

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВОЛИНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ЛЕСІ УКРАЇНКИ

Кафедра екології та охорони навколишнього середовища

На правах рукопису

ДАРЧУК АРТЕМ МИКОЛАЙОВИЧ

**ЕКОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ СТАНУ РИБОГОСПОДАРСЬКИХ
ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ МАНЕВИЦЬКОЇ СЕЛИЩНОЇ
ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ**

Спеціальність 101 Екологія

Освітньо-професійна програма Екологія

Робота на здобуття освітнього ступеня Магістр

Науковий керівник:
ЦЬОСЬ ОКСАНА ОЛЕКСАНДРІВНА,
кандидат сільськогосподарських наук,
доцент

РЕКОМЕНДОВАНО ДО ЗАХИСТУ

Протокол № 4
засідання кафедри екології та охорони
навколишнього середовища
від 18 листопада 2025 р.

Завідувач кафедри



доц. Радзій В. Ф.

ЛУЦЬК – 2025

АНОТАЦІЯ

Дарчук А. О. Екологічний аналіз стану рибогосподарських водних об'єктів Маневицької селищної територіальної громади. На правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня Магістр за спеціальністю 101 Екологія, освітньо-професійна програма Екологія. Волинський національний університет імені Лесі Українки. Луцьк, 2025.

Водні ресурси рибогосподарського призначення відіграють важливу роль у збереженні біорізноманіття та продовольчої безпеки громад. Погіршення якості води й накопичення забруднювальних речовин негативно впливають на іхтіофауну та екологічну стійкість водойм, що підвищує значущість гідрохімічного аналізу. Екологічне дослідження рибогосподарських водних об'єктів Маневицької селищної територіальної громади є актуальним, адже дозволяє виявити чинники деградації, оцінити рівень забруднення та сформуванати основу для природоохоронних заходів і сталого використання водних ресурсів.

У першому розділі кваліфікаційної роботи представлено теоретичні підходи до екологічного аналізу стану рибогосподарських водних об'єктів та, зокрема, розкрито сутність понять та значення наземної рибогосподарської діяльності у світовому споживанні, висвітлено екологічні проблеми діяльності рибогосподарських водних об'єктів, подано теоретичні аспекти функціонування та очистки рибогосподарських ставків.

Висвітлюючи у другому розділі загальну характеристику та методичні підходи до екологічного аналізу стану рибогосподарської технологічної водойми представлено загальну характеристику рибогосподарської технологічної водойми, розкрито екологічні підходи до удобрення ставів та годівлі риби, описано методичні підходи до екологічного аналізу якості води рибогосподарської технологічної водойми.

У третьому розділі здійснено екологічний аналіз стану рибогосподарської технологічної водойми та визначено напрямки його

покращення, при цьому здійснено екологічний аналіз якості води рибогосподарської технологічної водойми, висвітлено особливості реалізації екологічних засад зимівлі рибних біоресурсів господарства, запропоновано шляхи забезпечення екологізації загального водокористування та експлуатації рибогосподарської технологічної водойми.

Ключові слова: екологічний аналіз, гідрохімічний аналіз, рибогосподарські водні об'єкти, технологічна водойма, ставок, Маневицька селищна територіальна громада.

SUMMARY

Darchuk A. M. Environmental Analysis of the Condition of Fishery Water Bodies within the Manevychi Settlement Territorial Community. Manuscript.

Qualification work for obtaining a Master's degree in specialty 101 Environmental Studies, educational-professional program Environmental Studies. Lesya Ukrainka Volyn National University. Lutsk, 2025.

Fishery water resources play an important role in preserving biodiversity and ensuring food security within communities. The deterioration of water quality and the accumulation of pollutants negatively affect ichthyofauna and the ecological stability of water bodies, which increases the importance of hydrochemical assessment. The ecological study of fishery water bodies within the Manevychi Settlement Territorial Community is relevant, as it makes it possible to identify key factors of ecosystem degradation, assess pollution levels, and provide a foundation for environmental measures and the sustainable use of water resources.

