

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет плодощовочівництва, екології та захисту рослин

Кафедра екології та безпеки життєдіяльності

**Допущено до захисту**

«\_\_\_»\_\_\_\_\_2025 року

**Зав. кафедри, к. с.-г. н., доцент**

\_\_\_\_\_Ольга ВАСИЛЕНКО

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
магістра

**ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ НАЦІОНАЛЬНОГО  
ДЕНДРОЛОГІЧНОГО ПАРКУ «СОФІЇВКА» НАН УКРАЇНИ**

**Виконав:** студент 2 курсу, групи 21 м-ек

спеціальності 101 Екологія

освітньо-професійної програми

Екологія

Павло КАУЛІН

Керівник: Алла БАЛАБАК

Умань – 2025

## ЗМІСТ

|                                                                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>ВСТУП</b>                                                                                                                         | 3  |
| <b>РОЗДІЛ 1. Теоретичні основи екологічного моніторингу водних об'єктів</b>                                                          | 5  |
| 1.1. Водні ресурси України: класифікація та екологічні проблеми                                                                      | 5  |
| 1.2. Основні показники якості поверхневих вод                                                                                        | 7  |
| 1.3. Методи та підходи до оцінювання стану водних екосистем                                                                          | 10 |
| <b>РОЗДІЛ 2. Умови, об'єкт та методика досліджень</b>                                                                                | 13 |
| 2.1. Природні умови регіону досліджень                                                                                               | 13 |
| 2.2. Об'єкти досліджень                                                                                                              | 14 |
| 2.3. Схема досліджу                                                                                                                  | 14 |
| 2.4. Методика досліджень                                                                                                             | 15 |
| 2.5. Охорона праці                                                                                                                   | 17 |
| <b>РОЗДІЛ 3. Результати досліджень</b>                                                                                               | 20 |
| 3.1. Гідрологічна мережа та система ставів Національного дендропарку «Софіївка» НАНУ                                                 | 20 |
| 3.2. Результати вимірювань фізико-хімічних показників ставів НДП «Софіївка» та порівняння отриманих даних із нормативами якості води | 23 |
| 3.3. Комплексна інтегральна оцінка екологічного стану вод та виявлення основних джерел забруднення                                   | 30 |
| <b>РОЗДІЛ 4. Аналіз еколого-економічної ефективності отриманих результатів</b>                                                       | 33 |
| <b>ВИСНОВКИ</b>                                                                                                                      | 36 |
| <b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b>                                                                                                    | 38 |
| <b>ДОДАТКИ</b>                                                                                                                       | 41 |

## ВСТУП

Водні ресурси є ключовою складовою природних екосистем та відіграють важливу роль у забезпеченні екологічної рівноваги, рекреаційних можливостей та якості життя населення. У сучасних умовах антропогенного навантаження, зміни клімату та урбанізаційних процесів стан поверхневих вод зазнає помітних трансформацій, що потребує систематичного моніторингу та науково обґрунтованої оцінки.

Національний дендрологічний парк «Софіївка» НАН України є унікальним об'єктом природно-ландшафтною та історико-культурною спадщини, гідросистема якого відіграє провідну роль у формуванні екологічного стану території, збереженні біорізноманіття та забезпеченні рекреаційної привабливості. Високий рівень відвідуваності, специфіка ландшафтною архітектури та антропогенні фактори зумовлюють необхідність ретельного вивчення якісних характеристик води у ставках, водогосподарських спорудах та каптажах парку.

Актуальність роботи визначається потребою у комплексній екологічній оцінці водних ресурсів НДП «Софіївка», визначенні ступеня їх відповідності нормативам та виявленні чинників, що формують якість води в межах цього цінного природного об'єкта.

Мета роботи – провести екологічну оцінку якості поверхневих вод Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України на основі аналізу фізико-хімічних показників та визначення чинників, що впливають на її стан.

Завдання роботи:

1. Оцінити природні умови території НДП «Софіївка» та особливості формування його гідросистеми.
2. Провести дослідження якості води у ставках парку.
3. Визначити фактори, що впливають на зміну показників якості води.
4. Здійснити інтегральну екологічну оцінку стану вод гідросистеми.

## 5. Обґрунтувати еколого-економічну значимість отриманих результатів.

Робота поглиблює уявлення про особливості функціонування та екологічний стан водних систем на територіях з високим рекреаційним навантаженням. Результати дослідження дозволяють уточнити закономірності впливу природних і антропогенних факторів на формування хімічного складу води в межах складних ландшафтно-архітектурних комплексів, таких як НДП «Софіївка». Отримані дані можуть бути використані як база для подальших екогідрологічних, моніторингових та порівняльних досліджень.

### **Наукове та практичне значення одержаних результатів.**

Матеріали роботи можуть бути застосовані для: удосконалення системи моніторингу якості води на території НДП «Софіївка»; розробки рекомендацій щодо поліпшення стану водних об'єктів та мінімізації негативного впливу антропогенних факторів; впровадження природоохоронних заходів у сфері управління рекреаційними ландшафтами; використання в навчальному процесі закладів вищої освіти за напрямками екології, гідроекології, водних ресурсів.

*Об'єкт дослідження* – стави Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України.

*Предмет дослідження* – фізико-хімічні показники якості поверхневих вод та чинники, що визначають їх формування.

*Апробація результатів роботи* проводилася на Міжнародній інтернет-конференції «Наукове забезпечення виробництва конкурентоспроможної сільськогосподарської продукції в умовах формування екологічностійких агроландшафтів» (Додаток А).

**Структура та обсяг магістерської роботи.** Загальний обсяг роботи становить 44 сторінки комп'ютерного тексту. Дипломна робота складається з вступу, 4 розділів, висновків та 1 додатку. Список використаних джерел нараховує 39.

## РОЗДІЛ 1

### ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ

#### 1.1. Водні ресурси України: класифікація та екологічні проблеми

Водні ресурси України становлять одну з найважливіших складових природного потенціалу держави, забезпечуючи господарську діяльність, задовольняючи питні потреби населення та підтримуючи функціонування екосистем. За визначенням О. М. Адаменка, «водні ресурси – це сукупність поверхневих і підземних вод, що є придатними для використання в народному господарстві й водночас виконують екологічну роль у природних комплексах» [1]. Україна має розвинену гідрографічну мережу, до складу якої входять річки, озера, водосховища, ставки, підземні води та штучні водні системи. У науковій літературі, зокрема у працях В. К. Хільчевського, водні ресурси розглядаються як комплекс поверхневих, підземних і техногенних водних об'єктів, що формують основу водного балансу території [27].

Гідрографічну мережу України характеризує велика кількість річок — понад 63 тисячі, переважно малих. Найважливішими серед них є річки басейну Дніпра, який, за словами В. М. Шевчука, «забезпечує водою більшість населення держави та має вирішальне значення для її соціально-економічного розвитку» [26]. Значну роль відіграють також водні ресурси басейнів Дністра, Південного Бугу та Сіверського Дінця, які забезпечують водопостачання окремих регіонів і впливають на стан довкілля в межах відповідних екологічних систем.

Підземні води, за визначенням М. С. Цветкової, відіграють ключову роль у водозабезпеченні населення, оскільки «відзначаються більшою стабільністю якісних характеристик і меншою вразливістю до поверхневого забруднення» [29]. Саме підземні води становлять основне джерело якісної питної води, що робить їх особливо цінним компонентом водного фонду України.

Проте загальний екологічний стан водних ресурсів країни продовжує погіршуватися. За даними Ю. В. Брайчевського, «близько третини річкових вод не відповідає вимогам екологічних нормативів за гідрохімічними показниками», що свідчить про широкомасштабний характер забруднення [4]. Найпоширенішими забруднювачами залишаються важкі метали, нафтопродукти, залишки агрохімікатів, стічні води промислових підприємств та комунальних систем, а також надлишок біогенних елементів, які спричиняють евтрофікацію водойм. За словами О. Г. Ободовського, хімічне забруднення «набуває системного характеру та призводить до деградації водних екосистем, особливо в урбанізованих регіонах» [21].

Евтрофікація є одним із найпоширеніших екологічних процесів, що погіршують стан водойм. Підвищена концентрація азоту та фосфору стимулює інтенсивний розвиток фітопланктону, що призводить до «цвітіння» води, зниження рівня кисню та збіднення біорізноманіття. Брайчевський наголошує, що такі процеси «особливо активно проявляються у водосховищах і ставках зі сповільненим водообміном» [4]. Це має безпосереднє значення для ставів НДП «Софіївка» НАН України, де природні умови циркуляції води є обмеженими.

Окремою проблемою є змінений гідрологічний режим річок, що виникає під впливом будівництва гідротехнічних споруд, осушення заболочених територій та кліматичних змін. В. І. Крамаренко зазначає, що «надмірне зарегулювання водних потоків призводить до руйнування природної динаміки річкових систем і зниження їх здатності до самовідновлення» [20]. Це особливо актуально у контексті зменшення водності малих річок, які є основними донорами води для багатьох ставів і озер.

