

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет лісового господарства та екології
Кафедра екології

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

КАСЬЯН ОЛЕГ В'ЯЧЕСЛАВОВИЧ

УДК 639.3.043:574.5(477)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ГІДРОХІМІЧНОГО РЕЖИМУ СТАВІВ В
УМОВАХ ІНТЕНСИВНОГО ВИРОЩУВАННЯ ТОВСТОЛОБА ТА
БІЛОГО АМУРА (НА ПРИКЛАДІ ПРИВАТНОЇ АГРОФІРМИ

«ЄРЧИКИ»)

101 Екологія

(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття освітнього ступеня магістра

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело

_____ О. В. Касьян
(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи:
Никитюк Ю. А.
професор, д-р. екон. наук

Житомир - 2025

АННОТАЦІЯ

Касьян О. В. Екологічна оцінка гідрохімічного режиму ставів в умовах інтенсивного вирощування товстолоба та білого амура (на прикладі приватної агрофірми «Єрчики»). – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістр за спеціальністю 101 – екологія. – Поліський національний університет, Житомир, 2025.

Зміст анотації: Кваліфікаційна робота містить 31 сторінку. Список використаних джерел налічує 42 позиції.

Об'єктом дослідження є гідрохімічний режим та процеси формування якості води ставків агрофірми «Єрчики».

Мета дослідження полягала у проведенні комплексної екологічної оцінки гідрохімічного режиму ставків приватної агрофірми «Єрчики» в умовах інтенсивного вирощування товстолоба та білого амура.

В Розділі 1 наведено аналітичний огляд літератури за темою кваліфікаційної роботи; в Розділі 2 – програма, методика та умови проведення досліджень; в Розділі 3 – представлені результати досліджень.

Ключові слова: гідрохімічний режим, полікультура, гіпоксія, евтрофікація, біологічна меліорація, нітритний азот, білий амур, товстолоб.

SUMMARY

Kasyan O. V. Ecological assessment of the hydrochemical regime of ponds under conditions of intensive cultivation of thick-lipped carp and white amur (based on the example of the private agricultural company "Yerchiki"). – Qualification work on the rights of the manuscript.

Qualification work for obtaining a master's degree in ecology (specialty 101). – Polissia National University, Zhytomyr, 2025.

Abstract: The qualification work contains 31 pages. The list of references includes 42 items.

The object of the study is the hydrochemical regime and processes of water quality formation in the ponds of the Yerchiki agricultural enterprise.

The purpose of the study was to conduct a comprehensive environmental assessment of the hydrochemical regime of the ponds of the Yerchiki private agricultural enterprise under conditions of intensive cultivation of thick-lipped carp and white amur.

Section 1 provides an analytical review of the literature on the topic of the thesis; Section 2 describes the program, methodology, and conditions of the research; Section 3 presents the results of the research.

Key words: hydrochemical regime, polyculture, hypoxia, eutrophication, biological reclamation, nitrite nitrogen, white amur, silver carp.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
Розділ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕННЯ	8
1.1. Теоретико-методологічні основи дослідження гідрохімічного режиму водних екосистем.....	8
1.2. Особливості гідрохімічного режиму ставків інтенсивної аквакультури.....	9
1.3. Вплив товстолоба (<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>) та білого амура (<i>Stenopharyngodon idella</i>) на екосистемні процеси ставка	10
1.4. Методологічні підходи до екологічної оцінки якості води в аквакультурі.....	11
1.5. Сучасні тенденції та перспективи управління якістю води в інтенсивній полікультурі.....	12
Розділ 2. ПРОГРАМА, МЕТОДИКА ТА ХАРАКТЕРИСТИКА УМОВ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	13
2.1. Програма дослідження.....	13
2.2. Методика дослідження.....	13
2.3. Характеристика умов проведення дослідження.....	15
Розділ 3. ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ГІДРОХІМІЧНОГО РЕЖИМУ СТАВІВ В УМОВАХ ІНТЕНСИВНОГО ВИРОЩУВАННЯ ТОВСТОЛОБА ТА БІЛОГО АМУРА (НА ПРИКЛАДІ ПРИВАТНОЇ АГРОФІРМИ «СРЧИКИ»).....	17
3.1. Динаміка основних фізико-хімічних показників води в дослідних ставках.....	17
3.2. Сезонна динаміка біогенних елементів: азот та фосфор....	19
3.3. Розвиток природної кормової бази та її взаємозв'язок з гідрохімічним режимом.....	21
3.4. Інтегральна оцінка якості води за гідрохімічними показниками та біоіндикацією.....	23
3.5. Вплив технологічних факторів господарювання на формування гідрохімічного режиму.....	24
ВИСНОВКИ.....	25
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	27

ВСТУП

Актуальність дослідження. У сучасних умовах глобального дефіциту продовольчих ресурсів та зростання антропогенного навантаження на водні екосистеми інтенсивна аквакультура стає одним з ключових напрямів забезпечення продовольчої безпеки. Однією з найперспективніших моделей є полікультура з використанням рослинної риб, зокрема товстолаба (*Hypophthalmichthys molitrix*) та білого амура (*Ctenopharyngodon idella*). Їхня біологія, заснована на живленні фітопланктоном та вищою водною рослинністю відповідно, дозволяє не лише отримувати цінну біопродукцію, а й здійснювати біологічну меліорацію водойм, запобігаючи їхньому забур'яненню та евтрофікації [27, 29].

Проте інтенсифікація вирощування, спрямована на максимізацію продуктивності, суттєво трансформує природні процеси у ставковій екосистемі, зокрема гідрохімічний режим, що є фундаментальним чинником середовища існування гідробіонтів та визначальним для якості продукції аквакультури [34].

Ставки як штучно створені водні екосистеми знаходяться під постійним впливом господарської діяльності, наприклад, внесення добрив для стимуляції розвитку природної кормової бази, подача додаткових кормів, механічна меліорація, щільність посадки риби. Ці фактори безпосередньо впливають на формування гідрохімічного складу води, збалансованість біогенних елементів, газовий режим та окиснювальні процеси [27, 30].

Таким чином, виникає критична необхідність у комплексній екологічній оцінці гідрохімічного режиму саме в умовах такої полікультури, що дозволить диференціювати природну циклічність хімічних процесів від змін, спровокованих інтенсифікацією.

Метою роботи полягала у проведенні комплексної екологічної оцінки гідрохімічного режиму ставків приватної агрофірми «Єрчики» в умовах інтенсивного вирощування товстолаба та білого амура.

Для досягнення поставленої мети визначено наступні завдання:

1. Проаналізувати особливості господарської діяльності та технології вирощування полікультури (товстолоб, білий амур) на базі агрофірми «Єрчики».

2. Дослідити динаміку основних гідрохімічних показників (кисень, рН, окиснюваність, біогенні елементи – нітроген та фосфор у різних формах, мінералізація) у дослідних ставках впродовж вегетаційного періоду.

3. Провести оцінку розвитку основних ланок природної кормової бази (фіто-, зоопланктон, зообентос) та встановити їхній взаємозв'язок із гідрохімічним режимом.

4. Визначити клас якості води дослідних ставків на основі порівняння отриманих даних з існуючими нормативами та сапробіологічного аналізу.

Об'єкт дослідження - гідрохімічний режим та процеси формування якості води ставків агрофірми «Єрчики».

Предмет дослідження - динаміка гідрохімічного режиму під впливом технології інтенсивного вирощування товстолоба та білого амура та розвитку природної кормової бази.

Методи дослідження. У роботі були використані загальноприйняті в гідрохімії та гідробіології методики: лабораторний хімічний аналіз за стандартними методиками (визначення розчиненого кисню, рН, перманганатної та біхроматної окиснюваності, амонійного, нітритного, нітратного азоту, фосфатів, загальної мінералізації); гідробіологічні методи кількісно-якісного обліку фіто-, зоопланктону та зообентосу; сапробіологічний аналіз; статистична обробка даних для виявлення кореляційних зв'язків.