The first chapter of the qualification work presents theoretical approaches to the ecological analysis of fishery water bodies. In particular, it outlines the essence of relevant concepts, examines the importance of inland fishery activities in global consumption, highlights environmental issues associated with the functioning of fishery water bodies, and describes theoretical aspects of the operation and purification of fishery ponds.

The second chapter provides a general description and methodological approaches to the ecological analysis of a fishery technological water body. It includes a general characterization of the water body, explains ecological approaches to pond fertilization and fish feeding, and describes methodological tools for assessing water quality in a fishery technological reservoir.

The third chapter presents the ecological analysis of the state of the fishery technological water body and identifies directions for its improvement. It includes an ecological assessment of water quality, outlines the specifics of applying ecological principles during the wintering of fishery biological resources, and

proposes measures for enhancing the environmental sustainability of overall water use and the operation of the fishery technological reservoir.

Keywords: ecological analysis, hydrochemical assessment, fishery water bodies, technological water body, pond, Manevychi Settlement Territorial Community.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ФУНКЦІОНУВАННЯ РИБОГОСПОДАРСЬКИХ ВОДНИХ ОБ’ЄКТІВ	11
1.1. Сутність понять та значення наземної рибогосподарської діяльності у світовому споживанні	11
1.2. Екологічні проблеми діяльності рибогосподарських водних об’єктів	13
1.3. Теоретичні засади функціонування та очистки рибогосподарських ставків.....	17
РОЗДІЛ 2. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТА МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ЕКОЛОГІЧНОГО АНАЛІЗУ СТАНУ РИБОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ВОДОЙМИ.....	24
2.1. Загальна характеристика рибогосподарської технологічної водойми	24
2.2. Екологічні особливості удобрення ставів та годівлі риби	30
2.3. Методичні підходи до екологічного аналізу якості води рибогосподарської технологічної водойми.....	36
РОЗДІЛ 3. ЕКОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ СТАНУ РИБОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ВОДОЙМИ ТА НАПРЯМКИ ЙОГО ПОКРАЩЕННЯ	40
3.1. Екологічний аналіз якості води рибогосподарської технологічної водойми.....	40
3.2. Реалізація екологічних засад зимівлі рибних біоресурсів господарства.....	48
3.3. Забезпечення екологізації загального водокористування та експлуатації рибогосподарської технологічної водойми	51
ВИСНОВКИ.....	54
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	58
ДОДАТКИ.....	65

ВСТУП

Актуальність теми. Водні ресурси рибогосподарського призначення є вагомим елементом екологічної та економічної стабільності територіальних громад, оскільки забезпечують біорізноманіття, формують продовольчий потенціал і виконують важливі природоохоронні функції. Погіршення якості води, зміна гідрохімічного режиму, накопичення біогенних і токсичних речовин безпосередньо впливають на стан іхтіофауни, продуктивність водойм та стійкість екосистем. В умовах сучасних викликів особливо важливим є екологічний аналіз якості водного середовища на основі гідрохімічних характеристик.

Дослідження екологічного стану рибогосподарських водних об'єктів Маневицької селищної територіальної громади є актуальним, оскільки дозволяє ідентифікувати основні чинники деградації водних екосистем, оцінити рівень забруднення та визначити екологічну безпеку водокористування. Отримані дані створюють наукове підґрунтя для планування природоохоронних заходів, збереження рибних ресурсів та забезпечення сталого розвитку територіальної громади в умовах зростаючого навантаження на водні екосистеми.

Дослідженню екологічних аспектів стану водних та зокрема рибогосподарських водних об'єктів присвятили свої праці низка українських та зарубіжних вчених, серед яких: Безсонний Л. [1], Бедункова О. [8; 18], Боярин М. [2], Галімова В. [4], Гриценко А. [12], Джам О. [9], Караїм О. [8; 9], Коваленко С. [10], Ковальчук І. [11], Лавринюк З. [8], Некос А. [1], Цьось О. [18], Ahmad A. [19], Ahmed N. [20], Avnimelech Y. [21] та ін.

