

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет тваринництва та водних біоресурсів

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

**Завідувачка кафедри
гідробіології та іхтіології**

_____ **Наталія РУДИК-ЛЕУСЬКА**
(підпис) (ПІБ)

«___» _____ 2025 р

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему «ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ВОДОЙМ ЗА ДІЇ
ІНТЕНСИФІКАЦІЙНИХ ЗАХОДІВ»**

Спеціальність 207 – «Водні біоресурси та аквакультура»
(код і назва)

Гарант освітньої програми

доктор біологічних наук, доцент
(науковий ступінь та вчене)

_____ (підпис)

Наталія РУДИК-ЛЕУСЬКА
(ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

к. с-г.н старший викладач
(науковий ступінь та вчене звання)

_____ (підпис)

Неля САВЕНКО
(ПІБ)

Виконав

_____ (підпис)

Костянтин ГОЛОВІЄНКО

(ПІБ студента)

КИЇВ – 2025

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет тваринництва та водних біоресурсів

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувачка кафедри
гідробіології та іхтіології

д.б.н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

_____ Наталія РУДИК-ЛЕУСЬКА

« ____ » _____ 20__р.

ЗАВДАННЯ

**на виконання випускної магістерської кваліфікаційної роботи студенту
Головієнку Костянтину Тарасовичу**

Спеціальність _____ 207 – «Водні біоресурси та аквакультура»
(код і назва)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи: **«Екологічний стан водойм за дії
інтенсифікаційних заходів»**

затверджена наказом ректора НУБіП України від «25» жовтня 2024 р № 1915
«С» Термін подання завершеної роботи на кафедру: 2025 р листопада 01.
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи: літературні джерела, а
також матеріали рибоводних розрахунків.

Необхідно розробити перелік питань, що передбачає: дослідження основних
показників гідрохімічного режиму дослідних ставів; оцінку екологічних
процесів, стану природної кормової бази; аналіз рибоводних результатів.

Дата видачі завдання _____ «12» грудня 2024 р

**Керівник магістерської
кваліфікаційної роботи**

_____ (підпис)

Неля САВЕНКО

(ім'я та прізвище)

Завдання прийняв до виконання _____ **Костянтин ГОЛОВІЄНКО**

ЗМІСТ

Реферат.....	5
Вступ.....	6
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВПЛИВУ ІНТЕНСИФІКАЦІЙНИХ ЗАХОДІВ НА ВОДНІ ЕКОСИСТЕМИ.....	7
1.1. Загальна характеристика водних екосистем.....	7
1.2. Поняття та види інтенсифікаційних заходів у сфері водокористування (аквакультура, меліорація, добриво, аерація тощо).....	10
1.3. Потенційні екологічні ризики при застосуванні інтенсифікації.....	13
1.4. Процес самоочищення водойм.....	17
1.5. Біологічна реакція гідробіонтів на інтенсифікаційні зміни середовища.....	18
1.6. Екологічно безпечні технології у рибництві та аквакультурі відкритих водойм.....	23
1.7. Біотехнологічні методи очищення та самоочищення водойм.....	25
1.8. Розробка комплексу заходів щодо зменшення негативного впливу.....	29
РОЗДІЛ 2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	30
2.1. Матеріали для досліджень, схема досліду.....	30
2.2. Методи гідробіологічних досліджень у ставах.....	33
2.3 Характеристика доінтенсифікаційних заходів.....	34
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	39
3.1. Застосовані інтенсифікаційні заходи та їхня мета.....	40
3.2. Аналіз впливу інтенсифікаційних заходів на екологічний стан.....	41
3.3. Екологічний моніторинг: якість води, рівень забруднення, біорізноманіття.....	44
3.4. Наслідки впливу заходів інтенсифікації на стан водойми.....	47
3.5. Заходи щодо зменшення негативного впливу та покращення екологічного стану.....	50
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	52

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ.....	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	57

РЕФЕРАТ

Головієнко К.Т. «ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ВОДОЙМ ЗА ДІЇ ІНТЕНСИФІКАЦІЙНИХ ЗАХОДІВ».

Випускна робота викладена на 60 сторінках, містить 3 таблиці, 9 рисунків. Список використаних джерел нараховує 50 джерел.

Об'єкт досліджень – екологічний стан водойм за дії інтенсифікаційних заходів.

Мета роботи полягала у дослідженні впливу інтенсифікаційних заходів екологічний стан у ставах.

У процесі проведення досліджень у вирощувальних ставах було визначено динаміку основних екологічних показників, що характеризують стан водного середовища під впливом інтенсифікаційних заходів. Проаналізовано зміни температурного режиму, рівня розчиненого кисню, концентрацій основних біогенних елементів та органічних речовин, а також стан гідробіологічних угруповань. Встановлено, що внаслідок посилення інтенсифікаційних процесів відбувалися коливання гідрохімічних параметрів, які впливали на функціонування біотичних компонентів екосистеми та загальний екологічний баланс водойм.

Найвищу рибопродуктивність коропа зафіксовано у ставі №1 — 417,5 кг/га при середній масі цьоголіток 49,7 г. У ставі №2, попри вищу щільність посадки, рибопродуктивність становила 338,5 кг/га, а середня маса цьоголіток — 27,3 г. Найнижчі показники відзначено у ставі №3 — 322,5 кг/га при середній масі цьоголіток 21,5 г.

Отримані результати свідчать про суттєвий вплив інтенсифікаційних заходів на екологічний стан водойм, зокрема на зміни гідрохімічних, гідробіологічних та мікробіологічних показників. Виявлені закономірності можуть бути використані для вдосконалення технологічних рішень у ставових господарствах з метою збереження екологічної рівноваги та підвищення ефективності виробництва.

ВСТУП

Водні екосистеми є важливим компонентом природного середовища, що забезпечують не лише біологічне різноманіття, а й виконують низку екосистемних функцій: очищення води, регулювання клімату, підтримка кругообігу речовин, а також є джерелом водних біоресурсів для людини. В умовах зростання антропогенного тиску та глобальних екологічних змін зростає потреба в ефективному використанні водних ресурсів, що, в свою чергу, стимулює впровадження інтенсифікаційних заходів.

Інтенсифікація в сфері водокористування та рибного господарства передбачає впровадження сучасних технологій, спрямованих на підвищення продуктивності водойм — таких як штучна аерація, внесення добрив, годівля риби, зариблення, гідротехнічні роботи та інші. Водночас такі заходи можуть призводити до небажаних екологічних наслідків: евтрофікації, зниження рівня кисню, забруднення води, зменшення біорізноманіття та загального погіршення стану водних екосистем.

Актуальність теми полягає в необхідності комплексної оцінки впливу інтенсифікаційних заходів на екологічний стан водойм з метою пошуку балансу між ефективним господарським використанням і збереженням екологічної рівноваги. Особливої ваги ця проблема набуває у контексті сталого розвитку, кліматичних змін та необхідності раціонального природокористування. Завдання роботи:

- ✓ охарактеризувати основні види інтенсифікаційних заходів у водному господарстві;
- ✓ визначити потенційні екологічні ризики, пов'язані з їх впровадженням;
- ✓ здійснити аналіз конкретного прикладу впливу інтенсифікації на водойму;
- ✓ сформулювати висновки та рекомендації щодо екологічно збалансованого управління водними ресурсами.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВПЛИВУ ІНТЕНСИФІКАЦІЙНИХ ЗАХОДІВ НА ВОДНІ ЕКОСИСТЕМИ

1.1 Загальна характеристика водних екосистем

Водні екосистеми становлять складну, багаторівневу форму організації живої та неживої матерії, у межах якої відбувається безперервний обмін речовинами, енергією та інформацією між біотичними й абіотичними компонентами. У науковому розумінні екосистема розглядається як саморегулююча система, що характеризується функціональною єдністю живих організмів і середовища їх існування. Концепцію екосистеми вперше сформулював англійський еколог Артур Тенслі у 1935 році, визначивши її як природний комплекс, у якому організми та їхнє неорганічне оточення перебувають у постійному обміні речовин та енергії, утворюючи єдине цілісне функціональне утворення[42].

Водні екосистеми є складовою частиною біосфери та охоплюють усі природні і штучно створені водні об'єкти — океани, моря, річки, озера, водосховища, ставки, болота, лимани, лагуни, канали та інші гідросистеми. Вони формуються під впливом комплексу фізичних, хімічних та біологічних чинників, що визначають умови існування гідробіонтів і функціонування біоценозів. Їхня структура має ієрархічний характер: від глобальних систем Світового океану до окремих водойм і навіть локальних мікросередовищ, які утворюються в межах донних, прибережних або поверхневих зон. Усі ці рівні поєднані між собою потоками речовин і енергії, утворюючи складну мережу взаємозалежних елементів, що забезпечують підтримання екологічної рівноваги [1].

Будь-яка водна екосистема функціонує як відкрита система, здатна до певного ступеня саморегуляції, однак водночас вона залишається вразливою до зовнішніх впливів. Її абіотична складова представлена водним середовищем із розчиненими та зваженими речовинами, донними відкладеннями, мінеральними частками, газовим і температурним режимом, а також гідродинамічними параметрами, що визначають рух і перемішування води.

Хімічний склад води, рівень мінералізації, насичення киснем, наявність біогенних елементів і мікроелементів, швидкість течії, інтенсивність водообміну, рівень освітлення та сезонні коливання температури формують основу середовища, у якому відбувається життєдіяльність гідробіонтів. Біотична складова представлена спільнотами рослин, мікроорганізмів, безхребетних і риб, що формують складні трофічні зв'язки та забезпечують колообіг речовин у межах системи дослідження основних показників гідрохімічного режиму дослідних ставів; оцінку продукційно-деструкційних процесів, стану природної кормової бази; аналіз рибоводних результатів; а також розрахунок економічної ефективності використання нетрадиційного добрива [2].

Особливе місце у функціонуванні водних екосистем займає фактор антропогенного впливу, який сьогодні розглядається як провідна рушійна сила зміни природних процесів. Людська діяльність, спрямована на використання водних ресурсів для господарських, промислових і рекреаційних потреб, водночас є одним із найпотужніших джерел екологічного тиску. З одного боку, вона забезпечує економічний розвиток суспільства, створення систем водопостачання, зрошення, виробництва електроенергії та вирощування водних організмів. З іншого — призводить до трансформації природних гідрологічних режимів, порушення кругообігу речовин, накопичення забруднювальних сполук і деградації біоценозів [3].

У сучасних умовах інтенсифікація господарської діяльності — насамперед розвиток аквакультури, використання меліоративних систем, застосування добрив та інших засобів стимулювання біопродуктивності — істотно змінює природні властивості водних екосистем. Наслідком таких процесів є підвищення евтрофікації, зменшення прозорості води, зниження концентрації розчиненого кисню, спрощення трофічних структур і зменшення біорізноманіття. Порушення природних механізмів самоочищення призводить до зростання стійкості забруднювачів у водному середовищі, що негативно

позначається на здатності екосистеми відновлюватися після впливу зовнішніх чинників [4-5].

Водні екосистеми виконують ключові функції у біосфері. Вони забезпечують підтримання глобального кругообігу речовин, беруть участь у формуванні кліматичних умов, регулюють мікроклімат регіонів, зберігають біорізноманіття та здійснюють природне очищення води. Їхнє стабільне функціонування має вирішальне значення для існування більшості наземних екосистем і соціально-економічного розвитку суспільства. Порушення цих функцій, спричинене надмірним антропогенним навантаженням, має кумулятивний ефект, який проявляється на рівні гідросфери загалом [6].

В українських реаліях водні екосистеми перебувають у стані зростаючого екологічного навантаження. Інтенсивне використання водних ресурсів у промисловості, сільському господарстві та енергетиці, розширення аквакультурних господарств, забруднення стічними водами та продуктами агрохімії спричиняють значні зміни гідрохімічного і гідробіологічного режимів водойм. Зменшення чисельності чутливих до забруднення видів, зростання біомаси синьо-зелених водоростей, порушення кисневого балансу та підвищення трофічного рівня є типовими наслідками таких змін.

Оцінювання екологічного стану водних екосистем потребує комплексного підходу, що враховує не лише природні характеристики водойми, а й масштаби антропогенного впливу, рівень техногенного навантаження, ступінь порушення природних процесів та ефективність дії механізмів самоочищення. Такий підхід має ґрунтуватися на інтеграції гідрохімічних, гідробіологічних, токсикологічних та ландшафтно-екологічних методів дослідження. Лише поєднання цих складових дозволяє сформувати об'єктивну картину функціонування водної екосистеми, визначити рівень її екологічної стабільності та потенційні шляхи відновлення природної рівноваги [7].

З огляду на це, вивчення структури, властивостей і динаміки водних екосистем набуває особливої актуальності у контексті глобальних екологічних

змін. Розуміння механізмів їх функціонування та реакції на інтенсифікаційні процеси є необхідною передумовою для формування ефективної системи управління водними ресурсами, спрямованої на збереження природного потенціалу та мінімізацію негативного впливу господарської діяльності людини.