Наукова новизна дослідження полягає в тому, що вперше буде проведено комплексну екологічну оцінку гідрохімічного режиму, специфічного для інтенсивної полікультури товстолоба та білого амура в умовах приватної агрофірми «Єрчики».

Практичне значення роботи. Результати роботи дозволять керівництву агрофірми «Єрчики» та аналогічних господарств обґрунтовано керувати якістю водного середовища.

Апробація роботи. За результатами досліджено підготовлено три тези [38, 40, 42]:

Мостович Д. А., **Касьян О. В.** Екологічні виклики сучасності: від глобальних загроз до локальної дії та шляхів подолання. *Progressive Opportunities and Solutions of Advanced Society: Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Internet Conference*. November 6-7. 2025. FOP Marenichenko V.V., Dnipro, Ukraine. С. 143-144.

Коморна О. М., Мостович Д. А., **Касьян О. В.** Екологічні механізми регулювання нітратів у продуктах харчування. *Ліс, наука, молодь: матеріали XIII Всеукр. наук.-практ. конф. (26 листопада 2025 р.)*. – Житомир: Поліський національний університет, 2025. – 260 с.

Касьян О. В. Гідрохімічний режим водойм як чинник екологічної безпеки та рибогосподарської продуктивності. *Ліс, наука, молодь: матеріали XIII Всеукр. наук.-практ. конф. (26 листопада 2025 р.)*. – Житомир: Поліський національний університет, 2025. – 260 с.

Структура та обсяг роботи. Робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, переліку інформаційних джерел. Загальний обсяг роботи становить 31 сторінку, містить 7 рисунків, 42 джерела у списку використаної літератури.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Теоретико-методологічні основи дослідження гідрохімічного режиму водних екосистем

Водна екосистема, зокрема штучно створений ставок, є динамічною та відкритою системою, життєдіяльність якої визначається комплексом фізико-хімічних та біологічних процесів. Гідрохімічний режим як сукупність показників якості води є інтегральним відображенням інтенсивності та спрямованості цих процесів [1-4, 21, 42]. Класичні праці Романенко В. Д. [22-23] заклали фундаментальні основи гідрохімії прісних вод, визначивши головні чинники формування хімічного складу водойм: геологічну будову водозбору, клімат, характер життєдіяльності гідробіонтів та антропогенний вплив. Автор підкреслював циклічність хімічних процесів, зумовлену сезонною динамікою біологічних явищ (фотосинтез, дихання, розклад органічної речовини). Ці положення є ключовими для розуміння сезонних коливань таких показників, як розчинений кисень, рН, вміст біогенних елементів у ставках аквакультури.

Набуття водоймами специфічних рис в результаті господарської діяльності людини розглядається в контексті антропогенної трансформації водних екосистем [23]. Дослідники зазначають, що інтенсифікація рибництва призводить до суттєвого прискорення кругообігу речовин, збагачення води біогенними елементами (азотом, фосфором) та органічною речовиною, що є ключовим фактором евтрофікації [6, 11, 21, 23]. Як зазначає Романенко В. Д. (1998), основою функціонування ставкового господарства є створення штучного евтрофного середовища, однак надмірна інтенсифікація загрожує переходом до гіперевтрофного стану, супроводжуваного дисбалансом у біотичних та абіотичних компонентах системи [22]. Таким чином, центральною науково-практичною проблемою сучасної аквакультури є пошук оптимального рівня антропогенного навантаження, що забезпечує високу продуктивність при збереженні стабільності екосистеми.

1.2. Особливості гідрохімічного режиму ставків інтенсивної аквакультури

Специфіка формування гідрохімічного режиму в умовах рибогосподарських ставків детально досліджувалась вітчизняними вченими, які систематизували вплив основних технологічних прийомів інтенсифікації (удобрення, годівлі, аерації) на якість води [2, 14, 23, 30, 43]. Вони довели, що внесення добрив, особливо органічних (перегній, гній), є найпотужнішим фактором, що запускає каскад змін, зокрема, інтенсифікацію розвитку фітопланктону, збільшення амплітуди добових коливань кисню та рН, накопичення продуктів анаеробного розкладу (аміаку, сірководню) [24]. Також деякі вчені акцентували увагу на тому, що в умовах полікультури, де поряд з коропом вирощують рослиноїдних риб, трансформація речовин відбувається набагато інтенсивніше через залучення додаткових трофічних ланок [16, 25, 29, 32]. Дослідження показали, що фільтраційна діяльність товстолоба здатна суттєво впливати на структуру угруповання фітопланктону, наприклад, зменшувати чисельність форм водоростей (хлорококкові, діатомові) і модифікувати сезонну динаміку кисню [32].

Окрему увагу в літературі приділено динаміці біогенних елементів. Зокрема, на ставках з різною інтенсивністю навантаження виявили чіткий взаємозв'язок між обсягами внесеного комбікорму та концентраціями амонійного азоту й нітритів у воді [36]. Зазначається, що в умовах інтенсивної полікультури часто спостерігається «відрив» процесів амоніфікації (утворення NH_4^+) від подальшої нітрифікації (перетворення на NO_2^- та NO_3^-), що призводить до накопичення токсичного аміаку, особливо в періоди з підвищеною температурою води та високим рН [3, 18, 21]. Висновки щодо небезпеки накопичення нітритного азоту в інтенсивних господарствах наводять й інші дослідники, які розглядають моніторинг цих сполук як обов'язковий елемент управління якістю води [6, 8, 11, 36].

1.3. Вплив товстолоба (*Hypophthalmichthys molitrix*) та білого амура (*Ctenopharyngodon idella*) на екосистемні процеси ставка

Роль рослиноїдних риб у трансформації водних екосистем є предметом численних досліджень. Класичні праці свідчать, що товстолюб, як активний фільтратор, живиться фітопланктоном та детритом [8, 11, 19, 37]. Однак сучасні дослідження [1, 9, 17, 39] показують більш складний і неоднозначний вплив. З одного боку, він дійсно чинить тиск на угруповання фітопланктону, зменшуючи його біомасу та змінюючи видовий склад у бік дрібних, більш швидкоростучих форм (наприклад, синьо-зелених ціанобактерій). Це може призвести до парадоксальної ситуації, коли інтродукція фільтратора не знижує, а навіть посилює «цвітіння» води за певних умов [6, 12]. З іншого боку, товстолюб виступає потужним ремінералізатором біогенів, оскільки він живиться органічною речовиною та випускає у воду розчинні сполуки азоту та фосфору у формі екскрементів, замикаючи цикл біогенів і прискорюючи їх оборотність. Цей ефект детально описано у роботах [4, 19, 23], які довели статистично значущу кореляцію між щільністю посадки товстолоба та концентрацією мінеральних форм фосфору в літній період.

Білий амур, як макрофітофаг, чинить прямий механічний вплив на вищу водну рослинність (макрофіти). Дослідження [13, 20] показали, що його діяльність призводить до радикальної зміни структури біотопу. Зокрема, зникають зарості макрофітів, які виконують роль «біологічного фільтра», поглинаючи біогени з води та ґрунту та створюють рефугіуми для зоопланктону. В результаті ліквідації макрофітів відбувається перерозподіл біогенних елементів, вони перестають депонуватися в біомасі вищих рослин і переходять у мобільний пул у водному стовпі, сприяючи розвитку планктонних форм. Окрім того, відсутність заростей посилює підйом донних відкладів рибою та течіями, що веде до вторинного забруднення води органікою та підвищення мутності. Таким чином, інтродукція білого амура, при всіх її меліоративних перевагах, може суттєво дестабілізувати гідрохімічний режим, особливо в дрібних, добре прогрітих ставках [4, 18, 32].