Мета роботи – визначити сучасний екологічний стан рибогосподарської технологічної водойми розташованої в Маневицькій селищній територіальній громаді шляхом комплексного аналізу гідрохімічних показників, оцінювання рівня забруднення та визначення відповідності отриманих даних екологічним нормативам.

Для вирішення поставленої мети необхідне розв'язання наступних завдань:

- розкрити сутність понять та значення наземної рибогосподарської діяльності у світовому споживанні;
- висвітлити екологічні проблеми діяльності рибогосподарських водних об'єктів;
- подати теоретичні засади функціонування та очистки рибогосподарських ставків;
- представити загальну характеристику рибогосподарської технологічної водойми;
- розкрити екологічні особливості удобрення ставів та годівлі риби;
- описати методичні підходи до екологічного аналізу якості води рибогосподарської технологічної водойми;
- здійснити екологічний аналіз якості води рибогосподарської технологічної водойми;
- висвітлити особливості реалізації екологічних засад зимівлі рибних біоресурсів господарства;
- запропонувати шляхи забезпечення екологізації загального водокористування та експлуатації рибогосподарської технологічної водойми.

Об'єктом дослідження є процес формування екологічного стану рибогосподарських водних об'єктів.

Предмет дослідження – гідрохімічні, екологічні та антропогенно зумовлені характеристики, що визначають якість води та рівень екологічного навантаження на рибогосподарські водні об'єкти.

Методи досліджень: у роботі застосовано аналітичні та порівняльні методи, гідрохімічний аналіз проб води, розрахункові підходи до визначення екологічних індексів, а також методи екологічної класифікації для оцінки якості води рибогосподарської технологічної водойми.

Інформаційну базу дослідження становили: збірники методик, законодавчі та нормативні акти з питань дослідження та збереження

рибогосподарських водних об'єктів, матеріали рибогосподарського підприємства, монографії та науково-аналітичні статті вітчизняних і зарубіжних авторів, електронні джерела періодичних видань та результати авторських досліджень.

Наукова новизна дослідження полягає в удосконаленні теоретичних положень і поглибленні підходів до комплексної екологічної оцінки стану рибогосподарських водних об'єктів Маневицької селищної територіальної громади, зокрема *набули подальшого розвитку*:

- теоретичні засади екологічної оцінки функціонування рибогосподарських ставків в контексті сучасних підходів до екологізації аквакультури;
- методичні підходи до визначення інтегральних показників якості води, включаючи гідрохімічний індекс забруднення та індикатори блокової оцінки екологічного стану;
- екологічний аналіз стану рибогосподарських водних об'єктів з урахуванням сучасних гідрохімічних критеріїв та чинних нормативів рибогосподарського водокористування;
- наукове обґрунтування впливу технологічних процесів ставового рибництва та супутніх господарських дій на структуру біогенних навантажень і якість водного середовища.

Практичне значення дослідження полягає в тому, що отримані результати можуть бути використані для удосконалення системи управління рибогосподарськими водними об'єктами та підвищення їх екологічної безпеки. Сформульовані рекомендації придатні для впровадження органами місцевого самоврядування, природоохоронними установами та користувачами водних об'єктів з метою оптимізації режимів експлуатації ставків, мінімізації антропогенних навантажень і забезпечення сталого функціонування водних екосистем.

Апробація результатів та публікації. Основні положення та результати кваліфікаційної роботи викладено у доповіді: «Екологічні проблеми діяльності

рибогосподарських водних об'єктів» на IX Міжнародній науково-практичній конференції молодих учених, студентів та аспірантів «Актуальні проблеми розвитку природничих та гуманітарних наук», 14 листопада 2025 року, м. Луцьк [5].