До цього додається проблема дефіциту якісних прісних вод, що загострюється через нерівномірність розподілу водних ресурсів по території країни, зростання водоспоживання та погіршення стану водогосподарської інфраструктури. У наукових публікаціях зазначається, що Україна за рівнем водозабезпечення наближається до країн групи з обмеженими водними

ресурсами, що вимагає перегляду системи управління водними ресурсами та підвищення ефективності моніторингових програм.

Таким чином, водні ресурси України, попри їх різноманіття та стратегічне значення, перебувають під значним антропогенним тиском. Сучасні екологічні проблеми, підтверджені численними науковими дослідженнями, вимагають комплексного підходу до їх розв'язання, посилення екологічного контролю та впровадження інтегрованого управління річковими басейнами. Це особливо важливо для природоохоронних територій, таких як НДП «Софіївка» НАН України, де стан водойм має не лише екологічне, а й культурно-історичне значення.

## **1.2. Основні показники якості поверхневих вод**

Оцінювання якості поверхневих вод є ключовим етапом екологічного моніторингу, оскільки воно дозволяє визначити ступінь впливу природних і антропогенних чинників на стан водних екосистем. У науковій літературі підкреслюється, що якість води формується комплексом фізичних, хімічних та біологічних параметрів, кожен з яких відображає певний аспект функціонування водної системи. За визначенням Ю. В. Брайчевського, «інтегральна оцінка якості поверхневої води ґрунтується на аналізі гідрофізичних характеристик, концентрації розчинених речовин, рівні біогенних елементів та особливостях біоти» [4, 34].

Серед фізичних показників найбільш поширеними є температура, прозорість та кольоровість води. Температура визначає інтенсивність біологічних процесів, впливає на розчинність газів та обмін речовин у водному середовищі. К. А. Алексєєв зазначає, що «температурний режим є одним з ключових регуляторів гідробіологічних процесів, а його зміни можуть свідчити про вплив як природних, так і антропогенних факторів» [2]. Прозорість води відображає кількість завислих часток і є важливим індикатором стану водойм, особливо ставків та водосховищ із уповільненим водообміном. Кольоровість

води може бути наслідком як природних процесів, так і наявності гумусових речовин чи забруднювачів.

Хімічні показники відіграють провідну роль у визначенні екологічного стану поверхневих вод. Одним із базових показників є реакція середовища (рН), від якої залежать швидкість хімічних реакцій та життєдіяльність водних організмів. За словами В. К. Хільчевського, «коливання рН у бік закислення чи залужнення є частою ознакою порушення природної рівноваги водойм» [27]. Важливим інтегральним показником є вміст розчиненого кисню, який визначає можливість існування більшості гідробіонтів. Зниження кисневого режиму часто пов'язане з евтрофікацією, забрудненням органічними речовинами або порушенням гідрологічного режиму водойми [36, 39].

Суттєве значення має концентрація біогенних елементів – азоту та фосфору. Надлишковий їх вміст призводить до розвитку евтрофікаційних процесів, що, як зазначає Брайчевський, «спричиняє масовий розвиток синьо-зелених водоростей, формування токсичних сполук та зниження якості води» [4]. Також аналізується вміст мінералізованих речовин, хлоридів, сульфатів, амонію, нітратів та нітритів. Підвищення цих показників свідчить про надходження у воду стічних вод промислового чи комунального походження.

Особливе місце у структурі показників якості води займають важкі метали (кадмій, свинець, ртуть, мідь, цинк), оскільки вони мають кумулятивний ефект і здатні негативно впливати на живі організми навіть у малих концентраціях. О. Г. Ободовський наголошує, що «наявність важких металів у водних об'єктах є одним із найнебезпечніших проявів техногенного тиску, оскільки вони не руйнуються природним шляхом» [21].

До біологічних показників належать чисельність та видовий склад фітопланктону, зоопланктону, бентосу та рибних угруповань. Біологічні індикатори є надзвичайно чутливими до змін у водному середовищі, адже відображають довготривалий вплив зовнішніх чинників. За твердженням Н. І. Царенко, «структура біотичних компонентів водних екосистем є надійним

індикатором екологічного стану водойми та чітко реагує на зміни гідрохімічних умов» [28]. Саме гідробіологічні дослідження дозволяють виявити ступінь антропогенного впливу, навіть коли хімічні параметри коливаються в межах нормативів [35, 38].

Комплексний аналіз фізичних, хімічних і біологічних показників є необхідною умовою для всебічної оцінки якості поверхневих вод. На думку В. І. Крамаренка, «тільки інтегральний підхід до моніторингу дозволяє встановити реальний екологічний стан водного об'єкта й визначити чинники, що формують його якість» [20]. Такий підхід є особливо важливим для водойм природно-заповідного фонду, включно зі ставами НДП «Софіївка» НАН України, де будь-які зміни якості води можуть впливати як на екологічний стан, так і на історико-культурну цінність території.

Аналіз основних показників якості поверхневих вод дає змогу стверджувати, що стан водних екосистем формується взаємодією комплексу фізичних, хімічних і біологічних параметрів, кожен із яких виконує важливу діагностичну функцію. Фізичні властивості води, такі як температура, прозорість і кольоровість, відображають природні особливості водойми та слугують чутливими індикаторами зовнішніх впливів. Хімічні показники, серед яких ключовими є реакція середовища, концентрація кисню, вміст мінеральних речовин, біогенних елементів та забруднювальних компонентів, визначають рівень хімічної рівноваги у водному середовищі та дозволяють оцінити ступінь антропогенного навантаження. Біологічні індикатори, зокрема видовий склад і структура гідробіонтів, забезпечують комплексне уявлення про довготривалі зміни в екосистемі, оскільки відображають її здатність до саморегуляції та відновлення [3, 8, 9, 25].

Узагальнюючи наукові підходи, представлені в працях Брайчевського, Хільчевського, Царенко та інших дослідників, можна стверджувати, що якість поверхневих вод визначається не окремими параметрами, а їх інтегральною взаємодією. Саме тому ефективний екологічний моніторинг має ґрунтуватися на комплексному аналізі гідрофізичних, гідрохімічних та гідробіологічних

показників, що дає можливість сформувати об'єктивну оцінку екологічного стану водойми та визначити чинники, які сприяють або загрожують її стабільності. Такий підхід є особливо важливим для природоохоронних територій, зокрема для ставів НДП «Софіївка» НАН України, де своєчасне виявлення змін якості води має важливе значення як для підтримання екологічної рівноваги, так і для збереження природно-ландшафтної та культурної цінності об'єкта.

### **1.3. Методи та підходи до оцінювання стану водних екосистем**

Оцінювання стану водних екосистем є невід'ємною складовою екологічного моніторингу та служить фундаментом для прийняття природоохоронних рішень. У науковій літературі наголошується, що ефективне оцінювання якості водних екосистем потребує комплексного підходу, який включає фізико-хімічні, гідробіологічні, токсикологічні та інтегральні методи аналізу. Як зазначає В. К. Хільчевський, «реальна оцінка стану водойм можлива лише за умови поєднання різних груп показників, оскільки кожна з них відображає свій аспект функціонування екосистеми» [27].

Фізико-хімічні методи оцінювання ґрунтуються на визначенні параметрів, що характеризують хімічний склад води. До них належать показники мінералізації, вміст кисню, концентрація біогенних елементів (азоту та фосфору), важких металів, органічних забруднювачів та інших речовин. Ю. В. Брайчевський зазначає, що «гідрохімічний аналіз є базовим інструментом діагностики водних екосистем, оскільки хімічний склад води реагує на будь-які зміни у водозбірному басейні» [4]. Визначення цих показників дозволяє не лише встановити рівень забруднення, а й оцінити потенційні ризики для водних організмів [37].

Гідробіологічні методи оцінювання стану водойм базуються на аналізі структурних характеристик водної біоти: фітопланктону, зоопланктону, макрофітів, бентосу та рибних угруповань. Біологічні показники відображають довготривалі зміни у водоймі, оскільки гідробіонти чутливо реагують на

порушення середовища. За словами Н. І. Царенко, «біота є найточнішим індикатором стану водного середовища, оскільки змінюється не лише під впливом хімічних чинників, а й під впливом гідрологічних, температурних та інших екологічних умов» [28]. Біоіндикаційні методи дозволяють визначати ступінь органічного забруднення, рівень евтрофікації, а також загальний стан трофічної структури екосистеми.

