Eutrophication: Overview from Now to the Future. springerprofessional.de. URL: <https://www.springerprofessional.de/marine-eutrophication-overview-from-now-to-the-future/19716858> (date of access: 16.04.2024).

40. Lina Khouri a. Selection of suitable aggregation function for estimation of water quality index for the Orontes River. *Ecological Indicators*. 2022.

41. The Impact of Wastewater Discharge to Freshwater Systems | PET. PET Phoslock Environmental Technologies. URL: <https://petwatersolutions.com/impact-of-wastewater-discharge-threats-to-freshwater-systems/#:~:text=Wastewater%20discharge%20introduces%20a%20range,%,%20irrigation,%20and%20recreational%20activities.> (date of access: 16.04.2024).

42. Pollution Affecting Cyanobacteria in Aquatic Habitats. springerprofessional.de. URL:

<https://www.springerprofessional.de/pollution-affecting-cyanobacteria-in-aquatic-habitats/19716846> (date of access: 16.04.2024).

43. Pharmaceutical Pollutants in Aquatic Ecosystems. [springerprofessional.de](https://www.springerprofessional.de). URL:

<https://www.springerprofessional.de/pharmaceutical-pollutants-in-aquatic-ecosystems/19716830> (date of access: 16.04.2024).

44. What happens to rivers that receive untreated sewage?. SEIBT: Sistemas Completos de Reciclagem e Tecnologia de Ponta. URL: <https://seibt.com.br/en/blog/what-happens-to-rivers-that-receive-untreated-sewage/> (date of access: 17.04.2024).

45. Ana Sayfa » DergiPark. URL: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/2468972> (дата звернення: 16.04.2024).

46. Deutsche Welle. İklim değişikliği terörü güçlendiriyor – DW – 16.02.2018. [dw.com](https://www.dw.com/tr/iklim-değişikliği-terörü-güçlendiriyor/a-42621407). URL: <https://www.dw.com/tr/iklim-değişikliği-terörü-güçlendiriyor/a-42621407> (date of access: 16.04.2024).

47. Savaşın Çevreye Etkileri: Ukrayna – Nesrin Algan - Panorama. Panorama - Uluslararası İlişkiler Konseyi Panorama. URL: <https://www.uikpanorama.com/blog/2022/06/03/cevre/?print=print> (date of access: 16.04.2024).

48. Sürdürülebilirlik Hakkında Her Şey. Sürdürülebilirlik Hakkında Her Şey. URL: <https://www.ekoiq.com/cocuklar-afetlere-hazirlik-egitimi-aliyor/> (date of access: 16.04.2024).

49. RNZ News. Vanuatu calls for ICC to include crime of ecocide. RNZ. URL: <https://www.rnz.co.nz/international/pacific-news/404921/vanuatu-calls-for-icc-to-include-crime-of-ecocide> (date of access: 16.04.2024).

50. URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000039485> (дата звернення: 19.04.2024)