1.2 Поняття та види інтенсифікаційних заходів у сфері водокористання (аквакультура, меліорація, добриво, аерація тощо)

Інтенсифікаційні заходи у сфері водокористування — це комплекс дій і технологій, спрямованих на підвищення продуктивності водних об'єктів або покращення їхньої господарської ефективності. Вони застосовуються переважно в аквакультурі, сільському господарстві, системах зрошення, а також у технічному водопостачанні. Основною метою таких заходів є забезпечення стабільного і керованого використання водних ресурсів із максимальною віддачею.

У рибному господарстві інтенсифікація передбачає активне втручання у природні процеси з метою збільшення біомаси гідробіонтів. Це може включати годування риби комбікормами, штучне зариблення, контроль за гідрохімічними показниками води, використання аераторів для збагачення води киснем, а також регулювання рівня води та температурного режиму. У сільському господарстві інтенсифікаційні заходи пов'язані з використанням води для зрошення, внесенням добрив та агрохімікатів, які, потрапляючи до водойм, можуть змінювати їхній екологічний стан [8].

Інтенсивний характер меліорації в цьому випадку полягає у впровадженні комплексних заходів гідротехнічного, біотехнічного й організаційного характеру, які базуються на сучасних екологічних принципах. Наприклад, у процесі осушення заболочених ділянок або регуляції течій враховується потреба збереження природних біотопів і підтримання біорізноманіття. Це дозволяє не лише поліпшити фізико-хімічні властивості води, а й створити умови для відновлення екосистемних функцій водойм.

Особливе значення меліорація має в регіонах з підвищеним навантаженням на водні ресурси, де вона допомагає уникнути процесів евтрофікації, зменшити замулення водойм і запобігти замкненню водообміну. Завдяки цьому підвищується екологічна стійкість водних ландшафтів та зростає їх здатність до самовідновлення, що робить меліорацію важливим компонентом екологічно орієнтованого управління водними екосистемами.

Також одним із поширених інтенсифікаційних заходів, що впливають на водні екосистеми, є використання мінеральних та органічних добрив. Вони широко застосовуються як у сільському господарстві, так і в рибному господарстві для стимулювання первинної продукції водойм, зокрема для збільшення біомаси фітопланктону, що є кормовою базою для гідробіонтів.

Однак надмірне або неконтрольоване внесення добрив часто призводить до евтрофікації водойм — процесу надмірного збагачення води азотом і фосфором. Унаслідок цього відбувається масовий розвиток водоростей і ціанобактерій, що утворюють так звані «цвітіння» води. Водорості споживають велику кількість кисню, особливо вночі, а після відмирання біомаси і її розкладу кисень у воді вичерпується майже повністю. Це створює умови гіпоксії або навіть анаеробного середовища, в якому гине риба та інші чутливі організми.

Також продукти розпаду органіки можуть включати токсичні речовини, зокрема аміак, сірководень, що ще більше погіршують екологічну ситуацію. Порушується природний баланс поживних речовин, скорочується видове різноманіття, а самі водойми поступово втрачають здатність до самоочищення.

Крім того, добрива, внесені на полях, часто потрапляють до водойм через поверхневий стік, особливо після злив або танення снігу. Це явище спостерігається в аграрно-інтенсивних регіонах, де водойми швидко деградують саме через накопичення агрохімікатів. Такий непрямий вплив є складним для контролю, що робить проблему ще більш актуальною.

Аерація водойм — це процес штучного збагачення води киснем, що використовується як один із основних інтенсифікаційних заходів у рибному господарстві та при експлуатації техногенно навантажених водойм. Основною метою аерації є підтримання оптимального кисневого режиму, необхідного для нормального функціонування водної екосистеми, зокрема для життя риб, безхребетних та мікроорганізмів.

Застосування аераторів дозволяє запобігати утворенню зон гіпоксії або кисневого дефіциту, які особливо часто виникають у літній період або при інтенсивному «цвітінні» води. У таких умовах природні механізми насичення

води киснем (наприклад, за рахунок поверхневого обміну з атмосферою або фотосинтезу водоростей) виявляються недостатніми. Аерація, у цьому випадку, виступає як засіб підтримки екологічної рівноваги.

Разом з тим, тривале або надмірне використання аераторів може мати і небажані екологічні наслідки. Зокрема, сильна турбулентність води призводить до перемішування донних відкладів, у результаті чого у товщу води потрапляють сполуки фосфору, аміаку, важкі метали чи інші забруднювачі, що накопичувалися роками. Це може викликати вторинне забруднення водойми.

Окрім того, порушення природної стратифікації води, яка є типовою для глибших водойм у теплий період року, може вплинути на термальні та біологічні процеси. Деякі організми пристосовані до життя лише у певних температурних шарах, і їхній життєвий цикл може порушуватись при знищенні цих умов. Зокрема, зміни в поведінці планктону або риб можуть негативно позначатися на харчових ланцюгах усієї екосистеми [8].

1.3. Потенційні екологічні ризики при застосуванні інтенсифікації

Інтенсифікація водокористування, незважаючи на її економічну доцільність, супроводжується низкою потенційних екологічних ризиків, які можуть призводити до порушення природної рівноваги у водних екосистемах. Ці ризики є результатом втручання у природні біогідохімічні процеси, які зазвичай мають саморегульовану структуру [9].

Одним з основних ризиків є евтрофікація — процес надмірного збагачення водойм поживними речовинами, передусім сполуками азоту та фосфору. Її основними причинами часто виступає застосування мінеральних добрив або стік з аграрних угідь. Це явище спричиняє масовий розвиток водоростей, зниження прозорості води, дефіцит кисню та, як наслідок, загибель риби і зменшення біорізноманіття. Після масового відмирання фітопланктону продукти розпаду збагачують воду токсичними речовинами, що негативно впливають на всі трофічні рівні.

Іншою небезпекою є погіршення гідохімічного стану води. Внесення кормів у рибогосподарських ставках, надлишкове органічне навантаження, продукти метаболізму гідробіонтів і залишки агрохімікатів з полів спричиняють накопичення органічної речовини у воді та донних відкладеннях. Це може супроводжуватись утворенням токсичних газів, таких як аміак або сірководень, особливо в умовах нестачі кисню.

Технічні заходи, пов'язані з аерацією, регулюванням рівня води або гідротехнічними змінами, теж несуть ризики. Надмірна аерація може порушити термічну стратифікацію водойми, змінити природний розподіл температур і кисню, що, у свою чергу, негативно впливає на життєдіяльність видів, чутливих до температури або освітлення. Регулювання водного режиму, особливо в малих річках і ставках, нерідко призводить до осушення прибережних зон, які відіграють важливу роль у процесах фільтрації, нересту і загального екологічного балансу [10].

Також значного впливу зазнає структура біоценозу. Унаслідок інтенсивної діяльності може змінюватися видовий склад флори та фауни, витіснятися аборигенні види, а також спостерігатися зростання чисельності видів, які краще пристосовані до змінених умов. Це призводить до спрощення екосистеми та зниження її стійкості до зовнішніх впливів.

Хоча інтенсифікаційні заходи сприяють підвищенню ефективності використання водойм, вони можуть створити низку екологічних загроз у разі неконтрольованого або надмірного застосування. Для запобігання негативним наслідкам необхідне впровадження систем моніторингу, оцінки екологічних ризиків і використання принципів екологічно збалансованого управління.

У багатьох країнах світу інтенсифікація водокористування відбувається із суворим урахуванням екологічних обмежень, оскільки практика минулих десятиліть показала, що надмірне техногенне навантаження без природоохоронних заходів веде до деградації водних ресурсів. Особливої уваги цьому питанню надають країни Європейського Союзу, а також Японія, Канада, США, Норвегія та інші держави з розвинутою екологічною політикою [43].

У Європейському Союзі, згідно з Водною рамковою директивою (2000/60/ЄС), будь-яке використання водних об'єктів має відповідати концепції «доброго екологічного стану». Це означає, що навіть при інтенсивному веденні аквакультури чи сільського господарства повинні застосовуватись технології, які мінімізують викиди поживних речовин, зберігають природну гідрологію та підтримують біорізноманіття. В багатьох країнах встановлено обмеження на використання мінеральних добрив, контроль за рівнем фосфатів і азоту у воді, а також застосовується очищення стічних вод перед їх потраплянням у відкриті водойми.

У Норвегії, де активно розвивається рибна аквакультура, держава зобов'язує фермерів вести моніторинг екологічного стану прилеглих морських і прісноводних акваторій. Проводиться регулярний аналіз ґрунту, води та біоти на наявність залишків кормів, органічного забруднення та зміни у складі

макроорганізмів. При виявленні перевищення встановлених меж ферми зобов'язані зупинити виробництво та провести екологічну санацію [44].

У Канаді акцент робиться на поєднанні традиційних знань місцевих громад із сучасними екологічними підходами. Так, у деяких регіонах до прийняття рішень щодо управління водними ресурсами залучаються індіанські громади, які мають довгострокові спостереження за місцевими екосистемами. Завдяки цьому вдалося зменшити негативний вплив індустриального рибальства та покращити управління малими водоймами.

У Японії особливу увагу приділяють циркуляційним системам водопостачання в рибництві, де вода проходить через фільтраційні та біологічні очисні установки. Це дозволяє уникати скиду забрудненої води у природні водойми. Крім того, активно розвиваються інтегровані моделі аквакультури, де залишки кормів і відходи одних видів використовуються для живлення інших (наприклад, риба – водорості – молюски) [45].

Загальною рисою успішного іноземного досвіду є системний підхід, який поєднує технологічну ефективність з екологічною відповідальністю. Розробка індивідуальних планів управління водоймами, екологічна сертифікація підприємств, державний контроль та участь громадськості дозволяють уникати негативних наслідків інтенсифікації та забезпечити сталий розвиток водних екосистем.

1.4 Процес самоочищення водойм

Процеси самоочищення водойм — сукупність фізичних, хімічних і біологічних механізмів, завдяки яким система здатна зменшувати рівень забруднення без зовнішнього втручання. До основних природних факторів, що забезпечують самоочищення, належать осадження завислих речовин, сорбція розчинених сполук донними відкладами, біохімічне окиснення органічних домішок та споживання їх мікроорганізмами. Наприклад, у типовому ставі середньої глибини (2–3 м) за сприятливої температури та достатнього вмісту кисню процеси біохімічного окиснення здатні знизити концентрацію органічних забруднювачів на 40–60 % упродовж 10–15 діб [11].

Самоочищення тісно пов'язане з гідродинамічним режимом водойми. Високий рівень турбулентності сприяє насиченню води киснем, що, у свою чергу, активізує діяльність аеробних бактерій. У річкових ділянках зі швидкістю течії понад 0,2 м/с відзначається інтенсивніше відновлення кисневого режиму, ніж у стоячих водоймах, де процеси застою призводять до формування анаеробних зон.

Біологічна ланка самоочищення включає діяльність фітопланктону, макрофітів і зоопланктону, які здатні поглинати надлишкові біогенні елементи. Наприклад, зарості очерету та елодеї можуть акумулювати до 3–5 г азоту і 0,5–1 г фосфору з одного квадратного метра за вегетаційний сезон, що значно знижує ризик евтрофікації.

Рівновага водної екосистеми підтримується також за рахунок циркуляції речовин між донними відкладами та водною товщею. У періоди стабільної температури (близько 18–22 °С) відбувається активна діяльність редуцентів, що забезпечує повернення мінеральних сполук у біотичний обіг. Коли ж надходження органіки перевищує здатність системи до її мінералізації, утворюється надлишок мулових відкладів, у яких накопичуються сірководень, амоній і фосфати. Це призводить до споживання розчиненого кисню й руйнування рівноваги.

Для підтримання стабільності екосистеми важливо, щоб швидкість надходження забруднювальних речовин не перевищувала потенціал її самоочисної здатності. У практиці аквакультури цей баланс досягається шляхом регулювання біомаси риби, контролю аерації та внесення органічних добрив у межах допустимих норм. Наприклад, при навантаженні 400–500 кг риби на гектар водойми концентрація розчиненого кисню зберігається на рівні 6–7 мг/л, що забезпечує активність мікрофлори та стабільний колообіг речовин.

1.5 Біологічна реакція гідробіонтів на інтенсифікаційні зміни середовища

Під впливом підвищеного органічного навантаження, що часто супроводжує інтенсифікацію аквакультури, спостерігається зростання біомаси фітопланктону та бактеріопланктону. У короткостроковій перспективі це може підвищувати первинну продукцію, проте надмірне збагачення води біогенними елементами призводить до явища евтрофікації. При концентрації загального фосфору понад 0,2 мг/л і нітратів вище 3–4 мг/л у товщі води формується інтенсивний фітопланктонний “цвіт”, що знижує прозорість і споживає кисень у нічний період. У результаті нічна концентрація розчиненого кисню може зменшуватися до 2–3 мг/л, що створює стресові умови для іхтіофауни [12].