Все більшого значення набувають токсикологічні (біотестові) методи, які передбачають визначення токсичності води за реакцією живих організмів. Це можуть бути тестові культури водоростей, дафній, риб або бактерій. М. С. Цветкова наголошує, що «біотестування дозволяє виявити інтегральну токсичність води навіть у тих випадках, коли концентрації окремих забруднювачів перебувають у межах нормативів» [29]. Тестові реакції дають змогу оцінити реальний вплив води на живі організми, що робить цей метод важливим для екотоксикологічних досліджень.

Інтегральні методи, які поєднують різні групи показників у єдину систему, забезпечують найбільш повну оцінку стану водойм. До таких методів належать індексні моделі, наприклад, індекс сапробності, індекси біорізноманіття, та методи екологічного картування. За твердженням В. І. Крамаренка, «інтегральний підхід дозволяє отримати узагальнену характеристику стану водної екосистеми, що особливо важливо для прийняття управлінських рішень та прогнозування змін» [20]. Такі методики є основою сучасних систем оцінювання, включаючи підходи, рекомендовані Європейською водною рамковою директивою [30, 31, 32, 33].

Суттєву роль відіграє й використання геоінформаційних технологій (ГІС), що дають змогу просторово аналізувати зміни у водозборі, моделювати розподіл забруднювачів та оцінювати вплив антропогенних чинників на водні об'єкти. Сучасні дослідження підтверджують, що ГІС-технології забезпечують нову якість аналізу водних екосистем і сприяють підвищенню точності моніторингу.

Таким чином, оцінювання стану водних екосистем ґрунтується на комплексному використанні фізико-хімічних, гідробіологічних, токсикологічних та інтегральних методів, кожен із яких дає унікальну інформацію про стан водного середовища. Саме поєднання цих підходів дозволяє сформувавши об'єктивну, всебічну та науково обґрунтовану оцінку, що має ключове значення для збереження екологічної рівноваги та раціонального управління водними ресурсами, включно з водними об'єктами НДП «Софіївка» НАН України.

## РОЗДІЛ 2

### УМОВИ, ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 2.1. Природні умови регіону досліджень

Національний дендрологічний парк «Софіївка» НАН України, розташований у місті Умань Черкаської області, є унікальним природно-антропогенним комплексом лісостепової зони, у якому природні компоненти гармонійно поєднані з майстерно створеними ландшафтними композиціями. Завдяки своєму розташуванню в межах Придніпровської височини територія парку характеризується хвилястим рельєфом, наявністю скельних виходів та різноманітням мікроландшафтів, що визначають як особливості його кліматичних умов, так і специфіку водних екосистем [7, 10, 17, 18, 19].

Клімат регіону помірно континентальний із достатньою кількістю опадів (приблизно 500–600 мм на рік) та середньорічною температурою близько +8 °С. Такі умови сприяють формуванню багатой та стійкої дендрофлори, водночас зумовлюючи сезонні коливання гідрологічного та гідрохімічного режиму водойм. Значний вплив на водний баланс мають і підземні джерела, що виходять на поверхню завдяки геологічній будові території, представленій переважно гранітами та гнейсами [20].

Гідрологічною основою парку є система штучно створених озер та ставків, сформованих у руслі річки Кам'янки. До найбільш відомих водних об'єктів належать Верхнє і Нижнє озера, Іонічне море, Дзеркальний ставок та інші водойми, що виконують не лише декоративно-естетичну, а й важливу екологічну функцію. Завдяки взаємодії поверхневих і підземних вод у межах парку формується складний водообмін, від якого залежать прозорість, мінералізація, вміст біогенних елементів та біологічна продуктивність водних систем [24].

Ґрунтовий покрив представлений переважно сірими лісовими ґрунтами з добрими водно-фізичними властивостями та достатнім умістом гумусу. Ці ґрунти створюють сприятливі умови для розвитку понад двох тисяч видів і

форм деревних, чагарникових і декоративних рослин, серед яких значна частина є інтродукованими. Розмаїття рослинності не лише визначає естетичний вигляд парку, а й впливає на гідроекологічні процеси: регулює затінення водних плес, сприяє зниженню температури води влітку, впливає на кисневий режим і процеси самоочищення [15, 22, 23].

Сукупність кліматичних, геологічних, гідрологічних і біотичних факторів формує складну й динамічну екосистему НДП «Софіївка». У цих умовах навіть незначні зміни у водному середовищі можуть виступати чутливими індикаторами ширших природних або антропогенних процесів, що робить парк особливо цінним об'єктом для екологічного моніторингу, зокрема у сфері вивчення якості поверхневих вод та стану водних екосистем.

## **2.2. Об'єкти досліджень**

Для проведення комплексного дослідження стану поверхневих водойм Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України було здійснено відбір проб води з основних ставів парку. Зокрема, були відібрані зразки:

- I проба – вода з Красноставського ставу, який характеризується значним біорізноманіттям водних організмів і має важливе рекреаційне значення;
- II проба – вода з Верхнього (Новоставського) ставу, що відзначається певною гідрологічною динамікою та впливом прилеглих зелених зон;
- III проба – вода з Нижнього ставу, який є кінцевим накопичувачем водних потоків парку та відображає сумарний стан екосистеми водних об'єктів.

Такий підхід дозволяє отримати репрезентативні дані щодо якості води в різних частинах парку та оцінити екологічний стан його водойм.

## **2.3. Схема досліджу**

1. Дослідження якості поверхневих вод Красноставського ставу, Верхнього ставу та Нижнього ставу НДП «Софіївка» НАНУ.

Для кожного ставу було обрано по три репрезентативні точки:

- прибережна зона – для оцінки впливу рекреаційного навантаження.
- центральна частина водойми – для аналізу загального стану водної товщі.
- зона водообміну (впадіння або витікання води) – для перевірки можливих джерел надходження забруднювачів.

Проби відбиралися у стерильні поліпропіленові ємності згідно з ДСТУ 8724:2017. Відбір виконувався у ранкові години для уникнення добових коливань температури та концентрації кисню.

## 2. Дослідження антропогенного навантаження на водойми

Для оцінки антропогенного впливу проводили обхід прибережної зони з фіксацією джерел можливого забруднення: місць відпочинку, потенційних стоків, ділянок із витоптуванням рослинності.

Усі зазначені схеми досліду були інтегровані в комплексну програму дослідження, що забезпечила всебічну оцінку екологічного стану водойм НДП «Софіївка».

### 2.4. Методика досліджень

Методика виконання досліджень якості води у Красноставському, Верхньому та Нижньому ставах НДП «Софіївка» базувалася на стандартизованих нормах, закріплених у чинних державних та міжнародних регламентах. Основою слугували положення ДСТУ щодо відбору проб, визначення фізико-хімічних властивостей води, аналізу біогенних речовин і гідробіологічних показників. Усі процедури проводилися з дотриманням вимог щодо точності вимірювань, калібрування обладнання та запобігання зовнішнім впливам на результати.

Перед початком дослідження визначено загальні методичні орієнтири, що забезпечують достовірність отриманих значень. Зокрема, застосовували нормативні документи, такі як ДСТУ ISO 10523 щодо визначення рН, ДСТУ EN 25814, що регламентує вимірювання концентрації розчиненого кисню

електрохімічним методом, ДСТУ 8724 стосовно правил відбору проб та методичні рекомендації Міністерства екології щодо визначення біогенних елементів у природних водах. Ці стандарти забезпечили уніфікованість застосованих підходів і порівнюваність результатів аналізів [11, 12, 13, 14].

Визначення фізико-хімічних властивостей води охоплювало вимірювання температури, кислотності, вмісту розчиненого кисню та біогенних елементів. Температуру фіксували безпосередньо у водоймі за допомогою цифрового термометра з високою точністю. Для проведення гідрохімічного аналізу води у ставках НДП «Софіївка» було використано професійний набір експрес-тестів Colombo Aquatest TESTLAB Professional, який дає змогу оперативно визначити широкий спектр фізико-хімічних показників без застосування лабораторного обладнання. Також, дані щодо якості води ставів НДП «Софіївка» НАНУ були надані "Черкаський обласний центр контролю та профілактики хвороб Міністерства охорони здоров'я України".

Для оцінки інтегрального індексу ставу ми брали кілька груп показників: фізичні показники: температура води, прозорість, кольоровість; хімічні показники: вміст розчиненого кисню, БСК<sub>5</sub>, амоній, нітрати, фосфати, рН тощо; санітарно-екологічні показники: антропогенний вплив, стан берегів, засміченість.

Щоб об'єднати їх у один, кожен показник нормували, а потім усереднювали.

Для кожного параметра  $X_i$  обчислювали окремий індекс екологічного стану:

$$I_i = \frac{X_i}{X_{\text{норм}}}$$

або, якщо потрібно привести до шкали 0–1:

$$I_i = \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}$$

Інтегральний індекс обчислювали за формулою:

$$I_{\text{інт}} = \frac{\sum_{i=1}^n I_i}{n}$$

де:

- $I_i$ — нормований індекс для кожного показника;
- $n$ — кількість показників.