1.4. Методологічні підходи до екологічної оцінки якості води в аквакультурі

Для комплексної оцінки стану водного середовища ставків недостатньо лише порівняння гіdroхімічних показників з гранично допустимими концентраціями (ГДК). Необхідний інтегральний підхід, що поєднує хімічні та біологічні методи. Одним з таких підходів є сапробіологічний аналіз. Він ґрунтується на визначенні індексів сапробності за видовим складом і індикаторною значимістю планктонних та бентосних організмів [5]. Застосування сапробіологічного аналізу для ставків інтенсивної аквакультури дозволяє віднести воду до певного класу якості (наприклад, β -мезосапробна зона – чиста, α -мезосапробна – забруднена органікою) та оцінити ступінь антропогенного навантаження через реакцію біоти. Дослідження на ставках з полікультурою показали, що за відсутності амура та наявності заростей макрофітів, індекс сапробності часто відповідає II класу якості, тоді як у ставках з інтенсивним випасом амуром він зсувається до III класу через розвиток толерантних до органічного забруднення видів [17, 19, 22].

Іншим важливим інструментом є нормативна база, що регулює якість води для рибогосподарських цілей. В Україні основним документом є СОУ 05.01.-37-385:2006 «Вода рибогосподарських водойм. Норми якості води для рибогосподарських водойм. Загальні вимоги та нормативи» [1]. Цей стандарт встановлює ГДК для понад 30 показників, враховуючи як токсикологічний аспект (безпека для риби), так і санітарно-гігієнічний (безпека продукції для людини). Критичний аналіз застосування цих норм у сучасних умовах інтенсифікації представлений у роботах [6, 20, 28], які зазначають, що частина нормативів, особливо щодо біогенних елементів, може бути занадто жорсткою для евтрофних ставків продуктивного типу, де певне підвищення концентрацій є технологічно неминучим. Тому вони пропонують розрізняти «фонові» (природно-збагачені) та «кризові» (шкідливі) рівні біогенів, що вимагає глибшого екологічного обґрунтування [20, 28].

1.5. Сучасні тенденції та перспективи управління якістю води в інтенсивній полікультурі

Сучасна світова аквакультура розвивається у напрямку «екологічної інтенсифікації» або «зеленої» аквакультури [8, 13, 16, 41]. Ця концепція передбачає максимізацію продуктивності не за рахунок збільшення навантажень, а через посилення внутрішніх регуляторних механізмів екосистеми. Ключовим аспектом тут є інтеграція рибництва з іншими видами діяльності, наприклад, створення замкнутих систем водопостачання (ЗСВ) або аквапонних систем, де відходи рибного вирощування стають добривом для рослин. Хоча для великомасштабних ставкових господарств повний перехід до замкнутих систем водопостачання часто економічно невиправданий, окремі елементи цього підходу можуть бути запозичені [21].

Іншим перспективним напрямом є управління годівлею та удобренням на основі моніторингу в реальному часі. Використання мультипараметричних зондів, що автоматично фіксують рівень кисню, рН, температуру, провідність, дозволяє оперативно втручатися в ситуацію (вмикати аерацію, регулювати годівлю) для запобігання стресових для риби умов (гіпоксії). Дослідження Yıldız et al. (2017) доводять, що такий підхід дозволяє не лише підвищити життєздатність та приріст риби, а й скоротити надходження непоглинутих поживних речовин у воду на 15-20 %, що безпосередньо позитивно впливає на гідрохімічний режим [28, 32, 37].

Висновок до Розділу 1. Аналіз наукових джерел свідчить про високий ступінь вивченості загальних закономірностей формування гідрохімічного режиму ставків та впливу окремих факторів інтенсифікації.

РОЗДІЛ 2

ПРОГРАМА, МЕТОДИКА ТА ХАРАКТЕРИСТИКА УМОВ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Програма дослідження

Програма дослідження була спрямована на реалізацію поставленої мети та завдань шляхом виконання логічно пов'язаних етапів.

1. На цьому етапі було проведено детальний аналіз технологічної документації приватної агрофірми «Єрчики», встановлено технологічні параметри ведення полікультури (щільність посадки, схеми годівлі та удобрення, середня продуктивність). Паралельно виконано фізико-географічну характеристику дослідних ставків, зокрема вивчено їх морфометричні особливості, типи живлення, гідрологічний режим, характер донних відкладів.

2. Системний польовий моніторинг та лабораторні дослідження:

- регулярний відбір проб води за заздалегідь розробленою схемою станцій та глибин з подальшим визначенням комплексу фізико-хімічних показників (кисень, рН, окиснюваність, біогенні елементи, мінералізація);

- відбір та аналіз проб фіто-, зоопланктону та зообентосу для оцінки розвитку природної кормової бази та отримання матеріалу для біоіндикації.

3. Комплексна обробка та інтеграція отриманих даних: статистичний аналіз для виявлення зв'язків між параметрами; порівняння гідрохімічних показників з нормативами СОУ 05.01.-37-385:2006; розрахунок індексів сапробності за біологічними даними для визначення класу якості води; формування узагальненої картини впливу технології вирощування на гідрохімічний режим.

4. Формування науково-практичних висновків.

2.2. Методика дослідження

Методика дослідження ґрунтувалася на комплексі стандартних гідрохімічних, гідробіологічних та статистичних методів, адаптованих до умов інтенсивних ставкових господарств.

Моніторинг проводився щомісяця протягом вегетаційного періоду (травень-вересень) 2025 року. На кожному з двох дослідних ставків (площа 12,0 та 15,5 га) було закладено по 3 постійні станції, що репрезентували різні біотопи: 1) глибока приплотинна частина; 2) центральна акваторія; 3) прибережна зона з вищою водною рослинністю. Відбір проб води для хімічного аналізу виконувався батометром Руттнера з двох горизонтів: поверхневого (0,5 м) та придонного (за 0,5 м від дна). Одночасно проводилися вимірювання температури, прозорості за допомогою диску Секкі, рН та концентрації розчиненого кисню за допомогою портативного зонду. Гідробіологічні проби відбиралися паралельно, зокрема фітопланктон – шляхом концентрування 50 л води через сітку № 77; зоопланктон – фільтруванням 100 л води сіткою Апштейна (150 мкм); зообентос – дночерпачем Петерсена (0.025 м²).

Лабораторні дослідження проводилися згідно з чинними державними стандартами (ДСТУ). Застосовувалися наступні методи:

- розчинний кисень визначали йодометричним методом Вінклера (ДСТУ ISO 5813:2003);
- перманганатну (ПСК) та біхроматну окиснюваність - титриметричними методами;
- азот амонійний (NH₄⁺) - фотометрування з реактивом Несслера (ДСТУ ISO 7150-1:2003);
- азот нітритний (NO₂⁻) та нітратний (NO₃⁻) - фотометричними методами з реакцією Грісса та з саліциловою кислотою відповідно;
- фосфати (PO₄³⁻) - фотометричним методом з молібдатом амонію (ДСТУ ISO 6878:2003);
- загальна мінералізація - гравіметричним методом (випарювання).

Видову ідентифікацію та кількісний облік планктонних організмів проводили у камері Нажотта під мікроскопом, бентосних – за допомогою біокуляра. Біомасу розраховували через об'ємні коефіцієнти або середню масу особини. Для екологічної оцінки якості води використовувався сапробіологічний метод. Індекс сапробності (S) розраховувався за системою Пантле-Бука у

модифікації Сладечека: $S = \Sigma(s \cdot h) / \Sigma h$, де s – сапробна вага виду, h – його індикаторне значення. За отриманим значенням S вода класифікувалася за зонами сапробності.

Для перевірки достовірності результатів використовувалися методи варіаційної статистики. Розрахунок середніх величин (M), стандартної похибки ($\pm m$), коефіцієнта кореляції Пірсона (r) та перевірка гіпотез за t -критерієм Стюдента проводилися при рівні значущості $p < 0.05$. Для виявлення значущих відмінностей між серіями даних (наприклад, між ставками) застосовувався однофакторний дисперсійний аналіз. Обробка здійснювалася у програмних пакетах *Statistica 10.0* та *Microsoft Excel*.

