

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут екологічної безпеки та моніторингу довкілля

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра екології та екологічної безпеки

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))


МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:


«Обґрунтування природоохоронних заходів для покращення екологічного стану річки Південний Буг та прибережних територій в межах міста Вінниці»

Виконав: студент 2 курсу, групи ТЗД-20м
спеціальності 183 - Технології захисту
навколишнього середовища


(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

 Гомеш Роза Марія Зау

(прізвище та ініціали)

Керівник: д.т.н., професор кафедри ЕЕБ
 Кватернюк С. М.

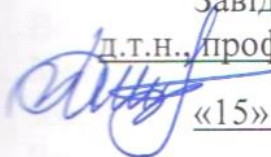
(прізвище та ініціали)

Опонент: к.т.н., доцент кафедри ХХТ
 Гордієнко О.А.

(прізвище та ініціали)

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕЕБ,

 д.т.н., проф. Петрук В.Г.

(прізвище та ініціали)

«15» грудня 2021 р.

Вінниця ВНТУ – 2021 рік

АНОТАЦІЯ

УДК 504.064, 681.785

Гомеш Роза Марія Зау. Обґрунтування природоохоронних заходів для покращення екологічного стану річки Південний Буг та прибережних територій в межах міста Вінниці. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 183 – технології захисту навколишнього середовища, освітня програма – технології захисту навколишнього середовища. Вінниця: ВНТУ, 2021. 98 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 36 назв; рис.: 12; табл. 15.

В магістерській кваліфікаційній роботі здійснено дослідження екологічного стану р.Південний Буг та прибережних територій в межах міста Вінниці з метою їх збереження та охорони. У загальній частині роботи розглянуто оцінку екологічного стану річки південний буг у відповідності до вимог Водної рамкової директиви ЄС та розроблено рекомендацій щодо покращення стану поверхневих вод.

Ключові слова: гідроекологія, екологічні нормативи, еколого-токсикологічні параметри.

ABSTRACT

Gomes Rosa Maria Zau. Justification of environmental protection measures to improve the ecological state of the Southern Bug River and coastal areas within the city of Vinnitsa. Master's thesis on specialty 183 - environmental protection technologies, educational program - environmental protection technologies. Vinnytsia: VNTU, 2021. 98 p.

In Ukrainian language. Bibliographer: 36 titles; fig.: 12; tabl. 15.

In the master's qualification work the research of an ecological condition of the river Southern Bug and coastal territories within the city of Vinnytsia for the purpose of their preservation and protection is carried out. In the general part of the work the assessment of the ecological condition of the river Southern Bug in accordance with the requirements of the EU Water Framework Directive is considered and recommendations for improving the condition of surface waters are developed.

Keywords: hydroecology, ecological standards, ecological and toxicological parameters.

ЗМІСТ

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП | 6 |
| 1 ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ РІЧКИ ПІВДЕННИЙ БУГ У ВІДПОВІДНОСТІ ДО ВИМОГ ВОДНОЇ РАМКОВОЇ ДИРЕКТИВИ ЄС | 8 |
| 1.1 Методики досліджень та оцінки екологічного стану | 8 |
| 1.2 Характеристика природних умов та ретроспективна гідрохімічна оцінка басейну річки Південний Буг | 13 |
| 1.3 Склад та структура основних компонентів гідробіоценозів в басейні Південного Бугу | 15 |
| 1.4 Визначення референційних значень показників загального азоту та фосфору | 16 |
| 2 МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ОСОБЛИВО ЦІННИХ ДІЛЯНОК РІЧКИ З МЕТОЮ ЇХНЬОГО ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ОХОРОНИ | 20 |
| 2.1 Визначення особливо цінних ділянок річки та заборони видів діяльності, пов'язані з ними | 20 |
| 2.2 Критерії визначення особливо цінних ділянок річок | 22 |
| 2.3 Оцінка якості води Південного Бугу в місцях питного водозабору м. Вінниці | 25 |
| 3 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЗДІЙСНЕННЯ МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ЗАБРУДНЕННЯ ВОДНИХ СЕРЕДОВИЩ ТА ОЦІНЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ | 35 |
| 3.1 Методики визначення токсичності за допомогою біотестування з використанням мультиспектральних методів і засобів | 35 |
| 3.2 Контроль інтегрального рівня токсичності стічних вод за допомогою біотестування | 46 |
| 3.3 Контроль інтегральних параметрів якості поверхневих вод | |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| р. Південний Буг за характеристиками макрофітів | 51 |
| 3.4 Експериментальні дослідження інтегральних параметрів якості поверхневих вод мультиспектральним методом з використанням біоіндикації по фітопланктону | 61 |
| 4 РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ПОКРАЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ РІЧКИ ПІВДЕННИЙ БУГ ТА ПРИБЕРЕЖНИХ ТЕРИТОРІЙ | 64 |
| 4.1. Вдосконалення мультиспектрального біотестування токсичності води | 64 |
| 4.2. Вдосконалення мультиспектрального біотестування речовин різної природи | 69 |
| 5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДИКИ АНАЛІЗУ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД РІЧКИ ПІВДЕННИЙ БУГ | 74 |
| 5.1 Калькулювання виробничої собівартості інноваційного рішення | 74 |
| 5.2 Визначення ціни та критичного обсягу виробництва інноваційного рішення | 79 |
| 5.3 Визначення експлуатаційних витрат у сфері використання інноваційного рішення | 81 |
| 5.4 Оцінювання економічної ефективності інноваційного рішення ... | 84 |
| ВИСНОВКИ | 89 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ | 91 |
| Додаток А – Технічне завдання..... | 96 |
| Додаток Б – Вихідні данні | 98 |

ВСТУП

Актуальність. Південний Буг - одна з великих річок України. Її водозбірна площа повністю розташована в межах країни. Висока зарегульованість, розвинений аграрний сектор, низка великих міст, енергетичних об'єктів та промисловості обумовлюють значне антропогенне навантаження на річку, яке в першу чергу виражається в збагаченні води поживними речовинами, зокрема сполуками азоту та фосфору. Щоб не допустити подальшої деградації річок, відтворити їхні ресурси, потрібно застосувати комплекс науково розроблених природоохоронних заходів, включно з виділенням окремої природоохоронної категорії, узаконення якої матиме на меті охорону та збереження особливо цінних річкових екосистем. Актуальність теми зумовлена необхідністю підвищення достовірності оцінювання екологічного стану р. Південний Буг та прибрежних територій в межах міста Вінниці з метою їх збереження та охорони за використання вдосконалених методів та засобів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження виконувалась у рамках проведення держбюджетної науково-дослідної роботи Вінницького національного технічного університету “Обґрунтування наукових засад оптимальних методів і засобів моніторингу та інтегрованого управління екологічною безпекою непридатних пестицидів та пестицидвмісних відходів” у 2021 р. (номер державної реєстрації 0121U109723).

Метою роботи є вдосконалення методів та засобів оцінювання екологічного стану р. Південний Буг та прибрежних територій.

Завдання роботи. Для досягнення поставленої мети були сформульовані наступні задачі:

1. Оцінити екологічний стан річки Південний Буг у відповідності до вимог

Водної рамкової директиви ЄС.

2. Визначити особливо цінні ділянки річки з метою їх збереження та охорони.
3. Розробити рекомендації здійснення мультиспектрального контролю параметрів забруднення водних середовищ та оцінювання екологічного стану водних об'єктів,
4. Розробити рекомендації щодо покращення стану поверхневих вод.

Об'єкт досліджень – процес оцінювання екологічного стану р.Південний Буг та прибережних територій за допомогою вдосконалених методів та засобів.

Предмет досліджень – методи і засоби мультиспектрального екологічного контролю параметрів водних об'єктів.

Новизна одержаних результатів. Вдосконалено методи мультиспектрального біотестування токсичності води та речовин різної природи, що дозволяє підвищити точність визначення токсичності при забрудненні поверхневих вод та прибережних територій речовинами різного антропогенного та техногенного походження.

Апробація результатів магістерської кваліфікаційної роботи. Основні положення та результати виконаних досліджень доповідалися та обговорювалися на VIII-му Міжнародному з'їзді екологів.

Публікації результатів магістерської кваліфікаційної роботи.

1. Мандебура А. Ю., Кватернюк С. М., Гомеш Роза Марія Зау. Дослідження екологічного стану річки Південний Буг та прибережних територій в межах міста Вінниці. VIII-ий Міжнародний з'їзд екологів [Електронне мережне наукове видання] : зб. наук. праць. (м. Вінниця, 22–24 вересня 2021 р.). Вінниця, 2021. С. 304–309. – 88 Мб. ISBN 978-966-641-873-2 (PDF)
<https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog/view/666/1174/2379-1>

1 ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ РІЧКИ ПІВДЕННИЙ БУГ У ВІДПОВІДНОСТІ ДО ВИМОГ ВОДНОЇ РАМКОВОЇ ДИРЕКТИВИ ЄС

1.1 Методики досліджень та оцінки екологічного стану

Дослідження проводили у типових біотопах, які визначали за складом ґрунту, швидкістю течії, глибиною, типом руслових процесів, угрупованнями вищої водної рослинності тощо. Типологічний аналіз біотопів проводили шляхом загального огляду берегової зони та дна водойми, при необхідності з використанням легководолазного спорядження, ехолота з датчиком температури. На всіх станціях відбору проб проводили опис біотопів, визначали концентрацію розчиненого в воді кисню, показник рН, температуру води, електропровідності, прозорості за диском Секкі.

Загальну фізіономію біотичних угруповань описували на основі даних щодо розвитку та розподілу макроформ (водяні рослини, макроводорості, макробезхребетні). Як правило, відбирали проби фітопланктону, зоопланктону, донної фауни, оцінювали видовий склад іхтіофауни. Проби фітопланктону відбирали батометром Руттнера об'ємом 1 дм³ з глибини 0,3-0,5 м на стрижні русла з подальшим заповненням пляшки 0,5 дм³. При аналізі розподілу вищої водної рослинності використовували загальноприйняті методики флористичних досліджень: визначення флористичного складу домінуючих форм рослинного покриву водойм, визначення особливостей заростання різних біотопів. Флору макрофітів розглядали в обсязі, прийнятому В.М. Катанською.

Проби з донних угруповань в більшості випадків відбирали за поперечним розрізом річкового русла. Опис наявних однорідностей проводили за схемою європейського моніторингу AQEM, на відміну від якої відбирали та розбирали пробу з кожного мікробіотопу окремо. Відбір

макробезхребетних проводили з занурених твердих субстратів, макрофітів та рихлих донних відкладів. З твердих субстратів проби відбирали шкребком з шириною леза 5 см, крім того робили змиви з окремих каменів, піднятих на поверхню, донні відклади відбирали за допомогою дночерпака Петерсена площею відбору 0,01 м² та коробчастого пробовідбірника з площею відбору 0,01 м². Крім того, проводили відбір проб стандартним методом Євросоюзу «kick and sweep». Фітофільних безхребетних в заростях водяних рослин відбирали за допомогою гідробіологічного сачка. Проби фіксували та опрацьовували за загальноприйнятими методиками [1, 2]. Обрахунок даних проводили за допомогою програми AquaBioBase [1].

За результатами проведених польових досліджень експрес-методом було проведено біоіндикацію стану руслової частини Південного Бугу. Така оцінка базується на наявності/відсутності індикаторних видів чи груп гідробіонтів, та виконується шляхом заповнення на кожній ділянці обстеження форми «Польовий протокол біологічної оцінки стану» [3].

Для оцінки екологічного стану річки нами була використана система «Класифікація якості ріки та біорізноманіття», або в англійській мові River Quality and Biodiversity Assessment - RQBA [3, 4]. Система базується на порівнянні даних щодо цільового або референційного (тобто такого, що відповідає стану непорушеного водного об'єкту) та сучасного стану середовища за станом біоти, деяких гідрохімічних характеристик та основних біотопів в межах виділених водних тіл. Такий принцип оцінки повністю узгоджується з вимогами ВРД ЄС-2000/60/ЄС щодо класифікації екологічного статусу водних тіл.

Система оцінки RQBA складається з п'яти блоків, зведених до єдиної оціночної таблиці. Таблиця заповнюється для кожного водного тіла, виділеного в межах річки/басейну в результаті проведеної типології та ідентифікації (див. табл. 1.1.):

1. Перший блок (*якість води*) таблиці містить інформацію про результати біоіндикації якості води. Ми використовували показники донних макробезхребетних (індекс Вудівіса) [5] і фіто- та зоопланктону (сапробність за Пантле-Букк) [6].
2. Другий блок (*структура угруповань*) містить дані про кількість видів в індикаторних характерних та показових для типоспецифічних умов групах. В стовпчиках «сучасний стан» вказана кількість видів, знайдена на стандартних точках моніторингу. В стовпчиках «референційні значення» вказана кількість видів, знайдена на еталонних створах або відома з літературних джерел для непорушеного стану.
3. Третій блок (*біорізноманіття*) містить інформацію про індикаторні, характерні та показові для еталонних умов таксони макроводоростей, судинних рослин, безхребетних та риб, а також про ендеміків та види, що охороняються. Крім того, у блоці наводяться рідкісні види гідробіонтів та такі, що охороняються, земноводні та птахи, що безпосередньо залежать від екологічного стану річкової системи в цілому або її окремих елементів. В окремих випадках наводиться інформація про інвазивні види. Списки видів в стовпчиках «сучасний стан» складені як на основі власних досліджень, так і за даними опитувань. В стовпчиках «референційні значення» наведено види, відомі для даного регіону з літературних джерел.
4. Четвертий блок (*біотопи*) містить гідроморфологічний опис біотопів, найбільш вагомим в аспекті підтримання різноманіття в річковій екосистемі. В першу чергу ми враховували представленість різних типів ґрунтів на ділянках обстеження, а також кількість поясів та проєктивне покриття судинними рослинами.
5. П'ятий блок (*гідрохімія*) містить інформацію щодо фонових та актуальних гідрохімічних даних, визначених у літню межінь за умови стійкої ясної погоди. Цей блок для Південного Бугу аналізується окремо.

Таблиця 1.1 – Оціночна таблиця RQBA для ділянки річки

| Дескриптори | Дані досліджень | Референційні значення | Клас | Вага |
|------------------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------|-------|------|
| Біотичний індекс | 7 | 9 | 2 | 2 |
| Сапробність, фітопланктон | 2,2 | 1,5 | 2 | 1 |
| Сапробність, зоопланктон | 1,8 | 1,6 | 2 | 1 |
| Сапробність, зообентос | 2,11 | 1,7 | 2 | 1 |
| Трофність | евтрофна | мезотрофна | 3 | 1 |
| БЛОК 1 - Якість води | | | 2,16 | 3 |
| Кількість видів у групах донної фауни | Plecoptera - 0; | Plecoptera -1; | 4 | 1 |
| | Ephemeroptera - 0 | Ephemeroptera - 4 | 4 | 1 |
| | Trichoptera -3; | Trichoptera -4; | 2 | 1 |
| | Odonata -1; | Odonata - 2; | 2 | 1 |
| | Crustacea -3 | Crustacea -4 | 2 | 2 |
| Кількість видів вищих водяних рослин у індикаторних групах | Реофільні-7 | Реофільні -8 | 2 | 1 |
| | Лімнофільні-2 | Лімнофільні 2 | 2 | 1 |
| | Болотні-1 | Болотні 1 | 1 | 1 |
| Кількість поясів вищої водної рослинності | 2 | 1 | 2 | 2 |
| БЛОК 2 - Структура угруповань | | | 2,5 | 2 |
| Безхребетні | (3) | (4) | 2 | 2 |
| Вищі водяні рослини | (1) | (2) | 2 | 1 |
| Риба | (1) | (1) | 2 | 1 |
| БЛОК 3 - Біорізноманіття | | | 2 | 1 |
| Ступінь представленості субстратів | 95 | 100 | 1 | 2 |
| БЛОК 4 | - Біотопи | | 1 | 1 |
| Загальна класифікація | Середній бал і клас стану річки | | 2,068 | 2 |

Згідно ВРД, оцінка екологічного стану проводиться за 5 фіксованими класами якості: 1 - відмінний, 2 - добрий, 3 - задовільний, 4 - поганий і 5 - дуже поганий (стан).

Такий принцип поділу на класи можливо застосовувати не тільки для власне значень характеристик, але й при використанні так званого екологічного коефіцієнту якості („ecological quality ratio”) (EQR). Згідно до ВРД - це „коефіцієнт, що виражає співвідношення між виміряними значеннями біологічних параметрів та референційними значеннями обраного поверхневого водного тіла.” EQR розраховується для кожної окремої характеристики та виражається числовою величиною від 0 до 1, відмінний екологічний стан відповідає значенням , близьким до одиниці, а поганий екологічний стан - значенням, близьким до 0.

Використання EQR, хоча і рекомендоване нормативними документами, розробленими в ході впровадження ВРД, але має суттєвий недолік. Оскільки в ході оцінки стану доводиться аналізувати досить велику кількість характеристик різноманітних параметрів виникає необхідність вводити вагові коефіцієнти для характеристик, що мають різне значення для класифікації, а також проводити корекцію відносно нових даних. Використання при цьому безрозмірних EQR ускладнює, а в деяких випадках і унеможлиблює таку роботу. Отже, на першому етапі, доки не будуть проведені остаточні визначення еталонних створів та референційних умов, аналіз значущості характеристик вибраних параметрів, виділення однотипних ділянок (для річки) чи річок і водних об'єктів (для басейну), для оцінки екологічного стану доцільно використовувати саме числові значення характеристик. На кінцевому етапі межі між класами будуть встановлені для EQR кожної характеристики окремо з врахуванням особливостей розподілу його значень в градієнті якості.

1.2 Характеристика природних умов та ретроспективна гідрохімічна оцінка басейну річки Південний Буг

Басейн р. Південний Буг перетинає лісостепову і степову зону України і розташований у двох геоморфологічних областях - верхня і середня частина розташована на Волинсько-Подільській та Придніпровські височинах, а нижня – на Причорноморській низовині. Річка перерізає Український кристалічний щит. В четвертинних відкладах лісостепової зони територіально найбільш поширені води еолово-делювіальних, рідше, флювіогляціальних і алювіальних утворень. В басейні річки умовно виділено 2 гідрологічних райони – Подільський і Причорноморський. В цілому можна вважати, що ці два гідрологічних підрайони належать до різних екорегіонів за ВРД: Понтійська провінція та Східна рівнина.

Для верхньої і середньої частин басейну характерні підземні води тріщинної зони кристалічних порід, які і є головним джерелом живлення річок у меженний період. У зоні Причорноморської низовини долини річок складені вапняками верхнетретинного періоду, які перекриваються червоно-бурими глинами товщею лесових відкладень.

В четвертинних відкладах лісостепової зони територіально найбільш поширені води еолово-делювіальних, рідше, флювіогляціальних і алювіальних утворень. Концентрації іонів амонію таких вод в середньому не перевищують 0,2 - 0,4 мг/дм³. Фонові значення іона в водах всієї зони коливаються від аналітичного нуля до 2,8 мг/дм³. Концентрації нітритів у водах всієї зони незначні і не перевищують 0,01 мг/дм³. Фоновий вміст нітратів водах змінюється від аналітичного нуля до сотень мг/дм³.

У степовій зоні найбільш поширені води еолової-делювіальних відкладів. Середній вміст іонів амонію таких вод зазвичай становить 0,2 - 0,3 мг/дм³. Фонові значення концентрації іонів амонію коливаються від

аналітичного нуля до 4 мг/дм^3 . Мала окислювальна обстановка і анаеробні умови в ґрунтових водах призводять до того, що в них спостерігається в 10-100 разів більше нітритних іонів, ніж в поверхневих водах. Середні концентрації нітрит-іонів становлять $0,05 - 0,1 \text{ мг/дм}^3$. В цілому в ґрунтових водах степової зони фонові концентрації нітритів коливаються від аналітичного нуля до $0,8 \text{ мг/дм}^3$. Практична відсутність біологічного споживання мінеральних сполук азоту призводить до накопичення в ґрунтових водах нітрат- іонів, середні значення останніх - $16-80 \text{ мг/дм}^3$. Такі великі концентрації нітратів обумовлені впливом антропогенних чинників в умовах аеробного середовища.

Безумовно, при надходженні в річку відбувається багатократне їх розведення, але в періоди, коли підземне живлення переважає над поверхневим вплив підземних джерел азоту та фосфору є дуже відчутним. Поверхнево-схиліві та ґрунтово- поверхневі води забезпечують основне живлення водотоків в періоди повені і дощових паводків. Зі зникненням снігового покриву провідна роль у формуванні гідрохімічного режиму належить підземним і ґрунтовим водам. На жаль, кількісних даних про надходження та розбавлення підземних вод по виділених водних об'єктах басейну Південного Бугу не існує.

Аналіз гідрохімічних даних та архівних матеріалів Інституту гідробіології НАН України показує, що основні гідрохімічні показники р. Південний Буг змінювались в широких. Максимальний вміст мінерального фосфору ($0,880 \text{ мг/дм}^3$) відзначено нижче м. Хмельницького, в той же час вище міста його концентрація наближалась до аналітичного нуля. Вище м. Вінниці вміст фосфатів складав $0,020 \text{ мг P/дм}^3$, нижче - $0,260 \text{ мг P/дм}^3$; вище м. Хмільника - $0,090 \text{ мг P/дм}^3$, нижче - $0,170 \text{ мг P/дм}^3$. При цьому слід зазначити, що влітку вміст фосфатів у воді значно зростає порівняно з весною. В той же час невисокі концентрації нітратів, скоріш за все,

обумовлені як їх споживанням представниками флори в літній період, так і низькою інтенсивністю процесів нітрифікації. Загалом було встановлено, що в річці, нижче стоків населених пунктів іноді на порядок підвищувався вміст фосфатів та легкодоступної органічної речовини.

Знання коливань фонових концентрацій в ґрунтових водах, а також дані щодо динаміки показників у воді річки, необхідні для оцінки антропогенного навантаження та для визначення статусу водних тіл.

1.3 Склад та структура основних компонентів гідробіоценозів в басейні Південного Бугу

Фітопланктон. Видовий склад фітопланктону р. Південний Буг формували переважно зелені, діатомові, евгленові та синьозелені водорості.

Кількісні показники розвитку планктонних водоростей в річці в цілому за досліджуваний період помірні. Максимальну чисельність (5330 тис. клітин/дм³) та біомасу - 4,057 мг/ дм³ спостережали влітку. Основну чисельність складали зелені та діатомові, а біомаси - діатомові, динофітові та зелені водорості. Весною кількісні показники розвитку фітопланктону були значно нижчими - 2670 тис. клітин/дм³ і 0,480 мг/дм³. Восени чисельність планктонних водоростей становила 3078 тис. клітин/дм³, а біомаса - 1,360 мг/дм³. Найнижчі показники розвитку фітопланктону спостерігали взимку - 636 тис. клітин/дм³ і 0,410 мг/дм³. В період досліджень значення індексу сапробності за Пантле і Букк коливалися у межах 1,7-2,5.

Зоопланктон. Дослідження зоопланктону р. Південний Буг показали, що видовий склад зоопланктону впродовж цього періоду не зазнав помітних змін. Загальний рівень розвитку залишився невисоким. В сезонній динаміці розвитку зоопланктону спостерігали весняний максимум за рахунок розвитку коловерток та веслоногих ракоподібних. При цьому гіллястовусі ракоподібні

були представлені одиничними формами, що надходять у водойми з прибережних заростей та заплавних водойм.