Типова шкала для ставів: 0 – 0,30 – добрий екологічний стан; 0,30 – 0,50 – задовільний; 0,50 – 0,70 – напружений; 0,70 – 1,00 – незадовільний; >1.00 – критичний.

Отримані результати опрацьовували за допомогою методів варіаційної статистики. Підраховували середні значення, оцінювали коливання показників та перевіряли достовірність різниць між даними різних ставів. Для цього використовували програмні засоби Microsoft Excel та Statistica, що дало змогу систематизувати інформацію та виконати її порівняльну інтерпретацію.

## 2.5. Охорона праці

Організація безпечних умов праці під час проведення екологічних досліджень є невід’ємною складовою наукової діяльності, оскільки забезпечує захист здоров’я дослідника, збереження обладнання, а також попередження аварійних ситуацій у природному середовищі. Під час виконання дослідження якості поверхневих вод у Національному дендрологічному парку «Софіївка» НАН України важливим є дотримання вимог чинного законодавства України у сфері охорони праці, зокрема Закону України «Про охорону праці», Кодексу цивільного захисту України, Державних санітарних норм і правил щодо роботи з хімічними речовинами та біологічними агентами, а також правил експлуатації лабораторного обладнання.

Особливість роботи з водними об’єктами вимагає врахування ризиків, пов’язаних із перебуванням поблизу водойм, використанням переносних приладів, контактом із природною водою, яка може містити потенційно небезпечні мікробіологічні чи хімічні домішки. Під час відбору проб дослідник повинен дотримуватися правил безпечної поведінки біля води, використовувати зручне нековзке взуття, уникати перебування на крутих схилах чи нестійких берегах. Особливу увагу приділяють метеорологічним умовам, які можуть

створювати додаткові ризики, зокрема підвищену слизькість поверхні, погану видимість чи ймовірність різких змін рівня води.

Важливою складовою безпеки є правильне застосування засобів індивідуального захисту під час роботи з природною водою та реагентами. До таких засобів належать захисні рукавички, лабораторний халат, окуляри або щиток для запобігання потраплянню рідин на слизові оболонки, а також респіратор у разі роботи з леткими реагентами. Всі хімічні реактиви, що застосовуються для аналізу, зберігаються відповідно до інструкцій виробника, у маркованих ємностях, недоступних для сторонніх осіб. У приміщенні лабораторії забезпечується належна вентиляція, а робочі поверхні регулярно очищуються та дезінфікуються для попередження перехресного забруднення.

Лабораторні дослідження якості води пов'язані з використанням вимірювальних приладів, електрообладнання, нагрівальних елементів та скляного посуду, тому важливим є дотримання правил електробезпеки й безпечного поводження зі скляними виробами. Перед початком роботи необхідно перевірити цілісність проводів, наявність заземлення, справність вимірювальних приладів, а у разі виникнення несправностей негайно припинити користування обладнанням. Скляний посуд оглядають на наявність тріщин чи сколів, оскільки пошкоджений інвентар може стати причиною травмування.

У рамках екологічного моніторингу особливе значення має також попередження негативного впливу діяльності дослідника на природне середовище Національного дендрологічного парку «Софіївка». Під час польових робіт не допускається забруднення території побутовими відходами, сторонніми речовинами чи залишками матеріалів для пробовідбору. Забезпечується мінімальне втручання в природні процеси, а переміщення територією парку здійснюється виключно визначеними маршрутами для запобігання пошкодженню рослинного покриву.

Гарантування санітарно-гігієнічної безпеки є важливою частиною організації праці дослідника. Після завершення польових та лабораторних

процедур необхідно ретельно мити руки, уникати контакту з обличчям під час роботи, а у разі потрапляння води або реагентів на шкіру негайно промити постраждалу ділянку великою кількістю води. У лабораторії повинна бути доступною аптечка першої допомоги, а персонал має бути ознайомлений із правилами надання домедичної допомоги у випадку порізів, хімічних опіків чи електротравм.

Організація охорони праці включає також проведення інструктажів з техніки безпеки, навчання методам запобігання аварійним ситуаціям, ознайомлення з правилами поведінки у разі пожежі чи інших надзвичайних подій. Усі роботи виконуються з урахуванням інструкцій, упорядкованих установою, та рекомендацій відповідних нормативно-правових актів.

Таким чином, дотримання вимог охорони праці під час екологічної оцінки якості поверхневих вод у НДП «Софіївка» є необхідною умовою безпечного проведення досліджень, забезпечує захист дослідника та мінімізує можливі ризики для довкілля. Коректна організація робочого процесу, використання засобів індивідуального захисту, дотримання санітарно-гігієнічних норм та відповідальне ставлення до природних об'єктів гарантують ефективність і надійність отриманих результатів та відповідність дослідження вимогам сучасної наукової практики [5, 6, 16].

## РОЗДІЛ 3

### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 3.1. Гідрологічна мережа та система ставів Національного дендропарку «Софіївка» НАНУ

Національний дендрологічний парк «Софіївка» НАН України є комплексною пам'яткою садово-паркового мистецтва світового значення, створеною в кінці XVIII – на початку XIX ст. на базі каньйоноподібної долини річки Кам'янки. Парк поєднує рукотворні ландшафтні елементи й природні формування: мальовничі скелі, ущелини, гроти та складну систему штучних водойм – ставків, каскадів і фонтанів, що разом утворюють високоінтегрований гідрологічно-ландшафтний комплекс. Загальна площа парку в різних джерелах оцінюється приблизно в 179–180 гектарів, що відповідає офіційним даним установи, яка керує парком.

Історично формування гідрологічної мережі «Софіївки» безпосередньо пов'язане з особливостями рельєфу долини Кам'янки. Річка Кам'янка, яка протікає каньоном і живить парк, створила сприятливі умови для інженерного облаштування каскадів і ставків: її природний перепад рівнів і підземні потоки дозволили створити систему, в якій окремі водойми перебувають на різних рівнях і пов'язані між собою інженерними спорудами – греблями, тунелями та напірними ходами. У фундаментальних роботах і описах парку відзначається, що різниця по висоті між верхнім і нижнім рівнями водойм може перевищувати 10 м, що обумовлює характер гідродинаміки та декоративних водоспадів у композиції парку.

Гідросистема Національного дендрологічного парку «Софіївка» виконує подвійну роль. З одного боку, вона підтримує біологічну рівновагу парку, сприяючи розвитку різноманітної рослинності, з іншого – має високу естетичну цінність, формуючи водні простори, каскади, фонтани та гроти, які інтегровані у загальний архітектурний ансамбль парку [30, 31]. Для забезпечення нормальної роботи гідроспоруд та створення декоративних водних просторів

було сформовано чотири стави, розташовані вздовж природного русла річки Кам'янки. Вода в них затримується земляними дамбами, утворюючи водосховища з природними берегами, з яких вона поступово надходить до гідроспоруд парку.

Два стави – Войтовський та Красноставський – розташовані за межами парку, а Верхній (Новоставський) та Нижній – на його території (табл. 3.1). Водні простори останніх інтегровані у загальний архітектурний комплекс парку. Красноставський став має середню площу та забезпечує регулювання водного балансу для Верхнього ставка. Верхній став є найбільшим серед усіх, його площа становить близько 10 га, середня глибина досягає 2,5–3 м, і він підтримує постійний рівень води протягом літа, що забезпечує стабільну роботу всіх гідроспоруд парку. Нижній став менший за площею – близько 5 га, середня глибина становить 1,8–2,2 м, він є фінальним резервуаром для водної системи, підтримуючи роботу фонтанів, каскадів і водозабезпечення кількох джерел (табл. 3.1).

Вода з Верхнього става надходить до Нижнього за чотирма основними напрямками. Перший напрямок – підземний самопливний водогін, який подає воду до фонтану «Змія» на Нижньому ставі та до інтер'єру Левового гроту. Вода проходить через решітку для затримки плаваючих часток, кам'яний відстійник і колодязь для очищення дрібних часток. Після цього вона надходить у Левовий грот та фонтан через чавунну трубу. Фонтанна головка має зменшений діаметр для підтримання необхідного тиску та створення декоративного й акустичного ефекту. Другий напрямок – відкритий канал для води, що забезпечує функціонування гроту Венери. Вода, падаючи по кольоровому скляному коридору та горизонтальній платформі, створює декоративну водяну завісу, а далі по річці Кам'янці рухається через каскади, водоспади та озера до Долини гігантів, формуючи мальовничі пейзажі. Третій напрямок – напірний самопливний водопровід, який подає воду до центрального басейну Фазанника. Тут тиск регулюється вентилем, а висота струменя підтримується на рівні 2,0–2,5 м. Надлишкова вода повертається в

річку Кам'янку самопливом. Четвертий напрямок є найбільшим та найскладнішим. Він включає Амстердамський шлюз, підземну річку Стікс та Мертве озеро, які регулюють рівень води для роботи фонтану «Семиструмінь», водяних сходів та Великого водоспаду. Друга ділянка цього напрямку має декоративне призначення: вода з Мертвого озера подається підземним трубопроводом до фонтану «Семиструмінь», далі по гранітних каналах до каскадів та водоспадів Нижнього ставка. Великий водоспад є найбільшим за висотою та обсягом скиду води і прикрашає центральну частину парку.