Риби реагують на подібні зміни зміною поведінки та фізіологічного стану. При нестачі кисню нижче 4 мг/л у ставкових господарствах спостерігається підняття риби до поверхні та зниження швидкості обміну речовин, що веде до зменшення приросту маси. Водночас при оптимальному насиченні киснем (6–8 мг/л) і температурі води 20–24 °С швидкість приросту білкової маси у коропа або товстолоба зростає на 15–25 %, що свідчить про важливість стабільного гідрохімічного режиму [13].

Зміни трофічного статусу водойми впливають і на структуру зообентосу. Підвищення кількості органічних речовин у донних відкладах стимулює розвиток сапробних видів, таких як личинки хірономід, тубіфіциди чи олігохети, які витісняють більш чутливі таксони — гамарусів або моллюсків

родини *Unionidae*. Втрата останніх призводить до зниження природної фільтраційної здатності водойми: якщо у природному стані двостулкові молюски здатні фільтрувати до 30–40 л води на добу з 1 м² дна, то після їх зникнення цей показник може знизитися в кілька разів [14].

Макрофіти також реагують на інтенсифікаційні впливи. При збільшенні концентрації азоту та фосфору у воді відбувається активне розростання вищої водної рослинності — елодеї, рдесників, очерету. Це сприяє тимчасовому поліпшенню кисневого режиму вдень, проте надлишковий розвиток заростей уповільнює течію та прискорює замулення водойми. У подальшому такі ділянки переходять до стану застійних біотопів із дефіцитом кисню у придонних шарах [15].

Під дією меліораційних або аераційних заходів біологічна реакція гідробіонтів має переважно позитивний характер. Збільшення аерації на 1–1,5 мг/л кисню вище природного рівня активізує нітрифікуючі бактерії, що сприяє окисненню амонійного азоту до нітратної форми. Це знижує токсичність середовища та полегшує функціонування риб. За даними гідроекологічних досліджень, при застосуванні дрібнодисперсних аераторів у ставкових системах концентрація амонію зменшується на 30–40 % упродовж тижня, що відображається на поліпшенні стану гідробіонтів [16].

Біологічна реакція гідробіонтів на інтенсифікаційні зміни є комплексною і залежить від рівня антропогенного навантаження та здатності екосистеми до адаптації. За помірної інтенсифікації відбувається стимуляція продукційних процесів і зростання біомаси, тоді як при перевищенні екологічного порогу система переходить у стан напруження, що проявляється у зниженні видового різноманіття, порушенні трофічних зв'язків і деградації середовища. Збереження екологічної рівноваги можливе лише за умови раціонального поєднання технологічних рішень із природними можливостями водойми до саморегуляції [17].

Під впливом інтенсифікаційних процесів у водоймах гідробіонти вимушені пристосовуватися до нових умов існування, що супроводжується

формуванням або посиленням адаптаційних механізмів на морфологічному, фізіологічному, біохімічному та поведінковому рівнях. Ці механізми є результатом тривалого еволюційного відбору, однак у сучасних умовах антропогенного тиску вони часто проявляються як реакції короткострокової адаптації, спрямовані на підтримання життєздатності організмів у зміненому середовищі [18].

Одним із головних факторів, до яких гідробіонти повинні пристосовуватись, є коливання вмісту розчиненого кисню. При зниженні концентрації кисню до 3 мг/л більшість видів риб демонструють компенсаторну реакцію у вигляді прискореного дихання, збільшення частоти рухів зябер і активізації серцевої діяльності. У тривалих умовах гіпоксії в них спостерігається збільшення вмісту гемоглобіну та еритроцитів у крові. Наприклад, у коропа (*Cyprinus carpio*) після двотижневого перебування у воді з концентрацією кисню 3,5 мг/л кількість еритроцитів підвищується на 20–25 %, що забезпечує ефективніше транспортування кисню до тканин [16].

Фітопланктонні організми, реагуючи на зміну освітлення та температурного режиму, здатні змінювати швидкість фотосинтезу й склад пігментів. При зниженні прозорості води через “цвітіння” або замулення кількість хлорофілу *b* відносно *a* зростає, що дозволяє ефективніше засвоювати світло в умовах низької освітленості. Це є формою адаптації, яка забезпечує виживання автотрофних організмів навіть у непрозорих водах із високим вмістом завислих часток.

Бентосні організми мають розвинуті механізми толерантності до коливань хімічного складу води. Наприклад, представники родини *Tubificidae* здатні витримувати зниження концентрації кисню до 0,5 мг/л, переходячи на анаеробне дихання із залученням ферментів лактатдегідрогенази. Такі біохімічні адаптації забезпечують виживання у сильно замулених або забруднених ділянках ставків. Водночас тривале перебування в анаеробних умовах призводить до зниження репродуктивної здатності, що є екологічною платою за адаптацію.

У риб і безхребетних поширеними є також поведінкові механізми адаптації. При дефіциті кисню або підвищеній температурі вони змінюють просторову структуру розподілу, переміщуючись у ділянки з кращим гідрохімічним станом. Для ставкових риб характерне скупчення у приповерхневих шарах або поблизу місць подачі аерації. Підвищення концентрації амонію чи нітритів стимулює уникання ділянок із надлишковим органічним навантаженням [19].

У макрофітів і водоростей адаптаційна відповідь виражається у зміні морфології. Так, при збільшенні швидкості течії або механічних коливань рослини формують укорочені, щільні стебла, зменшують площу листових пластинок, що знижує ризик їх пошкодження. При дефіциті мінерального живлення активізується розвиток корневих систем або ризоїдів, які ефективніше поглинають поживні речовини з донного субстрату.

Зообентосні організми, які зазнають впливу токсичних речовин, формують толерантність через індукцію специфічних білків — металотіонеїнів, здатних зв'язувати важкі метали у нетоксичну форму. У молюсків роду *Unio* після 30-денного впливу іонів міді концентрація металотіонеїнів у тканинах зростає у 2–3 рази, що зменшує біодоступність токсичних сполук [22].

Здатність гідробіонтів до адаптації має певні межі, які визначаються інтенсивністю та тривалістю антропогенного навантаження. Коли вплив перевищує фізіологічні можливості організмів, адаптаційні механізми вичерпуються, і настає фаза стресу, що може завершитися загибеллю або зміною структури біоценозу. Саме тому важливим напрямом екологічного менеджменту є створення таких умов, за яких адаптаційні реакції гідробіонтів залишаються в межах норми й не переходять у патологічні форми.

Резюмуючи, адаптаційні механізми гідробіонтів є основним фактором, що визначає стійкість водних екосистем до інтенсифікаційних змін. Їхнє вивчення дозволяє оцінити не лише поточний екологічний стан водойм, але й прогнозувати реакцію біоти на подальше антропогенне навантаження, що є необхідною умовою для забезпечення сталого водокористування [23].

Отож водні екосистеми є складними і водночас чутливими структурами, функціонування яких залежить від рівноваги між природними процесами та антропогенним впливом. Саме тому будь-яке втручання, пов'язане з інтенсифікацією, потребує зваженого підходу.

Інтенсифікаційні заходи, зокрема застосування добрив, аерації, меліоративних і гідротехнічних робіт, годування риб та зариблення, еезважаючи на можливість підвищення продуктивності водойм здатні викликати низку небажаних екологічних наслідків, серед яких найпоширенішими є евтрофікація, кисневе виснаження, забруднення донних відкладів і зниження біорізноманіття. Корисні на перший погляд дії можуть спричинити довготривалі зміни в екосистемі, якщо їх застосування не супроводжується належним контролем. Тому необхідно постійно проводити моніторинг стану водойм, правильного дозування хімічних речовин, а також урахування фізико-хімічних і біологічних особливостей кожного конкретного водного об'єкта. Аналіз зарубіжного досвіду продемонстрував, що ефективне управління водними ресурсами можливе лише за умови поєднання технологічного прогресу з екологічною відповідальністю. Приклади з країн ЄС, Канади, Японії та Норвегії свідчать про важливість інтегрованого підходу, який базується на законах, екологічних стандартах і участі місцевих громад.

Таким чином, теоретичний аналіз доводить, що інтенсифікація може бути сумісною з екологічною безпекою, але лише за умов грамотного планування, наукового обґрунтування та сталого управління.

1.6. Екологічно безпечні технології у рибництві та аквакультурі відкритих водойм

Екологічно безпечне рибництво на відкритих водоймах передбачає використання таких технологічних рішень, які забезпечують високу продуктивність рибоводства, не порушуючи природної рівноваги екосистеми. На відміну від замкнених рециркуляційних систем, відкриті водойми характеризуються обмеженою можливістю контролю фізико-хімічних та біологічних параметрів, що робить критично важливим врахування природних процесів самоочищення та біоценотичної взаємодії організмів [24].

Одним із основних напрямів є підтримка природної кормової бази водойм через оптимальне використання органічних і мінеральних добрив. Дослідження показують, що в умовах відкритого ставкового господарства внесення перегною або компосту у кількості 3–5 т/га при низькому вмісті гумусу у донних відкладеннях дозволяє збільшити біомасу зоопланктону на 40–70%, що у свою чергу забезпечує кормову потребу для цьоголіток коропа масою 25–30 г. При цьому надлишкове внесення добрив понад 7 т/га може призвести до евтрофікації та дефіциту кисню в літній період, особливо у водоймах з низьким водообміном [25].

З мінеральних добрив найбільш ефективним є використання аміачної селітри та суперфосфату з розрахунку біологічної потреби водного об'єкта. Наприклад, у середньому для ставка площею 10 га та глибиною 1,8 м необхідно внести приблизно 220 кг/га аміачної селітри і 300 кг/га суперфосфату для досягнення оптимального рівня первинної продукції. Це забезпечує приріст фітопланктону до 35–40 мг/дм³ та зоопланктону до 10–12 мг/дм³, що відповідно підвищує рибопродуктивність на 400–600 кг/га за сезон [46,47].

Другим критичним компонентом екологічно безпечного рибництва є аерація відкритих водойм, особливо в літній період при високих температурах та низькому кисневому балансі. Використання плаваючих або стаціонарних аераторів дозволяє підтримувати концентрацію розчиненого кисню на рівні 5–7 мг/л, запобігаючи утворенню анаеробних зон у прибережних ділянках. У

випадках великих водойм, таких як водосховища площею понад 50 га, рекомендується застосовувати комбіновану систему аерації: циркуляційні насосні установки у глибинних частинах і повітряні компресори у прибережній зоні, що забезпечує рівномірний розподіл кисню по всій товщі води [26].

Важливе значення має контроль та оптимізація кормового навантаження, оскільки надлишкове годування риби органічними або комбікормовими добавками призводить до накопичення залишків корму та органічного осаду, що спричиняє зниження прозорості води та дефіцит кисню. Наприклад, при годівлі коропа у ставку площею 5 га з щільністю посадки 1 екз./м², оптимальна кількість корму складає приблизно 1,2–1,5 кг/м³ на тиждень. Надлишок у 20–30% може призвести до накопичення органіки на дні в межах 0,5–0,7 т/га, що підвищує ризик сірководневого забруднення.

Сучасні екологічно безпечні практики включають також застосування біоіндикаторів та біотехнологій для моніторингу стану водойм. Використання водних безхребетних (дафній, циклопів), макрофітів та мікроводоростей як показників первинної продукції дозволяє своєчасно визначати перевищення біогенних елементів та вживати корегувальні заходи, такі як часткове зменшення добрив або локальна аерація.

Особливу увагу приділяють збереженню та підтримці біорізноманіття. Для відкритих водойм важливим є утримання прибережних зон, затоплених ділянок з водною та напівводною рослинністю, де риба може здійснювати нерест, а органічні залишки мінералізуються природним шляхом. Наприклад, у водоймах з площею понад 20 га рекомендовано залишати не менше 15–20% площі прибережної зони під природне затоплення, що забезпечує стабільний розвиток зоопланктону та зообентосу, зменшує ризик масових заморів риби та підтримує стабільний кисневий режим [27].

Екологічно безпечні технології у рибництві відкритих водойм ґрунтуються на поєднанні оптимізації добрив, контролю годівлі, аерації та підтримки природної структури біоценозів, що дозволяє підвищувати продуктивність рибництва без деградації екологічного стану водойм.

Впровадження таких підходів є необхідною умовою для стійкого розвитку рибогосподарських систем у відкритих водоймах України та світу.

1.7. Біотехнологічні методи очищення та самоочищення водойм

Біотехнологічні методи очищення водойм базуються на використанні природних або керованих біологічних процесів, спрямованих на зменшення вмісту органічних і мінеральних забруднень, відновлення кисневого режиму та підвищення біологічної стійкості екосистеми. У відкритих водоймах, де неможливо застосувати технічні очисні системи в повному обсязі, біотехнологічні рішення є найбільш ефективним, екологічно безпечним і економічно доцільним способом підтримання якості води [28].