Донна макрофауна. Донна фауна верхньої ділянки річки практично не вивчалася. Макрозообентос середньої течії Південного Бугу докорінним чином змінився на початку 70-х рр. після побудови Ладижинського водосховища Фауна макробезхребетних, що формується на ділянці річки Південний Буг нижче греблі Ладижинської ДРЕС, характеризується високим різноманіттям угруповань, що відрізняються за складом домінуючих форм та сумарними показниками кількісного розвитку.

Можна також зазначити, що після зарегулювання річки у донній фауні пониззя Бугу відбулись істотні зміни, які виражаються в помітній зміні домінуючого комплексу на молюсково-олігохетний, скороченні видового багатства, різноманіття угруповань та спрощенні структури домінування - різноманіття.

Іхтіофауна. У верхній течії Південного Бугу мешкають сазан, лящ, карась, лин, плоскирка, плітка, краснопірка, головень, укля, пічкур, вівсянка, гірчак, щука, окунь, йорж, щипівка, в'юн, бички.

На підставі аналізу гідрографічних матеріалів та особливостей структури біотичних угруповань нами визначені характерні ділянки річки та основні водні об'єкти в її басейні. Цей поділ ґрунтується на особливостях біологічної структури річкових угруповань, яка є функцією гідроморфологічних умов.

1.4 Визначення референційних значень показників загального азоту та фосфору

Відмінний екологічний стан це стан водного об'єкта, за якого відсутні (або спостерігаються в незначному обсязі) зміни природних показників (які

могли б існувати за відсутності антропогенного втручання): значення біологічних показників відповідають значенням, характерним для масиву поверхневих вод у референційних умовах, мають тенденцію до дуже незначних змін; відсутні або виявлені дуже незначні антропогенні зміни значень гідроморфологічних, хімічних та фізико-хімічних показників порівняно з величинами, характерними для масиву поверхневих вод у референційних умовах.

Референційні умови — умови, що відображають стан навколишнього природного середовища за відсутності або мінімального антропогенного впливу.

Відомості щодо фонових значень гідрохімічних характеристик по басейнах основних річок України узагальнені в «Методиці встановлення і використання екологічних нормативів якості поверхневих вод суші та естуаріїв України» [7], але даних щодо показників загального азоту і фосфору в цьому документі не наведено. Слід зазначити, що контроль вмісту загального азоту і загального фосфору у воді Південного Бугу на всіх його ділянках в межах рутинного державного моніторингу також не проводився. Іноді визначали вміст неорганічних форм азоту (іонів амонію, нітритів, нітратів) і неорганічного фосфору (фосфат-іонів) на окремих станціях.

Відомо, що для визначення загального азоту, крім неорганічних його форм, потрібно знати, яку частину становить органічний азот. Також і для визначення загального фосфору слід знати величину органічного фосфору. Моніторинг органічного азоту і фосфору для води Південного Бугу в період, коли антропогенне навантаження на річку було мінімальне, не проводився.

Для визначення референційних значень вмісту загального азоту і фосфору в р. Південний Буг ми брали до уваги відомі більш ранні дані по вмісту цих речовин по іншим водним об'єктам. В якості точки відліку було взято гідрохімічний режим Дніпра до його зарегулювання, у тому числі і

вміст біогенних та органічних речовин.

Враховуючи вищенаведені фактори, що впливають на вміст біогенних та органічних речовин у водоймі, а також натурні дані, отримані на інших водних об'єктах в більш ранній період, ми можемо припустити, що референційні значення вмісту різних форм азоту та фосфору на певних ділянках р. Південний Буг є наступними (Табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Прогнозовані межі коливань референційних значень вмісту сполук азоту та фосфору у воді р. Південний Буг (верхня ділянка)

| Складові | Значення |
|------------------------------------------------|-------------|
| NH_4^+ , мг N/дм ³ | 0,00 - 0,20 |
| NO_3^- , мг N/дм ³ | 0,00 - 0,80 |
| NO_2^- , мг N/дм ³ | 0,00 - 0,06 |
| PO_4^{3-} , мг P/дм ³ | 0,01 - 0,04 |
| $\text{N}_{\text{орг}}$, мг N/дм ³ | 0,25 - 0,90 |
| $\text{P}_{\text{орг}}$, мг P/дм ³ | 0,02 - 0,04 |
| $\text{N}_{\text{заг}}$, мг N/дм ³ | 0,25 - 1,96 |
| $\text{P}_{\text{заг}}$, мг P/дм ³ | 0,03 - 0,08 |

В той же час такий широкий діапазон прогнозованих коливань не дозволяє встановити конкретне референційне значення дескриптора, що унеможлиблює використання на пряму запропонованого нами підходу для біологічних дескрипторів, або вирахувати EQR.

Зважаючи на те, що зменшення кількості азоту і фосфору нижче наведених мінімальних значень негативно впливає на біоту, можна встановити таку саму, але нижню шкалу для 5 класів, взявши за 100% діапазон від аналітичного 0 до мінімального значення дескриптора. Але фактично, оскільки в реальних дослідженнях значень, менших за нижню

референційну межу, не спостерігалось, таку розбивку ми не приводимо.

Таблиця 1.3 – Верхня шкала коливань значень вмісту загального азоту та фосфору воді в межах класів якості різних ділянок р. Південний Буг

| | | | | | |
|------------------|------------|--------------|-------------|-------------|--------|
| N _{заг} | 1 клас | 2 клас | 3 клас | 4 клас | 5 клас |
| знач. | 0,25 -1,96 | 2,06 - 2,65 | 2,66 - 3,23 | 3,23 - 3,82 | >3,82 |
| P _{заг} | 1 клас | 2 клас | 3 клас | 4 клас | 5 клас |
| знач. | 0,03- 0,08 | 0,084 - 0,11 | 0,11- 0,13 | 0,13-0,16 | >0,16 |

На основі визначених референційних значень нами була проведена оцінка даних по вмісту загального азоту і фосфору у воді Південного Бугу. Загалом можна зазначити, що фактично на всій протяжності річки вміст загального фосфору у воді знаходиться в межах найгіршого 5 класу.

Наведені референційні значення біологічних дескрипторів та показників азоту і фосфору порівняно із результатами експедиційних досліджень дозволяють провести комплексну оцінку екологічного стану використовуючи методологію компаративної оцінки у відповідності до вимог ВРД. В цілому можна зазначити, що верхів'я Південного Бугу знаходяться в незадовільному стані. До Ладжинського водосховища тільки одна ділянка обстеження (район с. Лавровка) мала добрий екологічний статус, при цьому всі 6 із виділених водних тіл мали статус від задовільного до дуже поганого.

2 МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ОСОБЛИВО ЦІННИХ ДІЛЯНОК РІЧКИ З МЕТОЮ ЇХНЬОГО ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ОХОРОНИ

2.1 Визначення особливо цінних ділянок річки та заборони видів діяльності, пов'язані з ними

Відповідно до Закону України «Про екологічну мережу України», до складових структурних елементів екомережі включають: території та об'єкти природно-заповідного фонду; землі водного фонду, водно-болотні угіддя, водоохоронні зони; інші природні території та об'єкти (ділянки степової рослинності, пасовища, сіножаті, луки, кам'яні розсипи, піски, солончаки, земельні ділянки, в межах яких є природні об'єкти, що мають особливу природну цінність); земельні ділянки, на яких зростають природні рослинні угруповання, занесені до Зеленої книги України; території, які є місцями перебування чи зростання видів тваринного і рослинного світу, занесених до Червоної книги України тощо.

Згідно з частиною першою статті цього закону, перелік ключових територій екомережі включає території та об'єкти природно-заповідного фонду, водно-болотні угіддя міжнародного значення, інші території, у межах яких збереглися найбільш цінні природні комплекси.

Території та об'єкти екомережі підлягають державному обліку (Закону України «Про екологічну мережу України»). Такий облік є складовою частиною державного земельного кадастру, державних кадастрів інших природних ресурсів, територій та об'єктів природно-заповідного фонду, державної статистичної звітності і здійснюється в порядку, визначеному законом.

У Водному кодексі України має бути додано визначення «особливо цінні ділянки річок - водотоки та прилеглі до них прибережні ділянки, що

мають вільну течію та відмінним/добрим екологічним станом».

Окрім цього, до особливо цінних ділянок річок слід віднести частини водних об'єктів у межах територій природно-заповідного фонду загальнодержавного значення, причому визначені як окрема охоронна категорія. У чинному законодавстві, зокрема у законі України «Про природно-заповідний фонд України», слід неодмінно визначити «особливо цінні ділянки річок» як окрему категорію територій та об'єктів ПЗФ, а також запровадити відповідальність, кримінальну та адміністративну, за порушення вимог щодо їх збереження.

Окрім зазначеного, вважаємо необхідним у Водному кодексі України передбачити окремою статтею вимоги щодо охорони та збереження особливо цінних ділянок русел річок. Зокрема, зазначити, що особливо цінні ділянки русел річок є національною природною спадщиною України.

Цією нормою також слід передбачити, що «З метою охорони та збереження особливо цінних ділянок річок, на цих територіях забороняються всі види рубок, включно санітарні, рубки формування і оздоровлення лісів або чагарників (крім догляду за лінійними об'єктами та вирубування окремих дерев під час гасіння пожежі), будівництво споруд, прокладання шляхів, лінійних та інших об'єктів транспорту і зв'язку, випасання худоби, промислова заготівля недеревинних лісових продуктів, проїзд транспортних засобів (крім доріг загального користування та служби державної охорони природно-заповідного фонду).

Усі виділені особливо цінні ділянки річок зараховуються до категорії об'єктів природоохоронного, наукового, історико-культурного призначення, а також виділяються в особливі охоронні ділянки.

Наявність особливо цінних ділянок річок є підставою для оголошення відповідних територій і об'єктів природно-заповідного фонду України.

Визначення належності особливо цінних ділянок річок до об'єктів і територій природно-заповідного фонду України здійснюється за спеціальною методикою, яка розробляється і затверджується центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері охорони навколишнього природного середовища.»

З метою охорони «особливо цінних ДР» забороняється будь-яке господарське втручання в систему, а саме:

1. Змінювати рельєф прибережних захисних смуг та водоохоронних зон.
2. Перекривати, руйнувати, випрямляти русла та поглиблювати їх дно нижче природного рівня.
3. Будівництво будь-яких споруд.
4. Забір води.
5. Змінювати природний рослинний покрив і лісистість водозбору МПВ.
6. Застосовувати засоби хімізації, «альголізації», випалювання, видобуток алювію та інших прямих впливів на ДР.
7. Проводити зариблення та здійснювати інші заходи з аквакультури.
8. Зупиняти та паркувати на ДР авто та водний транспорт, окрім спеціального.
9. Проводити меліоративні роботи.
10. Здійснювати вище за течією інші роботи, що можуть негативно вплинути чи впливають на водність річки і якість води в ній.

Під поняття «особливо цінних» підпадають РМПВ, що мають вільну течію, перебувають у відмінному або доброму екологічному стані та відповідають хоча б одному основному або двом додатковим критеріям.

2.2 Критерії визначення особливо цінних ділянок річок

Основними критеріями для виділення річкового масиву поверхневих

вод і окремих ділянок річок для організації природно-заповідних територій та виділення їхніх функціональних зон, включно заповідної, є наступні:

Основні:

- А) відмінний екологічний стан РМПВ та природних комплексів ДР;
- Б) наявність видів, а також угруповань, що потребують охорони і збереження відповідно до національного законодавства.

Додаткові:

- В) наявність у межах ДР або поблизу неї територій та об'єктів, що перебувають під охороною відповідно до національного законодавства або міжнародних зобов'язань України.
- Г) наявність особливо цінних оселищ, що мають значення для підтримання біорізноманіття, у тому числі видів, що потребують охорони і збереження відповідно до міжнародних зобов'язань України.
- Д) ДР, що мають соціальне (у т.ч. рекреаційне, ландшафтно-естетичне та історико-культурне) значення.

У разі визначення відповідності річкового масиву поверхневих вод або окремих ділянок річки одному основному або кільком додатковим запропонованим нижче критеріям, такий масив поверхневих вод доцільно розглядати як «особливо цінні РМПВ».

Критерій А: РМПВ відображує референційний стан даного типу річки або має відмінний екологічний стан, визначений відповідно до Водного Кодексу України та Постанови КМУ № 758.

Критерій Б: постійна або періодична регулярна наявність у межах ДР:

- видів, занесених до Червоної книги України [8];
- угруповань рослин, що входять до «Зеленої книги України» [9];
- оселищ, що охороняються Смарагдовою мережею.

Критерій В: наявність у межах ДР або на її межі, територій, що перебувають під охороною відповідно до національного законодавства або міжнародних зобов'язань України:

- території та об'єкти природно-заповідного фонду державного чи місцевого рівня;
- водно-болотні угіддя міжнародного значення (Рамсарські угіддя);

Група критеріїв Г: Наявність особливо цінних оселищ, що мають значення для підтримання біорізноманіття, у тому числі видів, що потребують охорони і збереження відповідно до міжнародних зобов'язань України.

Критерій Г1. Ділянка підтримує існування популяцій видів рослин та/або тварин, важливих для підтримання біологічного різноманіття даного біогеографічного регіону.

Критерій Г2. Ділянка підтримує види рослин та/або тварин на критичних стадіях їхніх життєвих циклів (наявні місця репродуктивного відтворення, нагулу, сезонних скупчень, шляхи міграцій), або надає їм притулок у разі незадовільних умов.

Критерій Г3. Ділянка підтримує важливі пропорції чисельності популяцій місцевих підвидів, видів або родин риб або окремі стадії їхнього життєвого циклу.

Критерій Г4. В межах ДР постійно або періодично наявні:

— види, перелічені у Червоному списку МСОП (крім категорії LC) [10];

— види, що охороняються Конвенцією про охорону дикої флори та фауни і природних середовищ існування в Європі (Бернська конвенція) та Конвенцією про збереження мігруючих видів диких тварин (Боннська конвенція) [11, 12] та іншими відповідними міжнародними угодами та

договорами, зобов'язання щодо яких чинні (Пташина та Оселищна Директиви ЄС [21]) або можуть виникнути у подальшому;

— регіонально рідкісних видів (обласного/місцевого Переліку видів рослин/тварин, що підлягають особливій охороні) [13], видів-реліктів та ендеміків.

Група критеріїв Д: ДР що мають соціальне (рекреаційне, ландшафтно-естетичне та історико-культурне) значення. Критерій Д1. В межах ділянки існує один чи більше об'єктів історико-культурної спадщини. Критерій Д2. Ділянка має високий естетичний потенціал, або має важливе соціокультурне, релігійне, етнографічне значення, включно для місцевого населення.

2.3 Оцінка якості води Південного Бугу в місцях питного водозабору м. Вінниці

Оцінку якості річкової води виконували за ДСТУ 4808:2007 «Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні і екологічні вимоги щодо якості води та правила вибирання». Класифікація якості джерел питного водопостачання в ньому базується на трьох взаємопов'язаних підходах: екологічному, гігієнічному і технологічному, складається із семи окремих блоків, які включають в себе 80 пріоритетних показників (органолептичних, загально-санітарних хімічних, гідробіологічних, мікробіологічних, паразитологічних, радіаційної безпеки і токсичних (пріоритетних) компонентів), та поділяє водні об'єкти на 4 класи якості, що дозволяє в кінцевому результаті запропонувати відповідні технологічні прийоми кондиціювання води. Оцінку якості води р. Південний Буг за екологічними і гігієнічними критеріями запропоновано виконувати саме за величинами окремих показників. Це дозволить отримати уявлення про придатність використання річкових вод як джерела питного водопостачання і

визначити перелік пріоритетних показників якості води, які потребували застосування спеціальних технологічних прийомів кондиціонування [14, 15].

Таблиця 2.1 – Пункт гідроекологічних та санітарно-гігієнічних спостережень

| № п/п | Джерело забору води | Пункт спостереження | Відстань від гирла, км | Забрано прісної поверхневої води, млн м ³ /рік |
|-------|--------------------------------------------|------------------------------|------------------------|-----------------------------------------------------------|
| 2 | р. Південний Буг (Сабарівське водосховище) | м. Вінниця, питний водозабір | 582,0 | 34,9 |

До основних відмінностей верхньої ділянки р. Південний Буг необхідно віднести той факт, що головними водокористувачами у її межах є підприємства житлово-комунального господарства. Підприємства зазначеної галузі використовують майже 80 % від об'єму загального водокористування на даній ділянці басейну [16]. В свою чергу вони є і основними забруднювачами річкових вод. Формування якості води верхньої ділянки р. Південний Буг, яка відноситься до Лісостепової зони, в літньо-осінній період характеризувалася переважанням впливу дощових опадів і збільшенням частки підземного живлення, приуроченого переважно до тріщинуватої зони кристалічних порід відрогів Українського кристалічного щита, а також рівнем антропогенного навантаження на водозборі [16]. Результати оцінки якості води р. Південний Буг за екологічними і гігієнічними критеріями подано в табл. 2.2. Оцінка якості води за блоком органолептичних показників надала попередню інформацію про якісний стан і склад води верхів'я р. Південний Буг. В його водах спостерігався досить значний вміст органічних речовин як легко-, так і важкоокиснюваних фракцій, які істотно впливають на якість питної води, вносячи свій вклад в кольоровість, присмак і запах води [17, 18]. В літньо-осінній період якість води за органолептичними

показниками була обумовлена в основному протіканням різних процесів в річковій екосистемі при підвищенні температури повітря (в липні-серпні - до 35-38 °С) і, відповідно, води. Інтенсивність запаху води зросла до 3 балів (3 клас) і мала гнилісно-болотний відтінок. На цьому фоні слід відмітити високі значення кольоровості води: від 60 до 90 градусів за найгіршими величинами, що відповідало 2 і 3 класам якості. В літньо-осінній період це можна пояснити, насамперед, впливом міських господарсько-побутових стічних вод, а потім вже природними умовами формування якості води як на водотоці, так і у Сабарівському водосховищі, де в цей час переважали внутрішньоводоймищні процеси. Для верхів'я р. Південний Буг була характерна також достатньо значна каламутність, особливо у воді основного русла. В Сабарівському водосховищі в районі питного водозабору м. Вінниця спостерігалось зменшення каламутності води майже вдвічі - до 21,7 і 11,7 мг/дм³ за найгіршими і середніми величинами (2 і 1 класи) (табл.2.2).

Блок загальносанітарних хімічних показників представлений компонентами сольового складу, біогенними і органічними речовинами, вмістом розчиненого кисню і реакцією водного середовища. Сезонна динаміка гідрохімічного режиму води Південного Бугу обумовлена, головним чином, гідрологічним режимом річки (змінюючи тип водного живлення). При цьому слід зазначити, що верхів'я Південного Бугу розміщене переважно в районі Українського кристалічного щита, підземні води тріщинної зони кристалічних порід якого є головним джерелом живлення річок у меженні періоди. Вони мають гідрокарбонатно-кальцієвий склад з мінералізацією до 600,0-700,0 мг/дм³ [16, 19].

Таблиця 2.2 – Оцінка якості води верхньої ділянки р. Південний Буг в районі питного водозабору

| Показники якості води | Одиниці вимірювання | м. Вінниця, питний водозабір | | | |
|-----------------------------|------------------------------------|------------------------------|-------------|------------------|-------------|
| | | Найгірші значення | | Середні значення | |
| | | величина | клас якості | величина | клас якості |
| Запах | бали | 3 | 3 | 2 | 2 |
| Кольоровість | градуси Pt-Co шкали | 90 | 3 | 77 | 2 |
| Каламутність | мг/дм ³ | 21,7 | 2 | 11,7 | 1 |
| Сухий залишок | мг/дм ³ | 453,0 | 2 | 389,6 | 1 |
| Сульфати | мг/дм ³ | 69,6 | 2 | 40,0 | 2 |
| Хлориди | мг/дм ³ | 34,0 | 2 | 30,3 | 2 |
| Магній | мг/дм ³ | 32,3 | 3 | 21,0 | 2 |
| Водневий показник | одиниці рН | 8,50 | 3 | 8,12 | 3 |
| Жорсткість загальна | ммоль/дм ³ | 5,8 | 3 | 4,5 | 2 |
| Лужність | ммоль/дм ³ | 4,6 | 3 | 3,9 | 2 |
| Азот амонійний | мг N/дм ³ | 1,12 | 4 | 0,57 | 3 |
| Азот нітритний | мг N/дм ³ | 0,116 | 4 | 0,019 | 3 |
| Азот нітратний | мг N/дм ³ | 0,95 | 3 | 0,35 | 2 |
| Фосфор фосфатів | мг P/дм ³ | 0,173 | 3 | 0,072 | 3 |
| Розчинений кисень | мг O ₂ /дм ³ | 0,6 | 4 | 7,1 | 2 |
| Насичення води киснем | % | 30 | 4 | 77 | 3 |
| Перманганатна окиснюваність | мг O/дм ³ | 27,9 | 4 | 17,5 | 4 |

Продовження табл 2.2.

| Показники якості води | Одиниці вимірювання | м. Вінниця, питний водозабір | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------|-------------|------------------|-------------|
| | | Найгірші значення | | Середні значення | |
| | | величина | клас якості | величина | клас якості |
| Біхроматна окиснюваність (ХСК) | мг О/дм ³ | 50,0 | 4 | 34,1 | 3 |
| БСК _П | мг О ₂ /дм ³ | 12,3 | 4 | 8,0 | 4 |
| Чисельність фітопланктону | тис. кл./дм ³ | 188,8 | 4 | 51,7 | 3 |
| Біомаса фітопланктону | мг/дм ³ | 20,9 | 4 | 7,1 | 3 |
| Загальне мікробне число (ЗМЧ) | КУО/см ³ | 950 | 2 | 599 | 2 |
| Загальні коліформи (лактозопозитивні кишкові бактерії), індекс БГКП | КУО/дм ³ | 46000 | 4 | 8786 | 3 |
| Число патогенних кишкових найпростіших | клітини, цисти/ 50 дм ³ | відсутні сть | 1 | відсутні сть | 1 |
| Число кишкових гельмінтів | клітини, яйця, личинки/ 50 дм ³ | відсутні сть | 1 | відсутні сть | 1 |
| Стронцій-90 (⁹⁰ Sr) | Бк/дм ³ | 0,17 | 1 | 0,12 | 1 |
| Цезій-137 (¹³⁷ Cs) | Бк/дм ³ | 0,09 | 1 | 0,04 | 1 |

Продовження табл 2.2.

| Показники якості води | Одиниці вимірювання | м. Вінниця, питний водозабір | | | |
|--------------------------|------------------------|------------------------------|-------------|------------------|-------------|
| | | Найгірші значення | | Середні значення | |
| | | величина | клас якості | величина | клас якості |
| Алюміній | мкг/дм ³ | 100,0 | 2 | 46,7 | 1 |
| Залізо загальне | мкг/дм ³ | 350,0 | 3 | 79,0 | 2 |
| Кадмій | мкг/дм ³ | відс. | 1 | відс. | 1 |
| Марганець | мкг/дм ³ | 280,0 | 3 | 105,0 | 3 |
| Миш'як | мкг/дм ³ | <10,0 | 2 | <10,0 | 2 |
| Мідь | мкг/дм ³ | <20,0 | 2 | <20,0 | 2 |
| Молібден | мкг/дм ³ | <2,5 | 2 | <2,5 | 2 |
| Нікель | мкг/дм ³ | <10,0 | 1 | <10,0 | 1 |
| Ртуть | мкг/дм ³ | <0,2 | 1 | <0,2 | 1 |
| Свинець | мкг/дм ³ | <0,5 | 1 | <0,5 | 1 |
| Фториди | мкг/дм ³ | 190,0 | 1 | 173,0 | 1 |
| Хром (VI) | мкг/дм ³ | <10,0 | 2 | <10,0 | 2 |
| Цинк | мкг/дм ³ | <5,0 | 1 | <5,0 | 1 |
| Нафтопродукти | мкг/дм ³ | 89,0 | 3 | 38,0 | 2 |
| СПАР | мкг/дм ³ | 50,0 | 2 | 29,0 | 2 |
| Феноли леткі | мкг/дм ³ | <1,0 | 1 | <1,0 | 1 |

Результати досліджень підтвердили закономірність, що сухий залишок (мінералізація) річкових вод мав чітку тенденцію до збільшення з півночі на південь. Так, хоча протяжність досліджуваної верхньої ділянки Південного Бугу по водотоку становила всього 70 км, значення мінералізації незначно, але зростає від м. Хмільник - 411,0 до м. Вінниця - 453,0 мг/дм³ за найгіршими значеннями і з 343,7 до 389,6 мг/дм³ - за середніми. Однак якість води за цим показником не виходила за межі 2 класу. Що стосується

головних іонів, то в Сабарівському водосховищі в районі питного водозабору м. Вінниця всі значення цих показників відносилися до 2 класу. Вміст магнію не перевищував $42,0 \text{ мг/дм}^3$ (3 клас), а в середньому становив $21,0\text{-}24,0 \text{ мг/дм}^3$ (2 клас). При цьому вода Південного Бугу характеризувалася високими значеннями жорсткості загальної і лужності: $5,7$ і $5,8 \text{ ммоль/дм}^3$ - за найгіршими (3 клас) та $4,5$ і $4,6 \text{ ммоль/дм}^3$ - за середніми величинами (2 клас), відповідно.