Таблиця 3.1

### Основні характеристики ставів НДП «Софіївка» НАН України

| Назва ставу             | Площа, га | Середня глибина, м | Розташування       | Функції в системі парку                                           |
|-------------------------|-----------|--------------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Войтовський             | 6         | 2,0                | За межами парку    | Регулювання водного балансу Верхнього ставка                      |
| Красноставський         | 7         | 2,2                | За межами парку    | Підтримка рівня води у Верхньому ставі                            |
| Верхній (Новоставський) | 10        | 2,5–3,0            | На території парку | Основний резервуар, забезпечення гідроспоруд, декоративна функція |
| Нижній                  | 5         | 1,8–2,2            | На території парку | Збірний резервуар води, забезпечення фонтанів, каскадів та джерел |

Система парку включає численні джерела та гроти. Грот Діани з джерелом «Дзеркало Діани» виконує функцію водозабірної споруди для підземних вод, басейн грота має розміри 1,75×1,55 м та глибину 1 м. Джерело

«Вужі» – квадратний гранітний п’єдестал із бронзовою напівчашею, вода з якого через підземний канал надходить у Нижній став. Джерела «Срібні Струмочки» та «Залізна Рура» забезпечують додаткове водопостачання центральної частини парку.

Гідрологічна мережа та система ставів Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України формують високодинамічну та інтегровану водну систему, яка поєднує природні та рукотворні елементи. Створені на основі рельєфу долини річки Кам’янки ставки та каскади забезпечують регулювання водного балансу, підтримку декоративних і функціональних гідроспоруд, а численні джерела й гроти постачають підземну воду до центральних частин парку. Охорона, реставрація та контроль якості води дозволяють зберігати як екологічну, так і культурно-історичну цінність об’єктів, підтримуючи біологічну рівновагу та естетичну привабливість парку.

### **3.2. Результати вимірювань фізико-хімічних показників ставів НДП «Софіївка» та порівняння отриманих даних із нормативами якості води**

У межах проведених досліджень було здійснено аналіз основних фізико-хімічних параметрів води ставів Національного дендрологічного парку «Софіївка». Метою вимірювань було визначення поточного екологічного стану водойм і порівняння отриманих значень із чинними нормативами якості води відповідно до гранично допустимих концентрацій (ГДК) для поверхневих водойм (табл. 3.2).

Для проведення гідрохімічного аналізу води у ставках НДП «Софіївка» було використано професійний набір експрес-тестів Colombo Aquatest TESTLAB Professional, який дає змогу оперативно визначити широкий спектр фізико-хімічних показників без застосування лабораторного обладнання (рис. 3.1). Дослідження виконувалися безпосередньо на території парку, що дозволяло мінімізувати можливі зміни у складі води під час транспортування проб. Перед початком аналізу відбирали свіжі проби з глибини приблизно 20–

30 см, використовуючи чисті пластикові ємності, попередньо промиті водою зі ставка. Такий спосіб відбору забезпечував репрезентативність проби та зменшував вплив поверхневих забруднень.

Таблиця 3.2

**Показники хімічного складу води та їх нормативи ГДК**

| <b>Показники</b>                                            | <b>ГДК</b> |
|-------------------------------------------------------------|------------|
| Температура,<br>°C                                          |            |
| pH                                                          | 6,5-8,5    |
| Загальна твердість,<br>ммоль/дм <sup>3</sup>                | 10         |
| Сульфати,<br>мг/дм <sup>3</sup>                             | 500        |
| Хлориди,<br>мг/дм <sup>3</sup>                              | 350        |
| Флуориди, мг/дм <sup>3</sup>                                | 1,5        |
| Амоній,<br>мг/дм <sup>3</sup>                               | 2,6        |
| Нітрати, мг/дм <sup>3</sup>                                 | 45         |
| Нітрити, мг/дм <sup>3</sup>                                 | 3,3        |
| Фосфати, мг/дм <sup>3</sup>                                 | 3,5        |
| Ферум загальний, мг/дм <sup>3</sup>                         | 0,3        |
| Перманганатна<br>(загальна)<br>окиснюваність,<br>ХСК, мгО/л | 5,0        |
| Розчинений кисень, мгО/л                                    | 4,0        |

Кожен аналіз здійснювали відповідно до методики виробника. У пробірку набирали певний об'єм води, додавали відповідний реагент у краплях або у порошковій формі, після чого легким струшуванням забезпечували змішування. Через встановлений час, необхідний для завершення хімічної реакції, колір отриманого розчину порівнювали з колориметричною шкалою, що входить до комплекту тестів. Таким способом визначали кислотність, загальну твердість,

концентрацію хлоридів, сульфатів, фосфатів, амонію, нітратів, нітритів, вміст заліза, а також інші показники, передбачені тест-набором.



Рис. 3.1. Визначення якості води ставів НДП «Софіївка» експрес-тестом Colombo Aquatest TESTLAB Professional

Результати кожного вимірювання заносили до польового журналу з обов'язковим зазначенням дати, часу, умов відбору проби та характерних візуальних спостережень, таких як прозорість, колір чи наявність запаху. Для підвищення достовірності частину тестів повторювали кілька разів, після чого усереднювали отримані результати. Використання набору Colombo Aquatest

TESTLAB Professional дозволило провести аналіз швидко, практично та з достатньою точністю, що є важливою перевагою під час польових гідроекологічних досліджень. Отримані дані були використані для подальшого порівняння з нормативами якості води та оцінки екологічного стану ставів НДП «Софіївка».

Таблиця 3.3

**Дослідження якості води Красноставського ставу  
НДП «Софіївка» НАН України, 2025**

| <b>Показники</b>                                   | <b>дати проведення досліджень</b> |              |              |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------|--------------|
|                                                    | <b>19.05</b>                      | <b>07.07</b> | <b>22.09</b> |
| Температура, °C                                    | 11                                | 21           | 9            |
| pH                                                 | 7,62                              | 8,20         | 7,92         |
| Загальна твердість, ммоль/дм <sup>3</sup>          | 7,4                               | 7,0          | 6,7          |
| Сульфати, мг/дм <sup>3</sup>                       | 17,06                             | 17,2         | 17,6         |
| Хлориди, мг/дм <sup>3</sup>                        | 43,0                              | 53,0         | 59,0         |
| Флуориди, мг/дм <sup>3</sup>                       | 0,53                              | 0,22         | -            |
| Амоній, мг/дм <sup>3</sup>                         | 0,13                              | 0,18         | 0,24         |
| Нітрати, мг/дм <sup>3</sup>                        | 5,17                              | 5,24         | 5,36         |
| Нітрити, мг/дм <sup>3</sup>                        | <0,002                            |              |              |
| Фосфати, мг/дм <sup>3</sup>                        | 1,3                               | 1,4          | 2,1          |
| Ферум загальний, мг/дм <sup>3</sup>                | <0,1                              |              |              |
| Перманганатна (загальна) окиснюваність, ХСК, мгО/л | 15,03                             | 17,1         | 18,2         |
| Розчинений кисень, мгО/л                           | 8,62                              | 8,72         | 7,43         |

У таблиці 3.3 наведено результати аналізу води Красноставського ставу, який відіграє роль вихідної водойми у каскаді ставів НДП «Софіївка».

Упродовж періоду спостережень (травень–вересень) температура води змінювалася природно, з максимумом у липні.