Процеси самоочищення є частиною функціонування будь-якої водної екосистеми. Їх ефективність визначається інтенсивністю біохімічного споживання кисню, наявністю активного фітопланктону, донних мікроорганізмів і гідробіонтів, здатних до біотрансформації органічних сполук. У природних умовах коефіцієнт самоочищення водойм становить у середньому 0,2–0,3 мг O₂/л·добу на кожен грам органічної речовини, проте цей показник може зростати у 2–3 рази при штучній біостимуляції [29,30].

Одним із ефективних біотехнологічних підходів у ставкових і водосховищних системах є використання фітоочисних зон. Прибережні смуги, засаджені очеретом, рогозом, елодеєю або рдесником, виконують функцію природного біофільтра. Рослини поглинають надлишкові сполуки азоту та фосфору, стабілізують донні відкладення, а також створюють середовище для розвитку мікроорганізмів-редуцентів. Наприклад, очерет звичайний (*Phragmites australis*) за вегетаційний сезон здатен акумулювати до 250–300 кг/га азоту та 80–100 кг/га фосфору, що знижує ймовірність евтрофікації у водоймах з підвищеним біогенним навантаженням.

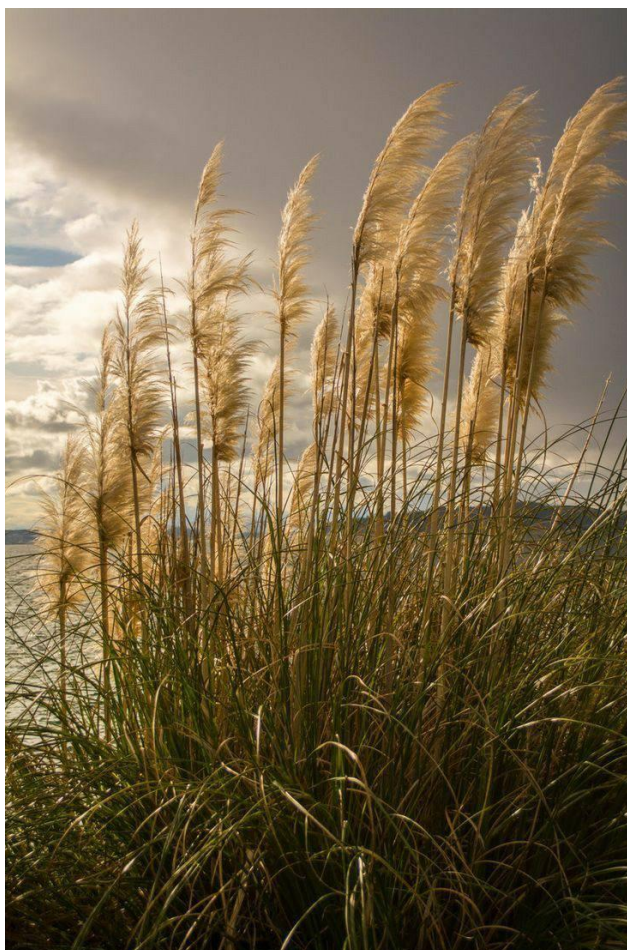


Рис. 1.1 Очерет звичайний (*Phragmites australis*)

Додатково застосовується інтродукція гідробіонтів-фільтраторів, таких як двостулкові молюски (*Anodonta cygnea*, *Dreissena polymorpha*), коропові риби (білий товстолобик, білий амур), які природним шляхом регулюють чисельність фітопланктону та знижують вміст завислих органічних частинок. Так, за даними досліджень Інституту рибного господарства НААН України, білий товстолобик площею живлення 1 га за сезон може профільтрувати до 15–20 т води, видаляючи до 70% завислих речовин і 50% фітопланктонних клітин. Це дозволяє зменшити біомасу водоростей на 1,2–1,5 г/дм³ та підвищити прозорість води на 20–30 см [49].



Рис. 1.2 *Dreissena polymorpha*



Рис. 1.3-1.4 *Anodonta cygnea*

Перспективним напрямом для відкритих водойм є використання біопрепаратів на основі активних мікроорганізмів, що прискорюють розклад органічної речовини та пригнічують патогенну мікрофлору. До їх складу входять бактерії родів *Bacillus*, *Nitrosomonas*, *Nitrobacter*, *Pseudomonas*, які беруть участь у процесах нітрифікації, денітрифікації та біодеградації органіки. Внесення бактеріального препарату з концентрацією 10^9 КУО/г у став площею 5 га (доза 2 кг/га) дозволяє за 10–14 днів знизити біохімічне споживання кисню

(БСК₅) на 25–30% і концентрацію аміаку на 0,2–0,3 мг/л, що істотно покращує кисневий режим [48].

Ще один підхід — біотехнологічна ренатуралізація донних відкладів. У відкритих водоймах із тривалим періодом експлуатації в донних шарах накопичується органічна маса (до 20–40 т/га), яка під дією анаеробних процесів стає джерелом аміаку, метану та сірководню. Для зменшення цього впливу використовуються комплекси біоактиваторів — суміші аеробних бактерій та ферментів, що окиснюють органіку. Застосування таких препаратів дозволяє прискорити мінералізацію мулу на 25–40% протягом одного вегетаційного сезону, що знижує ризик заморних явищ і підвищує біогенну рівновагу водойми.

Високу екологічну ефективність демонструють біоплато — створені ділянки з ґрунтово-рослинним покривом, розміщені на вході або виході водойми. Вони імітують природні болотні системи та діють як біореактори. На одному гектарі біоплато може щорічно утримувати до 500 кг завислих речовин, 120 кг азоту та 40 кг фосфору. У поєднанні з прибережною рослинністю це дозволяє знизити трофічний рівень водойми на одну категорію за класифікацією трофності (з евтрофної до мезотрофної).

Не менш важливим є регулювання видового складу іхтіофауни з урахуванням екологічної спеціалізації видів. Використання поліфункціональних угруповань — наприклад, комбінації білого товстолобика, коропа, карася та рослиноїдних риб — забезпечує ефективну утилізацію органічних решток на різних трофічних рівнях, що підтримує природні процеси самоочищення [31].

Біотехнологічні методи очищення водойм мають не лише екологічний, а й економічний ефект. Зменшення кількості завислих речовин та біогенів у воді скорочує потребу в технічних аераторах, знижує витрати на добрива та корм. За результатами досліджень, впровадження комплексної біотехнологічної системи (фітофільтрація + біопрепарати + молюски-фільтратори) дозволяє знизити

експлуатаційні витрати рибогосподарства на 15–20%, а продуктивність підвищити на 25–30%.

Біотехнологічні методи очищення і самоочищення у відкритих водоймах базуються на використанні природного потенціалу екосистеми — мікроорганізмів, макрофітів, безхребетних та риб — у поєднанні з помірним технічним впливом. Це забезпечує відновлення природної рівноваги, стабілізацію гідрохімічних показників та підвищення екологічної стійкості водойм при інтенсивному використанні у рибництві [32].

1.8. Розробка комплексу заходів щодо зменшення негативного впливу

Інтенсифікація виробництва у рибному господарстві “Нивки” супроводжується зростанням навантаження на водне середовище, що проявляється у зміні гідрохімічного складу, підвищенні біогенів, накопиченні донних відкладень і зниженні рівня розчиненого кисню. Для стабілізації екологічного стану водойми необхідно впроваджувати комплекс заходів, спрямованих на оптимізацію гідрохімічного режиму, покращення біологічного балансу та підтримання процесів самоочищення [33].

Оптимізація гідрохімічного режиму водойм господарства

Одним із першочергових напрямів є контроль за концентрацією фосфатів і сполук азоту, що викликають евтрофікацію. Для водойм господарства “Нивки” рекомендовано регулярний частковий водообмін на рівні 10–15 % від загального об’єму ставу протягом місяця в період літнього максимуму температур. Наприклад, для вирощувального ставу об’ємом 25 000 м³, добовий об’єм підживлення має становити близько 2500–3000 м³, що дозволить підтримувати концентрацію розчиненого кисню у межах 6,5–8 мг/дм³ та уникати кисневих задух [34].

Для стабілізації кисневого режиму доцільно застосовувати електромеханічні аератори типу “Волна-2” або “Каскад”, з продуктивністю 40–

60 м³/год. Один такий агрегат здатен забезпечити киснем до 5000 м³ води, тому на став площею 5 га достатньо 2–3 одиниць обладнання. Це сприяє інтенсифікації окисних процесів і зменшує накопичення органічного мулу.

Біотехнічні заходи з використанням гідробіонтів

З метою зменшення кількості органічних решток і фітопланктону доцільно застосовувати біоманіпуляційні методи, тобто залучення до процесу очищення водойм певних видів гідробіонтів [35].

У водоймах “Нивок” рекомендується утримання фільтруючих риб — білого та строкатого товстолобиків. Один екземпляр товстолобика масою 2 кг фільтрує до 25–30 л води за годину, що при щільності посадки 300 екз/га дозволяє природно очищувати понад 180 м³ води на добу. Додатково можна використовувати двостулкових молюсків *Dreissena polymorpha*, які ефективно затримують завислі частки і зменшують каламутність.

На ділянках зі сповільненою течією доцільно створювати біоплато — зони з висадженими очеретом, рогозом або кугою. Такі ділянки природним чином зв’язують надлишок біогенів: з одного квадратного метра біоплато видаляється до 1 г фосфору і 3–4 г азоту за добу. Це дозволяє зменшити швидкість евтрофікації водойм і підвищує прозорість води [36].

Важливою складовою комплексу робіт є профілактична меліорація ставів, яка полягає у частковому видаленні надлишкових донних відкладень та мулу, що утворюється внаслідок надмірного годівлі та накопичення органіки [37].

У господарстві “Нивки” доцільно здійснювати очищення 0,5–1,0 га площі щороку з видаленням шару донних відкладень завтовшки 10–15 см, що дає можливість знизити вміст органічних речовин у донному шарі на 20–30 %.

Для підвищення ефективності меліораційних заходів пропонується використання природних сорбентів (цеоліт, бентоніт, сапропель) у дозі 20–25 кг/га. Вони адсорбують амонійні сполуки, фосфати та важкі метали, покращуючи якість води та скорочуючи біогенне навантаження.



Рис.1.5 Механізоване очищення водойми від надлишкових мулових нашарувань із застосуванням земснаряда.

Організаційно-технічні та моніторингові заходи

Для стабільного функціонування екосистеми водойм “Нивки” необхідно впровадити систему екологічного моніторингу, яка передбачає:

- щомісячний контроль рівня кисню, рН, температури, прозорості, концентрації біогенних сполук;
- щоквартальний аналіз складу фітопланктону, зоопланктону та донних організмів;
- спостереження за швидкістю накопичення мулу та станом берегової зони.

На основі отриманих даних здійснюється корекція господарських навантажень: регулювання годівлі, щільності посадки, графіку водообміну та роботи аераційних систем.

РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Матеріали для досліджень, схема досліду

Дослідження було проведено на базі Державного підприємства «Дослідне господарство “Нивка”» Інституту рибного господарства НААН України (ДП «ДГ “Нивка”» ІРГ НААН) у двох вирощувальних ставках площею 0,05–0,08 га та середньою глибиною 1,0 м, один із яких використовувався як контрольний.

Підготовка вирощувальних ставів до зариблення передбачала виконання комплексу технологічних заходів. Розчищення каналів осушувальної мережі проводили навесні за 20–30 діб до заповнення ставів водою, що забезпечувало належне функціонування осушувальних систем і підготовку водойм до наповнення. Заповнення ставів здійснювали за п'ять діб до моменту зариблення личинкою, поступово, щоб зберегти стабільні умови розвитку екосистеми. Для подачі води застосовували рибосміттєвловлювачі зі спеціальним рукавом завдовжки 3 м, оснащеним капроновим ситом №12, яке забезпечувало фільтрацію води та запобігало потраплянню у ставок водних хижаків і шкідливих організмів. Збільшення площі фільтрації сприяло зниженню ризику проникнення небажаних видів.

Температура води контролювалася, оскільки цей показник є важливим чинником успішного зариблення. Вона залишалася стабільною та не відрізнялася від температури води у транспортній ємності більш ніж на 2 °С, що дозволяло уникнути стресу у риб під час переселення. Зариблення проводили в ранковий час, коли рівень води у ставках досягав 50 см, випускаючи личинок у декількох місцях для забезпечення їх рівномірного розподілу по водоймі, що сприяло ефективному вирощуванню.

Комплекс проведених заходів створив оптимальні умови для вирощування риби, мінімізував ризик розвитку захворювань та сприяв стабільному функціонуванню ставкової екосистеми. Щільність посадки визначали з урахуванням природної рибопродуктивності зони та заходів,

спрямованих на посилення розвитку природної кормової бази. Розрахунок щільності посадки здійснювали за встановленою формулою.

$$X = \frac{S * П * 100}{M * B},$$

де X – кількість посадкового матеріалу;

S – площа ставу, га;

M – маса кінцевої продукції, кг;

B – вихід кінцевої продукції, %.