Тип хімічного складу води верхньої ділянки Південного Бугу за найгіршими величинами переважаючих аніонів і катіонів відповідав класу гідрокарбонатних вод кальцієвої групи (м. Вінниця), що є цілком природним для даної ділянки річки [16].

Вміст розчиненого кисню та величина водневого показника (рН) - найважливіші показники, які визначають фізико-хімічні умови у поверхневих водах та впливають на їх якість, будучи тісно взаємозв'язаними продукційно-деструкційними процесами. Як видно з результатів, вміст розчиненого кисню в літньо-осінню межень на верхній ділянці р. Південний Буг за найгіршими значеннями був досить низьким - $0,6\text{-}4,2 \text{ мг O}_2/\text{дм}^3$ (4 клас), а середні його величини становили $7,1\text{-}8,2 \text{ мг O}_2/\text{дм}^3$ (2 і 1 класи). Найскладніша ситуація спостерігалася на Сабарівському водосховищі в районі водозабору м. Вінниця, де було відмічено найнижчий вміст кисню - $0,6 \text{ мг O}_2/\text{дм}^3$ (4 клас), що свідчило про переважання процесів деструкції органічної речовини.

Як правило, в теплий період року величина рН води в більшості річок коливається у межах $7,4\text{-}8,2$ одн. (1-3 клас). В районі питного водозабору м. Вінниця величина рН також характеризувалася значними величинами - $8,50$ одн. за найгіршими і $8,12$ одн. - за середніми (3 клас).

Визначну роль у життєдіяльності водних екосистем відіграють біогенні речовини (в першу чергу, азот амонійний, нітритний і нітратний та фосфор

фосфатів). В природних умовах вміст неорганічних сполук азоту досягає мінімальних значень у літній вегетаційний період [16]. Проте висока зарегульованість і освоєність басейну Південного Бугу внесла свої корективи. На верхній ділянці річки вміст азоту амонійного був найвищим на водозаборі м. Вінниця: 1,12 і 0,57 мг N/дм³ - 4 і 3 класи, відповідно. Подібна тенденція характерна і для азоту нітритного, вміст якого коливався до 0,116 мг N/дм³ (м. Вінниця) за найгіршими значеннями (від 3 до 4 класу), а за середніми становив 0,0190,022 мг N/дм³ (3 клас). Вміст азоту нітратного на всіх питних водозаборах за найгіршими величинами становив 0,95-1,00 мг N/дм³ (3 клас), а за середніми - 0,35-0,39 мг N/дм³ (2 клас).

Евтрофікація водойм значною мірою залежить від їх забруднення сполуками фосфору. Як правило, в літньо-осінню межень величина фосфору фосфатів дещо знижується завдяки активізації продукційних процесів у поверхневих водах, проте внаслідок впливу стічних вод комунальних і харчових підприємств, а також поверхневих стоків з сільськогосподарських угідь його концентрації можуть зростати. Як показали результати досліджень, вміст фосфору фосфатів у воді верхньої ділянки Південного Бугу в районі вибраних питних водозаборів варіював від 0,173 до 0,196 мг P/дм³ за найгіршими величинами і від 0,072 до 0,091 мг P/дм³ - за середніми, що відповідало 3 класу якості.

Органічні речовини відіграють важливу роль у біохімічних процесах і певною мірою визначають біологічну продуктивність поверхневих вод та якість води. Їх вміст визначається за непрямими показниками - перманганатною і біхроматною окиснюваністю (ПО і ХСК) та БСК_п. Як видно із наведених даних табл. 2.2, у річкових водах Південного Бугу спостерігався досить значний вміст органічних сполук за всіма зазначеними показниками, тобто як легко-, так і важкоокиснюваних фракцій. Найгірші значення ПО і ХСК, які відповідали 4 класу якості, відмічено в районах

питного водозабору м. Вінниця (27,9 і 50,0 мг О/дм³). Середні величини цих показників, як правило, менші на один клас. Що стосується БСК_п, то за його значеннями річкові води відносили до 4 і 3 класів якості (табл. 2.2). В цілому воду верхньої ділянки за вмістом органічної речовини можна вважати перехідною за якістю від «задовільної», «прийнятної» до «посередньої», «обмежено придатної».

Блок гідробіологічних показників якості води верхньої ділянки р. Південний Буг в районі репрезентативних питних водозаборів представлений чисельністю і біомасою фітопланктону (табл. 2.2). Видове багатство фітопланктону верхньої ділянки річки формується представниками відділів *Chlorophyta*, *Bacillariophyta*, *Euglenophyta* і *Cyanoprokaryota*. В цілому найбільше число видів планктонних водоростей відмічено в липні-серпні. У флористичному аспекті літній пік розвитку фітопланктону на 45 % формувалася представниками зелених водоростей, 20,7 % - діатомових, 12,9 % - синьо-зелених, 12,1 % - евгленових. Їх частка у видовому складі фітопланктону осіннього періоду становила 50; 18,8; 9,2 і 13,8 %, відповідно [20].

За результатами досліджень, представлених в табл. 2.2, можна прослідкувати чітку динаміку збільшення чисельності і біомаси фітопланктону вниз за течією. Чисельність фітопланктону зросла до 188,8 і 51,7 тис. кл./дм³ в Сабарівському водосховищі (м. Вінниця, 4 і 3 клас). Слід зазначити, що чисельність фітопланктону тут формувалася переважно представниками синьо-зелених і зелених водоростей. Біомаса фітопланктону р. Південний Буг в межах його верхньої ділянки змінювалася від 8,5 до 20,9 мг/дм³ за найгіршими значеннями (3 і 4 класи) і від 3,3 до 7,9 мг/дм³ - за середніми (2 і 3 класи). Варто також наголосити, що максимальні величини біомаси фітопланктону, як і чисельності, характерні для верхньої ділянки

Сабарівського водосховища в районі питного водозабору м. Вінниці (табл.2.2).

Гігієнічний аспект концепції класифікації і нормування якості води джерел питного водопостачання, покладеної в основу ДСТУ 4808:2007 [21], пов'язаний з безпекою води в гігієнічному відношенні при наступній водопідготовці і характеризується блоками мікробіологічних і паразитологічних показників.

Блок мікробіологічних показників якості води представлений загальним мікробним числом (ЗМЧ) та загальними колиформами (індексом БГКП) (табл. 2.2). Так, найгірші і середні значення ЗМЧ вище м. Вінниці - 950 і 599 КУО/см³ (2 клас). Щодо індексу БГКП, то його величини в першому випадку (м. Хмільник) відповідали 220000 і 78335 КУО/дм³ (4 клас), а в другому (м. Вінниця) - 46000 і 8786 КУО/см³ (4 і 3 класи).

До блоку паразитологічних показників входять число патогенних кишкових найпростіших і число кишкових гельмінтів. їх наявності у воді верхів'я Південного Бугу в районі репрезентативних питних водозаборів не виявлено (1 клас якості).

Блок показників радіаційної безпеки представлений в табл. 2.2 стронцієм-90 і цезієм-137, найгірші і середні значення яких відповідали 1 класу.

Дуже важливою характеристикою середньої ділянки р. Південний Буг є її значна зарегульованість багатьма ставками та водосховищами і високий рівень антропогенного навантаження. Найбільшими споживачами поверхневих водних ресурсів тут є промислові підприємства, на другому місці - сільськогосподарські (в основному рибоставкові господарства) і лише на останньому - комунальні господарства [16]. Тому і основними забруднювачами виступають промислові і сільськогосподарські підприємства.

З РЕКОМЕНДАЦІЇ ЗДІЙСНЕННЯ МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ЗАБРУДНЕННЯ ВОДНИХ СЕРЕДОВИЩ ТА ОЦІНЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ

3.1 Методики визначення токсичності за допомогою біотестування з використанням мультиспектральних методів і засобів

Розроблені науково-методичні рекомендації застосування мультиспектральних методів та засобів відповідають вимогам чинних вітчизняних та міжнародних нормативних документів в галузі охорони водних ресурсів та дозволяють підвищити ефективність контролю екологічного стану водних об'єктів. Методика визначення токсичності стічних, поверхневих, підземних і питних вод; водних розчинів окремих хімічних речовин і їх сумішей; водних витяжок з ґрунтів, осадів стічних вод, промислових і побутових відходів за допомогою біотестування з використанням мультиспектральних методів і засобів складена на основі вітчизняних нормативних документів, міжнародних стандартів та закордонних аналогів [22–24].

При використанні у якості тест-об'єкту зеленої протококкових водоростей *Chlorella vulgaris* Beijer або *Scenedesmus quadricauda* (Turp) Vreb необхідно встановити відмінності між інтенсивністю росту водоростей у досліджуваній пробі і культуральному середовищі (ISO 8692:2012, КНД 211.1.4.058-97). Мультиспектральними методами і засобами вимірюється концентрація частинок фітопланктону у кюветах, що пов'язана з оптичною густиною суспензії водоростей на певних довжинах хвиль та визначається за допомогою регресійного рівняння. Застосування мультиспектрального методу дозволяє вимірювати концентрацію частинок фітопланктону одночасно у великій кількості кювет, що суттєво значно ефективніше

послідовного вимірювання концентрації у кожній з кювет за допомогою мікроскопа з лічильною камерою Горєва чи за допомогою спектрофотометра. На рис. 3.1 наведено мультиспектральні зображення проб води з наявністю частинок мікроводоростей хлорели (*Chlorella vulgaris*).

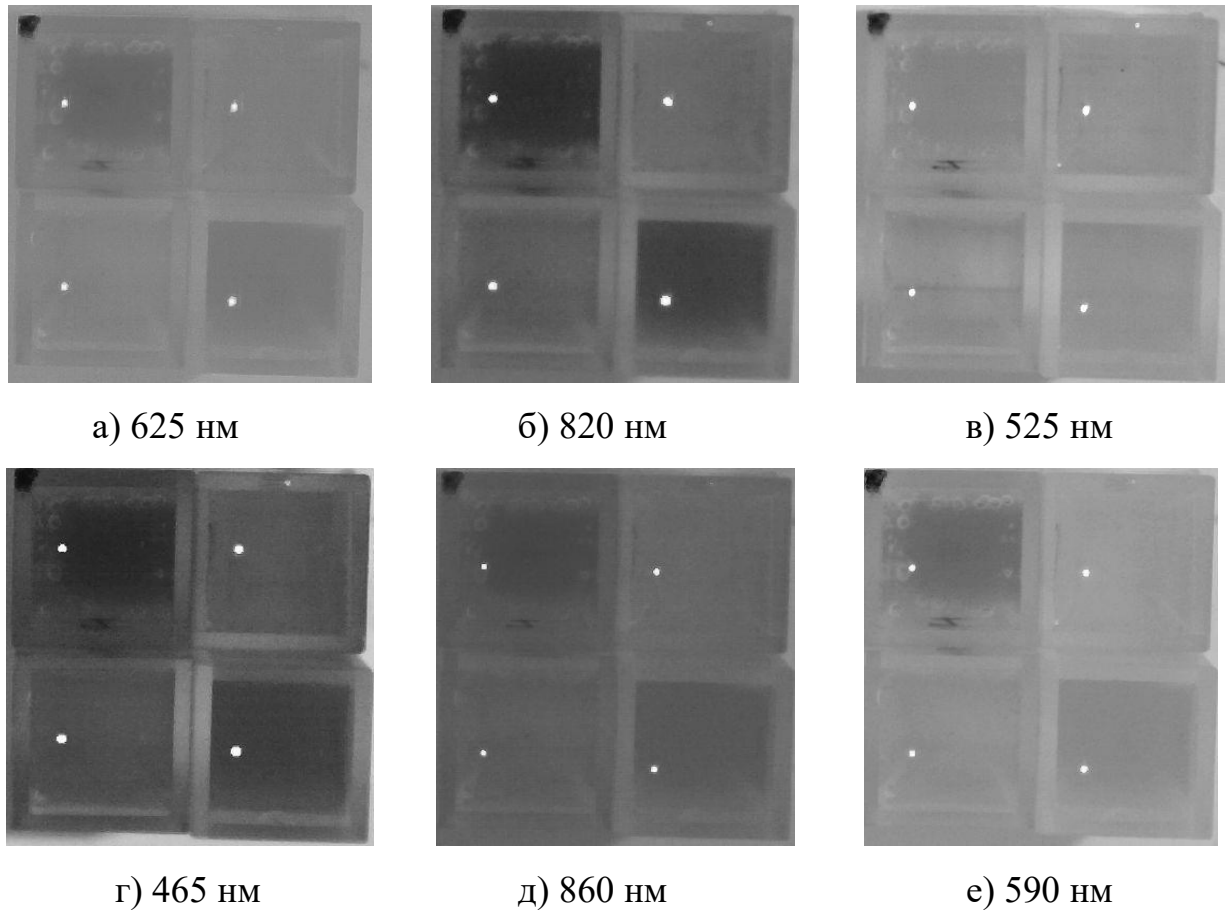


Рисунок 3.1 – Мультиспектральні зображення проб води з наявністю частинок мікроводоростей хлорели (*Chlorella vulgaris*)

Критерієм токсичності є достовірне зниження коефіцієнта приросту чисельності клітин в тестованій воді в порівнянні з контролем. Тобто критерієм токсичності води є зниження на 20% і більше (подавлення зростання) або збільшення на 30% і більше (стимуляція зростання) концентрації частинок культури водорості, що вирощується протягом певного часу у тестованій воді у порівнянні з її ростом на контрольному середовищі, що підготовлене на дистильованій воді.

Час експозиції складає 96 годин для визначення наявності гострої токсичної дії та 14 діб для визначення наявності хронічної токсичної дії.

Контроль якості культури водорості тест-об'єкту здійснюється один раз на квартал. Він здійснюється за допомогою визначення її чутливості до модельного токсиканту – біхромату калію ($K_2Cr_2O_7$). При задовільному стані культури водорості і правильно поставленому експерименті після 24 годин культивування 50%-ве подавлення приросту порівняно з контролем повинно спостерігатися в діапазоні концентрацій біхромату калію від 0,4 до 1,6 мг/дм³.

При використанні у якості тест-об'єкту ряски малої (*Lemna minor* L.) у пробах відзначають збереження або зміну морфологічних ознак її листеців, зокрема, зміну забарвлення (пожовтіння або збліднення (хлороз), повне знебарвлення (некроз)) в дослідних і контрольних пробах [25–27]. Мультиспектральними методами і засобами вимірюється відносна площа поверхні водного середовища вкрита рослинами ряски без морфологічних змін, зі змінами та чиста поверхня водного середовища. Відповідно до міжнародного стандарту ISO 20079:2005. Water quality – Determination of the toxic effect of water constituents and waste water on duckweed (*Lemna minor*) – Duckweed growth inhibition test визначення показника токсичного впливу проводиться протягом 7 діб. У якості модельного токсиканту використовують розчин сульфату міді ($CuSO_4 \times 5H_2O$).

Відбір, транспортування і зберігання водних проб. Загальні процедури відбору проб вод, а також вимоги до пристроїв для відбору проб, визначені в таких нормативних документах [28] (табл. 3.1).

Для проведення токсикологічного аналізу об'єм взятої проби повинен складати не менше 500 см³.

Таблиця 3.1 – Нормативні документи, що регламентують відбирання проб води, консервування та зберігання проб

| Вода | Нормативний документ |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Поверхневі та підземні води | <p>ДСТУ ISO 5667-1:2003. Якість води. Відбирання проб. Частина 1. Настанови щодо проекту програм проведення відбирання проб</p> <p>ДСТУ ISO 5667-2:2003. Якість води. Відбирання проб. Частина 2. Настанови щодо методів відбирання проб</p> <p>ДСТУ ISO 5667-3-2003. Відбір проб. Частина 3. Керівництво з методів консервування та зберігання проб</p> <p>ДСТУ ISO 5667-4:2003. Якість води. Відбирання проб. Частина 4. Настанови щодо відбирання проб із природних та штучних озер</p> |
| Питна вода | ДСанПіН 2.2.4-171-10. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» |
| Стічні і технологічні води | <p>КНД 211.1.0.009-94. Гідросфера. Відбір проб для визначення складу і властивостей стічних і технологічних вод. Основні положення</p> <p>ДСТУ ISO 5667-10-2005 Якість води. Відбирання проб. Частина 10. Настанови щодо відбирання проб стічних вод.</p> |

Перед початком робіт з біотестування необхідно підготувати посуд, пробовідбірники, місця зберігання відібраних проб. Підготовчі процедури

повинні виключати потрапляння токсичних, органічних та інших речовин з навколишнього середовища в тестовану воду або у водні витяжки з ґрунтів, осадів стічних вод і відходів.

Відбір проб води звичайно проводиться в посуд із пластику, або в банки з темного скла в разі, якщо в воді містяться нафтопродукти, миючі засоби або пестициди.

Відбір стічних вод слід проводити в місцях найбільшого перемішування в тій частині потоку, де зважені частинки розподілені більш рівномірно. Очищені стічні води необхідно відбирати до їх хлорування.

Для проведення аналізу стічних вод на токсичність краще відбирати середньодобову пробу, збираючи її порціями з періодичністю одну годину. Точкові (разові) проби допустимо використовувати лише у виняткових випадках.

Проби, призначені для дослідження на токсичність, не можна піддавати консервації.

Відібрані проби наливають до країв у двічі промиті відбираємою водою банки або флакони і закривають без бульбашок повітря пришліфованими скляними пробками або поліетиленовими кришками.

Біотестування проб води проводять не пізніше 6 годин після їх відбору. При неможливості проведення аналізу у зазначений термін проби води охолоджують до $+2...+4$ °С. У цих умовах проби до аналізу можуть зберігатися не більше однієї доби. Про тривалість зберігання проб води роблять позначку в протоколі біотестування. У виняткових випадках при відсутності летких органічних речовин допускається заморожування проб до -20 °С і їх зберігання до двох тижнів. При цьому слід мати на увазі, що після розморожування токсичність води може змінитися. Якщо проби потрібно відстоювати або фільтрувати, то обидві ці процедури повинні проводитися до заморожування.

Якщо проби були охолоджені або заморожені, то перед біотестуванням їх доводять до кімнатної температури.

Великодисперсні включення, що присутні в стічних водах, слід видалити фільтрацією проби через пористий знезолений фільтр «біла стрічка». Не можна використовувати дрібнопористий фільтр, наприклад, «синя стрічка», оскільки він може затримувати колоїдні речовини, що позначиться на результатах біотестування.

Природні води фільтрують через мембранні фільтри з діаметром пор 3-5 мкм або через пористий знезолений фільтр.

Використовуваний для знезараження питних і стічних вод активний хлор є токсичною речовиною, тому перед біотестуванням таких вод його необхідно видалити відстоюванням проби у відкритій ємності з широким горлом при температурі від +2 до +4 °С протягом 3-5 годин.

Проба води, підготовлена до біотестуванню, повинна мати рН 7,0-8,5. Якщо рН проби не вкладається в ці межі, то встановлюється токсичність окремо до і після корекції кислотності проби 10% -ним розчином HCl або 10%-ним розчином NaOH. Корекція рН не повинна викликати хімічної реакції з речовинами проби (випадання осаду, комплексоутворення) і збільшувати її об'єм більш, ніж на 5%. У протоколі дослідження вказуються обидва результату біотестування, проте висновок про токсичність дається по пробі до корекції кислотності.

Проби ґрунтових або інших вод з високим вмістом двовалентного заліза (понад 1 мг/дм³) слід попередньо відстоювати не менше 24 годин при температурі від +2 до +4 °С. Після цього освітлена вода сифонується і аналізується на токсичність.

Відбір, транспортування і зберігання проб осадів стічних вод, промислових та побутових відходів. Відбір, транспортування і зберігання проб осадів стічних вод та відходів здійснюють згідно з такими

нормативними документами [29, 30].

Об'єднана проба відходів при відсутності спеціальних вимог повинна становити не менше 1 кг.

Проби відходів не підлягають консервації. У лабораторію проби повинні надійти не пізніше, ніж через 12 годин після відбору. При неможливості проведення аналізу в зазначений термін проби охолоджують до +2...+4 °С. У цих умовах проби рідких і органічних відходів до аналізу можуть зберігатися не більше однієї доби, твердих – не більше одного тижня.

Підготовка тест-культури водорості *Chlorella vulgaris* Веїєр. Водорості *Chlorella vulgaris* Веїєр вирощують на штучному живильному середовищі Успенського № 1 (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Склад живильного середовища Успенського № 1

| Реактиви | Концентрація, мг/л | |
|--------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| | В середовищі для культивування | В розчинах солей для біотестування |
| KNO ₃ | 25 | 50,0 |
| MgSO ₄ ·7H ₂ O | 25 | 50,0 |
| KH ₂ PO ₄ | 25 | 50,0 |
| K ₂ CO ₃ | 34,5 | 69,0 |
| Ca(NO ₃) ₂ | 100 | 200,0 |

Примітка: H₃BO₃ – 2,86 мг/л, MnCl₂·4H₂O – 1,81 мг/л, ZnSO₄·7H₂O – 0,222г/л, MoO₃ – 17,64 мг/л, NH₄VO₃ – 22,96 мг/л. Розчин мікроелементів вносять у середовище після стерилізації, перед посівом.