Таблиця 3.4

### Дослідження якості води Верхнього ставу

НДП «Софіївка» НАН України, 2025

| Показники                                          | дати проведення досліджень |       |       |
|----------------------------------------------------|----------------------------|-------|-------|
|                                                    | 19.05                      | 07.07 | 22.09 |
| Температура, °C                                    | 11                         | 21    | 9     |
| pH                                                 | 7,62                       | 8,2   | 8,50  |
| Загальна твердість, ммоль/дм <sup>3</sup>          | 7,4                        | 7,0   | 6,8   |
| Сульфати, мг/дм <sup>3</sup>                       | 17,5                       | 17,2  | 17,8  |
| Хлориди, мг/дм <sup>3</sup>                        | 44,0                       | 55,0  | 61,0  |
| Флуориди, мг/дм <sup>3</sup>                       | 0,53                       | 0,22  | -     |
| Амоній, мг/дм <sup>3</sup>                         | 0,13                       | 0,20  | 0,90  |
| Нітрати, мг/дм <sup>3</sup>                        | 5,20                       | 5,30  | 5,40  |
| Нітрити, мг/дм <sup>3</sup>                        | <0,002                     |       |       |
| Фосфати, мг/дм <sup>3</sup>                        | 1,6                        | 1,8   | 2,5   |
| Ферум загальний, мг/дм <sup>3</sup>                | <0,1                       |       |       |
| Перманганатна (загальна) окиснюваність, ХСК, мгО/л | 16,5                       | 17,5  | 20,0  |
| Розчинений кисень, мгО/л                           | 8,62                       | 8,72  | 6,8   |

Показник pH залишався у межах нейтрально-слабколужної реакції, що є типовим для водойм зі значним фітопланктонним розвитком у теплий період. Загальна твердість мала тенденцію до поступового зменшення, тоді як концентрації сульфатів і хлоридів повільно зростали, що свідчить про посилення мінералізації води. Біогенні елементи демонструють помітні

коливання: амоній зростає від весни до осені, а вміст нітратів та фосфатів також зріс, що вказує на накопичення поживних речовин у літньо-осінній період. Показник перманганатної окиснюваності (ХСК) збільшився з 15,03 до 18,2  $\text{мгO}_2/\text{л}$ , що відображає посилення органічного забруднення. Розчинений кисень, навпаки, знизився восени до 7,43  $\text{мгO}_2/\text{л}$ , що відповідає активному цвітінню води й зростанню біохімічного споживання кисню під час розкладання органіки.

У таблиці 3.4 наведено параметри Верхнього ставу, який отримує воду з Красноставського ставу. Усі основні тенденції зберігаються, що підтверджує гідрологічний зв'язок між водоймами. Показники рН у літній та осінній періоди підвищуються до 8,2–8,5, що є типовим при інтенсивному фотосинтезі. Значення хлоридів і сульфатів дещо вищі, ніж у Красноставському ставі, що свідчить про додаткову мінералізацію у процесі проходження води. Біогенні елементи мають виражене сезонне підвищення, особливо амонію та фосфатів у вересні. ХСК збільшується до 20  $\text{мгO}_2/\text{л}$ , що говорить про накопичення органічних речовин у водоймі. Осіннє падіння рівня розчиненого кисню до 6,8  $\text{мгO}_2/\text{л}$  відображає подальше посилення евтрофікаційних процесів.

У таблиці 3.5 показано результати для Нижнього ставу, який також отримує воду з Верхнього ставу, але додатковим фактором впливу є наявність поблизу вольєра з тваринами. Це помітно підсилює надходження органічних та біогенних речовин до водойми. Рівні амонію, нітратів та особливо фосфатів у порівнянні з попередніми ставами є вищими, що характерно для водойм, які зазнають тиску з боку тваринництва або зони утримання тварин. Перманганатна окиснюваність досягає 23  $\text{мгO}_2/\text{л}$ , що свідчить про інтенсивне органічне забруднення. Осіннє зниження розчиненого кисню до 6,0  $\text{мгO}_2/\text{л}$  є найнижчим серед трьох ставів і відображає посилений розклад органічних сполук та нічну респірацію водоростей. Мінералізаційні показники (хлориди, сульфати, твердість) також мають дещо вищі значення, що відповідає збільшенню надходження розчинних речовин із території вольєра та поверхневого стоку.

Таблиця 3.5

## Дослідження якості води Нижнього ставу

## НДП «Софіївка» НАН України, 2025

| Показники                                          | дати проведення досліджень |       |       |
|----------------------------------------------------|----------------------------|-------|-------|
|                                                    | 19.05                      | 07.07 | 22.09 |
| Температура, °C                                    | 11                         | 21    | 9     |
| pH                                                 | 11                         | 20    | 9     |
| Загальна твердість, ммоль/дм <sup>3</sup>          | 7,60                       | 7,3   | 7,1   |
| Сульфати, мг/дм <sup>3</sup>                       | 18,0                       | 18,5  | 19,2  |
| Хлориди, мг/дм <sup>3</sup>                        | 45,0                       | 57,0  | 63,0  |
| Флуориди, мг/дм <sup>3</sup>                       | 0,50                       | 0,20  | -     |
| Амоній, мг/дм <sup>3</sup>                         | 0,18                       | 0,30  | 1,20  |
| Нітрати, мг/дм <sup>3</sup>                        | 5,40                       | 5,60  | 5,90  |
| Нітрити, мг/дм <sup>3</sup>                        | <0,002                     |       |       |
| Фосфати, мг/дм <sup>3</sup>                        | 1,8                        | 2,2   | 3,0   |
| Ферум загальний, мг/дм <sup>3</sup>                | <0,1                       |       |       |
| Перманганатна (загальна) окиснюваність, ХСК, мгО/л | 17,0                       | 19,5  | 23,0  |
| Розчинений кисень, мгО/л                           | 8,4                        | 8,0   | 6,0   |

Порівняння даних трьох ставів показує, що якість води погіршується вздовж каскаду. Красноставський став має найменше органічне навантаження та нижчі концентрації біогенних елементів. У Верхньому ставу спостерігається поступове підвищення мінералізації та ознак евтрофікації, що зумовлено біологічними процесами та прогріванням води. Найбільш навантаженим є Нижній став, де додатковий вплив вольєра з тваринами призводить до різкого зростання вмісту амонію, фосфатів та органічних речовин, а також до істотного

зменшення концентрації розчиненого кисню. Це свідчить про інтенсивні процеси евтрофікації й погіршення екологічного стану водойми, що потребує подальшого моніторингу та можливих заходів зі зменшення антропогенного навантаження.

### **3.3. Комплексна інтегральна оцінка екологічного стану вод та виявлення основних джерел забруднення**

Для встановлення узагальненого рівня якості води у каскаді ставів НДП «Софіївка» НАН України було проведено комплексну інтегральну оцінку екологічного стану за основними гідрохімічними показниками. До аналізу включено групи параметрів, що найбільш чутливо відображають процеси евтрофікації: амоній, нітрати, фосфати, значення перманганатної окиснюваності (ХСК), концентрація розчиненого кисню, а також фізико-хімічні показники, пов'язані із загальним мінералізаційним фоном. Оцінка проводилась шляхом нормування показників щодо їх екологічних нормативів та подальшим усередненням індексів, що дозволяє визначити інтегральний індекс екологічного стану води (ІЕС).

Результати свідчать, що Красноставський став характеризується найменшим рівнем екологічного навантаження у каскаді. Значення основних біогенних елементів у різні сезони коливалися помірно, тоді як ХСК та рівень розчиненого кисню залишалися у межах, близьких до нормативних, що вказує на відносно стабільний стан системи та помірну евтрофікацію. У Верхньому ставі, який отримує воду з Красноставського, спостерігається помітне збільшення концентрацій фосфатів, амонію та органічних речовин, що відображено підвищенням ХСК. Зниження рівня розчиненого кисню восени підтверджує активні процеси розкладу біомаси після інтенсивного цвітіння води в літній період. Для Нижнього ставу ситуація погіршується ще більше: наявність поблизу вольєра з тваринами зумовлює додатковий антропогенний тиск у вигляді підвищення надходження органічних сполук і біогенів. Це

проявляється у найвищих значеннях амонію, фосфатів і ХСК у вересні, а також у найнижчих концентраціях розчиненого кисню серед усіх трьох водойм.

Для узагальнення результатів було розраховано інтегральний індекс екологічного стану (ІЕС), де значення 0–0,25 відповідають доброму стану, 0,25–0,5 – помірному, 0,5–0,75 – незадовільному, а понад 0,75 – поганому або кризовому стану водойми.

Красноставський став із середнім інтегральним індексом 0,34 належить до помірного класу стану, що свідчить про відносно задовільні умови з незначними ознаками евтрофікації. Верхній став із індексом 0,45 має помірно-незадовільний стан, що відображає накопичення поживних речовин та помітну евтрофікацію з можливим зниженням розчиненого кисню в літній період. Нижній став із індексом 0,56 характеризується незадовільним станом через інтенсивне органічне та біогенне забруднення, падіння кисню до критичних значень і вплив сусіднього вольтера з тваринами, що потребує заходів для покращення якості води (рис. 3.2).