П – Приріст маси

2.2. Методи гідробіологічних досліджень у ставах

Протягом періоду вирощування риби здійснювався контроль формування екологічних умов експериментальних ставів, зокрема температурного режиму, хімічного складу води та розвитку природної кормової бази. Температуру води фіксували один раз на добу. Відбір і обробку гідрохімічних проб проводили відповідно до загальноприйнятих методик, а отримані результати порівнювали з діючими рибницькими нормативами. Гідробіологічні проби (фіто- та зоопланктон, зообентос) відбирали і обробляли згідно з відповідними методиками, а для визначення видового складу планктонних водоростей та безхребетних тварин [38].

Гідрохімічні та гідробіологічні проби брали двічі на місяць протягом вегетаційного сезону, тривалість якого становила 135 діб. Індивідуальну масу цьоголіток визначали за допомогою електронних ваг KERN – 440-45 N з точністю до 0,1 г.

Після завершення польових досліджень оцінювали вирощений рибопосадковий матеріал коропа за рибницькими показниками, зокрема рибопродуктивністю ставів (кг/га), відсотком виходу цьоголіток від посаджених непідрослених личинок (%) та середньою індивідуальною масою осіб (г).

2.3 Характеристика доінтенсифікаційних заходів

Дослідне господарство «Нивка» було обране як об'єкт для аналізу через його статус провідної науково-дослідної бази Інституту рибного господарства УААН, що спеціалізується на вивченні та впровадженні сучасних інтенсифікаційних технологій у прісноводному рибництві. Господарство має розвинену інфраструктуру, налагоджену систему водозабезпечення та моніторингу, а також забезпечує можливість проведення контрольованих експериментів у ставових умовах.

Стави були збудовані на торф'яниках, дно має суглинисто-торф'яний характер з домішками мулу. Хімічні властивості донних відкладень є змінними, ближче до осені спостерігалось підлугування та збіднення ґрунтів органікою, що потребувало проведення відповідної підготовки перед зарибленням. Зокрема, було здійснено очистку осушувальної мережі та внесення 800 кг/га вапна з дезінфекційною метою. Додатково стави удобрили перегноєм великої рогатої худоби в нормі 2 т/га.

Зариблення здійснювали непідросленою личинкою коропа внутрішньопородного типу, виведеного в господарстві «Нивка». Зариблення проводили 25 травня за температури води 17,3 °С, при частковому (1/3) наповненні ставів, що відповідало фізіологічно сприятливим умовам для молоді. Упродовж вегетаційного періоду (130 днів) здійснювали контроль за зоопланктоном, температурою води та кисневим режимом. З метою біомеліорації на початку липня у стави підсадили дворічок білого амура (50 екз./га), а також 8 липня — підрощену молодь гібрида білого і строкатого товстолобиків (20 тис. екз./га).

Протягом усього вегетаційного періоду здійснювався моніторинг фізико-хімічних та біологічних показників: щоденно вимірювали температуру води та вміст розчиненого кисню; двічі на місяць відбирали проби бактеріопланктону, фітопланктону, зоопланктону та бентосу відповідно до методичних рекомендацій. Загальний хімічний аналіз води проводили на початку та в кінці

сезону. Також кожні два тижні здійснювали контрольні облови риб з метою визначення темпів росту.

Отримані дані дозволяють зробити висновки про вплив різної щільності посадки риб та інтенсивності удобрення на екологічний стан вирощувальних ставів, продуктивність і стабільність гідробіологічних угруповань.

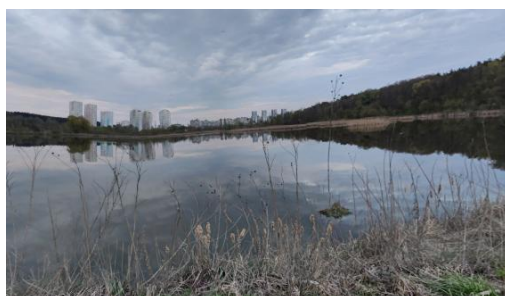


Рис 2.1 – 2.3. Дослідне господарство "Нивка"

Для кількісної оцінки бактерій використовують метод прямого підрахунку Разумова, що дає змогу враховувати кількість мікроорганізмів, які здійснюють процеси деструкції органічної речовини. Суть методу полягає в концентруванні бактерій з проби води на поверхні мембранного фільтра, фарбуванні барвниками та подальшому опрацюванні фільтра в світловому мікроскопі з імерсійною системою. З відібраних проб відбирали 2 мл води і фільтрули через попереднього оброблений і пронумерований мембранний ультрафільтр № 2, що знаходиться в спеціальному фільтрувальному пристрої

(лійка Зейтца та колба Бунзена). Фільтрацію проводили в розрідженому середовищі за допомогою насоса Шинса. Усі металеві частини лійки Зейтца стерилізували у полум'ї спиртівки (метод фламбування). Після фільтрування фільтр підсушували на фільтрувальному папері під скляним ковпаком.

Фільтри фарбували 5% розчином еритрозину протягом 24 годин, а потім відмивали від фарби шляхом перекладання їх на вологий фільтровальний папір до отримання світлорожевого забарвлення. У сучасних мікробіологічних дослідженнях використовують флуорохромні барвники – акрединоранж та 4,6-діамідино-2-фанілоіндол (DAPI) [18].

Підрахунок мікроорганізмів проводили на частині фільтра (1/2) під мікроскопом з імерсійною системою.

Розрахунок чисельності бактерій проводили за формулою:

$$N = \frac{S \times 10^6 \times a}{s \times n \times v}$$

де, N - кількість бактерій в 1 мл води;

S – площа фільтра, мм²;

10⁶ – коефіцієнт для переходу від мм² до мкм²;

a – сума бактерій, підрахованих в полях зору;

s – площа окулярної сітки, в якій були підраховані бактерії, мкм²;

v – об'єм профільтрованої води, мл.

При підрахунку бактерій на мембранних фільтрах одночасно проводили вимірювання клітин з метою визначення біомаси. Для цього спочатку за допомогою окуляр-мікрометра або окулярної лінійки, що вставляється у окуляр мікроскопа вимірювали розміри бактеріальних клітин (паличок, коків). Після вимірювань визначали об'єм тіл бактерій, прирівнюючи їх до геометричних тіл (кулі, циліндра, еліпсоїда) і за відомими формулами вираховують їх об'єм. Добуток об'єму (у мкм³) і чисельності (у тис.кл/л) дає масу, яку виражають у мг/л або г/м³.

Біомасу бактеріопланктону визначали за формулою:

$$B = N \times V, \text{ де}$$

B – біомаса (мг/л);

N – чисельність (млн.кл/мл);

V – середній об'єм клітин (мкм³)

Проби бактеріопланктону відбирали синхронно з відбором інших гідробіологічних угруповань – фітопланктону, зоопланктону і зообентосу.

За своїм регіональним розташуванням дослідне господарство “Нивка” відноситься до зони Полісся, що за рибоводно – біологічними нормативами відповідає третій зоні ставового рибництва.

Українське Полісся характеризується підвищеною вологістю: за рік тут випадає 600-700 мм опадів, середня температура в квітні – жовтні становить 12,6 –14,6 °С, кількість опадів за температури повітря понад 10 °С – 153 – 160 мм і понад 15 °С – 80 – 140 мм. Загальна сума тепла за цей період варіює в межах 2400 – 3000 °С.

Клімат Київського Полісся м'який, теплий, вологий, середньорічна температура 5,5 – 6,5 °С. Січнева багаторічна (-15°С), липнева (25 °С). Кількість днів з температурами повітря вище 15 °С – 90 – 105, середньорічна кількість опадів більша 570 мм.

Проведені дослідження показали, що інтенсифікаційні заходи, спрямовані на покращення умов вирощування, позитивно вплинули на рибопродуктивність ставів та екологічний стан водного середовища.

Найвищу рибопродуктивність коропа зафіксовано у ставі №1 — 417,5 кг/га при середній масі цьоголіток 49,7 г. У ставі №2, попри підвищену щільність посадки, рибопродуктивність становила 338,5 кг/га, а середня маса цьоголіток — 27,3 г. Найнижчі показники відзначено у ставі №3 — 322,5 кг/га при середній масі цьоголіток 21,5 г.

Після впровадження комплексу інтенсифікаційних заходів, до яких належали регулювання гідрохімічного режиму, контроль рівня розчиненого кисню, внесення органічних і мінеральних добрив та оптимізація кормової бази,

підсумкова рибопродуктивність зростає на 10–15 %, досягнувши 820–910 кг/га залежно від щільності посадки.

Отримані результати свідчать, що інтенсифікація процесів вирощування не лише підвищила вихід рибної продукції, але й сприяла покращенню екологічної рівноваги водойм. Завдяки раціональному поєднанню технологічних та біотехнічних заходів вдалося зберегти стабільність гідробіологічних процесів, запобігти надмірному розвитку евтрофікаційних явищ і забезпечити належний санітарний стан ставів. Таким чином, встановлено, що екологічно обґрунтоване застосування інтенсифікаційних заходів є ключовим чинником підвищення рибопродуктивності за одночасного збереження якості водного середовища [24,25].

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Застосовані інтенсифікаційні заходи та їхня мета

У дослідному господарстві «Нивка» було застосовано комплекс інтенсифікаційних заходів, спрямованих на підвищення природної рибопродуктивності ставів, забезпечення належного санітарного стану водойм, оптимізацію умов вирощування риби та підтримку стабільності гідробіологічного середовища. Основні методи включали попередню підготовку ставів, внесення добрив, вапнування, регуляцію щільності зариблення, біомеліорацію, а також контроль за гідрохімічними та біологічними показниками водного середовища.

Перед зарибленням було здійснено розчищення осушувальної мережі, що мало на меті забезпечити належну циркуляцію води та зменшити застійні ділянки, які можуть сприяти накопиченню органіки та розвитку патогенної мікрофлори. Для знезараження ґрунту проводили вапнування у нормі 800 кг/га. Цей захід сприяв зменшенню кислотності донних відкладень, пригніченню розвитку небажаних мікроорганізмів та покращенню загального санітарного стану ставів.

З метою стимулювання розвитку природної кормової бази було внесено органічне добриво — перегній великої рогатої худоби (2 т/га). Його рівномірно розподіляли по урізу води невеликими купками. Крім того, застосовували мінеральні добрива: аміачну селітру (600 кг/га, вміст чистого азоту 35%) та суперфосфат (450 кг/га, вміст фосфору 9,5%). Мета внесення добрив — стимуляція росту фітопланктону і зоопланктону, що є основним природним кормом для молоді риби [48].

Щільність посадки риби було варіативною — у межах 50,05–70,05 тис. екз./га. Розрахунки проводили на основі показників природної продуктивності водойм, з урахуванням очікуваного приросту та виходу кінцевої продукції. Основу посадкового матеріалу становила непідрощена личинка коропа а також

гібрид білого та строкатого товстолобиків і дворічний білий амур. Біомеліорація за участю білого амура (50 екз./га) мала на меті стримування надмірного розвитку вищої водної рослинності, що могло б порушити гідрохімічний режим.

Для забезпечення екологічного контролю за умовами вирощування протягом усього вегетаційного періоду (130 днів) проводили регулярні вимірювання температури води, рівня розчиненого кисню, окислюваності, вмісту біогенів, а також контроль за розвитком бактеріопланктону, фітопланктону, зоопланктону та бентосу. Додатково здійснювались контрольні облови для оцінки темпів росту риб [49].

Отже, застосовані інтенсифікаційні заходи були спрямовані не лише на збільшення виходу рибної продукції, а й на створення контрольованого, екологічно збалансованого середовища, в якому можливо забезпечити стале функціонування ставової екосистеми без ризику її деградації.

3.2 Аналіз впливу інтенсифікаційних заходів на екологічний стан

Розвиток та продуктивність гідробіологічних угруповань у тому числі і бактеріопланктону у вирощувальних ставах обумовлювались комплексом чинників, головними з яких слід вважати температурний режим, характер ґрунтів на яких розташовані стави, гідрохімічний і газовий режим та ступінь інтенсифікації рибництва.

Хімічний склад води дослідних ставів за класифікацією О.А. Альокіна відноситься до гідрокарбонатного класу групи Ca^{2+} . Кількість основного аніону (гідрокарбонатів HCO_3^-) не перевищувала 158,65-170,87 мг/л. Основні катіони кальцію дорівнювали 61,12-81,65 мг/л; натрію та калію – 49,57-61,45 мг/л., що в деяких випадках перевищували нормативні значення для Північного Полісся. Кількість хлоридів (по варіантах досліду – 91,95; 88,57 та 93,65 мг/л) та сульфатів (відповідно 83,32; 67,91; 91,51 мг/л) також були вищими від нормативних.