Структура роботи. Кваліфікаційна робота магістра складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Основний зміст викладено на 64 сторінках друкованого тексту. Робота містить 4 таблиці, 4 рисунки, 12 додатків. Список використаних джерел нараховує 50 найменувань і міститься на 7 сторінках.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ФУНКЦІОНУВАННЯ РИБОГОСПОДАРСЬКИХ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ

1.1. Сутність понять та значення наземної рибогосподарської діяльності у світовому споживанні

Рибогосподарським водним об'єктом (його частиною) називають водний об'єкт (його частину), що використовується або може використовуватися для цілей рибного господарства [17].

Рибогосподарські водні об'єкти (природні й антропогенні озера, річки, водосховища, стави й ставкові системи, а також узбережні і прибережні площі з інтенсивною марикультурою) становлять важливу частку глобальної продовольчої системи. Риба та інші водні продукти забезпечують високоякісні білки, незамінні жирні кислоти й мікроелементи для мільярдів людей і відіграють значну роль у локальній продовольчій безпеці й джерелах доходу, особливо в країнах, що розвиваються [36].

У розрізі дослідження необхідним також є визначення поняття *рибогосподарська діяльність*, що є сукупністю дій юридичних осіб і фізичних осіб-підприємців, спрямованих на дослідження водних біоресурсів, їх охорону, відтворення, цільове використання, переробку, реалізацію продукції та ін. [17].

Розвідки публікацій у виданнях Scopus та WOS показують що у закордонних працях вчені оперують терміном *наземне рибництво* – це інтенсивна система рибництва, що здійснюється на суші. Коли йдеться про утворення та очищення стічних вод, основна увага приділяється системам, де відбувається накопичення відходів, на відміну від вирощування риби в річкових потоках та прибережних зонах з постійним оновленням води. Залежно від наявності технологій та початкових капітальних витрат,

інтенсивні системи рибництва можуть зазвичай використовувати резервуари та ставки або систему рециркуляційної аквакультури (RAS) [33].

Також, одним із основних понять, що вивчалися в роботі є *аквакультура* (*рибництво*), що відповідно до законодавчої бази України визначається як вид сільськогосподарської діяльності, що передбачає штучне розведення, вирощування та утримання водних організмів у повністю або частково контрольованих умовах. Її метою є отримання продукції аквакультури та її реалізація, виробництво кормів, відтворення водних біоресурсів, проведення селекційно-племінної роботи, а також інтродукція, переселення, акліматизація й реакліматизація гідробіонтів. Аквакультура також сприяє поповненню запасів водних біоресурсів, збереженню їх біорізноманіття та розвитку рекреаційних послуг [15].

Зазначаючи переваги, рибогосподарської галузі, потрібно вказати на те, що продукти, вироблені рибальством та аквакультурою, складають від 15 до 20 % середнього споживання тваринного білка для 2,9 мільярда людей у всьому світі [42], не враховуючи внесок прісноводних або солонуватих видів. Харчова якість водних продуктів має високий стандарт і є важливим джерелом макро- та мікроелементів для людей з країн, що розвиваються [38]. Загалом, риба вважається важливим інгредієнтом більшості страв для споживання людиною. Вона містить усі незамінні амінокислоти, які сприяють здоровому росту та кращому загальному раціону. Крім того, споживання риби запобігає розвитку різних захворювань, таких як інсульт, серцеві розлади, депресія та ін. Фактично, у 2020 році галузь аквакультури виробила до 50 % світового виробництва продуктів харчування [39]. Галузь аквакультури домінує у виробництві традиційних методів рибальства, виробляючи 18,32 мільйони тонн, що оцінюється в 250 мільярдів доларів США [43]. Понад 190 країн роблять свій внесок у виробництво водних видів, включаючи рибу, ракоподібних, молюсків та водні рослини [31]. За вагою, складова риба, водні рослини, молюски та ракоподібні становлять 47,7 %, 28,4 %, 15,4 % та 7,5 % відповідно, тоді як решта 1 % включає інші види [43].