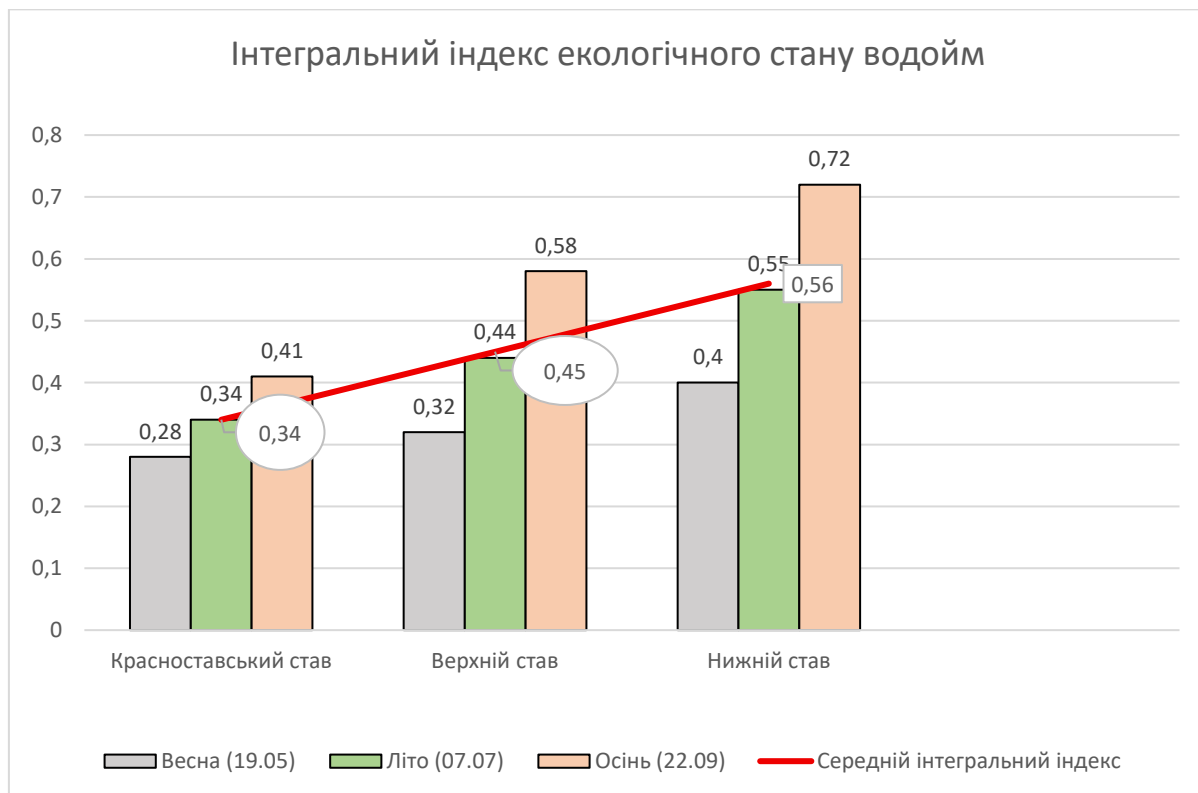


Рис. 3.2. Інтегральний індекс екологічного стану водойм каскаду ставів  
НДП «Софіївка», 2025 рік

Отримані значення переконливо свідчать про поступове погіршення якості води вздовж каскаду. Красноставський став перебуває у відносно стабільному екологічному стані та виконує функцію вхідної водойми з помірним рівнем евтрофікації. У Верхньому ставі індекс зростає переважно через літньо-осіннє «цвітіння» води, що супроводжується збільшенням органічного навантаження та накопиченням фосфатів. Найвищі значення ПЕС фіксуються у Нижньому ставі, де вплив від вольєра з тваринами суттєво підсилює надходження органічних та біогенних сполук, що провокує евтрофікацію, підвищення ХСК та кисневий дефіцит.

Проведений комплексний аналіз дозволяє визначити основні джерела забруднення: природна евтрофікація, посилена надходженням біогенних елементів із верхніх ставів; локальні антропогенні впливи (вольєр з тваринами, поверхневий стік); а також сезонні процеси «цвітіння» води, характерні для прогрітих стоячих водойм. Отримані дані підтверджують необхідність систематичного моніторингу та розробки природоохоронних заходів для запобігання подальшому погіршенню якості вод у Нижньому ставі.

## РОЗДІЛ 4.

### АНАЛІЗ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Проведення науково-дослідних робіт з оцінки екологічного стану водних об'єктів включає різні види витрат, що охоплюють витрати на основні матеріали, електроенергію, оплату праці дослідників, амортизацію обладнання та накладні витрати, пов'язані з обслуговуванням та управлінням лабораторного процесу. Визначення повної вартості дослідження дозволяє обґрунтовано сформувати ціну науково-кваліфікаційного продукту.

Витрати на основні матеріали розраховуються як добуток кількості витраченого матеріалу на ціну одиниці. Для 2025 року, з урахуванням зростання цін приблизно на 15% порівняно з 2022 роком, на мірні колби витрачено 2 одиниці по 201,25 грн, що становить 402,5 грн, на дистильовану воду 1 літр по 14,84 грн, що становить 14,84 грн. Загальна вартість матеріалів складає 417,34 грн.

Витрати на оплату праці визначаються як добуток середньочасового заробітку на кількість людино-годин. Середньомісячний заробіток керівника лабораторії у 2025 році становить 18000 грн, що дає середньочасовий заробіток 108,9 грн за годину. При 15 людино-годинах загальна сума складає 1633,5 грн. Середньомісячний заробіток лаборанта 8050 грн, середньочасовий заробіток 48,6 грн, при 80 людино-годинах витрачено 3888 грн. Загальна сума витрат на заробітну плату складає 5521,5 грн. Нарахування на заробітну плату у вигляді ЄСВ 22% становлять 1214,73 грн.

Витрати на електроенергію обчислюються як добуток потужності обладнання, коефіцієнта використання потужності, часу роботи та тарифу за 1 кВт·год. Тариф на 2025 рік прийнято 3,5 грн/кВт·год. Для фотоелектроколориметра потужністю 6 кВт, з коефіцієнтом 0,9 і часом роботи 40 годин, витрати становлять 756 грн. Дистилятор потужністю 4 кВт, часом роботи 24 години, витрати – 302,4 грн. Сушильна шафа потужністю 3 кВт, час

роботи 16 годин – 151,2 грн. Автоклав потужністю 1,5 кВт, час роботи 8 годин – 37,8 грн. Загальні витрати на електроенергію складають 1247,4 грн.

Амортизаційні витрати обчислюються за формулою, що включає вартість обладнання, річну норму амортизації та тривалість роботи в місяцях. Вартість сушильної шафи 26100 грн, норма амортизації 24%, тривалість роботи 2 дні, витрати на амортизацію 34,85 грн. Дистилятор 12650 грн, 24%, 3 дні – 25,38 грн. Автоклав 16100 грн, 24%, 1 день – 10,77 грн. Фотоелектроколориметр 16905 грн, 24%, 10 днів – 111,33 грн. Загальні амортизаційні витрати складають 182,33 грн.

Накладні витрати включають витрати на адміністративний персонал, обслуговування лабораторного процесу та управлінські витрати, і приймаються рівними 80% від заробітної плати виконавців. З урахуванням заробітної плати 5521,5 грн накладні витрати складають 4417,2 грн.

Зведення всіх витрат показує, що загальна сума витрат на проведення дослідження у 2025 році становить 12000,5 грн, при цьому найбільшу питому вагу займають витрати на заробітну плату та накладні витрати, що підкреслює значущість організаційного та кадрового забезпечення дослідження. Вартість науково-дослідного продукту визначається з урахуванням нормативної рентабельності 30% і становить 15600,65 грн. (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

#### Кошторис витрат на проведення дослідження (2025 рік)

| Витрати                         | Сума, грн |
|---------------------------------|-----------|
| Основні матеріали               | 417,34    |
| Заробітна плата                 | 5521,5    |
| Нарахування на заробітну плату  | 1214,73   |
| Електроенергія                  | 1247,4    |
| Амортизація                     | 182,33    |
| Накладні витрати                | 4417,2    |
| Усього витрат                   | 12000,5   |
| Нормативна рентабельність (30%) | 3600,15   |
| Ціна дослідження                | 15600,65  |

Аналіз кошторису дозволяє визначити напрями оптимізації витрат, серед яких раціональне використання матеріалів, застосування енергозберігаючих технологій та ефективне планування трудових ресурсів. Встановлена ціна на проведене дослідження забезпечує економічну обґрунтованість роботи та підтримує її якісний рівень, що підтверджує ефективність організаційного та фінансового планування у процесі екологічної оцінки водних об'єктів.

## ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі наведено результати дослідження екологічного стану води каскаду ставів НДП «Софіївка» НАН України. Досліджувані об'єкти включали Красноставський, Верхній (Новоставський) та Нижній ставки, які інтегровані у систему водозабезпечення парку та виконують декоративні, гідрологічні й екологічні функції.

1. Результати аналізу фізико-хімічних показників води Красноставського ставу свідчать про відносно стабільний стан водойми. Показники рН, концентрації амонію, нітратів, фосфатів та ХСК залишалися у межах помірного навантаження, а розчинений кисень – на достатньому рівні (7,3–9,16 мгО<sub>2</sub>/л), що забезпечує ефективні процеси самоочищення.