Для біотестування готують окремо по 1100 мл розчину кожної солі. Живильне середовище, розчини окремих солей і мікроелементів стерилізують у автоклаві протягом 45-60 хв при 1 атм. Колби для культивування водоростей стерилізують сухим жаром протягом 1 год при

180 °С. Культуру водоростей вносять в стерильну колбу з живильним середовищем в кількості, що дає світло-зелене забарвлення. Після посіву колбу закривають стерильною ватно-марлевою пробкою і ковпачком з пергаментного паперу. Культивують водорості при цілодобовому освітленні лампами денного світла, розміщеними на відстані 30-40 см від поверхні культури, освітленість 2000-3000 лк. Водорості можна вирощувати на вікні при природному освітленні, захищаючи їх від прямих сонячних променів. Культуру водоростей періодично перемішують, струшуючи 1-2 рази на добу. Оптимальна температура для вирощування водоростей 18-20 °С.

Для культивування мікроводоростей застосовується фотобіореактор ФБР-150. Продуктивність мікроводоростей в основному залежить від типу і конструктивних особливостей таких установок. При збільшенні концентрації мікроводоростей в суспензії неминуче буде зменшуватися коефіцієнт пропускання випромінювання. Для підтримування оптимальних умов у фотобіореакторі необхідно контролювати концентрацію мікроводоростей у реакторі, температуру та освітленість у заданому діапазоні значень.

Для посіву використовують 5-7-добову культуру водоростей, що знаходиться в стадії експоненціального зростання. Перед біотестуванням її згущують фільтруванням через мембранний фільтр № 4 або фільтрувальну папір (синя стрічка) за допомогою апарату Зейтца. Клітини можна також сконцентрувати відстоюванням культури і наступним відсмоктуванням середовища з колби. З фільтра водорості переносять в колби з 30-50 мл контрольної води. Перевіряють чисельність суспензії клітин, яку використовують для посіву. Чисельність клітин в суспензії повинна становити 5-10 млн. кл/мл. Для підрахунку чисельності клітин використовують лічильну камеру Горяєва або Фукс-Розенталя [31].

Підготовка тест-культури водорості *Scenedesmus quadricauda* (Turp) Vreb. Для біотестування використовують лабораторну культуру

одноклітинних зелених протококових водоростей *Scenedesmus quadricauda* (Turp) Vreb. Лабораторну культуру водоростей вирощують на середовищі Прата в конічних плоскодонних колбах об'ємом 250–300 см³ в люміностаті з інтенсивністю освітлення не менше 2000–3000 лк при температурі (20±2)°С. При культивуванні і біотестуванні водоростей використовують хімічно чистий скляний посуд. Для цього посуд промивають сумішшю біхромату калію і сірчаної кислоти (хромовою сумішшю), потім ретельно водопровідною водою і 3-4 рази дистильованою водою. Посуд, що використовується для культивування і біотестування, за винятком мірного, стерилізують у сушильній шафі при 160°С протягом 1,5 год. Не дозволяється користуватися для миття посуду синтетичними поверхнево-активними речовинами і органічними розчинниками. Дозволяється користуватися питною содою.

Для приготування живильного середовища Прата (табл. 3.3) спочатку готують вихідні розчини солей на дистильованій воді: калію азотнокислого – 100,0 г/дм³; магнію сірчанокислого – 10,0 г/дм³; калію фосфорнокислого двозаміщеного – 10,0 г/дм³. Наважку заліза хлорного 0,5 г розчиняють в 0,5 дм³ дистильованої води. Отримані вихідні розчини солей зберігають в холодильнику. У випадку помутніння розчинів їх замінюють на свіжі.

Щоб отримати живильне середовище Прата для культивування водоростей, відповідні об'єми вихідних розчинів (окрім заліза хлорного) додають по 1 мл в 1 дм³ дистильованої води в послідовності їх розташування в табл. 3.3. Стерилізують отриманий розчин кип'ятінням на водяній бані 15 хв, охолоджують і додають туди 1 мл хлорне залізо з вихідного розчину.

Таблиця 3.3 – Склад живильного середовища Прата

| Реактив | Концентрація, г/дм ³ |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Калій азотнокислий (KNO ₃) | 0,1 |
| Магній сірчаноокислий (Mg ₂ SO ₄ • 7H ₂ O) | 0,01 |
| Калій фосфорнокислий двозаміщений (K ₂ HPO ₄ • 3H ₂ O) | 0,01 |
| Залізо хлорне (FeCl ₃ • 6H ₂ O) | 0,001 |

При культивуванні періодично оновлюють культуру водоростей, пересіваючи її на свіже живильне середовище не рідше одного разу в 10 днів. Для цього в стерильну колбу об'ємом 250–300 см³ зі свіжим середовищем Прата об'ємом 150 см³ над полум'ям спиртівки наливають 15–20 см³ верхнього шару вихідної культури (вміст вихідної культури при цьому не перемішують). Початкова концентрація клітин в новій колбі складає приблизно 100-150 тис. кл/см³, що дає світло-зелене забарвлення. У випадку ослаблення інтенсивного росту клітин в культурі, до живильного середовища додають вітамін В12.

Після посіву колбу закривають стерильною ватно-марлевою пробкою і паперовим ковпачком, перемішують і поміщають в люмінонат. У процесі культивування культуру водоростей періодично перемішують, струшуючи 1 - 2 рази на добу.

При біотестуванні використовують 3 добову культуру водоростей, що знаходиться в експоненційної фазі росту. Для цього в стерильну колбу з середовищем Прата об'ємом 150 см³ доливають з вихідної культури водоростей верхній шар клітин (близько 15–20 см³) і колбу ставлять в люмінонат для росту культури водоростей. Через 3 доби підраховують чисельність клітин (яка повинна складати приблизно 5 млн.кл/см³).

Далі розрахунковим шляхом встановлюють, яку кількість культури водоростей необхідно взяти, щоб отримати в дослідному і контрольному об'ємі середовища Прата необхідну концентрацію клітин по 30 тис. кл/см³ (як правило це 0,5–1 см³ культури водоростей). Для підрахунку концентрації клітин водоростей використовують лічильну камеру Горяєва (або іншу).

Періодично (не рідше одного разу на місяць) культуру водоростей перевіряють на придатність для біотестування. Для цього встановлюють середню ефективну концентрацію (ЕК50 за 48 год) розчину еталонної речовини калію біхромату. Готують вихідний розчин K₂Cr₂O₇ з концентрацією 1 г/дм³, використовуючи дистильовану воду. Далі з вихідного розчину готують серію розчинів з концентраціями K₂Cr₂O₇ від 1,0 до 3,0 мг/дм³ з інтервалом 0,5 мг/дм³, використовуючи середовище Прата (дослід). Для контролю беруть середовище Прата без токсиканту. Далі в дослідні і контрольні колби додають водорості в експоненційної фазі росту концентрацією 30 тис. кл/см³. Біотестування цих розчинів проводять тривалістю 48 год.

На підставі отриманих результатів розраховують відсоток зниження чисельності клітин водоростей в протестованих розчинах K₂Cr₂O₇ у порівнянні з контролем і визначають концентрацію K₂Cr₂O₇, яка викликає зниження чисельності водоростей на 50% (ЕК50 за 48 год).

Якщо отримана величина ЕК50 за 48 год знаходиться в експериментально встановленому діапазоні реагування тест-об'єкта, який дорівнює 1,3–2,5 мг/дм³ K₂Cr₂O₇, культура водоростей придатна для біотестування.

Якщо ЕК50 за 48 год K₂Cr₂O₇ не перебуває у зазначеному діапазоні реагування, то перевіряють умови культивування тест-об'єкта, щоб з'ясувати причини погіршення стану культури. При необхідності культуру замінюють.

Підготовка тест-культури ряски малої (*Lemna minor* L.). Культура

ряски малої (*Lemna minor* L.) вирощувалася у лабораторії на живильному середовищі Штейнберга [32]: KNO_3 – 350 мг/л; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \times 4\text{H}_2\text{O}$ – 295 мг/л; $\text{K}_2\text{HPO}_4 \times 3\text{H}_2\text{O}$ – 90 мг/л; ; KH_2PO_4 – 12,6 мг/л; $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ – 100 мг/л; H^3BO_3 – 0,12 мг / л; $\text{ZnSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ - 0,18; $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ – 0,044 мг/л; $\text{MnCl}_2 \times 4\text{H}_2\text{O}$ – 0,18 мг/л; $\text{FeCl}_3 \times 6\text{H}_2\text{O}$ – 0,76 мг/л; Titriplex III (EDTA) - 1,5 мг/л.

Маточну культуру ряски малої підтримують на такому середовищі в термолюміністаті при температурі $22 \pm 2^\circ\text{C}$ і інтенсивності світла 3000 люкс, період освітлення рослин становить 10 год на добу. Раз в тиждень рослини пересажували на свіжопідготовлене середовище, відбираючи інтенсивно зелені і здорові екземпляри. Кожен з варіантів дослідних зразків, а також контрольні розчини готували в чотирикратної повторності. Для біотестування використовували культуру ряски, пересажену на свіжопідготовлене середовище за дві доби до постановки експерименту. У кожен пробку поміщали по 30 листеців ряски, вибираючи добре розвинені групи рослин з яскраво-зеленим забарвленням. Всі зразки інкубують в термолюміністаті протягом 7 діб [25–27].

3.2 Контроль інтегрального рівня токсичності стічних вод за допомогою біотестування

Тести з використанням водоростей мають велике значення при оцінці первинної продукції і продукції фітопланктону для оцінки впливу стічних вод і при складанні прогнозу евтрофікування водойм. Зростання біомаси водоростей та її зміни вивчаються за допомогою дослідів безпосередньо у водоймі. З іншого боку, можна виконувати досліди і тести з водоростями в лабораторних умовах, використовуючи воду з водойми – об'єкту дослідження. Інкубація в стандартних умовах дозволяє зберігати деякі чинники, що впливають на первинну продукцію фітопланктону. *Scenedesmus*

subspicatus є планктонними одноклітинними зеленими водоростями прісних водоймищ. Тест з їх використанням заснований на зниженні зростання водоростей під впливом токсичної речовини. З досліджуваної проби або зразка готують серію розчинів різної концентрації з достатньою кількістю поживних речовин. У розчини додають водорості, що знаходяться на експоненціальній стадії зростання. Поряд роблять тест з контрольною пробою, в якій посів водорості поміщений лише в живильне середовище. Тестовані розчини інкубуються в постійних умовах – при однаковій температурі і освітленні протягом 72 або 96 годин [33]. Зростання водоростей в розчинах вимірюється щодня. Зниження зростання або зниження темпів зростання водоростей фіксується за результатами порівняльної проби, поміщеної в тих же умовах.

Вихідними даними для розрахунків є результати експериментальних досліджень забруднювальних речовин спеціалізованою лабораторією екологічної інспекції у Вінницькій області у р. Підведений Буг. Здійснено порівняння результатів контролю токсичності стічних вод методом біотестування з використанням тест-об'єкту культури водорості *Scenedesmus quadricauda* (Turp) Vreb та гідрохімічних досліджень забруднювальних речовин спеціалізованою лабораторією екологічної інспекції. Здійснено кореляційний аналіз для виявлення залежностей між концентраціями забруднювальних речовин та відношенням концентрацій фітопланктону у досліджуваній і контрольній пробі.

Для кожної проби у лабораторії були визначені 11 параметрів, що характеризують забруднення води. Для кожної з проб води здійснено біотестування з використанням культури *Scenedesmus quadricauda* (Turp) Vreb, яка додавалась у досліджувану пробу води та контрольну пробу по 0,5 мл [33]. Колби розміщувались у люміностації на 48 та 96 годин при освітленості 2000 лк. Після цього за допомогою засобу контролю

визначалось відношення концентрації тест-культури у досліджуваній та контрольній пробах води.

Для того, щоб виявити кореляцію змін параметра, що характеризує забруднення стічних вод та відношення концентрацій тест-культури у досліджуваній та контрольній пробах води через 48 (гостра токсичність) та 96 годин (хронічна токсичність) проведемо регресійний аналіз у програмі MathCAD. Оскільки функціональна залежність між цими величинами невідома, то використаємо лінійну регресію. В результаті будуть визначені коефіцієнти лінійної регресії a та b , які характеризують чутливість вибраного методу біотестування до конкретної забруднювальної речовини, а також коефіцієнт кореляції, який вказує, наскільки даний параметр здійснює визначальний вплив на концентрацію тест-культури. Результати регресійного аналізу взаємозв'язку концентрації хлорид-іонів та концентрацій тест-культури у досліджуваній та контрольній пробах води через 48 та 96 годин наведено на рис. 3.2.

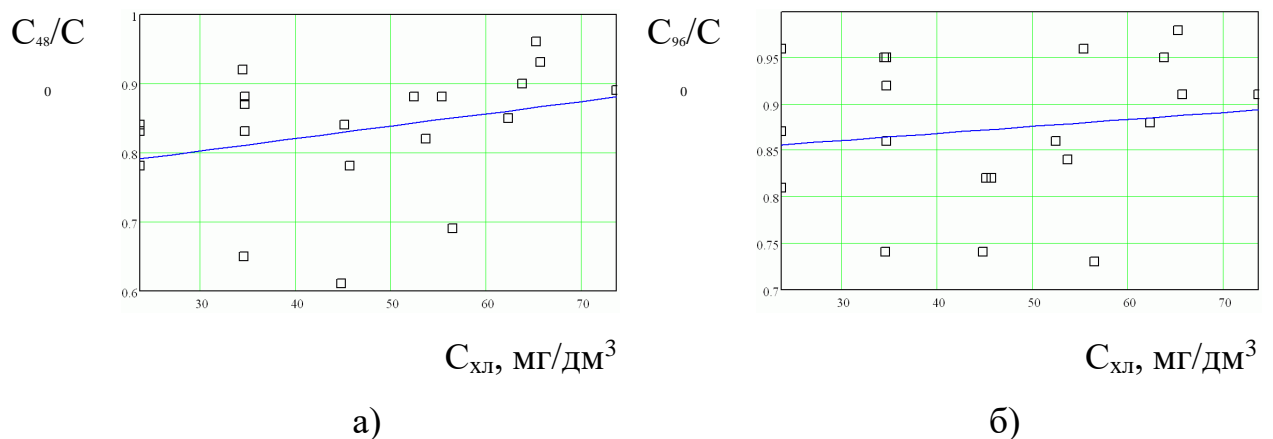


Рисунок 3.2 – Дослідження чутливості тест-культури до вмісту хлорид-іонів: а) тест 48 годин, б) тест 96 годин

Отримані значення коефіцієнту кореляції 0,303 та 0,149 вказують на наявність слабого зв'язку між концентрацією хлорид-іонів та концентрацією тест-культури. Результати регресійного аналізу взаємозв'язку концентрації

заліза та концентрацій тест-культури у досліджуваній та контрольній пробах води через 48 та 96 годин наведено на рис. 3.3.

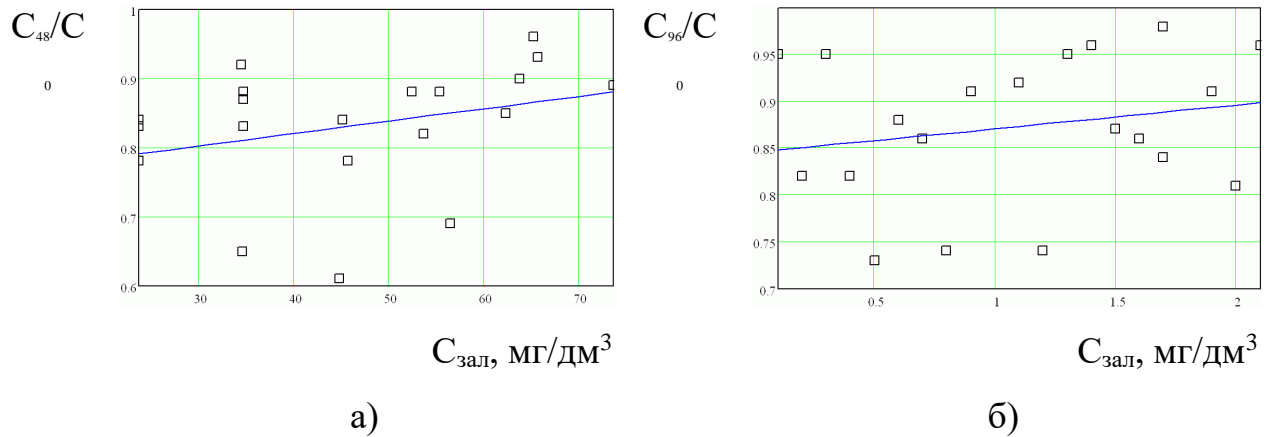


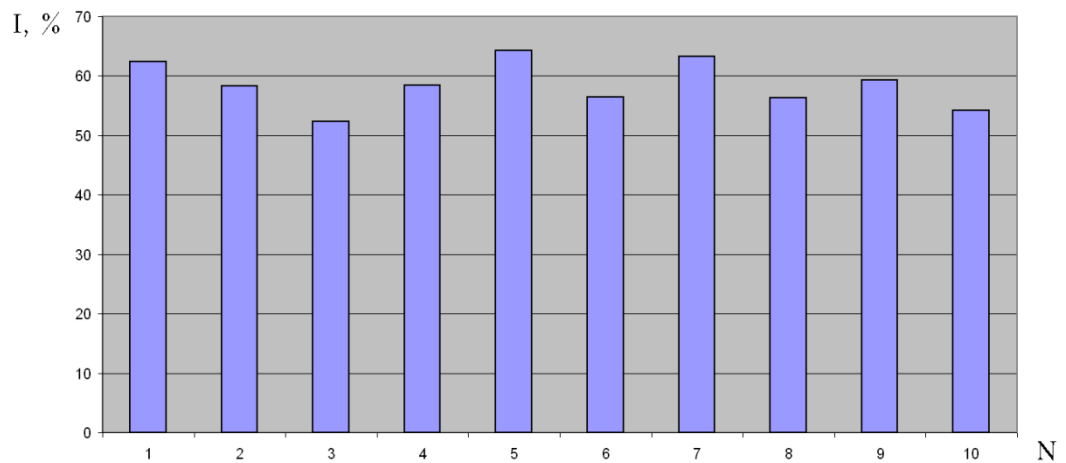
Рисунок 3.3 – Дослідження чутливості тест-культури до вмісту заліза:
а) тест 48 годин, б) тест 96 годин

Отримані значення коефіцієнту кореляції 0,116 та 0,204 вказують на наявність дуже слабкого зв'язку між концентрацією заліза та концентрацією тест-культури. Також виявлено кореляційні зв'язки між деякими параметрами забруднювальних речовин (концентрацією сульфатів, амоній-іонів, нітрит-іонів, хлорид-іонів, БСК) та концентрацією фітопланктону. З концентраціями інших забруднювальних речовин кореляційні зв'язки не виявлено. Виявлені кореляційні зв'язки між параметрами забруднювальних речовин та концентрацією фітопланктону досить слабкі. Тому необхідні подальші дослідження у більш широкому діапазоні зміни концентрацій забруднювальних речовин.

Результати контролю токсичності стічних вод з наявністю забруднюючих речовин методом біотестування з використанням тест-об'єкту культури водорості *Scenedesmus quadricauda* (Turp) Vreb за допомогою розробленого засобу мультиспектрального контролю наведені у табл. 3.4 та на рис.3.4.

Таблиця 3.4 – Результати контролю токсичності стічних вод методом біотестування з використанням тест-об'єкту культури водорості *Scenedesmus quadricauda* (Turp) Vreb

| N | I, % | T, % |
|----|------|------|
| 1 | 62,4 | 37,6 |
| 2 | 58,3 | 41,7 |
| 3 | 52,4 | 47,6 |
| 4 | 58,4 | 41,6 |
| 5 | 64,3 | 35,7 |
| 6 | 56,4 | 43,6 |
| 7 | 63,3 | 36,7 |
| 8 | 56,3 | 43,7 |
| 9 | 59,3 | 40,7 |
| 10 | 54,2 | 45,8 |



а)

Рисунок 3.4 – Залежність тест-параметру для стічних вод методом біотестування з використанням тест-об'єкту культури водорості *Scenedesmus quadricauda* (Turp) Vreb

Результати контролю токсичності стічних вод з наявністю забруднюючих речовин методом біотестування з використанням тест-об'єкту

ряски малої (*Lemna minor* L.) за допомогою розробленого засобу мультиспектрального контролю наведені у табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Результати контролю токсичності стічних вод методом біотестування з використанням тест-об’єкту ряски малої (*Lemna minor* L.)

| N | I, % | T, % |
|----|------|------|
| 1 | 56,4 | 43,6 |
| 2 | 51,2 | 48,8 |
| 3 | 45,5 | 54,5 |
| 4 | 52,4 | 47,6 |
| 5 | 58,5 | 41,5 |
| 6 | 49,5 | 50,5 |
| 7 | 57,4 | 42,6 |
| 8 | 52,1 | 47,9 |
| 9 | 53,3 | 46,7 |
| 10 | 59,4 | 40,6 |

3.3 Контроль інтегральних параметрів якості поверхневих вод р. Південний Буг за характеристиками макрофітів

Результати експериментальних вимірювань параметрів якості води річки Південний Буг, що отримані такими суб’єктами моніторингу водних ресурсів: Басейнове управління водними ресурсами р. Південний Буг, Вінницький обласний центр гідрометеорології Державної гідрометеорологічної служби Міністерства надзвичайних ситуацій України, Державне управління охорони навколишнього природного середовища у Вінницькій області; Вінницька обласна державно санітарно-епідеміологічна служба, Державне підприємство “Вінницяводоканал”, вносять з єдиної бази

даних геоінформаційної аналітичної системи державного моніторингу вод Вінницької області.

До гідрохімічних показників якості поверхневих вод відносять активну реакцією (рН) середовища, вміст біогенних елементів (азот амонійний, азот нітритний, азот нітратний, фосфор фосфати), параметри споживання кисню (БСК, перманганатна і біхроматна окисленість). Розташування річки Південний Буг у зоні інтенсивної господарської діяльності, незаконна забудова природнозахисної смуги біля річки обумовлює посилений антропогенний прес на водні екосистеми, що характеризується підвищеною їх евтрофікацією, однією з особливостей якої є зростаюча концентрація біогенних елементів. У цьому зв'язку очевидна доцільність екологічної оцінки стану гідроекосистеми за цими критеріями, які входять до блоку гідрохімічних показників. Результати вимірювань вмісту біогенних елементів (азот амонійний, азот нітритний, азот нітратний, фосфор фосфатів) у пробах води зі створів наведено у табл. 3.6. Визначено відповідні класи та категорії якості поверхневих вод за вмістом біогенних елементів. Домінуюче положення, як нами встановлено, займають проби, що належать до II і III класів якості води, 3 і 4 категорії, що характеризує досить чисті і помірно забруднені води. Крім цього є декілька створів, якість води у яких, за вмістом біогенних елементів відноситься до IV класу, що вказує на вплив стічних каналізаційних вод.