Крім того, аквакультура та рибальство визнані джерелом зайнятості, де працює близько 43,5 мільйони людей [42].

Рибогосподарська продукція також має високий торговельний потенціал як продовольчий товар; експорт риби та молюсків з країн, що розвиваються, має більшу цінність, ніж поєднання таких важливих продуктів, як кава, чай, тютюн, м'ясо, какао, каучук та рис [42]. У багатьох випадках доходи, отримані від рибного господарства, перевищують доходи від інших видів сільськогосподарської діяльності. Однак, незважаючи на всі ці переваги, рибне господарство насправді не вважається сталою діяльністю в сприйнятті наукової спільноти та населення [36].

1.2. Екологічні проблеми діяльності рибогосподарських водних об'єктів

Різновиди рибогосподарських об'єктів і способи їх використання охоплюють: традиційні виловні (capture) системи внутрішніх вод і морів; інтенсивні та напівінтенсивні ставкові господарства (pond culture); марикультуру в ярусних/каркасних системах та у відкритих клітках; рециркуляційні (RAS) і інтегровані мультитрофні системи (IMTA). Кожна форма має свої виробничі переваги та екологічні ризики – від місцевого забезпечення продовольчої доступності до масштабних трансформацій екосистем [36].

Рибогосподарські водні об'єкти можуть слугувати причиною низки екологічних, соціальних та економічних проблем. Зауважимо, що загалом екосистеми мають надзвичайну стійкість, і доки основні процеси не будуть безповоротно порушені, вони продовжуватимуть переробляти та розподіляти енергію. Однак у світі чимало незворотних збитків уже завдані довікільлю через неадекватне управління цією діяльністю. Основні негативні наслідки, пов'язані з рибогосподарською діяльністю, є наступними [24].

Знищення природних екосистем. Найбільш суттєво ця проблема проявляється при будівництві рибогосподарських ферм [45]. Прикладом тут можуть слугувати мангрові ліси, які є важливими екосистемами, а також місцями розмноження багатьох водних видів, що мають екологічне та/або економічне значення, а також місцями гніздування для птахів, рептилій, ракоподібних та інших таксономічних груп. Мангрові ліси також є місцями накопичення осадових порід, забруднюючих речовин, азоту, вуглецю та забезпечують захист від ерозії узбережжя. За словами екологів, мангрові ліси підтримують різноманітне місцеве рибальство, а також забезпечують критичне середовище існування для розмноження риб та морську продуктивність, що підтримує ширше комерційне рибальство. Ці ліси також надають цінні екосистемні послуги, що приносять користь прибережним громадам, включаючи стабілізацію прибережних земель та захист від штормів [36].

Засолення та підкислення ґрунтів. Рибогосподарські водні об'єкти іноді залишають через численні проблеми (експлуатаційні, економічні, санітарні та ін.), а ґрунти після їх експлуатації залишаються гіперсолоними, кислими та еродованими [37]. Тому ці ґрунти не можуть використовуватися для сільськогосподарських цілей і є непридатними для використання протягом тривалого часу. Крім того, застосування вапна та інших хімікатів, що використовуються в рибному господарстві, також може змінити його фізико-хімічні характеристики, що може посилити проблему [36].

Забруднення води. Дослідження показали, що інтенсивну рибогосподарську систему, яка вирощує три тонни прісноводної риби, можна порівняти за кількістю утворення відходів з громадою з чисельністю близько 240 мешканців [21].