2.3. Характеристика умов проведення дослідження

Дослідження проводилися на базі приватної агрофірми «Єрчики», яка розташована у с. Єрчики Житомирської області. Предметами дослідження були два типових нагульних ставки рибогосподарського призначення.

Ставок № 1 має площу 12,0 га, середню глибину 1,5 м, максимальну – 2,8 м. **Ставок № 2** – площу 15,5 га, середню глибину 1,8 м, максимальну – 3,2 м. Обидва ставки мають витягнуту форму, пологі схили, земляні греблі. Донні відкладення представлені важкими суглинками з прошарками сапропелю.

Живлення ставків змішане за рахунок атмосферних опадів, підземних (грунтових) вод та штучного поповнення з меліоративної мережі у періоди зниження рівня. Гідрологічний режим регульований.

Ставки експлуатуються за інтенсивною технологією вирощування полікультури товстолоба (*Hypophthalmichthys molitrix*) та білого амура (*Stenopharyngodon idella*). Середньорічна щільність посадки становить: товстолоб - 900 екз./га, білий амур - 180 екз./га. Технологія передбачає:

1. Внесення органічних добрив (перегною великої рогатої худоби) у нормі 2,0 т/га одноразово на початку сезону (травень) для формування кормової бази.

2. Використання гранульованих комбікормів з високим вмістом рослинних компонентів (пшеничні висівки, соєвий шрот) у літній період з розрахунку 3-5 % від орієнтовної маси риби.

3. Використання білого амура як біологічного меліоратора для контролю надлишкового розвитку вищої водної рослинності.

Вегетаційний сезон характеризувався середньомісячними температурами повітря, що перевищували багаторічні норми на 1,0...1.5°C. Період травень-червень був помірно вологим, липень-серпень – спекотним та посушливим, що спричинило значне прогрівання водної маси та падіння рівня води в ставках на 15-20 %. Ці умови сприяли інтенсифікації процесів евтрофікації та могли впливати на гідрохімічний режим.

РОЗДІЛ 3

**ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ГІДРОХІМІЧНОГО РЕЖИМУ СТАВІВ В
УМОВАХ ІНТЕНСИВНОГО ВИРОЩУВАННЯ ТОВСТОЛОБА ТА
БІЛОГО АМУРА (НА ПРИКЛАДІ ПРИВАТНОЇ АГРОФІРМИ
«ЄРЧИКИ»)**

3.1. Динаміка основних фізико-хімічних показників води в дослідних ставках

Температурний режим та розчинений кисень. Температурний режим ставків протягом досліджуваного періоду (травень-вересень) демонстрував сезонну динаміку з прогресуючим прогріванням до липня та подальшим охолодженням. Середньомісячна температура поверхневого шару коливалася від $+15,8 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ у травні до максимальних $+25,2 \pm 0,7^{\circ}\text{C}$ у липні, знижуючись до $+19,4 \pm 0,6^{\circ}\text{C}$ у вересні. Відмінності між поверхневим та придонним шаром (термостратифікація) були найбільш вираженими у липні-серпні, сягаючи $3,5 \dots 4,0^{\circ}\text{C}$.

Динаміка розчиненого кисню (O_2) перебувала у тісній кореляції з температурою та біологічними процесами (фотосинтез, дихання). Найвищі концентрації кисню реєструвалися у травні-червні ($9,2\text{--}10,5 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$), що пов'язано з активним фотосинтезом діатомових та зелених водоростей. У липні-серпні спостерігалось значне погіршення кисневого режиму, особливо в придонних шарах. У ранкові години 25 липня на станції в глибоководній частині ставка № 2 було зафіксовано мінімальне значення $2,8 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ (рис. 3.1).

Це явище гіпоксії було обумовлено поєднанням високої температури води (що знижує розчинність газу), інтенсивного нічного дихання всіх організмів та розкладу органічної речовини. Статистично значуща зворотна кореляція між температурою води та вмістом кисню в придонному шарі підтверджує цю залежність ($r = -0.78$; $p < 0.05$).

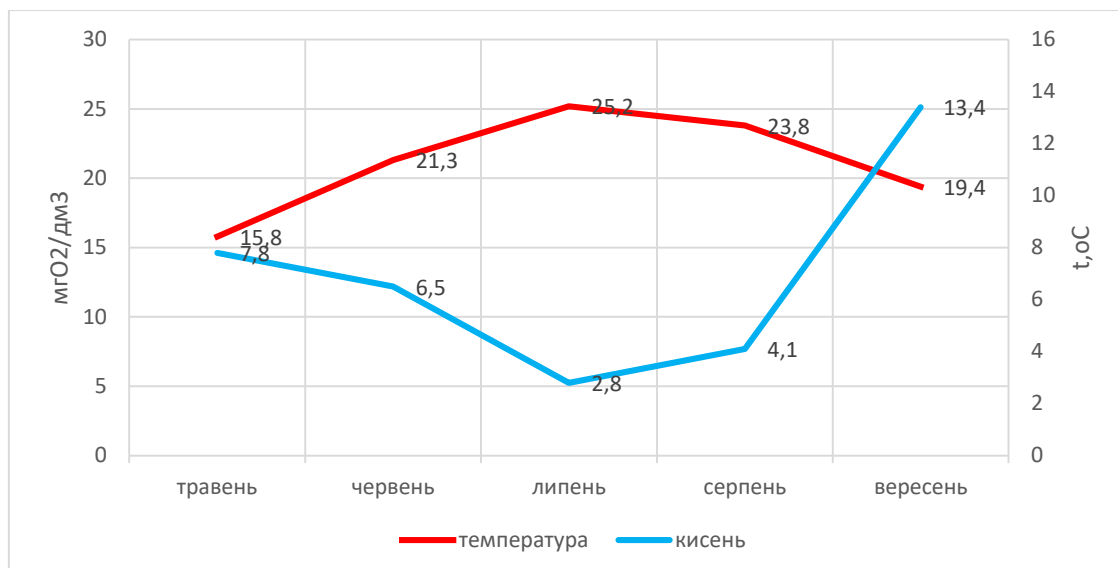


Рис. 3.1. Сезонна динаміка середньомісячної температури води та концентрації розчиненого кисню (придонний шар, ставок № 2) у травні-вересні

Значення рН також демонструє чітку добову та сезонну мінливість, обумовлену інтенсивністю фотосинтезу. Загальний діапазон коливань становив 7,5 - 8,9. Максимальні значення (8,7 - 8,9) фіксувалися вдень у період «цвітіння» води у червні. Мінімальні (7,5 - 7,7) – вранці у липні, що корелювало з мінімумами кисню та накопиченням вуглекислого газу. Така динаміка свідчить про високу продукційну активність екосистеми (рис. 3.2).

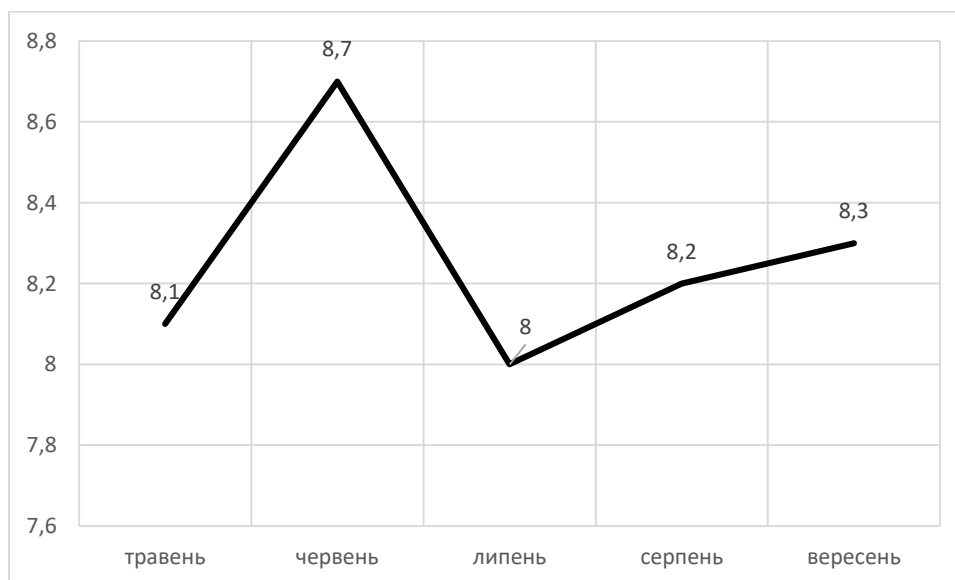


Рис. 3.2. Сезонна динаміка рН води у дослідних ставках у період з травня по вересень 2025 р.