Таблиця 3.6 – Екологічна оцінка якості поверхневих вод р. Південний Буг за вмістом біогенних елементів

| № | № створа | Азот амонійний, мг N/дм ³ | Q _{A1} | q _{A1} | Азот нітритний, мг N/дм ³ | Q _{A2} | q _{A2} | Азот нітратний, мг N/дм ³ | Q _{A3} | q _{A3} | Фосфор фосфатів, мг | Q _δ | q _δ |
|-----|----------|--------------------------------------|-----------------|-----------------|--------------------------------------|-----------------|-----------------|--------------------------------------|-----------------|-----------------|---------------------|----------------|----------------|
| 1 | 34 | 0,45 | III | 4 | 0 | I | 1 | 0,12 | I | 1 | 0,01 | I | 1 |
| 2 | 44 | 0,34 | III | 4 | 0 | I | 1 | 0,03 | I | 1 | 0,06 | III | 4 |
| 3 | 1 | 0,28 | II | 2 | 0,01 | II | 3 | 0,86 | III | 5 | 0,04 | II | 3 |
| 4 | 41 | 0,68 | III | 4 | 0,03 | II | 3 | 0,04 | I | 1 | 0,07 | III | 4 |
| 5 | 47 | 0,77 | II | 3 | 0,01 | II | 3 | 0,74 | III | 5 | 0,15 | II | 3 |
| ... | | | | | | | | | | | | | |
| 45 | 51 | 0,43 | II | 2 | 0,03 | III | 5 | 0,32 | II | 3 | 0,02 | II | 2 |
| 46 | 65 | 0,46 | II | 3 | 0,01 | II | 3 | 0,43 | III | 5 | 0,3 | II | 3 |

Структурна схема оцінювання екологічного стану водних об'єктів з використанням біоіндикації за допомогою мультиспектрального методу та квадрокоптера наведена на рис. 3.5. Спочатку за допомогою мультиспектральної камери та квадрокоптера формується масив мультиспектральних зображень поверхні водного об'єкта. При цьому фіксуються GPS-координати для кожного положення квадрокоптера, його висота і орієнтація в просторі. Далі з використанням розроблених регресійних рівнянь відбувається розрахунок біомаси і співвідношення між пігментами у приповерхневому шарі водного середовища. Результати розрахунків корегуються відносно опорної інформації, які дозволяє компенсувати зміну спектрального складу падаючого сонячного випромінювання за допомогою зразкового засобу (ламбертівського еталону) з відомими спектральними характеристиками. Також компенсується вплив ефекту локалізованого поглинання випромінювання, вплив атмосферного аерозолі та відбиття від поверхні водного середовища. При цьому використовуються результати гідробіологічних, гідрохімічних та

гідроморфологічних вимірювань параметрів водного середовища. Відбір проб здійснюється за типовими методиками за допомогою батометра. Після корекції результатів вимірювань отримуємо параметри фітопланктону та вищих водних рослин у водному об'єкті. Зокрема, для фітопланктону отримуємо просторовий розподіл біомаси фітопланктону та співвідношення між пігментами, що дозволяє сегментувати поверхню водного об'єкта. Це дозволяє з'ясувати шляхи надходження забруднюючих речовин у водний об'єкт для підтримки прийняття рішень з управління екологічною безпекою водного об'єкта.

Для того, щоб отримати необхідні параметри вищих водних рослин потрібно спочатку сегментувати поверхню водного середовища за мультиспектральними параметрами на ідентифікувати видовий склад макрофітів. У результаті аналізу видового складу встановлюють кількість видів та кількість родин макрофітів, а також наявність інвазивних видів. Далі розраховують покриття водного дзеркала кожним з угруповань макрофітів і, окремо, інвазивними видами. При цьому оцінювання екологічного стану здійснюється за отриманими показниками покриття водного дзеркала. Здійснивши сегментацію водного об'єкта за цими показниками можливо визначити інтегральний вплив забруднюючих речовин на певній ділянці водного об'єкта та порівняти екологічний стан водного об'єкта на різних його ділянках.



Рисунок 3.5 – Структурна схема оцінювання екологічного стану водних об'єктів з використанням біоіндикації за допомогою мультиспектрального методу та квадрокоптера

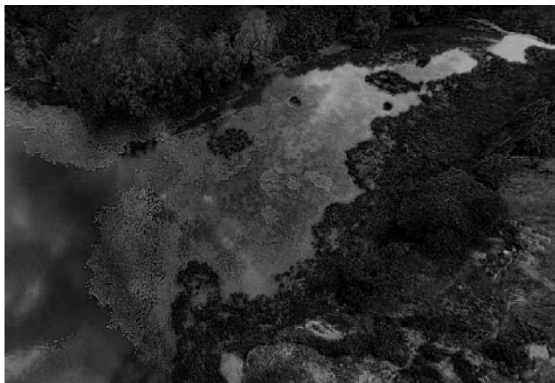
У процесі дослідження розвитку угруповань вищих водних рослин було проаналізовано їх видовий склад визначено збіднілий якісний склад флористичний угруповань, який сформували два рослинних комплекси – прибережний та акваторіальний. Прибережний рослинний комплекс у виді смуги вздовж берегової лінії, було представлено очеретом звичайним (*Phragmites communis*), рогозами широколистим (*Typha latifolia*) та вузьколистим (*T.angustifolia*), осоками гострою (*Carex acuta*), побережною (*C.raparia*) та звичайною (*C.gracilis*). На рис. 3.6 наведено мультиспектральні зображення прибережного рослинного комплексу вищих водних рослин.



а)



б)



в)



г)

Рисунок 3.6 – Мультиспектральні зображення прибережного рослинного комплексу вищих водних рослин

Акваторіальні "плями" складались із занурених та плаваючих вищих водних рослин. При наявності у воді великої концентрації фітопланктону для мультиспектрального засобу екологічного контролю водних об'єктів з використанням квадрокоптера було можливо дослідження лише плаваючих вищих водних рослин. У якості об'єкту дослідження використовувалось угруповання макрофітів глечиків жовтих (*Nuphar lutea*), що мають діаметр листків 20-25 см. На рис. 3.7 наведено мультиспектральні зображення угруповання макрофітів глечиків жовтих (*Nuphar lutea*) з квадрокоптера на висоті 20 м. Мультиспектральне зображення з квадрокоптера повинно охоплювати повністю одне угруповання вищих водних рослин. При цьому

для визначення сегментів порушеної ділянки поверхні водного об'єкта роздільна здатність зображення повинна дозволяти досліджувати стан кожної рослини. Оскільки роздільна здатність мультиспектральних камер у кожному з каналів (426x339) менша ніж у загального панхроматичного зображення (1280x1024), то це обмежує розміри угруповань макрофітів, яке можливо досліджувати з такими характеристиками засобу контролю, кількістю не більше 150-300 рослин.

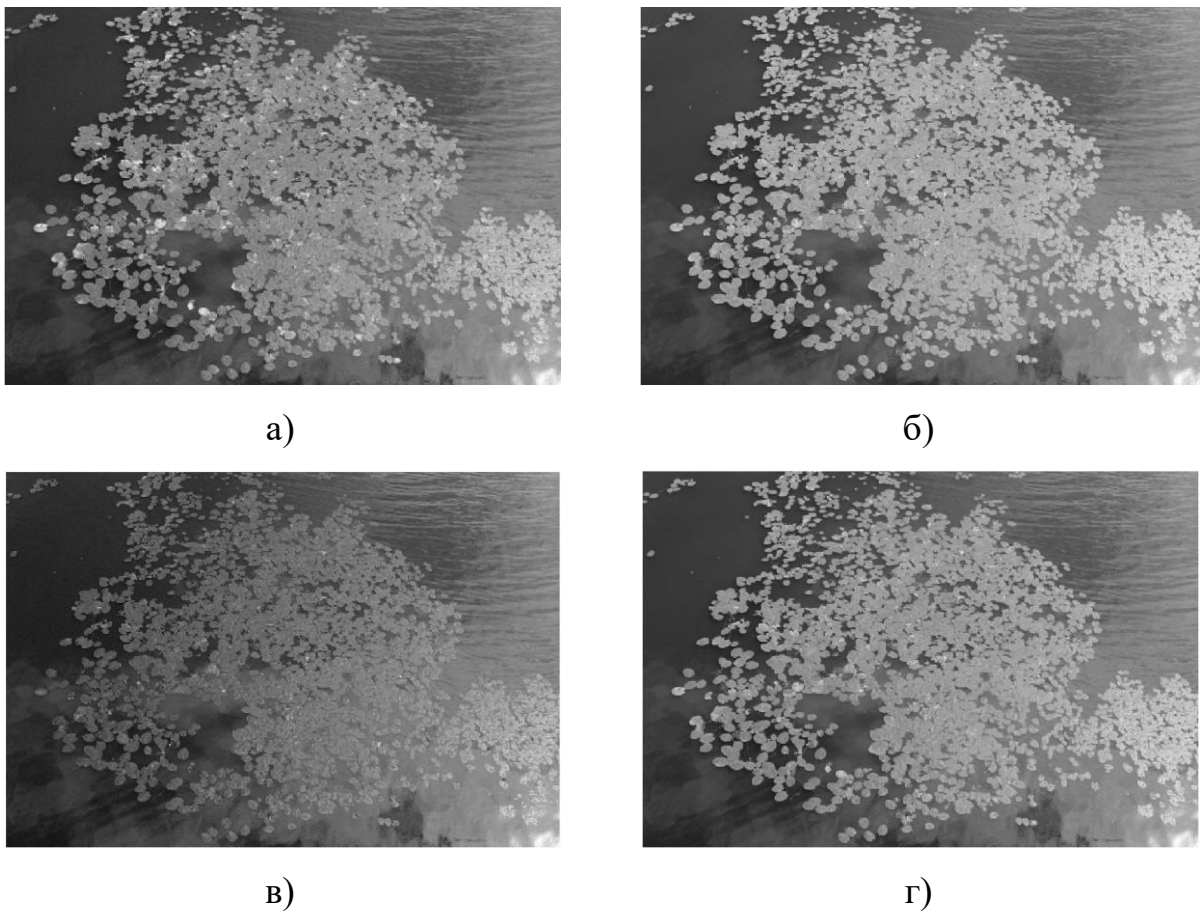


Рисунок 3.7 – Мультиспектральні зображення угруповання макрофітів глечиків жовтих (*Nuphar lutea*) з квадрокоптера ($h=20$ м)

На рис. 3.8 наведено мультиспектральні зображення угруповання макрофітів глечиків жовтих (*Nuphar lutea*) з квадрокоптера на висоті 100 м. Роздільна здатність використаної мультиспектральної камери не дозволяє

оцінити стан рослин та визначити відносну кількість уражених рослин внаслідок дії забруднюючих речовин. Тому для оцінювання екологічного стану водного об'єкта необхідно об'єднати інформацію отриману з великої кількості мультиспектральних зображень з урахуванням GPS координат положення квадрокоптера для кожного зображення.

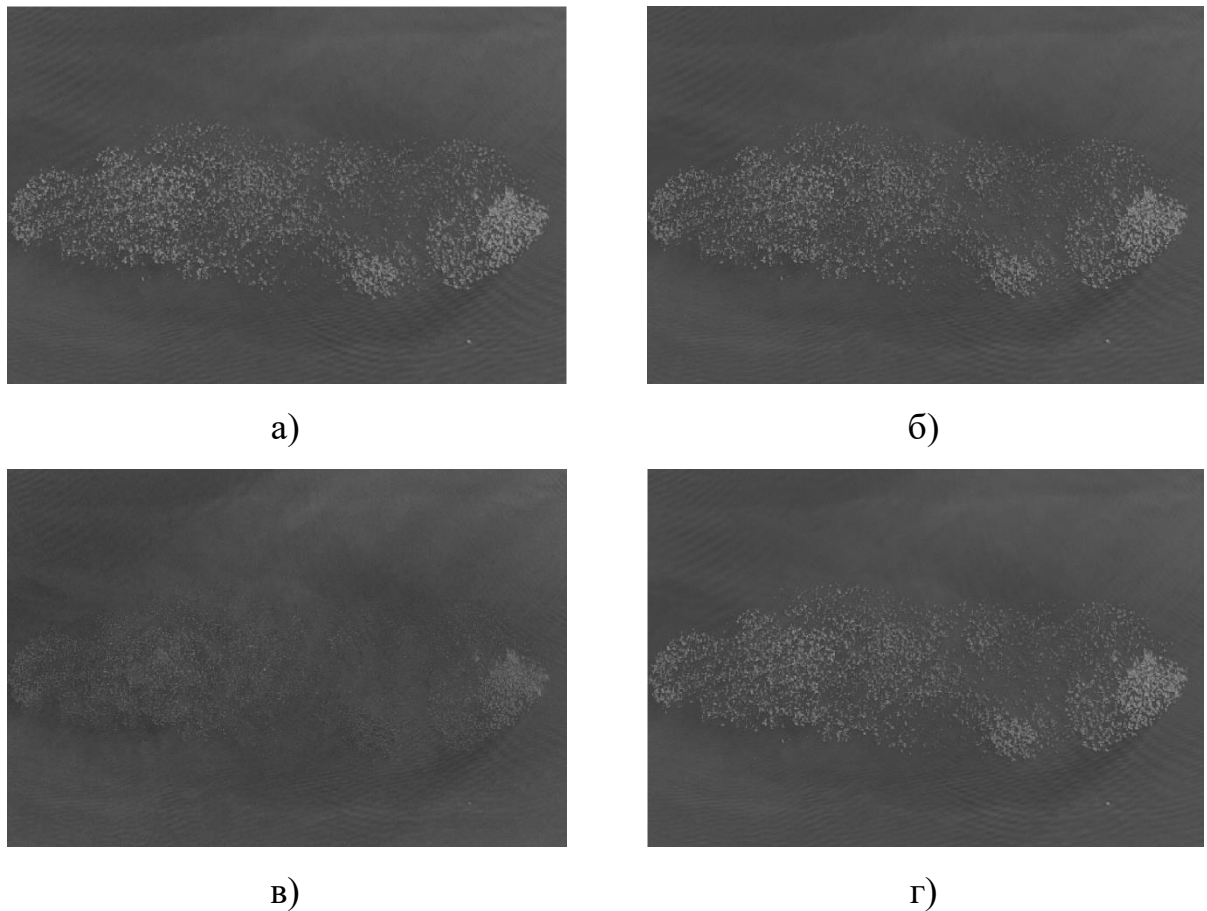


Рисунок 3.8 – Мультиспектральні зображення угруповання глечиків жовтих (*Nuphar lutea*) з квадрокоптера (h=100 м)

Іноді, при дослідженні угруповань вищих водних рослин у прибережній смузі, для їх ідентифікації та оцінювання морфологічного стану необхідно зменшувати висоту квадрокоптера до 1-5 м. На рис. 3.9 наведено мультиспектральні зображення угруповання макрофітів водокрасу звичайного (*Hydrocharis morsus-ranae*) з квадрокоптера на висоті 1 м.

Інтенсивність поширення макрофітів у водному об'єкті залежала від їх гідроморфологічних параметрів. Помітна тенденція поступового заростання поверхні водного дзеркала у останні роки. Для більш глибоководних ділянок, що мають середні глибини понад 3 м, характерним є незначне заростання акваторій.



а)



б)



в)



г)

Рисунок 3.9 – Мультиспектральні зображення угруповання водокрасу звичайного (*Hydrocharis morsus-ranae*) з квадрокоптера (h=1 м)

На підставі отриманих даних щодо стану розвитку макрофітів проведено кореляційний аналіз у програмі MathCAD з метою визначення взаємопов'язаних параметрів водних об'єктів (рис. 3.10). Особливо виражений зворотній взаємозв'язок має місце між середньою глибиною водойм і заростанням акваторій ($r = -0,716$), дещо слабший між середньою

глибиною і біомасою макрофітів ($r = -0,504$). Ці залежності можливо пояснити накопиченням біогенних речовин на ділянках річки з малою глибиною, а також кращим розвитком певних видів макрофітів на ділянках з малою швидкістю течії.

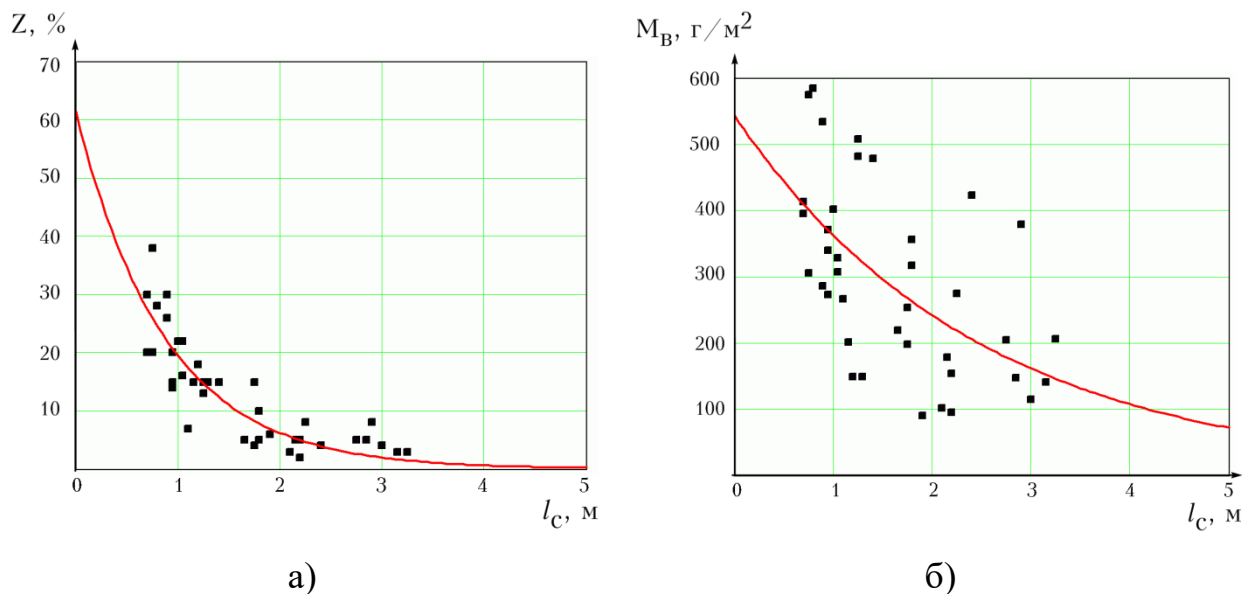


Рисунок 3.10 – Залежність а) заростання акваторій та б) біомаси макрофітів від середньої глибини ділянки

За рахунок вегетації вищих водних рослин, інтенсивність яких характеризується середніми біомасами у межах $120..360 \text{ г/м}^2$ за період спостереження, у водоймах щорічно за вегетаційний сезон утворюється орієнтовно до 3 т/га первинної органічної речовини. Підсумовуючи результати досліджень показників розвитку макрофітів, необхідно звернути увагу на значні об'єми утвореної первинної органічної речовини. За такої ситуації у водних об'єктах відбувається поступове накопичення значних обсягів відмерлої органічної речовини, що спричиняє їх замулення.

Аналіз результатів статистичної обробки показників якості поверхневих вод р. Південний Буг за гідрохімічними показниками та їх порівняння з результатами експериментальних досліджень та математичного моделювання розвитку і продукції макрофітів дозволяє контролювати

інтегральний рівень забруднення р. Південний Буг. При цьому дослідження показало, що домінуюче положення займають проби, які належать до III класу якості води 4–5 категорії, що відповідає слабко і помірно забрудненим водам. За трофічним статусом вони знаходяться у діапазоні від евтрофних до евполітрофних, за сапробністю від β'' –мезосапробних до α' –мезосапробних.

При цьому гідрохімічні дослідження дозволяють оцінити рівень забруднення у конкретний момент часу та у невеликому об'ємі проби взятої зі створу. На відміну від цього дослідження характеристик макрофітів дозволяє інтегрально оцінити рівень забруднення водного об'єкту та комплексний антропогенний вплив в його екосистему протягом тривалого часу на досить великій ділянці. За рахунок цього досліджені методи мають різні сфери застосування. В цілому результати експериментальних досліджень класу та категорії якості поверхневих вод, отримані з використанням таких методів збігаються з врахуванням статистичних розбіжностей.

3.4 Експериментальні дослідження інтегральних параметрів якості поверхневих вод мультиспектральним методом з використанням біоіндикації по фітопланктону

Контроль вмісту біогенних і токсичних забруднювальних речовин у водних середовищах може здійснюватися методом біоіндикації по фітопланктону. Метод біоіндикації по фітопланктону дозволяє комплексно оцінити інтегральне забруднення водних об'єктів в результаті дії багатьох забруднювальних хімічних речовин. При забрудненні водних об'єктів до них можуть надходити і накопичуватися як стійкі забруднювальні речовини, які практично не руйнуються в природних умовах так і речовини, що мають природні механізми засвоєння в кількостях, що порушують баланс водних

екосистем і їх здатність до саморегуляції. Існуючі методики дозволяють оцінити еколого-санітарний стан водних об'єктів, а також рівень токсичності за допомогою біоіндикації. Виберемо в якості тест-організмів фітопланктон, що дозволить аналізувати клас якості води, їх сапробність і трофічний рівень, а також оцінювати токсичність. При цьому задача контролю забруднення трансформується в визначення концентрації фітопланктону у водному середовищі.

Дослідження здійснюється на характеристичних довжинах хвиль пігментів фітопланктону, перш за все хлорофілу. У цьому випадку найбільш інформативними у видимій області спектра є фіолетово-синя область 420..460 нм і червона область 660..700 нм. При дистанційному спектрополяричному контролі забруднення водних середовищ порівнюється яскравість випромінювання, що виходить з водного середовища в цих областях спектру. При цьому значний внесок у видимому і ближньому ІЧ діапазонах довжин хвиль в вимірювальний сигнал вносить атмосферний аерозоль і сигнал дзеркального відбиття від поверхні водного об'єкта в цілому досягаючи до 90% сигналу яскравості. Внесок, який дає атмосферний аерозоль може бути компенсований, як систематична похибка. Залишок, який буде складати 1..2% визначається методичної похибкою, пов'язаною з неточністю математичної моделі атмосферного аерозолю. Складова сигналу яскравості, який формується за рахунок відбиття від поверхні водного об'єкта, несе інформацію про забруднення його поверхні.

Це, в першу чергу, забруднення паливо-мастильними матеріалами, які доцільно досліджувати в діапазоні хвиль близько 400 нм. В якості потужних джерел випромінювання для цього діапазону використовують імпульсні лазери на рубіні з подвоєнням частоти (350 нм) або на ітрій-алюмінієвому гранаті з неодимом, які працюють на третій гармоніці (355 нм). Глибина на якій здійснюється дистанційний мультиспектральний контроль забруднення

водних середовищ обмежується загасанням оптичного випромінювання в шарі товщиною $l = 3/\alpha = 3\lambda/4\pi k$, де α – коефіцієнт загасання, k – уявна частина комплексного показника переломлення. Цей приповерхневий шар водного середовища формує 95% випромінювання. При цьому в чистій воді, що відноситься до 1 класу якості води на довжині хвилі 700 нм можливе дослідження шару завтовшки до 8,7 м. Зміна довжини хвилі у видимому і ближньому інфрачервоному діапазоні дозволяє контролювати забруднення в приповерхневому шарі необхідної товщини. Пропонується контролювати концентрацію частинок фітопланктону за допомогою мультиспектрального методу, який полягає в порівнянні масивів мультиспектральних зображень частинок фітопланктону, отриманих *in vitro* за допомогою ПЗС-камери на характеристичних довжинах хвиль пігментів. Також можливо контролювати концентрацію фітопланктону *in situ* на основі визначення кольору в проточному резервуарі і порівняння його зі шкалою кольорів, що відповідає відомим концентраціям. При цьому реєстрація кольору також здійснюється ПЗС-камерою, а прийняття діагностичного рішення експертною системою на основі нечіткої логіки.