2. У Верхньому ставі спостерігається поступове підвищення концентрацій амонію, фосфатів та органічних речовин, що призводить до зростання ХСК (до 20 мгО<sub>2</sub>/л) та зниження розчиненого кисню восени до 6,8 мгО<sub>2</sub>/л. Це відображає природні процеси евтрофікації та накопичення органічних речовин під час літнього прогрівання води.

3. Нижній став характеризується найвищим рівнем органічного та біогенного навантаження серед каскаду, що зумовлено додатковим антропогенним впливом від наявності поблизу вольєра з тваринами. За вересень зафіксовано підвищення концентрацій амонію (1,2 мг/дм<sup>3</sup>), фосфатів (3,0 мг/дм<sup>3</sup>) та ХСК (23 мгО<sub>2</sub>/л), а розчинений кисень знизився до 6,0 мгО<sub>2</sub>/л, що свідчить про евтрофікацію та органічне забруднення водойми.

4. Розрахунок інтегрального індексу екологічного стану води (ІЕС) показав поступове погіршення якості води каскаду: Красноставський став – помірний стан (0,34), Верхній став – помірно-незадовільний (0,45), Нижній став – незадовільний (0,56).

Основними джерелами забруднення водойм є природна евтрофікація, надходження біогенних елементів із верхніх ставів, локальні антропогенні фактори (включно з вольєром з тваринами) та сезонне «цвітіння» води.

5. Загальні витрати на дослідження екологічного стану водних об'єктів НДП «Софіївка» у 2025 році склали 12000,5 грн, а ціна науково-дослідного продукту з урахуванням рентабельності 30% становить 15600,65 грн, що забезпечує економічну обґрунтованість роботи. Аналіз кошторису дозволяє оптимізувати витрати за рахунок раціонального використання матеріалів, енергозбереження та ефективного планування трудових ресурсів, підтверджуючи ефективність організаційного і фінансового планування та забезпечуючи високу якість екологічних оцінок.

### **ПРОПОЗИЦІЇ**

До основних пропозицій належить систематичний моніторинг фізико-хімічних та бактеріологічних показників води у всіх ставах парку з фіксацією результатів у журналах, обмеження надходження органічних та біогенних речовин із прилеглих антропогенних джерел, очищення донних відкладень та контроль водних об'єктів для підтримання водного балансу, а також регулярне обслуговування гідроспоруд і джерел та проведення профілактичних реставраційних робіт, що разом дозволить підтримати стабільний екологічний стан каскаду ставів та зберегти їхню культурно-історичну цінність.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Адаменко О.М. Екологія та охорона навколишнього природного середовища. Київ: Либідь, 2017. 422 с.
2. Алексєєв К.А. Гідрологія та гідроекологія. Київ: Либідь, 2018. 380 с.
3. Більченко М.М. Лабораторний практикум з аналітичної хімії. Кількісний аналіз. Суми: Університетська книга, 2007. 142 с.
4. Брайчевський Ю.В. Основи гідрохімії. Київ: Наукова думка, 2016. 240 с.
5. Буткалюк В.В. Охорона праці в галузі природокористування та екології. Київ: Ліра-К, 2020. 312 с.
6. Васюкович О.О. Охорона праці при роботі в природних екосистемах: навчально-методичний посібник. Київ: НУБіП України, 2021. 256 с.
7. Гончаренко В.В., Гуменна К.О. Екологічний моніторинг якості води в НДП «Софіївка» НАН України. Збірник студентських наукових праць УНУС. 2022. С. 14–15.
8. Гриб Й.В., Клименко М.О., Сондак В.В. Відновна гідроекологія порушених річкових та озерних екосистем (гідрохімія, гідробіологія, гідрологія, управління) в 2-х т. Рівне: Рівненський державний технічний університет, 1999. Т. 2. 198 с.
9. Джигирей В.С. Екологія та охорона навколишнього середовища. Київ: Знання, 2000. 203 с.
10. Димчик Р., Кривошея І., Моравц Н. Архітектурна та культурна спадщина історичних міст країн центрально-східної Європи. Кол. монографія. Умань-Познань-Ченстохова: ФОП Жовтий О.О., 2016. 286 с.
11. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. Київ, 2012. 55 с.
12. ДСТУ 8724:2017. Якість води. Відбір проб. Київ: Мінекономрозвитку України, 2017. 24 с.
13. ДСТУ EN 25814:2004. Якість води. Визначення розчиненого кисню. Електрохімічний метод. Київ, 2004. 16 с.

- 14.ДСТУ ISO 10523:2012. Якість води. Визначення рН. Київ, 2012. 12 с.
- 15.Екологічний паспорти регіонів за 2019 р. [Електронний ресурс].
- 16.Емець І.М., Дяченко М.П. Техніка безпеки та організація лабораторних робіт. Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2018. 128 с.
- 17.Косаревський І.А. Державний заповідник «Софіївка». Київ, 1951. 65 с.
- 18.Косенко І.С. Національний дендрологічний парк «Софіївка». Київ: Академперіодика, 2007. 196 с.
- 19.Косенко І.С., Храбан Г.Ю., Мітін В.В., Гарбуз В.Ф. Дендрологічний парк «Софіївка». Київ, 1996. 190 с.
- 20.Крамаренко В.І. Екологічна політика та водні ресурси. Дніпро: ДНУ, 2020. 172 с.
- 21.Ободовський О.Г. Екологічні проблеми водних басейнів України. Одеса: Екос, 2019. 210 с.
- 22.Руденко Л.Г. Геоботанічне районування. Національний атлас України. Київ, 2007. 12 с.
- 23.Руденко Л.Г. Ґрунти. Національний атлас України. Київ, 2007. 10 с.
- 24.Руденко Л.Г. Фізико-географічне районування. Національний атлас України. Київ, 2007. 8 с.
- 25.Сніжко С.І. Оцінка та прогнозування якості природних вод. Київ: Ніка-Центр, 2001. 264 с.
- 26.Шевчук В.М. Водні ресурси та управління річковими басейнами. Львів: Сполом, 2017. 180 с.
- 27.Хільчевський В.К., Дубняк С.В. Гідроекологія України. Київ: КНУ, 2015. 288 с.
- 28.Царенко Н. І. Гідробіологія. Київ: Вища школа, 2014. 124 с.
- 29.Цветкова М. С. Водні ресурси та екологічна безпека. Харків: ХНУ ім. Каразіна, 2018. 164 с.
- 30.Luis Raúl Gutiérrez-Lucas, Luz María Chávez-Ramírez, Leticia Arregui. Physico-Chemical and Microbiological Analysis of Water of the “Presa De Los

- Patos” in the Desierto De Los Leones National Park, Mexico. *Advances in Biological Chemistry*. Vol.7 No.2, April 2017. P. 345–354.
31. Maasoumeh Marhamati, Asma Afshari, Behzad Kiani, Behrooz Jannat, Mohammad Hashemi. Nitrite and Nitrate Levels in Groundwater, Water Distribution Network, Bottled Water and Juices in Iran: A systematic Review. *Current Pharmaceutical Biotechnology*. 2020, 22 (10). P. 1325–1337.
  32. Md. Galal Uddin, Stephen Nash, Agnieszka I. Olbert. A review of water quality index models and their use for assessing surface water quality. *Ecological Indicators*. Volume 122, March 2021. P. 3–21.
  33. Sayed Rashad, Muhammad Abdul Moneem, Ghadir A. El-Chaghab. Seasonal Variation and Correlation between the Physical, Chemical and Microbiological Parameters of Nile Water in a Selected Area in Egypt. *Baghdad Science Journal*. 2020, 17 (4). P. 1160–1168.
  34. Sutadian, A.D., Muttill, N., Yilmaz, A.G., Perera, B.J.C. Development of a Water Quality Index for Rivers in West Java, Indonesia. *Ecological Indicators*, 30, 2013, pp. 278–285.
  35. Pesce, S.F., Wunderlin, D.A. Use of Water Quality Indices to Verify the Impact of Córdoba City (Argentina) on Suquía River. *Water Research*, 34(11), 2000, pp. 2915–2926.
  36. Palaniappan, M., Gleick, P.H., Allen, L., Cohen, M., Christian-Smith, J. *Clearing the Waters: A Focus on Water Quality Solutions*. United Nations Environment Programme, 2010. 88 p.
  37. Chapman, D. (Ed.) *Water Quality Assessments: A Guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring*. 2nd ed. London: UNESCO/WHO/UNEP, 1996. 651 p.
  38. Boyacioglu, H. Surface Water Quality Assessment Using Factor Analysis. *Water SA*, 32(3), 2006, pp. 389–393.
  39. UNESCO & HELCOM. *State of the Baltic Sea – Water Quality Assessment Report*. UNESCO Publishing, 2018. 120 p.

# ДОДАТКИ