Перманганатна окиснюваність як індикатор легкоокиснюваної органічної речовини зростає з початку сезону до його середини. Якщо у травні середні значення становили $8,2 \pm 0,4$ мгО₂/дм³, то в липні вони досягли $14,5 \pm 0,6$ мгО₂/дм³ (рис. 3.3). Це збільшення на 77 % безпосередньо пов'язане з внесенням органічних добрив, початком активного розкладу відмерлих макрофітів після їх споживання білим амуром, а також з екскрецією метаболітів рибою. Високі значення окиснюваності підтверджують інтенсивне антропогенне навантаження на екосистему ставків.

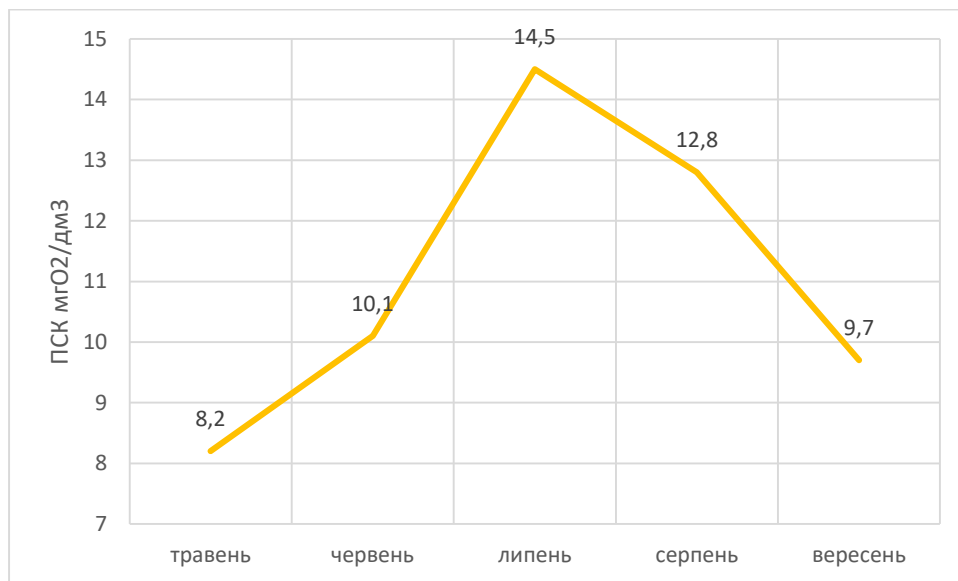


Рис. 3.3. Сезонна динаміка перманганатної окиснюваності води у дослідних ставках у період з травня по вересень 2025 р.

3.2. Сезонна динаміка біогенних елементів: азот та фосфор

Амонійний азот ($N-NH_4^+$) демонстрував чітку сезонну динаміку з чітко вираженим піком у середині літа. На початку вегетаційного сезону (травень) його концентрація була мінімальною та становила $0,25 \pm 0,02$ мг/дм³. Це пояснюється інтенсивним поглинанням біогену фітопланктоном (діатомові водорості) та вищими водними рослинами. Впродовж червня концентрація поступово зростала, досягаючи $0,41 \pm 0,03$ мг/дм³, що було пов'язано з посиленням процесів мінералізації внесеного органічного добрива та екскреторною діяльністю риби (рис. 3.4).

Абсолютний максимум концентрації амонійного азоту був зафіксований у липні - $0,62 \pm 0,05$ мг/дм³. Це зростання (на 148 %) порівняно з травневими

значеннями було обумовлено комплексом факторів: кисневий дефіцит (до 2,8 мг/дм³) призвів до переходу мікробіологічних процесів на анаеробний шлях, де кінцевим продуктом розкладання органічного азоту є аміак/амоній; бактерії роду *Nitrosomonas*, що окислюють амоній до нітритів, є obligatними аеробами, за умов кисневого дефіциту їхня активність різко падала, що призводило до накопичення NH₄⁺. У серпні-вересні концентрація амонійного азоту поступово знижувалася (до 0,34 ± 0,03 мг/дм³ у вересні) у зв'язку з покращенням кисневого режиму, падінням температури та відновленням активності нітрифікуючих бактерій.

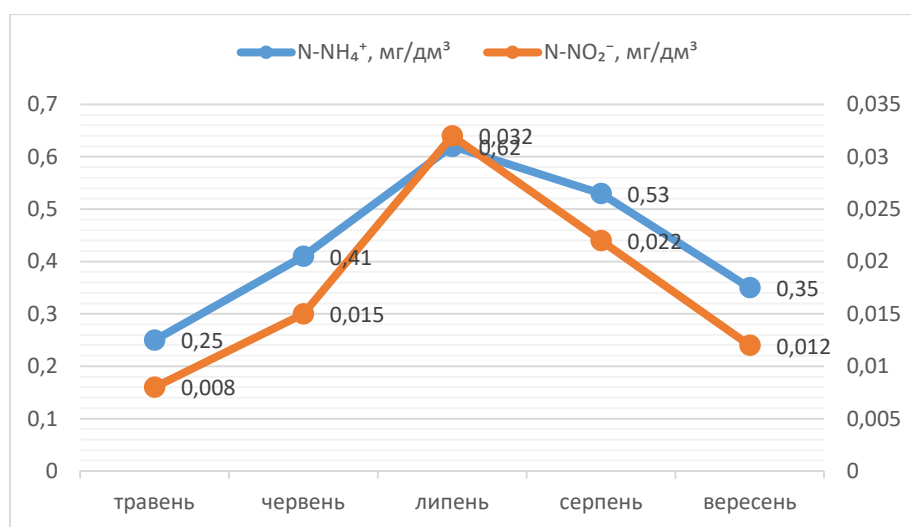


Рис. 3.4. Сезонна динаміка амонійного та нітратного азоту у дослідних ставках у період з травня по вересень 2025 р.

Нітратний азот (N-NO₃⁻), навпаки, не мав таких різких піків концентрації. Його динаміка була більш спокійною з тенденцією до помірного збільшення в середині сезону. У травні його рівень становив 0,08 ± 0,01 мг/дм³. Невелике зростання спостерігалось в червні-липні до 0,14–0,15 мг/дм³, після чого концентрація знову знизилася до 0,09–0,10 мг/дм³ у вересні.

Співвідношення між формами азоту (NH₄⁺:NO₃⁻) кардинально змінювалося протягом сезону. У травні воно становило приблизно 3:1, що вказувало на переважання біологічно доступного амонійного азоту. У липні це співвідношення досягло максимуму - близько 4:1, що є прямим індикатором порушення нітрифікаційного циклу та накопичення токсичної форми азоту.

Лише до вересня співвідношення вирівнялося до 3,4:1, що все ще свідчить про значне навантаження на екосистему.

Динаміка амонійного та нітратного азоту чітко зафіксувала кризовий стан екосистеми в липні.