Таблиця 3.1

Гідрохімічні показники вирощувальних ставів

№ з/п	Варіанти дослідів	став 1	став 2	став 3	НЗ для ставової води
	Показники				
1.	Водневий показник, рН	<u>6,4 – 9,0</u> 7,45	<u>5,9 – 9,4</u> 7,66	<u>5,9 – 9,4</u> 7,1	6,5-8,5
2.	Вільний аміак, NH ₃ , мгN/л	<u>0,002 – 0,63</u> 0,09	<u>0,001 – 0,48</u> 0,10	<u>0,001 – 1,16</u> 0,1	0,05
3.	Перманганатна окислюваність, мгО/л	<u>12,0 – 23,7</u> 20,7	<u>9,4 – 22,9</u> 18,6	<u>11,3 – 26,8</u> 20,0	до 15,0
4.	Амонійний азот, NH ₄ ⁺ , мгN/л	<u>0,91 – 7,8</u> 1,77	<u>0,62 – 6,17</u> 1,54	<u>0,86 – 4,8</u> 1,59	1,0
5.	Нітриди, NO ₂ ⁻ , мгN/л	<u>0,01 – 0,04</u> 0,02	<u>0,01 – 0,04</u> 0,03	<u>0,01 – 0,05</u> 0,02	0,1
6.	Нітрати, NO ₃ ⁻ , мгN/л	<u>0,08 – 0,4</u> 0,16	<u>0,1 – 0,5</u> 0,22	<u>0,09 – 0,57</u> 0,22	2,0
7.	Мінеральний фосфор, PO ₄ ³⁻ , мгP/л	<u>0,10 – 0,47</u> 0,27	<u>0,11 – 0,97</u> 0,45	<u>0,11 – 0,48</u> 0,28	0,5
8.	Загальне залізо, Fe ²⁺ +Fe ³⁺ , мгFe/л	<u>0,60 – 2,19</u> 1,18	<u>0,56 – 2,09</u> 1,2	<u>0,48 – 1,51</u> 0,99	1,0
9.	Кальцій, Ca ²⁺ , мг/л	<u>40,1 - 106,2</u> 71,65	<u>44,1 – 76,2</u> 61,12	<u>50,1 – 122,2</u> 81,65	50-60
10.	Магній, Mg ²⁺ , мг/л	<u>8,5– 24,3</u> 16,73	<u>10,9 – 19,4</u> 15,17	<u>4,9 – 15,8</u> 11,57	15-30
11.	Натрій +Калій, Na ⁺ +K ⁺ мг/л	<u>26,0 – 80,0</u> 49,57	<u>31,8 – 100,0</u> 61,45	<u>22,3 – 80,0</u> 52,2	40,0
12.	Гідрокарбонати, HCO ₃ ⁻ , мг/л	<u>146,4 – 195,3</u> 158,65	<u>146,3 – 195,3</u> 170,87	<u>134,2 - 207,5</u> 158,6	300
13.	Хлориди, Cl ⁻ , мг/л	<u>59,3 – 123,9</u> 91,95	<u>55,2 – 122,6</u> 88,57	<u>59,3 – 125,3</u> 93,65	50-70
14.	Сульфати, SO ₄ ²⁻ мг/л	<u>32,9 – 148,1</u> 83,32	<u>37,0 – 127,6</u> 67,9	<u>32,9 – 218,1</u> 91,5	50,0
15.	Загальна твердість, мг-кв/л	<u>3,2 – 7,1</u> 4,95	<u>3,4 – 5,2</u> 4,3	<u>3,5 – 7,2</u> 5,0	4-6
16.	Мінералізація, мг/л	<u>298,5 – 651,2</u> 471,9	<u>338,0 – 624,8</u> 465,1	<u>328,5 – 688,2</u> 489,3	400-500

Вміст розчиненого у воді кисню був задовільний протягом періоду вирощування риби і знаходився в межах 2,3 – 4,5 мгО/л, проте в окремі дні концентрація кисню у воді опускалася до 0,6 – 2,0 мгО/л.

Перманганатна окислюваність по варіантах досліду була 20,7 мгО/л; 18,6 та 20,0 мгО/л, яка знаходиться в межах рибоводних норм. У воді були присутні всі біогенні елементи, які необхідні для розвитку природної кормової бази (зокрема, фітопланктону та бактеріопланктону). Разом з тим відмічено незначне підвищення амонійного азоту (NH_4) в середньому до 1,54-1,77 мгN/л, та загального заліза $\text{Fe}^{2+}+\text{Fe}^{3+}$ до 1,18-1,20 мгF/л. Концентрація вільного аміаку NH_3 , також була вищою - 0,09-0,10 мг N/ л (табл 3.2).

Розвиток та продуктивність гідробіологічних угруповань у вирощувальних ставах значною мірою залежали від температурного режиму, характеру ґрунтів, гідрохімічного та газового режимів води, а також рівня інтенсифікації рибництва. Хімічний склад води відповідав гідрокарбонатному класу Ca^{2+} , з показниками, які в деяких випадках перевищували нормативні значення для Північного Полісся. Вміст розчиненого кисню та перманганатної окислюваності залишався в межах, допустимих для рибоводних норм, проте спостерігалось незначне підвищення концентрацій амонійного азоту та загального заліза, що потребує додаткового контролю для забезпечення оптимальних умов для розвитку водних організмів.

Фітопланктон. Флористичний аналіз альгофлори виявив значне видове різноманіття водоростей, представлене 133 видами та внутрішньовидовими таксонами, що належать до п'яти систематичних відділів. Найбільшу кількість видів становили зелені водорості (*Chlorophyta*) — 81 вид, що свідчить про високий рівень біорізноманіття цієї групи у досліджених водоймах. Найбільш чисельними серед них були представники протококових водоростей, зокрема з родин *Scenedesmus*, *Ankistrodesmus*, *Coelastrum*, *Pediastrum* і *Crucigenia*. Їхня присутність свідчить про сприятливі умови середовища для розвитку цих груп автотрофних організмів.

Менш численними за видовим складом були синьозелені водорості (*Cyanoprokaryota*) — 17 видів, однак саме вони формували домінуючу групу в планктоні як за чисельністю, так і за біомасою. Найбільш поширеними видами були *Aphanizomenon flos-aquae*, *Anabaena flos-aquae* та *Microcystis sp.* — типові представники евтрофних водойм, здатні до масового розвитку (включаючи «цвітіння» води) і утворення токсичних метаболітів. Їх значна чисельність (97–98%) та біомаса (77–86%) в альгофлорі ставів упродовж вегетаційного періоду вказує на високий трофічний статус водойм та потенційний ризик погіршення водного середовища.

Серед інших таксономічних груп були виявлені: діатомові водорості (*Bacillariophyta*) — 16 видів, переважно з родин *Cyclotella*, *Melosira*, *Asterionella*; еугленові (*Euglenophyta*) — 15 видів, серед яких переважали *Trachelomonas* та *Euglena*; а також пірофітові (*Dinophyta*) — 4 види. Види роду *Chlamydomonas* з родини вольвоксових також траплялися серед зелених водоростей. Усі вищезгадані групи формували фонову частину фітопланктону, беручи участь у трофічних процесах водойм, однак їхній вплив на формування альгофлори був обмеженим у порівнянні з синьозеленими.

Незважаючи на переважання однієї домінуючої групи, флористичне різноманіття водойм залишалося відносно стабільним, а відмінності між стаками за видовим складом водоростей були незначними. Це свідчить про схожість екологічних умов у різних ставах, а також про єдину трофічну спрямованість формування фітопланктонних угруповань.

Зоопланктон. Зоопланктон досліджених ставів представлений формами, характерними для евтрофних водойм. Серед цих гідробіонтів виявлено 37 видів, які належать до трьох основних груп: *Rotatoria*, *Copepoda*, *Cladocera*. Серед представників *Rotatoria* виявлено 17 видів, *Cladocera* - 13 видів *Copepoda* - 7 видів. Серед масових видів коловерток зустрічались *Karatella quadrata*, *Asplanchna priodonta*, *Brachionus angularis*, *B. diversicornis*, *B. colyciflorus*, *Poliarthra vulgaris*, *Keratella cochlearis*; серед гіллястовусих ракоподібних - *Bosmina longirostris*, *Moina rektinostris*, *Daphnia magna*, *D. longispina*, *Chydorus*

sp. Поширеними формами серед веслоногих ракоподібних були *Cyclops viridis*, *C. vicinus*, *C. strenuus*, *Acanthocyclops vernalis*, *A. leucarti*, *Eudiaptomus graciloides*, *Eurytemora velox*.

Провідну роль у кількісному розвитку зоопланктону ставів відігравали гіллястоусі і веслоногі ракоподібні. Протягом вегетаційного періоду відбувається зміна форм гідробіонтів. Структура планктонного угруповання в ставах була подібною.

Основну біомасу зоопланктону складали в основному гідробіонти, що відносяться до кладоцерно-копеподного комплексу (73-99%), хоча в деяких ставах біомаса коловороток була доволі суттєвою і знаходилась на рівні 11-27%, а їх чисельність складала 12,5 - 69% загальної чисельності гідробіонтів. Завдяки удобренню ставів органічними добривами добрий розвиток зоопланктону спостерігали практично з самого початку вирощування риби. Кращий розвиток зоопланктону спостерігали в міру зниження щільності посадки риби.

3.3. Екологічний моніторинг: якість води, рівень забруднення, біорізноманіття

Упродовж вегетаційного періоду в дослідному господарстві «Нивка» здійснювався систематичний екологічний моніторинг з метою оцінки стану водного середовища, виявлення потенційних джерел забруднення та визначення змін у структурі гідробіологічних угруповань. Контрольні спостереження проводилися відповідно до загальноприйнятих методик: щоденно — гідротермічні параметри, двічі на місяць — біологічні показники, та двічі за сезон — повний хімічний аналіз води.

Окислюваність води зростала пропорційно інтенсифікаційним заходам. Це вказує на збільшення кількості органічних речовин у водному середовищі, що є наслідком внесення органічного добрива та залишків кормових речовин. Аналіз води на вміст біогенних елементів (азот, фосфор) також підтвердив їх накопичення в другій половині вегетаційного періоду. Проте значення

залишались у межах допустимих для ставових господарств при правильному дозуванні добрив.

Хоча специфічних токсикантів у воді не виявлено, локальне підкислення та перевищення норм за органічною окислюваністю у ставі №3 свідчать про зростаюче навантаження на водну екосистему. Донні відкладення в цьому ставі мали виражені ознаки збагачення органікою, що потребує в подальшому більш активного біологічного очищення або зниження щільності посадки.

Також виявлено, що при підвищеній концентрації біогенів відбувається розвиток окремих груп бактерій, які вказують на зменшення саморегуляції у водоймі. Ці процеси, у разі відсутності коригування, можуть призвести до гіпоксії та накопичення продуктів розпаду органіки (аміак, сірководень).

Гідробіологічні дослідження засвідчили помітне зростання чисельності фітопланктону та зоопланктону в ставках із помірною щільністю посадки (ставки №1, №2), що свідчить про сприятливі умови для розвитку кормової бази. Проте у ставі з максимальною щільністю (№3) зафіксовано ознаки зниження видового різноманіття зоопланктону та появу переважаючих видів-опортуністів, що є свідченням екологічного стресу.

Структура бентосу залишалася відносно стабільною, хоча спостерігалось незначне зменшення біомаси у ставку №3 наприкінці сезону, що може бути наслідком погіршення кисневого режиму у придонних шарах.

Таблиця 3.2

Екологічні показники ставів за різної щільності зариблення

Показник	Став №1 (50,05 тис. екз./га)	Став №2 (60,05 тис. екз./га)	Став №3 (70,05 тис. екз./га)
Середня температура води, °С	22,6	22,7	22,9
Мінімальна концентрація O ₂ , мг/л	5,2	4,8	4,0
Окислюваність, мг O ₂ /л	8,1	9,3	11,0
Вміст азоту (NO ₃ ⁻), мг/л	1,4	1,6	2,1

Показник	Став №1 (50,05 тис. екз./га)	Став №2 (60,05 тис. екз./га)	Став №3 (70,05 тис. екз./га)
Вміст фосфору (PO ₄ ³⁻), мг/л	0,6	0,8	1,1
Біомаса фітопланктону, мг/л	4,5	5,8	7,3
Біомаса зоопланктону, мг/л	3,9	3,5	2,1
Біорізноманіття зоопланктону (кількість видів)	18	15	10
Біомаса бентосу, г/м ²	21,4	20,2	17,8
Наявність ознак евтрофікації	Відсутні	Слабко виражені	Помірно виражені
Загальна екологічна оцінка	Стабільна	Допустима	Напружена

Результати екологічного моніторингу свідчать, що застосовані інтенсифікаційні заходи при помірній щільності зариблення не викликають критичних змін в екосистемі. Водночас підвищене біонавантаження вимагає жорсткішого контролю за якістю води, дотримання санітарних вимог і гнучкого підходу до планування біотехнічних заходів для збереження екологічної рівноваги у водоймах.