Подальші дослідження забруднення водних об'єктів мультиспектральними методами пов'язані із застосуванням телевізійних засобів контролю і формуванням найбільш інформативних зображень шляхом оптимального вибору спектральних і поляризаційних фільтрів. При цьому порівнюється матриця зображень водного об'єкта, отриманих в декількох спектральних діапазонах. Кореляційний обробка масивів мультиспектральних зображень дозволяє з високою достовірністю локалізувати місце забруднення водного об'єкта і оцінити його величину.

Наступним кроком є оцінка збитку для водних об'єктів від антропогенних і техногенних факторів та рекомендація заходів щодо компенсації збитків водним ресурсам підприємством-забруднювачем.

4 РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ПОКРАЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ РІЧКИ ПІВДЕННИЙ БУГ ТА ПРИБЕРЕЖНИХ ТЕРИТОРІЙ

4.1 Вдосконалення мультиспектрального біотестування токсичності води

Корисна модель відноситься до технологій захисту навколишнього природного середовища та може бути використана для контролю забруднення водних об'єктів та екологічного моніторингу.

Відомо є спосіб біотестування абіотичних факторів, заснований на вимірюванні зміни діаметра колоній мікроорганізмів під впливом абіотичних факторів, причому у опорних кюветах, кількість яких визначається кількістю комбінацій абіотичних факторів, засівають колонії чи грибниці мікроорганізмів, що вибрані як тест-об'єкти, встановлюють в опорних кюветах всі можливі комбінації максимальних та мінімальних значень абіотичних факторів, дослідну кювету піддають дії одночасно всіх ті природних абіотичних факторів, які оцінюються, через колонію мікроорганізмів в кожній кюветі пропускають оптичне випромінювання, яке реєструється детектором так, що можливо оцінити діаметр колонії протягом її розвитку, проводять аналіз експериментальних даних в рамках лінійної регресійної моделі, для чого проводять перевірку значущості коефіцієнтів моделі за допомогою критерію Фішера, а адекватності - за допомогою критерію Кохрена, причому оцінка значущості супроводжується відсівом незначних за величиною статистичних коефіцієнтів, визначають внесок впливу кожного з абіотичних факторів на інтенсивність росту опорних колоній за допомогою вагових коефіцієнтів при змінних значеннях цих факторів, порівнюють параметри росту діаметра колоній дослідного та

опорних зразків і оцінюють комбінаційний вплив декількох факторів, що одночасно впливають на один тест-об'єкт, при цьому та опорна колонія, яка має однакові параметри росту з дослідною колонією, дає інформацію щодо кількісної оцінки впливу окремих абіотичних факторів та їх комбінацій [34].

Недоліком способу є низька точність вимірювання розмірів площі колонії мікроорганізмів, на основі визначення її діаметру у випадку форми колонії мікроорганізмів, що відрізняється від круга.

Найбільш близьким є спосіб мультиспектрального телевізійного вимірювання біофізичних і структурних параметрів неоднорідних біологічних середовищ, що включає біофізичні дослідження неоднорідних біологічних середовищ, аналіз їх мультиспектральних зображень, отриманих за допомогою дифузного освітлювача, об'єктиву, перестроюваного фільтра та ПЗЗ-камери, аналіз мультиспектральних зображень за допомогою блока керування та обробки зображень, встановлення біофізичних і структурних параметрів шляхом верифікації отриманих показників з результатами мультиспектральних вимірювань модельних (еталонних) неоднорідних біологічних середовищ з відомими параметрами, причому за допомогою блока керування та обробки зображень здійснюють покрокову множинну регресію для оптимального вибору довжин хвиль і спектральних діапазонів для роботи дифузного освітлювача та перестроюваного фільтра і опосередкованого вимірювання біофізичних і структурних параметрів неоднорідних біологічних середовищ з використанням регресійних рівнянь, що пов'язують ці параметри з результатами мультиспектральних вимірювань [35].

Недоліком способу є його спрямованість на вирішення вузькоспеціалізованої задачі опосередкованого вимірювання біофізичних і структурних параметрів неоднорідних біологічних середовищ з використанням множинної регресії. При цьому визначення геометричних

розмірів плоских біологічних об'єктів таких, як колонії мікроорганізмів не можуть бути вирішені.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення способу мультиспектрального біотестування токсичності води, в якому за рахунок введення нових операцій та їх послідовності підвищується точність вимірювання токсичності проб води, що сприяє розширенню функціональних можливостей.

Поставлена задача досягається тим, що в способі мультиспектрального біотестування токсичності води, який включає біофізичні дослідження неоднорідних біологічних середовищ, аналіз їх мультиспектральних зображень за допомогою блока керування та обробки зображень, опосередковане вимірювання біофізичних і структурних параметрів неоднорідних біологічних середовищ з використанням регресійних рівнянь, що пов'язують ці параметри з результатами мультиспектральних вимірювань, доповнено тим, що здійснюють вимірювання зміни розмірів колонії мікроорганізмів під впливом токсичних речовин у пробі води у дослідних та контрольній кюветах на поверхні білої дифузно-відбиваючої підкладки на основі сульфату барію на металевій пластині, мультиспектральні зображення колонії мікроорганізмів отримують за допомогою лазерних діодів, дифузного розсіювача, об'єктиву та ПЗЗ-камери, здійснюють класифікацію пікселів мультиспектрального цифрового зображення за допомогою блока неймережевної обробки та визначають їх належність до колонії мікроорганізмів чи підкладки, здійснюють сегментацію зображення у спеціалізованому процесорі і розраховують площу колонії мікроорганізмів та токсичність проби води на основі зміни площі колонії мікроорганізмів.

Суть корисної моделі пояснюється рис.4.1, де представлено структурну схему пристрою, що реалізує спосіб.

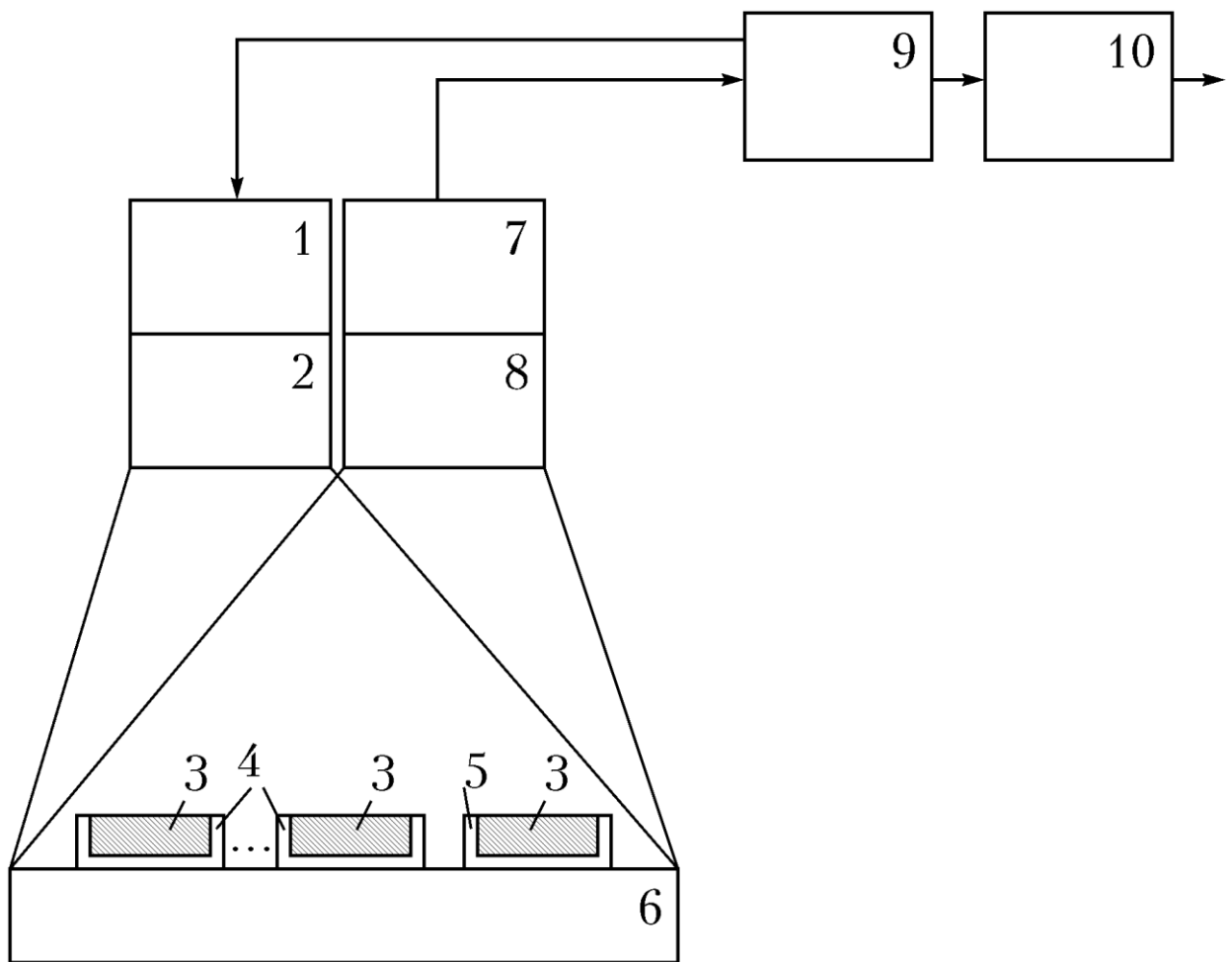


Рисунок 4.1 – Структурна схема пристрою мультиспектрального біотестування токсичності води

Пристрій містить джерело випромінювання на основі лазерних діодів 1, дифузний розсіювач 2, що слугує для освітлення колоній мікроорганізмів 3 у дослідних 4 та контрольній 5 кюветах на поверхні білої дифузно-відбиваючої підкладки на основі сульфату барію на металевій пластині 6. ПЗЗ-камера 7 оптично з'єднана з об'єктивом 8. Крім того, ПЗЗ-камера 7 підключена до блоку керування та первинної обробки зображень 9, який підключено до спеціалізованого процесора 10 нейромережевної обробку та сегментації зображень для розрахунку площі колонії мікроорганізмів та відповідної токсичності проби води.

Спосіб здійснюється таким чином.

1. Засівають у дослідних 4 і контрольній 5 кюветах колонії мікроорганізмів, що обрані як тест-об'єкти.

2. Додають у дослідні 4 і контрольну 5 кювети живильний розчин для мікроорганізмів, що обрані як тест-об'єкти.

3. Додають у дослідні 4 кювети пробу води для біотестування токсичності.

4. Витримують дослідні 4 і контрольну 5 кювети при заданій температурі та освітленні протягом заданого часу.

5. Колонії мікроорганізмів 3 у дослідних 4 та контрольній 5 кюветах на поверхні білої дифузно-відбиваючої підкладки на основі сульфату барію на металевій пластині 6 рівномірно освітлюють дифузно розсіяним світлом джерела випромінювання на основі лазерних діодів 1 через дифузний розсіювач 2.

6. Формують масив мультиспектральних цифрових зображень колоній мікроорганізмів 3 у дослідних 4 та контрольній 5 кюветах за допомогою об'єктиву 8 та ПЗЗ-камери 7 на довжинах хвиль лазерних діодів 1 у блоці керування та первинної обробки зображень 9.

7. Здійснюють опосередковане вимірювання біофізичних і структурних параметрів з використанням регресійних рівнянь, що пов'язують ці параметри з результатами мультиспектральних вимірювань у блоці керування та первинної обробки зображень 9.

8. Здійснюють нейромережеву обробку мультиспектральних зображень шляхом класифікації пікселів мультиспектрального цифрового зображення та визначення їх належності до колонії мікроорганізмів 3 чи підкладки, сегментацію зображення, розрахунок площі колонії мікроорганізмів 3 та розрахунок токсичності проби води на основі зміни площі колонії мікроорганізмів 3 у спеціалізованому процесорі 10.

4.2 Вдосконалення мультиспектрального біотестування речовин різної природи

Корисна модель відноситься до біотехнологічного виробництва та може бути використана для прикладних задач екологічного моніторингу, біомедичної діагностики та контролю якості продукції.

Відомо спосіб мультиспектрального телевізійного вимірювання біофізичних і структурних параметрів неоднорідних біологічних середовищ, що включає біофізичні дослідження неоднорідних біологічних середовищ, аналіз їх мультиспектральних зображень, отриманих за допомогою дифузного освітлювача, об'єктиву, перестроюваного фільтра та ПЗЗ-камери, аналіз мультиспектральних зображень за допомогою блока керування та обробки зображень, встановлення біофізичних і структурних параметрів шляхом верифікації отриманих показників з результатами мультиспектральних вимірювань модельних (еталонних) неоднорідних біологічних середовищ з відомими параметрами, причому за допомогою блока керування та обробки зображень здійснюють покрокову множинну регресію для оптимального вибору довжин хвиль і спектральних діапазонів для роботи дифузного освітлювача та перестроюваного фільтра і опосередкованого вимірювання біофізичних і структурних параметрів неоднорідних біологічних середовищ з використанням регресійних рівнянь, що пов'язують ці параметри з результатами мультиспектральних вимірювань [35].

Недоліком способу є його спрямованість на вирішення вузькоспеціалізованої задачі опосередкованого вимірювання біофізичних і структурних параметрів неоднорідних біологічних середовищ з використанням множинної регресії. При цьому визначення токсичності проб речовин різної природи з використанням біолоюмінесцентних фотобактерій не

можуть бути вирішені.

Найбільш близьким є спосіб біотестування речовин різної природи, що включає підготовку бактерійної суспензії, змішування її з аналізованим зразком, інкубацію, вимірювання інтенсивності світіння фотобактерій і визначення показника ефективної концентрації речовини (ЕК), що інгібує біоломінесценцію на 50 % у порівнянні з біоломінесценцією контрольного зразка, причому для реєстрації люмінесценції використовують світлочутливу плівку, на яку накладають матрицю зі світлонепроникного матеріалу з комірками для кювет, кількість яких більше 2, потім проводять експозицію, проявляють, фіксують і сканують світлочутливу плівку з отриманням цифрового зображення, у зонах засвічування якого величина цифрового сигналу пропорційна інтенсивності світіння фотобактерій, потім за цифровим зображенням обчислюють ЕК, за яким судять про токсичність речовини, вважаючи речовину нетоксичною, малотоксичною, токсичною та сильно токсичною при значеннях ЕК відповідно менше 20 %, від 20 % до 50 %, від 50 % до 80 % і більше 80 %. Або спосіб, який відрізняється тим, що експозицію проводять протягом 1-15 хвилин у залежності від природи токсичного чинника й первинної інтенсивності люмінесценції бактерійної суспензії [36].

Недоліком способу є низька точність вимірювання інтенсивності світіння фотобактерій внаслідок використання світлочутливої плівки з наступним її проявленням, фіксуванням і скануванням для отримання цифрового зображення, а також відсутністю виділення випромінювання фотобактерій з загального спектру суспензії.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення способу мультиспектрального біотестування речовин різної природи, в якому за рахунок введення нових операцій та їх послідовності підвищується точність вимірювання токсичності проб речовин.

Поставлена задача досягається тим, що спосіб мультиспектрального біотестування речовин різної природи, що включає підготовку бактерійної суспензії, змішування її з аналізованим зразком, інкубацію, отримання цифрового зображення, у зонах засвічування якого величина цифрового сигналу пропорційна світіння фотобактерій, вимірювання інтенсивності світіння фотобактерій, обчисленні за цифровим зображенням ефективної концентрації речовини, що інгібує біоломінесценцію на 50% у порівнянні з біоломінесценцією контрольного зразка, причому формують мультиспектральне цифрове зображення багатолункового імунологічного планшета з біоломінесценцією зразків у дослідних та контрольних комірках за допомогою об'єктиву та ПЗЗ-камери, з встановленими на її вході фільтрами, і на основі отриманих даних за допомогою блоку керування та обробки зображень проводять аналіз мультиспектральних зображень та здійснюють опосередковане вимірювання тест-параметра у кожній комірці багатолункового імунологічного планшета на основі біоломінесценції на обраних довжинах хвиль з використанням покрокової множинної регресії та усереднення для фрагменту цифрового зображення, що відповідає комірці планшета, у спеціалізованому процесорі здійснюють розрахунок ефективної концентрації речовини та токсичності проби речовин різної природи по отриманих значеннях тест-параметрів у дослідних та контрольних комірках.

Суть корисної моделі пояснюється на рис.4.2., де представлено структурну схему пристрою, що реалізує спосіб.

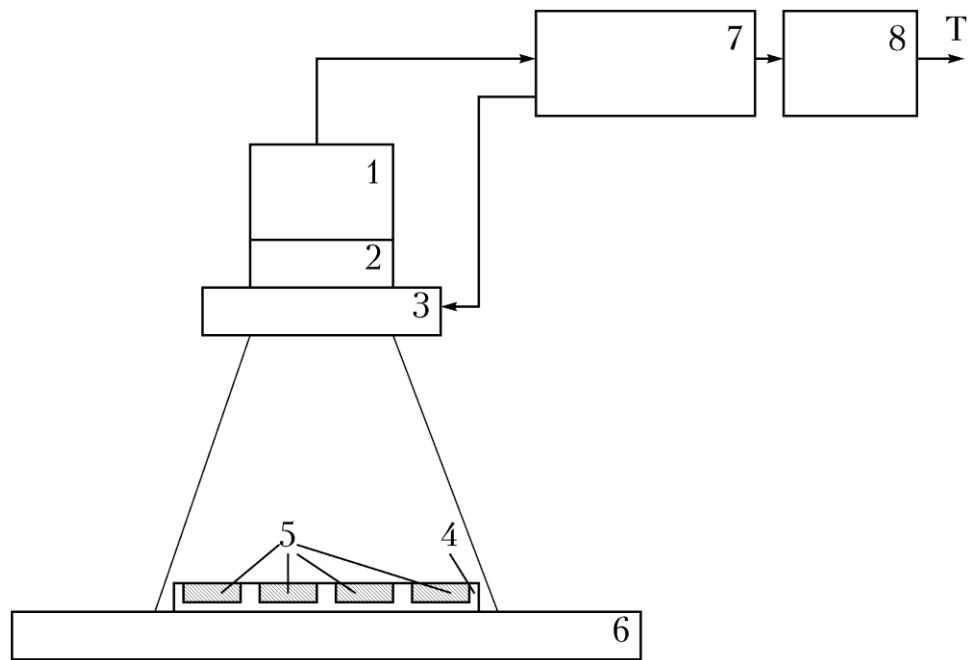


Рисунок 4.2 – Структурна схема пристрою мультиспектрального біотестування речовин різної природи

Пристрій містить багатолунковий імунологічний планшет 4 з біоломінесценцією зразків у дослідних та контрольних комірках 5. Також до багатолункового імунологічного планшета 4 оптично під'єднано додатковий дифузний відбивач 6. ПЗЗ-камера 1 оптично з'єднана з об'єктивом 2, який з'єднано з перестроюваним фільтром 3. Крім того, ПЗЗ-камера 1 підключена до блоку керування та обробки зображень 7 для розрахунку тест-параметра у кожній з використанням покрокової множинної регресії та усереднення для фрагменту цифрового зображення. Блок керування та обробки зображень 7 підключено до спеціалізованого процесора 8 для розрахунку токсичності проби води речовин різної природи.

Спосіб здійснюється таким чином.

1. Біоломінесцентні фотобактерії вирощують протягом 10-16 годин на рідкому живильному середовищі. Склад живильного середовища, температуру та освітлення обирають, виходячи з видових особливостей біоломінесцентних фотобактерій.

2. Зразок, який досліджують на токсичність, розчиняють або розводять у дослідних кюветах 5 багатолункового імунологічного планшета 4 з додаванням суспензії фотобактерій та буферного розчину. У контрольні кювети багатолункового імунологічного планшета 4 додають суспензію фотобактерій та розчину живильного середовища.

3. Витримують багатолунковий імунологічний планшет 4 з заповненими дослідними та контрольними кюветами у термолюмініостаті при заданій температурі та освітленні протягом заданого часу.

4. За допомогою об'єктива 2, перестроюваного фільтра 3 та ПЗЗ-камери 1 формують масив мультиспектральних зображень багатолункового імунологічного планшета 4 з заповненими біоломінесцентними фотобактеріями дослідними та контрольними комірками 5. Додатковий дифузний відбивач 6 формує фон мультиспектрального зображення багатолункового імунологічного планшета 4.

5. За допомогою блоку керування та обробки зображень 7 здійснюють аналіз мультиспектральних зображень багатолункового імунологічного планшета 4 з заповненими дослідними та контрольними комірками 5 та опосередковано вимірюють тест-параметри у кожній комірці багатолункового імунологічного планшета 4 на основі біоломінесценції на обраних довжинах хвиль з використанням покрокової множинної регресії та усереднення для фрагменту цифрового зображення, що відповідає комірці планшета.

6. У спеціалізованому процесорі 8 здійснюють розрахунок ефективної концентрації речовини та токсичності проб речовин різної природи на основі отриманих значень тест-параметрів у дослідних та контрольних комірках 5.

7. Результати вимірювань токсичності проб проставляються на геоінформаційній системі із зазначенням часу тестування.

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДИКИ АНАЛІЗУ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД РІЧКИ ПІВДЕННИЙ БУТ

5.1 Калькулювання виробничої собівартості інноваційного рішення

Оскільки геоінформаційні технології це програмний продукт, то будемо застосовувати калькулювання виробничої собівартості матеріального носія з програмним продуктом. Типова калькуляція собівартості продукції містить такі статті витрат:

Комплектуючі та матеріали

Інформацію про матеріали, що використовуються для даного інноваційного продукту занесено до таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Матеріали, що використовуються для даного інноваційного продукту (1 копія).

| Найменування матеріалу | Ціна за одиницю, грн. | Витрачено, шт. | Вартість витраченого матеріалу, грн |
|------------------------|-----------------------------|-------------------|-------------------------------------------|
| Диск | 20,00 | 1 шт. | 20,00 |
| Всього, грн | 20,00 грн | | |

1. Витрати на електроенергію.

До даних витрат віднесено енергію, яка використовується в процесі відтворення. Необхідно врахувати фактичний час роботи комп'ютера, необхідний для запису програмного продукту на матеріальний носій.

Витрати на силову електроенергію розраховуються за формулою 5.1:

$$B_e = B \times \Pi \times \Phi \times K_{\Pi}, \quad (5.1)$$

де B – вартість 1кВт електроенергії становить 1,68 грн./кВт;

Π – установлена потужність обладнання, 0,4 кВт;

Φ – фактична кількість годин роботи обладнання, яке задіяно для запису програмного продукту на матеріальний носій, 2 години;

K_{Π} – коефіцієнт використання потужності ($K_{\Pi} \leq 1$) 0,9.

Отже, витрати на енергію становлять:

$$B_e = 1,68 \times 0,4 \times 1 \times 0,9 = 1,21 \text{ грн.}$$

2. Основна заробітна плата робітників

Витрати за відрядною оплатою праці визначають тарифними ставками та нормами витрат часу на виробництво одиниці продукції.