Концентрація *фосфатів* ($P-PO_4^{3-}$) чітко повторювала тенденцію інших біогенів, зростаючи від 0,05 мг/дм³ у травні до 0,18 мг/дм³ у липні (рис. 3.5). Основними джерелами фосфатів були: мінералізація внесеного органічного добрива, десорбція з донних відкладів в умовах гіпоксії та низького редокс-потенціалу, а також екскреція рибою. Позитивна кореляція між концентрацією фосфатів та біомасою фітопланктону ($r = 0.71$; $p < 0.05$) підтверджує лімітуючу роль фосфору для розвитку водоростей у досліджуваних умовах. Співвідношення N:P у воді впродовж більшої частини сезону коливалося в межах 10:1 - 15:1, що наближається до оптимального для розвитку ціанобактерій (синьо-зелених водоростей), що й спостерігалось у другій половині літа.

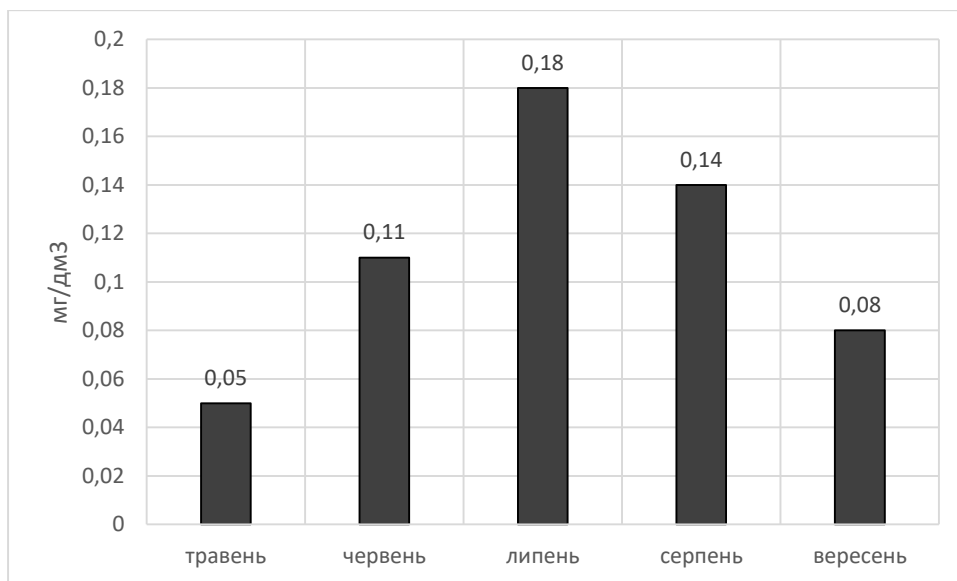


Рис. 3.5. Сезонна динаміка фосфатів у дослідних ставках у період з травня по вересень 2025 р.

3.3. Розвиток природної кормової бази та її взаємозв'язок з гідрохімічним режимом

Структура та динаміка фітопланктону. Угрупування фітопланктону пройшло характерну для евтрофних водойм сукцесію. У травні домінували діатомові водорості (*Aulacoseira spp.*, *Cyclotella spp.*) – 65 % біомаси. У червні-

липні відбувся масовий розвиток зелених водоростей (*Scenedesmus spp.*, *Pediastrum spp.*) та ціанобактерій (*Microcystis aeruginosa*, *Anabaena flos-aquae*), частка яких досягла 70 %. Загальна біомаса фітопланктону зросла з 3,8 г/м³ у травні до максимуму 25,6 г/м³ у липні, після чого почала знижуватися. Виявлено прямий кореляційний зв'язок між біомасою фітопланктону та концентрацією фосфатів ($r=0.71$), а також зворотний зв'язок із прозорістю води ($r=-0.85$). Це підтверджує ключову роль фітопланктону як основного трансформатора біогенів та чинника, що формує оптичні та газові характеристики середовища (рис. 3.6).

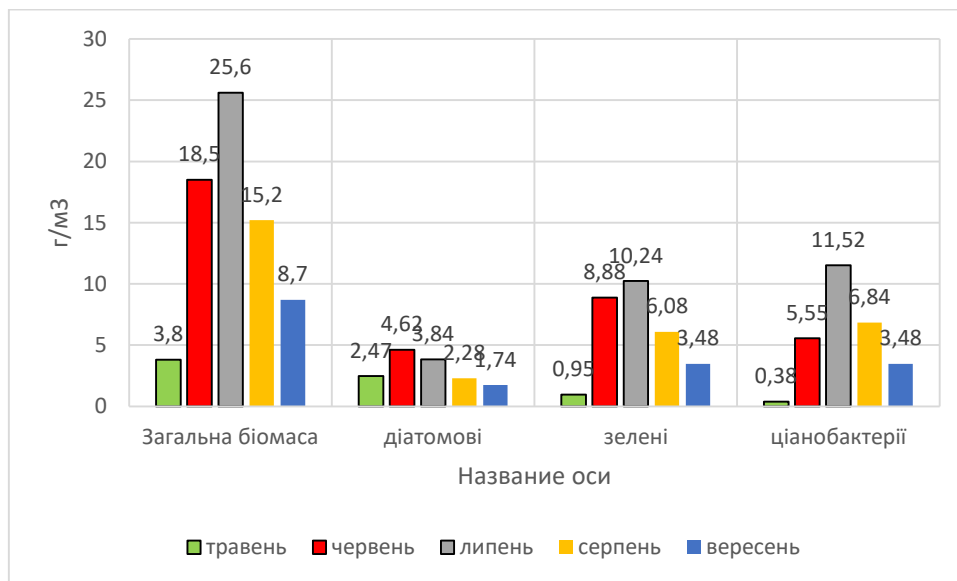


Рис. 3.6. Динаміка фітопланктону у дослідних ставках впродовж травня – вересня 2025 р.

Структура та динаміка зоопланктону і зообентосу. У зоопланктоні впродовж усього сезону переважали коловертки (*Brachionus calyciflorus*, *Keratella cochlearis*) та веслоногі ракоподібні (*Cyclops vicinus*, *Mesocyclops leuckarti*). Максимум біомаси (4,5 г/м³) спостерігався у червні, що відставало на місяць від піку фітопланктону. Надалі біомаса зоопланктону знизилася до 1,8 г/м³ у серпні, що, ймовірно, пов'язано з виїданням його товстолобом та погіршенням кисневого режиму (рис. 3.7).

Зообентос характеризувався не значною видовою різноманітністю. Домінували організми, толерантні до дефіциту кисню та органічного забруднення: олігохети (*Tubifex tubifex*) та личинки хирономід (*Chironomus plumosus*). Їхня біомаса зросла від 2,1 г/м² у травні до 8,7 г/м² у серпні, прямо

корелюючи із збільшенням окиснюваності води ($r=0,69$). Це свідчить про накопичення органічного детриту на дні, що створює кормову базу для цих видів, проте одночасно поглиблює проблеми з киснем (рис. 3.7).

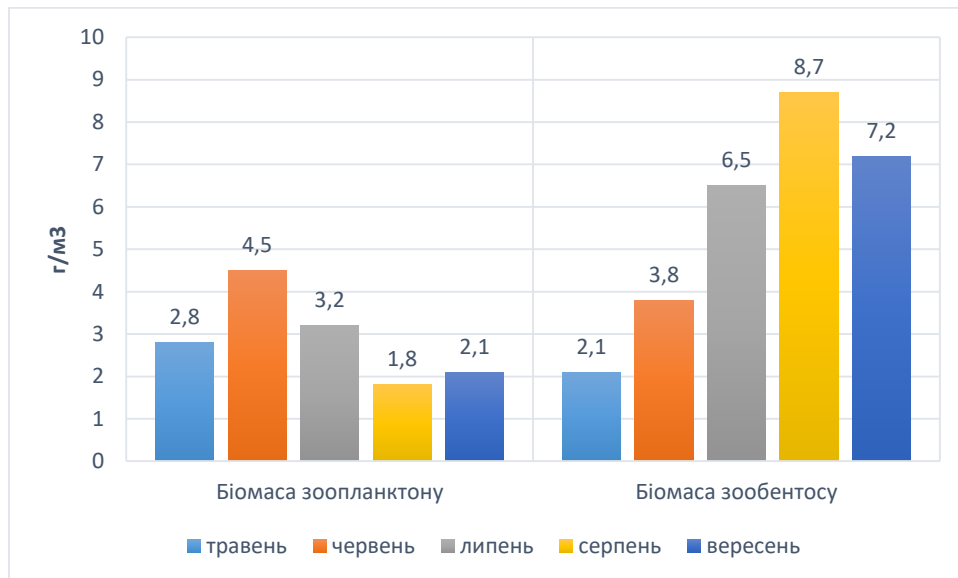


Рис. 3.7. Динаміка зоопланктону та зообентосу в дослідних ставках

3.4. Інтегральна оцінка якості води за гідрохімічними показниками та біоіндикацією