Евтрофікація та нітрифікація екосистем, що приймають стічні води. Евтрофікація або органічне збагачення водного стовпа головним чином спричиняється неспоживаним кормом (особливо через перегодовування), вилуговуванням кормів для аквакультури, розкладанням загинлих організмів та надмірним удобренням [27]. Встановлено, що із загальної кількості азоту,

що призначено для культивованих організмів, лише від 20 до 50 % утримується у вигляді біомаси вирощуваними організмами, тоді як решта потрапляють у водний стовп або осад і зрештою скидається зі стічними водами до приймаючих екосистем, спричиняючи різноманітні наслідки, такі як цвітіння фітопланктону (іноді токсичних мікроводоростей, таких як червоні припливи) та загибель бентосних організмів, а також небажані запахи та наявність патогенів у місцях скидання. Вплив може бути більш або менш критичним залежно від деяких чинників, таких як інтенсифікація системи (щільність організмів), яка безпосередньо пов'язана з кількістю корму, що подається [23; 36]. Виходячи із зазначеного, стічні води аквакультури слід належним чином очищати для повторного використання в різних сферах застосування або безпечно викидати в навколишнє середовище, сприяючи сталому розвитку галузі та циркулярної економіки (дод К, Л) [33]. Відповідно до наведеної схеми пропонується застосування фізичних, хімічних та біологічних технологій очищення стічних вод.

Екологічний вплив на природні екосистеми внаслідок інтродукції екзотичних видів. Досить поширеним є негативний вплив «біологічного забруднення» внаслідок інтродукції екзотичних видів аквакультури на місцеві популяції [41]. Основними проблемами є витіснення місцевих видів, конкуренція за простір і їжу, а також поширення патогенів. Для прикладу, нещодавні дослідження виявили передачу паразитів морських вошей від лосося в неволі до дикого лосося [34]. Автори цього дослідження висунули гіпотезу, що «якщо спалахи триватимуть, то локальне вимирання неминуче, і очікується 99 % скорочення чисельності рожевого лосося протягом чотирьох поколінь».

Екологічний вплив, спричинений невдалою практикою медикаментозного лікування. Фермери зазвичай піддають свої культивовані організми медикаментозному лікуванню з різних причин, таких як запобігання спалахам хвороб та покращення росту. Однак моніторингові дослідження виявили високий рівень широкого спектру фармацевтичних препаратів, включаючи

гормони, стероїди, антибіотики та паразитициди, у ґрунтах, поверхневих та підземних водах [22]. Ці хімічні речовини спричиняють дисбаланс у різних екосистемах. Це також стосується використання гормонів в аквакультурі та їх подальші екологічні наслідки.

Зміни ландшафту та гідрологічних структур. Рибогосподарська діяльність сприяє деградації екосистем, включаючи значні зміни ландшафту. Будівництво рибогосподарських ферм у руслах річок змінило гідрологічні умови в багатьох регіонах світу, що мало наслідки для регіональних екосистем та місцевої погоди [36].

Негативний вплив на рибальство. Хоча аквакультуру проголошували рішенням для запобігання надмірному вилову риби, вона водночас сприяла краху для рибальства. Рибалки, які працюють у місцях поблизу рибогосподарських ставків, стверджують, що забруднення, спричинене фермами, зменшило популяцію водних організмів і, як наслідок, обсяг їх вилову [21].

Неякісна рибна продукція. Досить часто спостерігається виробництво аквакультури з високою концентрацією токсинів, генетичного забруднення та зараження небажаними видами фітопланктону та/або зоопланктону [36].

Для подолання вказаних проблем необхідно забезпечити раціональний вибір місць для розведення та відповідні види риби, впровадити оптимальні системи вирощування, застосовувати ефективні методи годівлі та технології біоремедіації. Важливими є також зниження залежності від рибного борошна й риб'ячого жиру, належне управління стічними водами, отримання сертифікації відповідно до принципів сталого розвитку, а також удосконалення наукових досліджень і нормативно-правової бази щодо оцінювання та регулювання впливів аквакультури.