Витрати на основну заробітну плату робітників розраховується за формулою 2.2.

$$Z_p = \sum_{i=1}^n t_i \cdot C_i \cdot K_c, \quad (5.2)$$

де n – число робіт за видами та розрядами;

t_i – норма часу на виконання конкретної операції;

K_c – коефіцієнт співвідношень ($K_c = 1..5$);

C_i – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, який виконує певну роботу, грн./год (формула 5.3). Величину основної заробітної плати робітників відображено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Основна заробітна плата робітників для тиражування 1 копії програмного продукту

| Найменування робіт | Трудомісткість, нормо-годин | Розряд роботи | Погодинна тарифна ставка, грн.. | Величина оплати, грн. |
|---------------------------------|-----------------------------|---------------|---------------------------------|-----------------------|
| Тиражування матеріального носія | 1 | 5 | 48,04 | 48,04 |
| Всього | | | | 48,04 |

Над тиражуванням даного програмного продукту працює один робітник.

Погодинну тарифна ставка робітника розраховуємо за формулою 5.3.

$$C_i = \frac{M_M \cdot K_i}{T_p \cdot T_{зм}}, \quad (5.3)$$

де M_M – мінімальна місячна оплата праці;

K_i – тарифний коефіцієнт робітника даного розряду;

T_p – число робочих днів у місяці;

$T_{зм}$ – тривалість зміни.

Отже, погодинна тарифна ставка робітника становить:

$$C_i = \frac{6500 \cdot 1,36}{23 \cdot 8} = 48,04 \text{ грн.}$$

де M_M – мінімальна місячна оплата праці, грн;

K_i – тарифний коефіцієнт робітника даного розряду;

T_p – число робочих днів у місяці (21...23);

$T_{ЗМ}$ – тривалість зміни.

Отже, витрати на основну заробітню плату становлять:

$$З_p = 1 \cdot 48,04 \cdot 1 = 48,04 \text{ грн.}$$

3. Витрати на додаткову заробітню плату

До статті «Додаткова заробітна плата» відносять витрати на виплату виробничому персоналу підприємства за працю понад установлені норми, заохочувальні виплати за поточну виробничу діяльність, компенсаційні виплати, тощо. Розмір додаткової заробітної плати розраховується за формулою 5.4.

$$З_d = (10..12\%) \cdot З_p, \quad (5.4)$$

Витрати на додаткову заробітню плату становлять 10% від основної заробітної плати і дорівнюють:

$$З_d = 0,1 \cdot 48,04 = 4,8 \text{ грн.}$$

4. Нарахування на заробітню плату.

Розраховується за формулою 5.5:

$$В_{зп} = (0,22\%) \cdot (З_p + З_d), \quad (5.5)$$

Відрахування на соціальні заходи здійснюється від суми всіх витрат на оплату праці робітників, зайнятих безпосередньо розробкою сайту.

Тиражування програмного продукту, розмір ЄСВ становить 0,22%.

$$B_{\text{зп}} = 0,22 \cdot (48,04 + 4,8) = 11,62 \text{ грн.}$$

5. Витрати на інтелектуальну власність закладаються у вартість розробки програмного продукту. Розраховується за формулою:

$$I_{\text{в}} = I_{\text{р}} \cdot k, \quad (5.6)$$

$I_{\text{р}}$ – кошти, які буде отримувати розробник за виконання кожної послуги,

k – коефіцієнт, який враховує відповідні нарахування на заробітну плату.

Таким чином, витрати на інтелектуальну власність становлять:

$$I_{\text{в}} = 2500 \cdot 1,39 = 3475 \text{ грн.}$$

6. Загальновиробничі витрати з розрахунку на одиницю продукції можна розрахувати за нормативами відносно основної заробітної плати розробника. Розраховуються за формулою 5.7.

$$ЗВВ = Н \cdot З_{\text{р}}, \quad (5.7)$$

Норматив загальновиробничих витрат для ЕОМ становить 240%.

$$ЗВВ = 2,4 \cdot 48,04 = 115,3 \text{ грн.}$$

Сума усіх зазначених статей витрат утворює виробничу собівартість для даного програмного продукту.

Таблиця 5.3 – Калькуляція виробничої собівартості інноваційного рішення

| Стаття калькуляції | Витрати, грн. |
|----------------------------------------------|---------------|
| 1. Витрати на електроенергію | 1,21 |
| 2. Основні заробітна плата операторів | 48,04 |
| 3. Додаткова заробітна плата | 4,8 |
| 4. Нарахування за заробітну плату | 11,62 |
| 5. Витрати на інтелектуальну власність | 3475 |
| 6. Загальновиробничі витрати | 115,3 |
| Виробнича собівартість інноваційного рішення | 3655,97 |

Отже, виробнича собівартість інноваційного рішення становить 3655,97 гривень.

5.2 Визначення ціни та критичного обсягу виробництва інноваційного рішення

Формування і реалізація цінової політики вимагає більш чіткого розуміння процесу впливу цінової діяльності в умовах ринку на формування прибутку підприємства. Інноваційний шлях розвитку, як один з найважливіших чинників економічного росту, припускає випуск і поширення принципово нових видів техніки і технології, розробку науково-технічних програм, розробку і запровадження ресурсозберігаючих програм та ін.

Нижня межа ціни реалізації інноваційного рішення розраховується за формулою:

$$C_{н.м.} = S_B \cdot \left(1 + \frac{P}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{\alpha_{ПДВ}}{100}\right), \quad (5.8)$$

S_B – виробнича собівартість інноваційного рішення, грн;

P – норматив рентабельності, узгоджений із замовником або встановлений державою ($P = 35\%$);

$\alpha_{\text{ПДВ}}$ – ставка податку на додану вартість, % ($\alpha_{\text{ПДВ}}=20\%$).

$$C_{\text{н.м.}} = 3655,97 \cdot \left(1 + \frac{35}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{20}{100}\right) = 5922,67 \text{ грн.}$$

Верхня межа ціни інноваційного рішення відображає ціну, яку готовий платити споживач за інноваційний товар:

$$C_{\text{в.м.}} = C_{\text{н.м.}} \cdot K_{\text{я.в.}}, \quad (5.9)$$

$K_{\text{я.в.}}$ – відносний рівень якості інноваційного рішення.

$$C_{\text{в.м.}} = 5922,67 \cdot 2,21 = 13089,10 \text{ грн.}$$

Договірна ціна може бути встановлена за домовленістю між виробником і споживачем в інтервалі між нижньою та верхньою лімітними цінами.

$$C_{\text{в.м.}} > C_{\text{дог}} > C_{\text{н.м.}}$$

Договірна ціна для даного програмного продукту становить 8500 грн.

Критичний обсяг виробництва інноваційного продукту визначається за формулою:

$$Q_k = \frac{0,3 \cdot S_B \cdot \text{РП}}{C_{\text{дог.}} - 0,7 \cdot S_B}, \quad (5.10)$$

де $C_{\text{дог}}$ – договірна ціна (без ПДВ),

$$C_{\text{дог}} = \frac{5}{6} \cdot 8500 = 7083,33 \text{ грн.}$$

З формули (2.10), маємо:

$$Q_k = \frac{0,3 \cdot 3655,97 \cdot 15}{7083,33 - 0,7 \cdot 3655,97} = 4 \text{ копії/рік.}$$

Якщо порівнювати значення реалістичного попиту та критичного обсягу, то він перевищує значення другого, що говорить про те, що є підстави припускати, що дана інновація принесе прибутки.

5.3 Визначення експлуатаційних витрат у сфері використання інноваційного рішення

Експлуатаційні витрати при використанні розроблюваного програмного продукту враховують фактичну кількість годин, які працівник витрачає на його обслуговування.

Заробітна плата обслуговуючого персоналу розраховується за формулою:

$$Z_{\text{обс}} = 12 \cdot M \cdot \beta, \quad (5.11)$$

де 12 – число місяців;

M – місячний посадовий оклад програміста, $M = 6500$ грн ;

β – частка часу, який витрачає працівник для технічного обслуговування, $\beta = 0,02$.

$$Z_{\text{обс}} = 12 \cdot 6500 \cdot 0,02 = 1560 \text{ грн/рік.}$$

Додаткова заробітна плата розраховується за формулою :

$$З_д = (10 \dots 12\%) \cdot З_{обс}, \quad (2.12)$$

$$З_д = 0,11 \cdot 1560 = 171,6 \text{ грн/рік.}$$

Нарахування на заробітну плату визначаємо за формулою:

$$Н_{зп} = (0,22) \cdot (З_{обс} + З_д), \quad (5.13)$$

$$Н_{зп} = 0,22 \cdot (1560 + 171,6) = 380,95 \text{ грн.}$$

Введений в експлуатацію програмний продукт відносять до складу об'єктів нематеріальних активів підприємства, які протягом терміну корисного використання амортизуються з метою відновлення її вартості.

Амортизаційні відрахування розраховуються за формулою 2.14:

$$A = \frac{Ц_{дог} \cdot Н_a}{100}, \quad (5.14)$$

де $Ц_{дог}$ – договірна ціна нематеріального активу (без ПДВ),

$$Ц_{дог} = \frac{5}{6} \cdot 8500 = 7083,33 \text{ грн.}$$

$Н_a$ – річна норма амортизації, %.

Норма амортизації розраховується за формулою 5.15:

$$Н_a = \frac{100}{T_{кор}}, \quad (5.15)$$

$T_{\text{кор}}$ – корисний термін використання програмного продукту.

Корисний термін використання програмного продукту становить 2 роки.

$$H_a = \frac{100}{2} = 50,$$

$$A = \frac{7083,33 \cdot 50}{100} = 3541,67 \text{ грн/рік.}$$

Інші витрати приймаємо за 5% від суми всіх попередніх витрат.

Результатом розрахунку експлуатаційних витрат є таблиця 5.4.

Таблиця 5.4 – Експлуатаційні витрати використання програмного продукту

| Стаття витрат | Витрати, грн |
|--------------------------------|--------------|
| Витрати на заробітну плату | 1560 |
| Додаткова заробітна плата | 171,6 |
| Нарахування на заробітну плату | 380,95 |
| Амортизаційні відрахування | 3541,67 |
| Інші витрати | 246,96 |
| Експлуатаційні витрати – Е | 5901,18 |

Експлуатаційні витрати на програмний продукт за 12 місяців становлять 5901,18 гривень.

В даному розділі було розраховано виробничу собівартість, визначено ціну та критичний обсяг виробництва інноваційного продукту, а також розраховано експлуатаційні витрати.

В ході виконання розрахунків було отримано такі результати:

виробнича собівартість становить 3655,97 грн;

нижня і верхня межа ціни відповідно становить 5922,67 грн та 13089,10 грн;

експлуатаційні витрати при використанні програмного продукту становлять 5901,18 грн.

обсяг критичного виробництва становить 4 копії/рік.

Виходячи з отриманих результатів, а саме низька ціна і співвідношення обсягу критичного виробництва та реалістичного прогнозу, можна зробити припущення, що впровадження даної інновації буде прибутковою справою, про те для повної оцінки ситуації необхідно провести додаткові обрахунки по визначенню економічної ефективності інноваційного рішення.

5.4 Оцінювання економічної ефективності інноваційного рішення

Основними критеріями економічної ефективності інноваційних проектів є розрахунок та аналіз таких показників:

- чистий дисконтовий дохід;
- період окупності;
- індекс рентабельності.

Чистий приведений дохід (чистий дисконтований дохід) фактично є різницею між сумою вкладених інвестицій та загальною сумою доходу від цієї інвестиції протягом планованого періоду. Оскільки грошові потоки розподіляються в часі, то вони повинні бути дисконтовані (приведені до теперішньої вартості) за допомогою норми дисконту, що встановлюється інвестором на основі щорічного відсотка, який він хоче мати на інвестований капітал.

Термін окупності – це період часу (кількість років), протягом якого відбудеться відшкодування суми інвестицій, тобто вона повернеться інвестору як чистий дохід (чистий прибуток плюс амортизація).

Рентабельність інвестицій є відносним показником на відміну від чистого приведенного ефекту, за допомогою якого також можна здійснювати оцінку та вибір одного проекту з декількох альтернативних.

Під час оцінювання економічної ефективності інноваційного рішення головним завданням є визначення вартості майбутніх вигід, які можна одержати протягом терміну реалізації рішення. При цьому майбутня вартість вигід через процедуру дисконтування приводиться до їхньої дійсної вартості.

Ефективність інновації – це відносна величина, що характеризує результативність будь-яких затрат в інноваційне рішення.

Чистий дисконтований дохід розраховується за формулою:

$$D = \sum_t^T \frac{W_t}{(1+i)^{t-1}} - \sum_t^T \frac{K_t}{(1+i)^{t-2}}, \quad (5.16)$$

де T – термін здійснення проекту, становить 2 роки;

i – норма дисконту, яка є прийнятною для інвестора, як норма доходу на капітал, становить 20 %;

t – номер кроку розрахунку;

W_t – грошовий потік t -му році, грн.

K_t – капіталовкладення на t -му році, грн..

Капіталовкладення розраховується за формулою:

$$K_t = 0,2 \cdot Q \cdot C_{\text{дог.}}, \quad (5.17)$$

де Q – річний обсяг реалізованої продукції (шт/рік). Дане значення можна прийняте рівним реалістичному попиту РП. (РП = 15 копій/рік)

З формули (5.17), маємо:

$$K_t = 0,2 \cdot 15 \cdot 8500 = 25500 \text{ грн.}$$

Грошовий потік знаходиться за такою формулою:

$$\begin{aligned} W_t &= \Pi_{\text{ч}} + A, \\ W_t &= 42156,57 + 376 = 42532,57 \text{ грн.} \end{aligned} \quad (5.18)$$

де A – амортизаційні відрахування, які становлять 10% від загальної собівартості реалізованої продукції за рік, грн;

$\Pi_{\text{ч}}$ – чистий прибуток, грн і розраховується за формулою:

$$\begin{aligned} \Pi_{\text{ч}} &= \Pi_0 \cdot (1 - \alpha_n), \\ \Pi_{\text{ч}} &= 51410,45 \cdot (1 - 0,18) = 42156,57 \text{ грн} \end{aligned} \quad (5.19)$$

де α_n – ставка податку на прибуток, становить 18%;

Π_0 – оподаткований прибуток, грн.

Оподаткований прибуток Π_0 знаходиться за формулою 5.5:

$$\Pi_0 = \left(\frac{C_{\text{дог.}}}{1 + \alpha_{\text{ПДВ}}} - S_{\text{в}} \right) \cdot Q, \quad (5.20)$$

де $\alpha_{\text{ПДВ}}$ – ставка прибутку на додану вартість, що становить 20 %;

Отже, з формули (5.20), маємо:

$$\Pi_0 = \left(\frac{8500}{1 + 0,2} - 3655,97 \right) \cdot 15 = 51410,45 \text{ грн.}$$

Використовуючи формулу (5.16), знаходимо чистий дисконтований дохід:

$$D = \left(\frac{42532,57}{(1 + 0,2)^{1-1}} + \frac{42532,57}{(1 + 0,2)^{2-1}} \right) - \left(\frac{25500}{(1 + 0,2)^{1-1}} \right) = 52476,37 \text{ грн.}$$

Так як $D > 0$ – інноваційний проект доцільно прийняти.

Ще одним показником ефективності інноваційного рішення є період його окупності. Він розраховується за формулою:

$$T = \frac{\sum_t^T \frac{K_t}{(1 + i)^{t-1}}}{\sum_t^T \frac{\Pi_0}{(1 + i)^{t-1}}} \quad (5.21)$$

$$T = \frac{\frac{25500}{(1 + 0,2)^{1-1}}}{\frac{51410,45}{(1 + 0,2)^{1-1}} + \frac{51410,45}{(1 + 0,2)^{2-1}}} = 0,27 \text{ року} = 3,2 \text{ місяці.}$$

Також показником ефективності є індекс рентабельності. Його розраховують за такою формулою:

$$IP = \frac{\sum_t^T \frac{W}{(1 + i)^{t-1}}}{\sum_t^T \frac{K_t}{(1 + i)^{t-1}}} \quad (5.22)$$

З формули (5.22), маємо:

$$IP = \frac{\frac{42532,57}{(1 + 0,2)^{1-1}} + \frac{42532,57}{(1 + 0,2)^{2-1}}}{\frac{25500}{(1 + 0,2)^{1-1}}} = 3,06$$

Враховуючи те, що чистий дисконтований дохід $D > 0$ і становить 52476,37 грн, то впровадження запропонованого інноваційного рішення є прибутковим, доцільним, а отже економічно ефективним.

В той же час і період окупності $T = 3,2$ місяці, що дає підстави стверджувати, що інноваційна ідея буде привабливою для інвесторів. Також економічну ефективність даної інновації підтверджує і індекс рентабельності, що становить 3,06.

ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі було здійснено оцінювання екологічного стану річки Південний Буг у відповідності до вимог Водної Рамкової Директиви ЄС. Дослідження проводили у типових біотопах, які визначали за складом ґрунту, швидкістю течії, глибиною, типом руслових процесів, угрупованнями вищої водної рослинності тощо. Типологічний аналіз біотопів проводили шляхом загального огляду берегової зони та дна водойми, при необхідності з використанням легководолазного спорядження, ехолота з датчиком температури. Визначено склад та структура основних компонентів гідробіоценозів в басейні Південного Бугу. Визначено референційні значення показників загального азоту та фосфору. На основі визначених референційних значень була проведена оцінка даних по вмісту загального азоту і фосфору у воді Південного Бугу. Загалом можна зазначити, що фактично на всій протяжності річки вміст загального фосфору у воді знаходиться в межах найгіршого 5 класу. Наведені референційні значення біологічних дескрипторів та показників азоту і фосфору порівняно із результатами експедиційних досліджень дозволяють провести комплексну оцінку екологічного стану використовуючи методологію компаративної оцінки у відповідності до вимог ВРД. В цілому можна зазначити, що верхів'я Південного Бугу знаходяться в незадовільному стані.

Відповідно до методики визначення особливо цінних ділянок річки з метою їхнього збереження та охорони проаналізовано основні критерії для виділення річкового масиву поверхневих вод і окремих ділянок річок для організації природно-заповідних територій та виділення їхніх функціональних зон. На підставі того, що ділянка річки в межах м.Вінниці має високе соціальне значення (у т.ч. рекреаційне, ландшафтно-естетичне та історико-культурне), необхідно виділити цю ділянку, включно з

прибережною територією під муніципальний природний парк.

Оцінена якість питної води ділянки р. Південний Буг в районі питного водозабору м.Вінниці. Дуже важливою характеристикою середньої ділянки р. Південний Буг є її значна зарегульованість багатьма ставками та водосховищами і високий рівень антропогенного навантаження. Найбільшими споживачами поверхневих водних ресурсів тут є промислові підприємства, на другому місці - сільськогосподарські (в основному рибоставкові господарства) і лише на останньому - комунальні господарства. Тому і основними забруднювачами виступають промислові і сільськогосподарські підприємства.

Розроблено рекомендації здійснення мультиспектрального контролю параметрів забруднення водних середовищ та оцінювання екологічного стану водних об'єктів, зокрема, з використанням квадрокоптера.

Вдосконалено методи мультиспектрального біотестування токсичності води та речовин різної природи, що дозволяє підвищити точність визначення токсичності при забрудненні поверхневих вод та прибережних територій речовинами різного антропогенного та техногенного походження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / [О. М. Арсан, О. А. Давидов, Т. М. Дьяченко та ін.]; за ред. В. Д. Романенка. - К.: Логос, 2006. - 408 с.
2. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / [под ред. В. А. Абакумова]. - Л.: Гидрометеоиздат, 1983. - 240 с.
3. Афанасьев С. А. Развитие европейских подходов к биологической оценке состояния гидроэкосистем в мониторинге рек Украины / С. А. Афанасьев // Гидробиол. журн. - 2001. - Т. 37, № 5.- С. 3-18.
4. Афанасьев С. О. Структура біотичних угруповань та оцінка екологічного статусу річок басейну Тиси / Афанасьев С.О. - К.: СП «Інтертехнодрук», 2006. - 101 с.
5. Вудивисс Ф. Биотический индекс р. Трент. Макробеспозвоночные и биологическое обследование / Ф. Вудивисс // Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям: Труды Советско-Английского семинара. - Л., 1977. - С.132-161.
6. Pantle E. Die biologische Oberwachung der Gewasser und die Darstellung der Ergebnisse / Pantle E., Buck H. // Gas und Wasserfach. - 1955. - V. 96, № 18. - 604 p.
7. Методика встановлення і використання екологічних нормативів якості поверхневих вод суші та естуаріїв України / [В. Д. Романенко, В. М. Жукінський, О. П. Оксіюк та ін.] - К.: ВІПОЛ, 2001. - 48 с.
8. Червона книга України. Рослинний світ / під заг. Ред. Я.П. Дідуха. Тваринний світ/ під заг. ред. І.А. Акімова. - Київ: Глобалконсалтинг, 2009. - 912 с.

9. Зелена книга України / Під заг. ред. Я.П. Дідуха. Київ: Альтерпрес, 2009. - 448 с.
10. Європейський червоний список. [Ел. ресурс]. - Режим доступу : <https://ec.europa.eu/environment/nature/conservation/species/redlist/>
11. Конвенція про охорону дикої флори та фауни і природних середовищ існування в Європі. [Ел. ресурс]. - Режим доступу : https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_032
12. Конвенція про збереження мігруючих видів диких тварин. [ел. Ресурс]. - режим доступу : https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_i36
13. Офіційні переліки регіонально рідкісних рослин адміністративних територій України / Укладачі: д-р. біол. наук, проф. Т.Л. Андрієнко, канд. біол. наук М.М. Перегрим. - Київ: Альтерпрес, 2012. - 148 с.
14. Єзловецька І.С. Досвід використання сучасних підходів до оцінки якості природних вод для прогнозування технологічних прийомів їх кондиціювання // Вода і водоочисні технології. Науково-технічні вісті. - 2013. - № 2 (12). - С. 53-59.
15. Єзловецька І.С. Методичні основи оцінки якості поверхневих вод України в місцях крупних водоводів питного водопостачання // Водні ресурси України та меліорація земель: матеріали міжнародної науково-практичної конференції, 22 берез. 2013 р., Київ. - К., 2013. - С. 38-39.
16. Водні ресурси та якість річкових вод басейну Південного Бугу / В.К. Хільчевський та ін.; ред. В.К. Хільчевський. - К.: Ніка-Центр, 2009. - 184 с.
17. Экологические аспекты современных технологий охраны водной среды / Под ред. акад. НАН Украины В.В. Гончарука. - К.: Наукова думка, 2005. - 399 с. - (Проект «Наукова книга»).
18. Клименко Н.А., Самсони-Тодорова Е.А., Савчина Л.А. и др. Сезонные изменения характеристик природных органических веществ в

- Днепровской воде // Химия и технология воды. - 2012. - Т. 34, № 3. - С. 260-272.
19. Доповідь про стан навколишнього природного середовища у Вінницькій області (2012 рік). - Вінниця, 2013. - 242 с.
 20. Калиниченко Р.А., Сергеева О.А., Кошелева С.И. Химический состав воды и планктонное сообщество р. Южный Буг // Гидробиологический журнал. - 1995. - Т. 31, № 3. С. 36-42.
 21. Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні і екологічні вимоги щодо якості води та правила вибирання: ДСТУ 4808:2007. - [Чинний від 2009-01-01]. - К.: Держспоживстандарт України, 2007. - 36 с. - (Національний стандарт України).
 22. Директива 2004/35/ЄС Європейського Парламенту та Ради «Про екологічну відповідальність за попередження та ліквідацію наслідків завданої навколишньому середовищу шкоди» від 21 квітня 2004 року URL: http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_965 (дата звернення: 15.11.2017).
 23. Directive 2001/688/EC: Commission Decision of 28 August 2001 establishing ecological criteria for the award of the Community eco-label to soil improvers and growing media (notified under document number C (2001) 2597). Official Journal of the European Communities. L. 242, 12.9.2001. P. 17–22.
 24. Working Document Guidance Document on Aquatic Ecotoxicology in the context of the Directive 91/414/EEC. Sanco/3268/2001 rev.4 (final). 17 October 2002. 62 p.
 25. Цаценко Л. В., Перстенёва А. А., Гусев В. Г. Оценка фитотоксичности почвы на посевах подсолнечника с помощью биотеста ряски малой (*Lemna minor* L.). Научный журнал КубГАУ. 2010. № 59(05). С. 1–9.