Оцінка за рибогосподарськими нормативами. Порівняльний аналіз отриманих даних з вимогами СОУ 05.01.-37-385:2006 показав наступне:

- концентрація нітритного азоту (N-NO_2^-) у липні та серпні стабільно перевищувала ГДК ($0,02 \text{ мг/дм}^3$) в 1,5–1,6 рази;
- у періоди максимальної температури (липень) концентрація розчиненого кисню в придонному шарі опускалася нижче гранично допустимого мінімуму для риби ($4 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$), сягаючи $2,8 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$. Це створювало стресові, а місцями летальні умови для гідробіонтів;
- більшість інших показників (рН, нітрати, мінералізація) не перевищували встановлених норм, але знаходилися на їх верхніх межах, що свідчить про високе навантаження на екосистему.

Сапробіологічний аналіз. Розрахунок індексу сапробності (S) на основі складу фітопланктону дав наступні результати:

- Травень: $S = 1,8$ (β-мезосапробна зона, II клас якості – «чиста вода»).

- Липень: $S = 2,9$ (α -мезосапробна зона, III клас якості – «помірно забруднена вода»).
- Вересень: $S = 2,3$ (β -мезосапробна зона, II клас якості).

Перехід у липні до α -мезосапробної зони був обумовлений масовим розвитком індикаторів органічного забруднення та евтрофікації: синьо-зелених водоростей *Microcystis aeruginosa* та зеленої водорості *Scenedesmus quadricauda*. Дані зообентосу (домінування *Tubifex tubifex*) підтвердили погіршення якості води в придонному шарі до α -мезосапробного стану.

3.5. Вплив технологічних факторів господарювання на формування гідрохімічного режиму

Аналіз показав пряму залежність між технологією вирощування та гідрохімічними змінами, зокрема:

- внесення органічних добрив на початку сезону запустило каскад процесів: мінералізація $\rightarrow$ вивільнення N і P $\rightarrow$ сплеск розвитку фітопланктону $\rightarrow$ підвищення рН та добових коливань O_2 ;
- фільтраційна діяльність товстолоба не запобігала «цвітінню», а сприяла розвитку переважно дрібних та токсичних форм ціанобактерій, поглиблюючи дисбаланс;
- життєдіяльність білого амура призвела до практично повного знищення макрофітів до середини липня. Це усунуло конкуренцію за біогени між вищими рослинами та планктоном, а також ліквідувало «кисневі оази» в заростях, позбавивши рибу рефугіїв у періоди гіпоксії;
- догодівля комбікормами додатково збагачувала воду азотистими сполуками та фосфором через екскрецію та нез'їдені залишки, підтримуючи високий трофічний статус.

ВИСНОВКИ

На основі комплексного дослідження гідрохімічного режиму ставків приватної агрофірми «Єрчики» в умовах інтенсивного вирощування товстолаба та білого амура отримано наступні ключові науково обґрунтовані результати:

1. Встановлено, що гідрохімічний режим досліджуваних ставків формується під потужним впливом технологічних факторів інтенсивної аквакультури та характеризується кризовими явищами в середині вегетаційного сезону. Сезонний аналіз показав, що липень є критичним періодом, коли поєднання максимальної температури води ($+25,2\text{ }^{\circ}\text{C}$), результатів внесення органічних добрив та інтенсивного використання кормів призводить до формування значного дисбалансу. Найбільш небезпечним проявом цього є стабільне виникнення гіпоксії в придонному шарі, де концентрація розчиненого кисню опускалася до $2,8\text{ мг/дм}^3$, що на 30% нижче гранично допустимого мінімуму для риб ($4,0\text{ мг/дм}^3$). Це створювало стресові та летальні умови для гідробіонтів.

2. Виявлено диспропорції в циклі азоту, що є прямим індикатором порушення функціонування екосистеми під техногенним навантаженням. Встановлено, що концентрація токсичного нітритного азоту (N-NO_2^-) в липні-серпні систематично перевищувала ГДК для рибогосподарських водойм ($0,02\text{ мг/дм}^3$) в 1,5 - 1,6 рази, досягаючи $0,032\text{ мг/дм}^3$. Це свідчить про порушення ланцюга нітрифікації: процес окиснення амонію до нітритів відбувався, а подальше перетворення нітритів у нітрати гальмувалося через кисневий дефіцит. Одночасно спостерігалось різке накопичення амонійного азоту (N-NH_4^+) до $0,62\text{ мг/дм}^3$, що було пов'язано з анаеробним розкладом органіки та пригніченням активності нітрифікуючих бактерій у гіпоксичних умовах.

3. Доведено, що інтродукція білого амура як біологічного меліоратора у досліджуваних технології має суттєві негативні побічні ефекти на стабільність екосистеми.

4. На основі біоіндикаційного аналізу встановлено деградацію якості води в середині сезону до стану, небезпечного для стійкого ведення господарства.

Розрахунок індексу сапробності (S) за складом фітопланктону показав перехід із β -мезосапробної зони («чиста вода», S=1,8) у травні до α -мезосапробної зони («помірно забруднена вода», S=2,9) у липні. Це було обумовлено масовим розвитком індикаторів органічного забруднення – ціанобактерій *Microcystis aeruginosa* та зеленої водорості *Scenedesmus quadricauda*. Даний стан підтверджують і дані зообентосу, де домінували толерантні до забруднення олігохети *Tubifex tubifex* (до 70% біомаси).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. СОУ 05.01-37-385:2006. Вода рибогосподарських підприємств. Загальні вимоги та норми (змiна № 1, затверджена Мiнагрополiтики України 10.06.2013 р.). К., 2013. 21 с.
2. Yevtushenko O. T. Ecological issues of water resources of Ukraine and the ways of their solution. *Водні біоресурси та аквакультура*. № 1(13). 2023. С. 136-151.
3. Андрюшенко А. І., Безпрівна М. І. та ін. Інтенсивне рибництво. Київ: Наук. Світ, 2002. 185 с.
4. Бучковська В. І., Євстафієва Ю. М. Вплив кормової бази та гідрохімічного режиму на продуктивність коропа. *Водні біоресурси та аквакультура*. № 2(12). 2022. С. 57-66.
5. Вирощування товарної риби у ставках різної глибини. МНАУ, 2020. URL:
https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/5224/1/studentresearchjournal17_10_58.pdf
6. Горбач М. М. Вирощування білого амура в умовах ВАТ «Хмельницькрибгосп». Рибогосподарська наука України. 2008. № 4. С. 95-99.
7. Григоренко, Т.В., Самчишина, Л.В., Чужма, Н.П., Базаєва, А.М., Савенко, Н.М., Оборський, В.П. та Михайленко, Н.Г. (2021). Оцінка екологічних умов вирощування риби товарного розміру в Кантівському відгодівельному ставку (Хмельниччина, Україна). *Український журнал ветеринарних та сільськогосподарських наук*. 4 (3). 33-41. <https://doi.org/10.32718/ujvas4-3.06>
8. Григоренко, Т.В., Самчишина, Л.В., Чужма, Н.П., Базаєва, А.М., Савенко, Н.М., Оборський, В.П. та Михайленко, Н.Г. (2021). Оцінка екологічних умов вирощування риби товарного розміру в Кантівському відгодівельному ставку (Хмельниччина, Україна). *Український журнал ветеринарних та сільськогосподарських наук*. 4 (3), 33-41. <https://doi.org/10.32718/ujvas4-3.06>