3.4. Наслідки впливу заходів інтенсифікації на стан водойми

Застосування інтенсифікаційних заходів у дослідному господарстві «Нивка» дало змогу підвищити ефективність рибництва, проте одночасно виявило й низку змін у стані водного середовища. Комплекс дій, спрямованих на стимулювання природної продуктивності — зокрема удобрення, вапнування, регулювання щільності зариблення та біомеліорація — сприяв створенню сприятливих умов для росту риб, особливо на початкових етапах вегетаційного періоду. Спостерігалось активне формування кормової бази та стабільні показники кисневого режиму у водоймах з помірним навантаженням.

Втім, з підвищенням щільності посадки та накопиченням біогенних речовин у воді та донних відкладах поступово проявлялись ознаки перевантаження екосистеми. У водоймах із максимальним рівнем інтенсифікації фіксувалося зниження розчиненого кисню, зростання окислюваності та зміщення видової структури гідробіонтів. Це свідчить про зниження саморегуляційної здатності екосистеми та зростання чутливості до зовнішніх впливів. Порушення рівноваги між продуцентами, консументами та редуцентами, а також зменшення біорізноманіття в окремих групах гідробіонтів можуть вказувати на початкові стадії деградаційних процесів при надмірному інтенсифікаційному тиску.

Таким чином, наслідки впроваджених заходів свідчать про доцільність використання помірних рівнів навантаження, які забезпечують бажану продуктивність без критичного порушення екологічного балансу водойми. Підвищення інтенсивності без належного екологічного супроводу може призвести до зниження стабільності водної системи, погіршення якості води та виснаження природних ресурсів водойм.

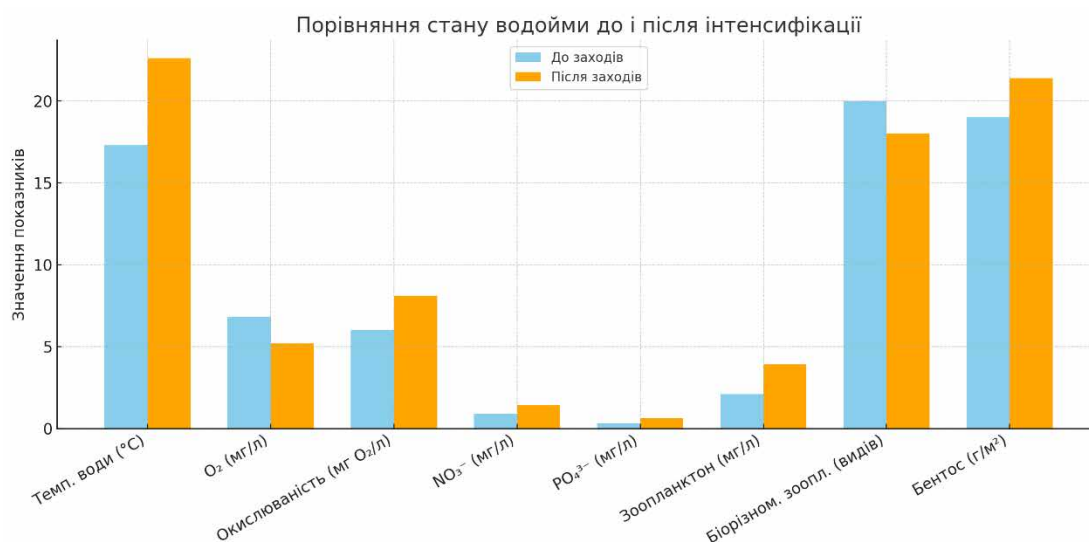


Рис 3.1 Порівняння стану водойми до і після введення інтенсифікаційних заходів

Графік ілюструє порівняння восьми ключових екологічних показників водного середовища до та після впровадження інтенсифікаційних заходів у

ставках дослідного господарства «Нивка». Сині стовпці відображають значення до початку сезону, помаранчеві — після завершення вегетаційного періоду.

Перш за все, помітне зростання температури води, що частково пов'язано з сезонним прогріванням, але також відображає вплив менш заростаючої, відкритої поверхні води завдяки біомеліорації. Це створює комфортні умови для росту теплолюбних видів, але може посилювати кисневе навантаження.

Концентрація розчиненого кисню дещо знизилась, особливо у водоймах з високою щільністю зариблення. Це типовий наслідок збільшення органічного навантаження та активного споживання кисню мікроорганізмами під час розкладу залишків корму і добрив.

Окислюваність води і вміст біогенів (нітратів та фосфатів) зросли, що свідчить про посилення трофічності водойм. Це є очікуваним результатом внесення мінеральних добрив і підтверджує активізацію первинної продукції у водоймі.

Біомаса зоопланктону збільшилась, що є позитивним сигналом для формування природної кормової бази. Проте видове різноманіття зоопланктону дещо зменшилось, що може свідчити про домінування окремих видів-опортуністів в умовах підвищеного біогенного навантаження.

Біомаса бентосу зросла, що свідчить про активізацію донної продукції, однак у випадку перевищення навантаження це може призводити до накопичення органічних речовин і погіршення умов у придонних шарах.

Загалом графік демонструє, що інтенсифікаційні заходи можуть позитивно впливати на продуктивність ставу, однак при надмірному біонавантаженні зростають екологічні ризики, пов'язані зі зниженням якості води та порушенням екосистемної рівноваги.

3.5. Заходи щодо зменшення негативного впливу та покращення екологічного стану

Результати дослідження свідчать, що інтенсифікація виробництва у ставових господарствах може забезпечити високий рівень рибопродуктивності, однак супроводжується певними екологічними ризиками. У випадку господарства «Нивка» було виявлено тенденцію до зниження концентрації розчиненого кисню, накопичення біогенних речовин та зменшення біорізноманіття у ставках з найвищою щільністю посадки. Це вимагає розробки і впровадження комплексу заходів, спрямованих на попередження екологічної деградації та підтримання стійкості водної екосистеми.

Встановлення мобільної станції експрес-контролю біогенів дозволило б уникнути перевищення критичних концентрацій азоту й фосфору, що стимулюють розвиток небажаних водоростей і бактерій.[39]

Також варто переглянути підхід до регулювання щільності посадки риб. Замість вирівнювання щільності по площі всіх ставів доцільно застосовувати диференційоване зариблення з урахуванням гідрологічних особливостей кожного ставка. Наприклад, у ставках з нижчим водообміном або глибшими донними мулами доцільно обмежити щільність до 50–55 тис. екз./га.

Ефективним практичним заходом може стати встановлення примітивних аераційних систем (наприклад, повітряних розбризкувачів на сонячних батареях), особливо в період пікового нагрівання води. Це дозволить уникати критичного зниження кисню, яке фіксувалося у ставку №3 в серпні.

З метою підтримки біологічної рівноваги доцільно частково замінити біомеліораторів — наприклад, поряд із білим амуром використовувати каналного сома або линя, які сприяють очищенню дна та зменшенню біомаси залишкових органічних речовин.[40]

Додатково варто запровадити щорічну ротацію ставів: після інтенсивного циклу вирощування один із ставів може залишатись без зариблення або бути використаним під менш інтенсивні технології (наприклад, вирощування

малька). Це дозволить відновити природну біоценотичну рівновагу й уникнути перенасичення донних відкладень органікою.[41]

Також практично виправданим є створення буферної прибережної зони з рослинністю, що затримує надлишкові речовини, запобігає змивам та виконує функцію природного фільтра.

Таким чином, навіть за умов уже розробленої технології можна реалізувати низку прикладних рішень, які дозволяють зберегти високу продуктивність без погіршення екологічного стану водойм. Це доводить доцільність адаптивного управління водними ресурсами з урахуванням динаміки стану ставових екосистем.

Отож, було здійснено аналіз практичного досвіду застосування інтенсифікаційних заходів у дослідному господарстві «Нивка», що дало змогу оцінити їхній вплив на екологічний стан водойм. Дослідження охоплювало етапи підготовки ставів, особливості технологічного процесу вирощування риби, характеристики середовища, а також результати екологічного моніторингу в умовах різної щільності зариблення.

У ході аналізу встановлено, що інтенсифікаційні заходи, такі як внесення добрив, аерація, використання біомеліораторів і оптимізація посадкового матеріалу, позитивно впливають на рибопродуктивність, особливо за умов дотримання технологічних рекомендацій. Разом з тим, надмірне навантаження на водойму призводить до зниження вмісту розчиненого кисню, зростання концентрації біогенів та погіршення гідробіологічного балансу, що може стати передумовою евтрофікації.

Порівняльний аналіз ставів з різною щільністю зариблення показав, що за середнього рівня інтенсифікації досягається найкраще поєднання між продуктивністю та екологічною стабільністю. У ставках із найбільшим навантаженням спостерігалися ознаки перенасичення органікою, порушення біорізноманіття та зниження самоочисної здатності водойми.

На основі отриманих результатів сформульовано комплекс практичних заходів для зниження негативного впливу, серед яких — коригування доз

добрив, запровадження аерації, оптимізація щільності посадки, ротація ставів та моніторинг екологічного стану.

Загалом, досвід господарства «Нивка» свідчить про важливість поєднання виробничих завдань із екологічною відповідальністю, що забезпечує не лише короткочасну ефективність, а й довготривалу стійкість водойм до антропогенного навантаження

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Сучасна концепція охорони праці спрямована на максимальне усунення ризиків виникнення професійних захворювань і виробничого травматизму, а також на створення безпечних і комфортних умов праці. Особливу увагу приділяють належній організації трудового процесу та дотриманню вимог безпеки на виробництві.

У процесі вирощування риби наявні потенційно небезпечні виробничі фактори, серед яких ремонт гідротехнічних споруд, викошування вищої водяної рослинності, облов ставів тощо. Виконання таких робіт потребує суворого дотримання вимог чинного законодавства у сфері охорони праці.

Питання охорони праці в Україні регулюються низкою нормативно-правових актів, зокрема Законом України «Про охорону праці», Кодексом законів про працю України, а також галузевими нормативно-правовими актами з охорони праці (НПАОП, НАОП тощо) [32]. Аналіз стану охорони праці проведено на прикладі рибного господарства «Нивка» Київської області.

На підприємстві функціонує служба охорони праці відповідно до вимог Закону України «Про охорону праці», НПАОП 0.00-4.21-04 «Типове положення про службу охорони праці» та НАОП 4.0.00-4.01-99 «Правила безпеки у рибному господарстві». Одним із ключових напрямів її діяльності є організація навчання та інструктажів з питань охорони праці відповідно до НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про навчання з питань охорони праці». Усі працівники, включно з керівниками, проходять обов'язкове навчання, інструктажі та перевірку знань у визначені терміни.

Згідно зі статтею 18 Закону України «Про охорону праці», на підприємстві організовано спеціальне навчання, підвищення кваліфікації та проведення інструктажів. Закон визначає основні принципи забезпечення права працівників на безпечні та здорові умови праці, а також регламентує взаємовідносини між роботодавцем і працівниками щодо питань безпеки праці.

Система охорони праці включає трудове законодавство, техніку безпеки, виробничу санітарію та протипожежну безпеку. На підприємстві ведуться

журнали обліку інструктажів з техніки безпеки, розроблені інструкції з охорони праці для окремих видів робіт. У разі нещасних випадків створюється комісія з розслідування, яка встановлює причини інциденту та визначає відповідальних осіб. Усі роботи виконуються з дотриманням вимог техніки безпеки та виробничої санітарії.

Служба охорони праці діє відповідно до НПАОП 0.00-4.21-04. Керівники та фахівці цієї служби прирівнюються до керівників виробничо-технічних підрозділів за посадою і рівнем оплати праці. Вони мають право вимагати усунення від роботи працівників, які не пройшли медичний огляд, навчання чи інструктаж; видавати обов'язкові приписи; зупиняти виробництво у разі загрози життю чи здоров'ю людей; подавати подання про притягнення винних осіб до відповідальності.

Спеціальне навчання з питань охорони праці проводиться щорічно, а підвищення кваліфікації спеціалістів — один раз на три роки. Вступний інструктаж здійснює інженер з охорони праці за затвердженою програмою. До виконання робіт допускаються лише ті працівники, які пройшли необхідний інструктаж.

Для організації навчального процесу з охорони праці на підприємстві облаштовано спеціалізований кабінет. Під час вступного інструктажу працівників ознайомлюють з особливостями виробництва, основними причинами травматизму, правилами надання першої медичної допомоги та користування засобами індивідуального захисту. Факт проведення інструктажу фіксується у журналі реєстрації вступного інструктажу (форма №1). Первинний інструктаж на робочому місці проводиться індивідуально безпосереднім керівником підрозділу з обов'язковою реєстрацією у журналі (форма №2).

Контроль за станом охорони праці здійснюється за трирівневою системою відповідно до НАОП 1.9.40-4.02-87 «Положення про трьохступеневий метод контролю безпеки праці». Перший рівень передбачає щоденну перевірку стану охорони праці на робочих місцях бригадиром та уповноваженим трудового колективу. Другий рівень — перевірка раз на десять

днів головним рибоводом та представником трудового колективу. Третій рівень — щомісячна комплексна перевірка комісією у складі керівництва підприємства, інженера з охорони праці та головного рибовода. Результати оформлюються протоколом.