- URL: <http://ej.kubagro.ru/2010/05/pdf/19.pdf> (дата звернення: 17.10.2018).
26. Субботин М. А., Григорьев Ю. С. Оценка токсического действия ионов меди на ряску малую (*Lemna minor* L.) методом регистрации замедленной флуоресценции. Теоретическая и прикладная экология. 2013. № 2. С. 34–38.
27. Александрова В. В. Биотестирование как современный метод оценки токсичности природных и сточных вод : монография. Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. гос. ун-та, 2013. 119 с.
28. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною». Затверджені наказом Міністерства охорони здоров'я України № 400 від 12.05.2010. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10/> (дата звернення: 15.11.2017).
29. ДСТУ 4287:2004. Якість ґрунту. Відбирання проб. Видання офіційне. Київ : Держспоживстандарт України. 2005. 6 с.
30. ДСТУ ISO 5667-15:2007. Якість води. Відбирання проб. Частина 15. Настанови щодо зберігання та поводження з пробами мулу і осадів (ISO 5667-15:1999, IDT). Видання офіційне. Київ : Держспоживстандарт України. 2011. 8 с.
31. Садчиков А. П. Методы изучения пресноводного фитопланктона: методическое руководство. – Москва: Университет и школа, 2003. 157 с.
32. ISO 15522:1999. Water quality – Determination of the inhibitory effect of water constituents on the growth of activated sludge microorganisms. URL: <https://www.iso.org/standard/27554.html>. (дата звернення: 15.11.2017).

33. Балтиев Ю. С., Усов Г. П. Методические указания по интегральной оценке качества окружающей среды (экологическая разведка местности). Москва : Военное издательство, 2005. 119 с.
34. Патент України №61633, М.Кл. G01N 21/64, 2003, опубл.17.11.2003, бюл.№11.
35. Патент України №124253, М.Кл. G01N 21/25, 2017, опубл.26.03.2018, бюл.№6.
36. Патент України №64811, М.Кл. C02F 3/32, G01N 33/18, 2011, опубл. 25.11.2011, бюл.№ 22.

Додаток А.**Технічне завдання**

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Інститут екологічної безпеки та моніторингу довкілля

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕЕБ
д.т.н., проф.

_____ В.Г. Петрук

(підпис)

«05» жовтня 2021 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу

**«Обґрунтування природоохоронних заходів для покращення
екологічного стану річки Південний Буг та прибережних територій в
межах міста Вінниці»**

08-48.МКР.103.01.000 ТЗ

спеціальності 183 – Технології захисту навколишнього середовища

Керівник магістерської кваліфікаційної
роботи: д.т.н., професор

_____ Кватернюк С. М.

(підпис)

«05» жовтня 2021 р.

Розробив: студент гр. ТЗД-20м

_____ Гомеш Роза Марія Зау

(підпис)

«05» жовтня 2021 р.

1. Підстава для проведення робіт.

Підставою для виконання роботи є наказ № 277 по ВНТУ від «24» вересня 2021 р., та індивідуальне завдання на МКР, затверджене протоколом №3 засідання кафедри ЕЕБ від «28» вересня 2021 р.

2. Мета роботи.

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є вдосконалення методів та засобів оцінювання екологічного стану р. Південний Буг та прибережних територій.

3. Вихідні дані для проведення робіт.

Дані оцінки якості води Південного Бугу за вмістом загального азоту і фосфору (додаток Б).

4. Методи дослідження.

Фізико-хімічні методи вимірювання параметрів забруднення водних середовищ, біонідикація за допомогою фітопланктону та вищих водних рослин.

5. Етапи роботи і терміни їх виконання

| № з/п | Найменування етапів МКР | Термін виконання |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 1. | Розроблення технічного завдання | 5.10.2021 |
| 2. | Робота з літературними джерелами. Оцінка екологічного стану річки Південний Буг у відповідності до вимог Водної Рамкової Директиви ЄС. | 15.10.2021 |
| 3. | Аналіз методики визначення особливо цінних ділянок річки з метою їхнього збереження та охорони. | 25.10.2021 |
| 4. | Розробка рекомендації здійснення мультиспектрального контролю параметрів забруднення водних середовищ та оцінювання екологічного стану водних об'єктів. | 5.11.2021 |
| 5. | Контроль інтегральних параметрів якості поверхневих вод р. Південний Буг за характеристиками макрофітів. | 15.11.2021 |
| 6. | Експериментальні дослідження інтегральних параметрів якості поверхневих вод мультиспектральним методом. | 25.11.2021 |
| 7. | Виконання економічної частини | 5.12.2021 |
| 8. | Підготовка висновків, додатків і переліку літератури | 15.12.2021 |

6. Призначення і галузь використання.

Розробка може бути використана у спеціалізованих лабораторіях екологічних інспекцій та басейнових управлінь.

7. Вимоги до розробленої документації.

Пояснювальна записка та графічна частина

8. Порядок приймання роботи.

Публічний захист роботи «21» грудня 2021 р.

Початок розробки «28» вересня 2021 р.

Граничні терміни виконання МКР «15» грудня 2021 р.

Розробив студент групи ТЗД-20м _____ Гомеш Роза Марія Зау

Додаток Б. Вихідні дані

Таблиця Б.1 – Оцінка якості води Південного Бугу за вмістом загального азоту і фосфору

| | Пост | Н заг., мг/дм ³ | Р заг., мг/дм ³ |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 1 | 773 км, Мар'янівське водосховище, смт. Чорний Острів | 1,395 | 0,053 |
| 2 | 755 км, Хмельницьке водосховище, м. Хмельницький | 2,411 | 0,067 |
| 3 | 744 км, нижче м. Хмельницький, с. Копистин | 12,350 | 0,220 |
| 4 | 711 км, Меджибіжське водосховище, смт. Меджибіж | 11,470 | 1,570 |
| 5 | 692 км, Щедрівське водосховище, с. Щедрове | 1,129 | 0,690 |
| 6 | 652 км, м. Хмільник, питний в/з, вище міста | 1,952 | 0,330 |
| 7 | 607 км, с. Гушинці, нижче села, питний водозабір м. Калинівка | 1,654 | 0,170 |
| 8 | 582 км, Сабарівське водосховище, питний в/з м. Вінниця, вище міста | 1,834 | 0,195 |
| 9 | 569,5 км, 500 м нижче скиду КП «Вінницяоблводоканал» (1,5 км нижче греблі Сабарівського водосховища) | 4,785 | 0,209 |
| 10 | 537 км, Сутиське водосховище, н/б'єф, смт. Сутиски | 3,394 | 0,227 |
| 11 | 413 км, с. Маньківка, вище села, питний в/з м. Ладижин | 1,560 | 0,101 |
| 12 | 400 км, Ладижинське водосховище, м. Ладижин | 1,268 | 0,092 |
| 13 | 372 км, Глибочокське водосховище, с. Глибочок | 1,794 | 0,157 |
| 14 | 327 км, с. Ставки, кордон Вінницької та Кіровоградської області | 2,451 | 0,189 |
| 15 | 316 км, Гайворонське водосховище, м. Гайворон | 1,598 | 0,182 |
| 16 | 206 км, Первомайське водосховище, м. Первомайськ | 1,364 | 0,137 |
| 17 | 153 км, с. Олексіївка, питний в/з м. Южноукраїнськ | 1,578 | 0,171 |
| 18 | 136 км, Олександрівське водосховище с. Олександрівка | 1,635 | 0,166 |
| 19 | 97 км, м. Вознесенськ, 2 км до в'їзду у м. Вознесенськ по трасі з м. Миколаїв | 3,482 | 0,189 |
| 20 | 50 км, Південно-Бузька зрошувальна система, с. Ковалівка | 2,760 | 0,207 |
| 24 | 297 км, с. Первозванівка, нижче скиду стічних вод Інгульської шахти уранових руд | 6,670 | 1,208 |

Оціночна таблиця RQBA для ділянки річки

| Дескриптори | Дані досліджень | Референційні значення | Клас | Вага |
|------------------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------|-------|------|
| Біотичний індекс | 7 | 9 | 2 | 2 |
| Сапробність, фітопланктон | 2,2 | 1,5 | 2 | 1 |
| Сапробність, зоопланктон | 1,8 | 1,6 | 2 | 1 |
| Сапробність, зообентос | 2,11 | 1,7 | 2 | 1 |
| Трофність | евтрофна | мезотрофна | 3 | 1 |
| БЛОК 1 - Якість води | | | 2,16 | 3 |
| Кількість видів у групах донної фауни | Plecoptera - 0; | Plecoptera - 1; | 4 | 1 |
| | Ephemeroptera - 0 | Ephemeroptera - 4 | 4 | 1 |
| | Trichoptera -3; | Trichoptera -4; | 2 | 1 |
| | Odonata -1; | Odonata - 2; | 2 | 1 |
| | Crustacea -3 | Crustacea -4 | 2 | 2 |
| Кількість видів вищих водяних рослин у індикаторних групах | Реофільні-7 | Реофільні -8 | 2 | 1 |
| | Лімнофільні-2 | Лімнофільні 2 | 2 | 1 |
| | Болотні-1 | Болотні 1 | 1 | 1 |
| Кількість поясів вищої водної рослинності | 2 | 1 | 2 | 2 |
| БЛОК 2 - Структура угруповань | | | 2,5 | 2 |
| Безхребетні | (3) | (4) | 2 | 2 |
| Вищі водяні рослини | (1) | (2) | 2 | 1 |
| Риба | (1) | (1) | 2 | 1 |
| БЛОК 3 - Біорізноманіття | | | 2 | 1 |
| Ступінь представленості субстратів | 95 | 100 | 1 | 2 |
| БЛОК 4 | - Біотопи | | 1 | 1 |
| Загальна класифікація | Середній бал і клас стану річки | | 2,068 | 2 |

08-48. МКР.103.00.001 ГЧ

| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | Оціночна таблиця RQBA для ділянки річки | Літ. | Маса | Масштаб |
|-----------|------|----------------------|--------|------------|-----------------------------------------|---------------|-----------|---------|
| Розробив | | Гомеш Роза Марія Зау | | 15.12.2021 | | | | |
| Перевішив | | Кватернюк С. М. | | 15.12.2021 | | | | |
| Т.контр. | | | | | | Аркуш 1 | Аркушів 5 | |
| Опонент | | Гордієнко О.А. | | 15.12.2021 | | ВНТУ, ТЗД-20м | | |
| Н. контр. | | Васильківський І.В. | | 15.12.2021 | | | | |
| Затвердив | | Петрук В.Г. | | 15.12.2021 | | | | |

Прогнозовані межі коливань референційних значень вмісту
сполук азоту та фосфору у воді р. Південний Буг

| Складові | Значення |
|------------------------------------------------|-------------|
| NH_4^+ , мг N/дм ³ | 0,00 - 0,20 |
| NO_3^- , мг N/дм ³ | 0,00 - 0,80 |
| NO_2^- , мг N/дм ³ | 0,00 - 0,06 |
| PO_4^{3-} , мг P/дм ³ | 0,01 - 0,04 |
| $\text{N}_{\text{орг}}$, мг N/дм ³ | 0,25 - 0,90 |
| $\text{P}_{\text{орг}}$, мг P/дм ³ | 0,02 - 0,04 |
| $\text{N}_{\text{заг}}$, мг N/дм ³ | 0,25 - 1,96 |
| $\text{P}_{\text{заг}}$, мг P/дм ³ | 0,03 - 0,08 |

08-48. МКР.103.00.002 ГЧ

| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | Літ. | | | Маса | Масштаб |
|-----------|------|----------------------|--------|------------|---------------|--|-----------|------|---------|
| Розробив | | Гомеш Роза Марія Зау | | 15.12.2021 | | | | | |
| Перевірив | | Кватернюк С. М. | | 15.12.2021 | | | | | |
| Т. контр. | | | | | Аркуш 2 | | Аркушів 5 | | |
| Опонент | | Гордієнко О.А. | | 15.12.2021 | ВНТУ, ТЗД-20м | | | | |
| Н. контр. | | Васильківський І.В. | | 15.12.2021 | | | | | |
| Затвердив | | Петрук В.Г. | | 15.12.2021 | | | | | |

Прогнозовані межі коливань
референційних значень вмісту
сполук азоту та фосфору у воді р.
Південний Буг

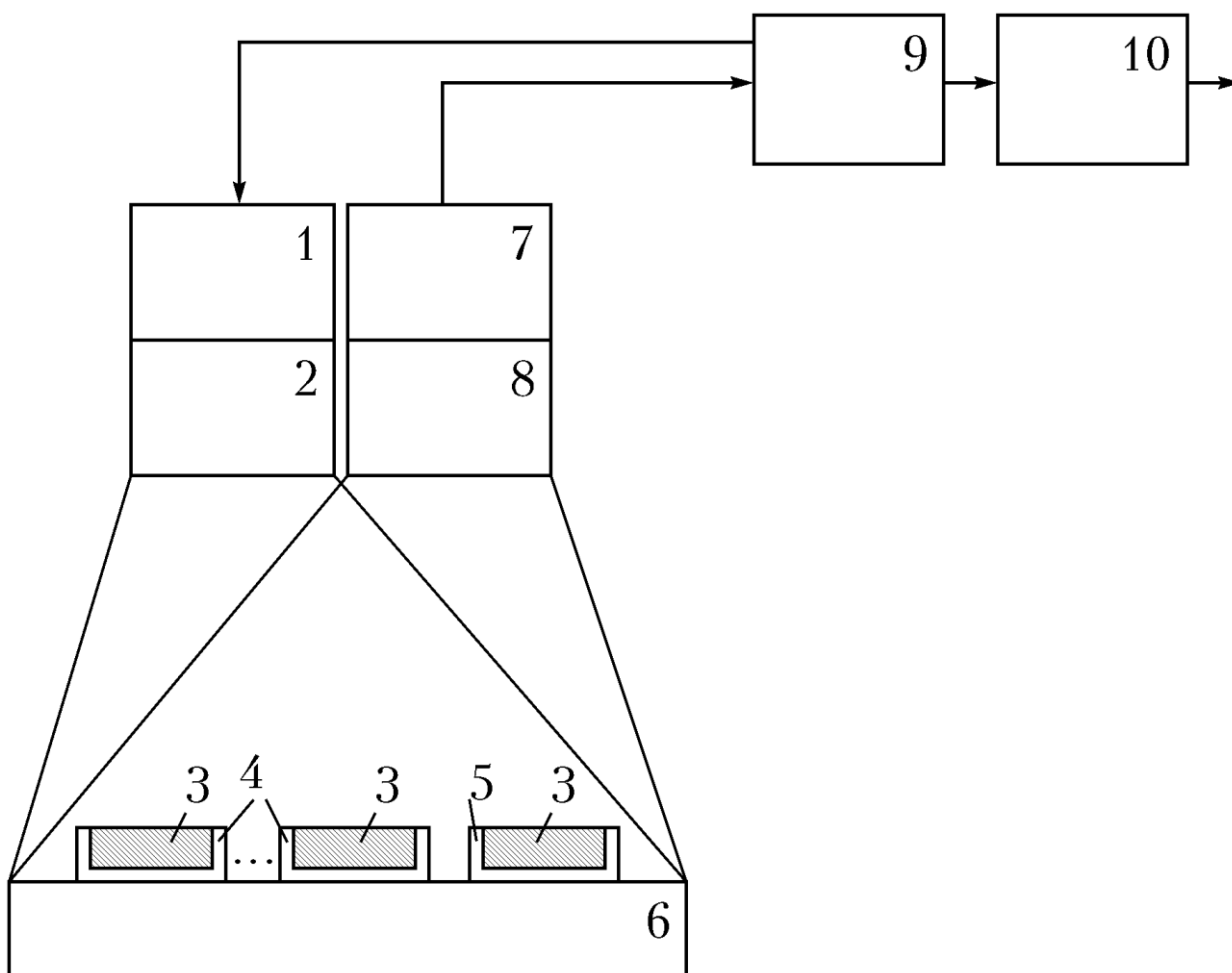
Оцінка якості води верхньої ділянки р. Південний Буг
в районі питного водозабору

| Показники якості води | Одиниці вимірювання | м. Вінниця, питний водозабір | | | |
|--------------------------------|------------------------------------|------------------------------|-------------|------------------|-------------|
| | | Найгірші значення | | Середні значення | |
| | | величина | клас якості | величина | клас якості |
| Запах | бали | 3 | 3 | 2 | 2 |
| Кольоровість | градуси Pt-Co шкали | 90 | 3 | 77 | 2 |
| Каламутність | мг/дм ³ | 21,7 | 2 | 11,7 | 1 |
| Сухий залишок | мг/дм ³ | 453,0 | 2 | 389,6 | 1 |
| Сульфати | мг/дм ³ | 69,6 | 2 | 40,0 | 2 |
| Хлориди | мг/дм ³ | 34,0 | 2 | 30,3 | 2 |
| Магній | мг/дм ³ | 32,3 | 3 | 21,0 | 2 |
| Водневий показник | одиниці рН | 8,50 | 3 | 8,12 | 3 |
| Жорсткість загальна | ммоль/дм ³ | 5,8 | 3 | 4,5 | 2 |
| Лужність | ммоль/дм ³ | 4,6 | 3 | 3,9 | 2 |
| Азот амонійний | мг N/дм ³ | 1,12 | 4 | 0,57 | 3 |
| Азот нітритний | мг N/дм ³ | 0,116 | 4 | 0,019 | 3 |
| Азот нітратний | мг N/дм ³ | 0,95 | 3 | 0,35 | 2 |
| Фосфор фосфатів | мг P/дм ³ | 0,173 | 3 | 0,072 | 3 |
| Розчинений кисень | мг O ₂ /дм ³ | 0,6 | 4 | 7,1 | 2 |
| Насичення води киснем | % | 30 | 4 | 77 | 3 |
| Перманганатна окиснюваність | мг O/дм ³ | 27,9 | 4 | 17,5 | 4 |

08-48. МКР.103.00.003 ГЧ

| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | Оцінка якості води верхньої ділянки р. Південний Буг в районі питного водозабору | Літ. | Маса | Масштаб |
|-----------|------|----------------------|--------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------|------|-----------|
| Розробив | | Гомеш Роза Марія Зау | | 15.12.2021 | | | | |
| Перевірів | | Кватернюк С. М. | | 15.12.2021 | | | | |
| Т.контр. | | | | | | Аркуш 3 | | Аркушів 5 |
| Опонент | | Гордієнко О.А. | | 15.12.2021 | | ВНТУ, ТЗД-20м | | |
| Н. контр. | | Васильківський І.В. | | 15.12.2021 | | | | |
| Затвердив | | Петрук В.Г. | | 15.12.2021 | | | | |

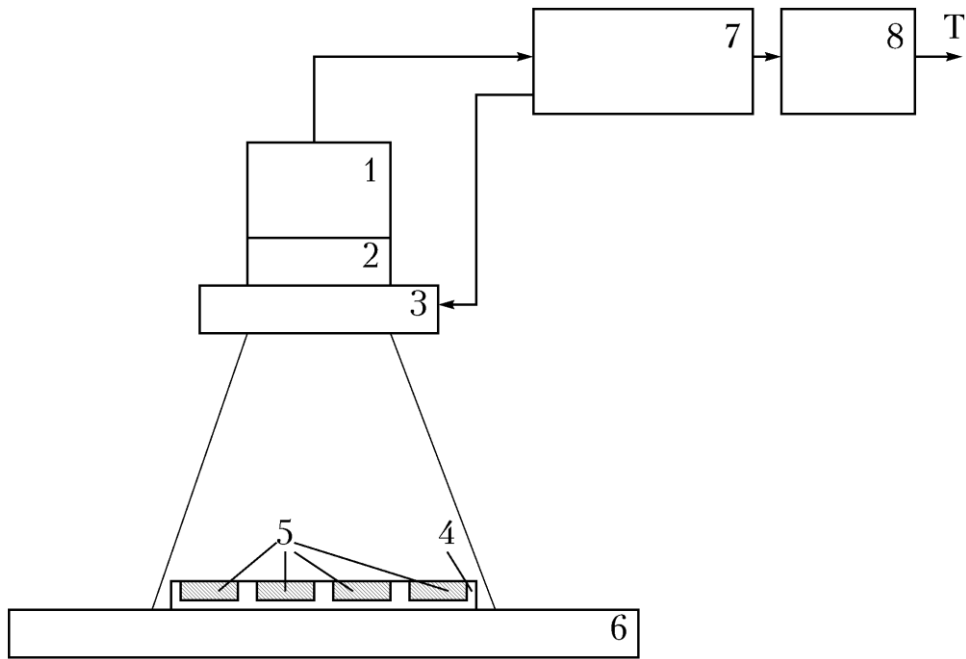
Структурна схема пристрою мультиспектрального
біотестування токсичності води



08-48. МКР.103.00.004 ГЧ

| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | Структурна схема пристрою мультиспектрального біотестування токсичності води | Літ. | Маса | Масштаб |
|-----------|------|----------------------|--------|------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------|---------|
| Розробив | | Гомеш Роза Марія Зау | | 15.12.2021 | | | | |
| Перевішив | | Кватернюк С. М. | | 15.12.2021 | | | | |
| Т.контр. | | | | | Аркуш 4 | Аркушів 5 | | |
| Опонент | | Гордієнко О.А. | | 15.12.2021 | ВНТУ, ТЗД-20м | | | |
| Н. контр. | | Васильківський І.В. | | 15.12.2021 | | | | |
| Затвердив | | Петрук В.Г. | | 15.12.2021 | | | | |

Структурна схема пристрою мультиспектрального біотестування
речовин різної природи



08-48. МКР.103.00.005 ГЧ

| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | Структурна схема пристрою мультиспектрального біотестування речовин різної природи | Літ. | Маса | Масштаб |
|-----------|------|----------------------|--------|------------|------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|------|-----------|
| Розробив | | Гомеш Роза Марія Зау | | 15.12.2021 | | | | |
| Перевішив | | Кватернок С. М. | | 15.12.2021 | | | | |
| Т.контр. | | | | | | Аркуш 5 | | Аркушів 5 |
| Опонент | | Гордієнко О.А. | | 15.12.2021 | | ВНТУ, ТЗД-20м | | |
| Н. контр. | | Васильківський І.В. | | 15.12.2021 | | | | |
| Затвердив | | Петрук В.Г. | | 15.12.2021 | | | | |