9. Гринжевський М. В. Фактори підвищення ефективності рибного господарства. *Вісник аграрної науки*. 1999. №4. С. 34–41.
10. Екологічний моніторинг поверхневих вод. Міндовкілля, 2025. URL: <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/ekologichnyj-monitoryng/ekologichnyj-monitoryng-dovkillya/> (дата звернення 02.12.2025 р.).
11. Єрчики Агрофірма. Прісноводне рибальство. Elevatorist.com, 2025. URL: <https://elevatorist.com/kompanii/664-yerchiki-agrofirma> (дата звернення 02.12.2025 р.).
12. Козичар М. В., Оліфіренко В. В., Падаков Є. С. Регулювання рівня розвитку фітопланктону та абіотичних умов у рибних ставах. *Водні біоресурси та аквакультура*. № 1. 2019. С. 66-78.
13. Кравченко А.О. Товстолобик як меліоратор водойм. ДСАУ, 2021. URL: <https://dspace.dsau.dp.ua/bitstream/123456789/3818/1/%D0%9A%D1%80%D0%B0%D0%B2%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D0%BE%20%D0%90.%D0%9E..pdf>
14. Кутіщев П. С., Коржов Є. І., Гончарова О.В. Вплив гідрохімічних показників ставів на якість рибопосадкового матеріалу в умовах херсонського виробничо-експериментального заводу з вирощування частикових риб. *FISHERIES SCIENCE OF UKRAINE*. 2024. № 3. С. 63-81.
15. Марценюк В.В. Біологічна меліорація ставків. К.: Урожай, 2012. 156 с..
16. Наказ від 02.05.2022 № 721 Про затвердження Гігієнічних нормативів якості води водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення. https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=102240 (дата звернення 01. 12.2025 р.).
17. Нормативи якості води для рибогосподарств. Міндовкілля, 2023. URL: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/04/173-nd1.pdf> (дата звернення 02.12.2025 р.).
18. Оборський В.П., Михайленко Н. Г., Берсан Т. О., Куріненко Г. А., Драган Л. П. Аналіз показників водного середовища дослідних ставів ПРАТ «Хмельницькрибгосп» як передумова при формуванні ремонтно-маточних стад

антонінсько-зозуленецьких коропів (*Cyprinus carpio linnaeus*, 1758). *FISHERIES SCIENCE OF UKRAINE*. № 2. 2025. С. 98-117.

19. Особливості розведення і вирощування білого амурського карпа в ставку. Фермерський блог, 2023. URL: <https://fermer.blog/bok/rybovodstvo/ryby/belyy-amur/16362-razvedenie-belogo-amura-v-prudu.html> (дата звернення 01.12.2025 р.).

20. Оцінка компонентів екосистеми ставка рибогосподарського призначення. Екологія, 2023. №6. С. 45-52. URL: <http://ecoj.dea.kiev.ua/archives/2023/6/6.pdf> (дата звернення 01.12.2025 р.).

21. Приватна агрофірма «Єрчики». Реалізація риби з ставків. Facebook, 2025. URL: <https://www.facebook.com/61576983119986/videos> (дата звернення 02.12.2025 р.).

22. Романенко В.Д. Гідрохімія природних вод. К.: Наукова думка, 2004. 248 с.

23. Романенко В.Д. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод. К.: ЛОГОС, 2006. С. 8-24.

24. Сампронова В. О., Глівіцький Р. О., Коломійцева О. М., Булейко А. А. Вміст важких металів у воді, донних відкладах та рибі водних об'єктів різного призначення Дніпропетровської області. *FISHERIES SCIENCE OF UKRAINE*. № 2. 2024. С. 23-39.

25. Сучасні методи інтенсифікації ставкової аквакультури з екологічною складовою. АгроТаймс, 2025. URL: <https://agrotimes.ua/tvarinnitstvo/suchasni-metody-intensyfikacziyi-stavkovoyi-akvakultury-vrahovuyut-ekologichnu-skladovu/> (дата звернення 01.12.2025 р.).

26. Трофимчук А. М., Гриневич Н. Є., Трофимчук М. І., Куновський Ю. Е., Бондар О. С., Ткаченко О. В., Савчук О. В. Сучасний стан і тенденції розвитку рибництва в Україні та світі. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва*. 2021. № 2. С. 123-133.

27. Цуркан Л. В., Воліченко Ю. М., Кутіщев П. С., Шерман І. М. Динаміка змін основних рибничо-біологічних показників рибопосадкового матеріалу коропа та рослиноїдних риб як реакція на клімат сучасної зими півдня України. *Таврійський науковий вісник*. Херсон: Видавничий дім «Гельветика». 2019. Вип. 109. С. 225–232.
28. Шелюк Ю. С., Житова О. П., Микула М. М., Оводюк І. І. Фітопланктон ставків рекреаційного призначення житомирського району. *Український журнал природничих наук*. № 8. 2024. С. 83-91.
29. Щербак В.І., Майстрова Н.В., Морозова А.О., Семенюк Н.Є. Національний природний парк «Прип'ять–Стохід». Різноманіття альгофлори і гідрохімічна характеристика акваландшафтів. К.: Фітосоціоцентр, 2011. 164 с.
30. Клод Е. Бойд та Крейг С. Такер Довідник з якості води та аквакультури. 2014. 438 с.
31. Anita Bhatnagar, Pooja Devi Water quality guidelines for the management of pond fish culture. *International Journal of Environment Sciences*. Vol. 5. № 2. 2019. С. 10-23.
32. Гриневич Н.Є. Біологічні основи рибного господарства: Навч. посібник. Біла Церква: Білоцерківський національний аграрний університет, 2023. 18 с.
33. Екологічні основи управління водними ресурсами : навч. посіб. / А.І. Томільцева, А.В. Яцик, В.Б. Мокін та ін. Київ: Інститут екологічного управління та збалансованого природокористування, 2017. 200 с.
34. Уваєва О.І., Коцюба І.Г., Єльнікова Т.О. Гідробіологія: навчальний посібник. Ж.: Державний університет «Житомирська політехніка», 2020. 196 с.
35. Водні біоресурси та аквакультура: Навчальний посібник. Суми : Наукова бібліотека СНАУ, 2017. 55 с.
36. Кононенко Р.В., Шевченко П.Г. та ін. Технологія рибного господарства та оцінка рибних ресурсів: Навчальний посібник. Суми: СуМСА, 2025. 300 с.

37. Хвесик М.А., Ригова К.І. Рибне господарство України (еколого-економічний аспект): Навчальний посібник. К.: РВПС України НАН України, 2004. 272 с.

38. Коморна О. М., Мостович Д. А., Касьян О. В. Екологічні механізми регулювання нітратів у продуктах харчування. *Ліс, наука, молодь: матеріали XIII Всеукр. наук.-практ. конф. (26 листопада 2025 р.).* – Житомир: Поліський національний університет, 2025. – 260 с.

39. Рибництво: Підручник. Том 1. Київ: ТОВ «ЦП «КОМПРИНТ». 2019. 410 с.

40. Мостович Д. А., Касьян О. В. Екологічні виклики сучасності: від глобальних загроз до локальної дії та шляхів подолання. *Progressive Opportunities and Solutions of Advanced Society: Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Internet Conference. November 6-7. 2025.* FOP Marenichenko V.V., Dnipro, Ukraine. С. 143-144.

41. Боярин М. В. Основи гідроекології: теорія й практика : навч. посіб. / М. В. Боярин, І. М. Нетробчук. Луцьк : Вежа-Друк, 2016. 365 с.

42. Касьян О. В. Гідрохімічний режим водойм як чинник екологічної безпеки та рибогосподарської продуктивності. *Ліс, наука, молодь: матеріали XIII Всеукр. наук.-практ. конф. (26 листопада 2025 р.).* – Житомир: Поліський національний університет, 2025. – 260 с.