На підприємстві обов'язково проводяться попередні (під час прийняття на роботу) та періодичні (щорічні) медичні огляди відповідно до НПАОП 0.00-4.26-96 з метою виявлення професійних захворювань. Санітарно-побутові умови відповідають вимогам СНіП 2.09.04-87, усі приміщення та інвентар підтримуються у належному стані.

Атестація робочих місць проводиться згідно з НПАОП 0.00-6.23-92. Її результати використовуються для визначення пільг, компенсацій та розроблення заходів з поліпшення умов праці. Працівники забезпечуються засобами індивідуального та колективного захисту відповідно до ГОСТ 12.4.011-89 та НПАОП 0.05-3.01-06 за рахунок підприємства [20,21].

Фінансування заходів з охорони праці становить 0,2 % від фонду заробітної плати. Випадків травматизму не зафіксовано. Під час виконання основних виробничих процесів (вилову, транспортування, дослідження риби) дотримуються вимог НПАОП 4.0.00-11-79. При роботі з хімічними речовинами (добрива, лікарські, дезінфікуючі засоби) працівники використовують захисний одяг, респіратори, рукавиці та інші засоби індивідуального захисту.

Вилів риби проводиться лише за сприятливих погодних умов (висота хвиль не перевищує 0,5 м) із застосуванням справних плавзасобів, що проходять щорічний технічний огляд. У разі виліву без плавзасобів працівники використовують гумові чоботи та теплий спецодяг.

Після завершення робіт проводиться очищення та дезінфекція обладнання інкубаційного цеху. Увесь інвентар використовується виключно в межах цеху та підлягає ретельній обробці після завершення нерестової кампанії.

Транспортування живої риби здійснюється у спеціалізованому автотранспорті, у продезінфікованій тарі (20% розчин хлорного вапна або 3–5% розчин соди) при температурі +12...+15 °С.

Пожежна безпека забезпечується відповідно до вимог «Правил пожежної безпеки в Україні» та положень Закону України «Про пожежну безпеку». На підприємстві створено належні умови для протипожежного захисту, наявні первинні засоби гасіння, проведено інструктажі з пожежної безпеки.

Загалом рівень охорони праці у рибному господарстві «Нивка» можна оцінити як задовільний. З метою подальшого вдосконалення доцільно збільшити фінансування заходів з охорони праці до 0,5 % від суми реалізованої продукції, як це передбачено Законом України «Про охорону праці», а також посилити роль навчання та інформування працівників з питань безпеки праці [20].

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

1. Інтенсифікаційні заходи у ставових господарствах можуть забезпечити значне підвищення рибопродуктивності, однак потребують екологічно збалансованого підходу, щоб уникнути порушення гідробіологічних умов та деградації водойми.

2. Доведено, що комплексна інтенсифікація включає внесення органічних і мінеральних добрив, регулювання гідрохімічного режиму, біомеліорацію та раціональне управління посадковим матеріалом, що створює умови для підвищення природної продуктивності.

3. Результати практичного дослідження у господарстві «Нивка» довели, що оптимальні рівні навантаження забезпечують найвищі показники рибопродуктивності, тоді як надмірна щільність посадки або перевищення доз добрив призводять до накопичення біогенів та розвитку евтрофікаційних процесів.

4. Моніторинг гідрохімічних показників підтвердив, що температурний режим (22–25 °C) і рівень розчиненого кисню (7,8–8,3 мг/л) залишалися в межах оптимальних, що сприяло активному росту та розвитку риб і стабільності гідробіологічних процесів.

5. Застосування інтенсифікаційних заходів сприяло розвитку кормової бази, що підтверджується збільшенням, фітопланктону та зоопланктону.

6. Після впровадження комплексу заходів рибопродуктивність зросла на 10–15 %, досягнувши 820–910 кг/га, що свідчить про ефективність запропонованої технології та екологічну стабілізацію водойм.

7. Для подальшого підвищення ефективності рекомендовано підтримувати оптимальне вапнування (600–700 кг/га), коригувати внесення добрив залежно від стану планктону, використовувати автоматизовані системи моніторингу гідрохімічних параметрів і дотримуватися щільності посадки 60–65 тис. екз./га для забезпечення сталого функціонування аквакультурних екосистем.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Алимов С.І. Рибне господарство України: стан і перспективи. К.: Вища освіта, 2003. 336 с.
2. Андрющенко А.І. Ставове рибництво: підручник. Андрющенко А.І., Алимов С.І. – К.: Видавничий центр НАУ, 2008. 636 с.: іл.
3. Базаєва А.В. Біологічні основи використання фосформобілізуючого бактеріального препарату поліміксобактерину в рибництві : автореф. дис. ... Київ, 2011. 20 с.
4. Боярин М.В., Нетробчук І.М. Основи гідроекології: теорія й практика: навч. посіб. За наук. ред. проф. А. Н. Некоса. Луцьк : Вежа-Друк, 2016. 365 с.
5. Васюкова Г. Економічні перетворення у розвитку рибного господарства / Г. Васюкова // Економіка АПК. – 2005. - № 1. – С. 25-28.
6. Вдовенко Н. М. Тенденції розвитку ринку продукції аквакультури в Україні. Науковий вісник НУБіП. 2012. №169. С. 47-53.
7. Верещінський Г.М. Технологія вирощування товарної риби. Матеріали міжнар. конф. «Дні студентської науки...» Львів, 2016. С.113-114.
8. Вирощування цьоголіток коропа із застосуванням суспензії хлорели / Григоренко Т.В., Савенко Н.М., Чужма Н.П., Базаєва А.М., Берсан Т.О. // Рибогосподарська наука України. №3, 2021. С.33-47.
9. Васюкова Г. Економічні перетворення у розвитку рибного господарства / Г. Васюкова // Економіка АПК. – 2005. - № 1. – С. 25-28
10. Глушко Ю.М., Нагорнюк Т.А., Савенко Н.М., Гаркава К.Г. Сучасні екологічні підходи до переробки рибних відходів... // Перспективи розвитку відновлюваної енергетики... НАУ, 2024. С.36–40.
11. Гриб О.М., Белов В.В., Отченаш Н.Д. Оцінка, прогнозування та управління якістю водних ресурсів. Одеса: ОДЕКУ, 2015. 120 с.
12. Григоренко Т.В., Мушит С.О., Базаєва А.М. Продуктивність вирощувальних ставів за комплексного впливу на їх екосистему // Рибогосподарська наука України. 2020. №3. С.19–32.

13. Григоренко Т.В., Постоєнко Д.М., Базаєва А.М., Добрянська О.П. Екологічні умови рибницьких ставів при вирощуванні коропа... // Агроекологічний журнал. 2019. №4. С.65–73.
14. Григоренко Т.В. та ін. Продуктивність вирощувальних ставів при застосуванні бактеріального добрива «Фосфобактерин» // Рибогосподарська наука України. 2017. №3. С.50–64.
15. Григоренко Т.В., Чужма Н.П., Савенко Н.М., Базаєва А.М. Оцінка гідробіологічного стану вирощувальних ставів ПАТ «Хмельницькрибгосп» // Сучасні проблеми... Харків, 2020. С.48–53.
16. Грициняк І.І., Гринжевський М.В., Третяк О.М. [та ін.] Фермерське рибництво. К.: Герб, 2008. 556 с.
17. Гринжевський М.В. Інтенсифікація виробництва продукції аквакультури у внутрішніх водоймах України. К.: Світ, 2000. 187 с.
18. Гринжевський М.В. Інтенсифікація виробництва продукції аквакультури у внутрішніх водоймах України. К.: Світ, 2010. 190 с.
19. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води: підручник. К.: Вища школа, 2005. 671 с.
20. Закон України "Про охорону праці" від 14.10.1992 р. №2694-ХІІ.
21. Закон України "Про пожежну безпеку" від 17.12.1993 р. №3745-ХІІ.
22. Зотько М.О., Марценюк Н.М., Сироватко К.М. Стан іхтіофауни Сандракського водосховища // Аграрна наука та харчові технології. ВНАУ, 2016. Вип.2(92). С.197–204.
23. Іваненко О.Г., Белов В.В., Гриб О.М. Практична гідроекологія. Одеса: ОДЕКУ, 2009. 75 с.
24. Калініченко А.В., Мінькова О.Г. Біологічний азот у законодавстві ЄС // Наукові записки ТНПУ. Серія: Біологія. 2014. №3(60). С.7–9.
25. Клименко М.О., Прищепа А.М., Вознюк Н.М. Моніторинг довкілля: підручник. К.: Академія, 2006. 360 с.
26. Климук А.С. Рибогосподарська гідротехніка: навч. посіб. Рівне: НУВГП, 2010. 109 с.

27. Кражан С. А., Хижняк М.І. Природна кормова база рибогосподарських водоемів: навчальний посібник. К.: Аграрна освіта, 2014. - 333 с.:
28. Лобода Н.С., Отченаш Н.Д. Підземні води, їх забруднення та вплив на навколишнє середовище. Одеса: ОДЕКУ, 2016. 182 с.
29. Лянсберг О.В. Використання нехарчової риби з метою одержання додаткової рибопродукції // Мат. конф. Херсон, 2008. С.88–91.
30. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика / За ред. В.В. Волкогона. Київ: Аграрна наука, 2006. 312 с.
31. Москаленко Н.М. та ін. Стимулювання природної кормової бази при підрощуванні личинок коропа // Вісник СНАУ. Серія «Тваринництво». 2014. Вип.7(26). С.158–162.
32. Основи охорони праці: підручник. / Ткачук К.Н. та ін. К.: Основа, 2006. 448 с.
33. Онищенко О.М., Дворецький А.І. Мікрородості як відновлюваний біологічний ресурс... // Вісник ДДАУ. 2013. №2(32). С.48–50.
34. Охорона праці: навчальний посібник з практикумом / Пістун І.П., Катренко Л.А., Кіт Ю.В. 2020. 540 с.
35. Павлова Г.Г., Рой А.О., Курдиш І.К. Фосфатмобілізуючі бактерії... // Мікробіологічний журнал. 2014. Т.76, №4. С.34–40.
36. Patyka V.F. Vyolohycheskyi azot u novaia stratehiia proyzvodstva produktsyyu rastenyevodstva v Ukrainy // Naukovi zapysky Ternopil'skoho NPU. 2014. №3(60). S.10–14.
37. Pravdyn Y.F. Rukovodstvo po uzucheniyu ryb. M.: Pyshevaia promyshlennost, 1966. 376 s.
38. Prymenenye nyzkozatratnykh metodov pry vrashchyvanuy ryborosadochnoho materyala / Shmakova Z.Y. та ін. // Sbornyk VNYYP RKh. 2000. Vyp.75. S.148–160.
39. Сафранов Т.А. Екологічні основи природокористування. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. – Одеса:

ОДЕКУ, 2002. – 226 с. SOU-05.01.-37-385:2006. Вода рибогосподарських підприємств. Загальні вимоги та норми. Київ : МАПУ, 2006. 7 с.

40. Starzecka A., Bednarz T. Wpływ zanieczyszczenia Górnej Wisły na aktywność mikroorganizmów wodnych // Słupskie prace przyrodnicze. 2001. S.175–180.

41. Tensley A. The Use and Abuse of Vegetational Terms and Concepts. 1935. ScienceDirect.

42. Тімченко В.М. Екологічна гідрологія водойм України. К.: Наук. думка, 2006. 384 с.

43. Тучапська А.Я. Ефективність сумісного застосування органічних добрив... // Рибогосподарська наука України. 2014. №1. С.25–36.

44. Tuchkovenko Yu.S., Loboda N.S. Coastal Lagoons in Europe: Integrated Water Resource Strategies. IWA publishing, 2015. 250 p.

45. Харитоновна Н.М., Шпет Г.Й. Наукові основи внесення мінеральних добрив... // Підвищення ефективності... К.: Урожай, 1971. С.30–38.

46. Харитоновна Н.Н., Галасун П.Т., Панченко С.Т. Методичні рекомендації щодо удосконалення методу комплексної інтенсифікації ставового рибництва. Київ, 1976. 30 с.

47. Хижняк М.І., Чужма Н.П., Базаєва А.М., Бичкова Т.М. Використання “ріверму” як стимулятора... // Рибне господарство. 2004. Вип.63. С.245–248.

48. Хижняк М.І., Чужма Н.П., Базаєва А.М., Устимова Ю.М. Розвиток природної кормової бази ставів... // Таврійський науковий вісник. 2003. Вип.29. С.210–214.

49. Хижняк М.І., Цьонь Н.І. Спиртова барда як цінна кормова добавка... // Рибогосподарська наука України. 2010. №2. С.122–130.

50. Хільчевський В.К. Водопостачання і водовідведення. Гідроекологічні аспекти: Підручник. К.: Київський університет, 1999. 319 с.