1.3. Теоретичні засади функціонування та очистки рибогосподарських ставків

Традиційне вирощування риби з використанням ставків є економічно досить вигідним підходом, який не вимагає значних затрат енергії та кваліфікованої праці. Вирощена риба утримується в певному об'ємі води. Загальний розмір ставків коливається від 100 до 100 000 м², а глибина – від 1,2 до 1,5 м. При інтенсивному вирощуванні використання води може сягати 45 м³/кг риби. Крім того, при інтенсивному вирощуванні накопичення рибних відходів, невикористаного корму для риб, а іноді й антибіотиків, збільшує вміст поживних речовин, що сприяє росту небажаних мікробів та патогенів. Традиційна аквакультура вимагає великих земельних ділянок та великого об'єму води [44]. Також накопичення аміаку може бути серйозною проблемою, оскільки воно може збільшити смертність риби навіть за низьких концентрацій 0,05–0,5 мг/л [33].

Важливу місце у функціонуванні рибогосподарських ставків сьогодні належить системі рециркуляційної аквакультури (RAS) або, інша назва, сучасне культивування. Річна вартість вирощування риби з використанням системи RAS є досить високою та коливається від 2250 до 8800 доларів США за тону. Типове споживання енергії в RAS становить від 15 до 30 кВт·год/кг продукції риби. Основна ідея RAS полягає в одночасному вирощуванні риби та очищенні стічних вод з подальшою рециркуляцією очищених вод у рибні резервуари. Використання води в RAS може становити всього 0,016 м³/кг риби. Типова щільність посадки в RAS становить 70–120 кг/м³ з коефіцієнтом збереження корму 0,8–1,1, RAS надзвичайно ефективно економить воду; коефіцієнт рециркуляції води може становити 90–99%. Рівень виробництва може сягати 400–500 тонн/рік [20].

Зазвичай для вирощування риби використовується величезна кількість прісної води. Обсяг стічних вод, що утворюються в результаті аквакультури в США, Європі та на Близькому Сході, коливається від 22 640 до 85 000 м³/рік.

У водах рибогосподарських ставків містяться наступні забруднюючі речовини: корм для риб, ліки та рибні екскременти – це деякі зі складових, що накопичуються у воді при вирощуванні риби, а потім викидаються у складі стічних вод. Концентрація ХСК, загального аміачного азоту та загального азоту може сягати 1201, 101 та 359 мг/л відповідно [25].

Методи очищення стічних вод рибогосподарських ставків загалом можна поділити на *фізичні, хімічні та біологічні*. Зазначений поділ базується на методології, за допомогою якої забруднюючі речовини відділяються, або шляхом чистого розділення у їх первісному вигляді, шляхом асиміляції, або шляхом перетворення на інші речовини.

Що стосується *фізичних методів очищення*, то одним із традиційних способів очищення стічних вод є *використання фільтрів*. Однак сама по собі фільтрація не може видалити розчинені забруднювачі, або принаймні не повністю. З цієї причини процеси фільтрації, здебільшого, поєднуються з іншими системами до або після фільтрації. Одним із передових процесів окислення є каталітичне озонування, яке може видалити 52,1 % органічної речовини, 75 % загального амонійного азоту та 95,8 % відновленої води. При електрокоагуляції створюється електричне поле, яке вивільняє катіони металів та флокує забруднювачі, одночасно руйнуючи мікроорганізми та видаляючи колір [48]. Також для попереднього очищення стічних вод, перед фільтруванням, може бути використана піщана фільтрація. Однак процес фільтрації має деякі суттєві недоліки, пов'язані із забрудненням мембрани та високим енергоспоживанням. Крім того, процеси фільтрації завжди вважаються енергоємними, незалежно від додаткових удосконалень [33].

Все більшої популярності завдяки багатообіцяючим результатам як у лабораторних, так і в натурних експериментах набуває використання *мембранної технології* або мембранного біореактора, що є поєднанням фізичної фільтрації та біологічного розкладання. Мембранна технологія довела свою високу ефективність у видаленні невеликих забруднювачів, таких як органічні сполуки, віруси та шкідливі бактерії, присутні у стічних водах

аквакультури. Механізм роботи мембран може відрізнятися залежно від їх типу та конфігурації. Як правило, мембрани функціонують як розділовий пристрій, який видаляє небажані речовини з води. Вони діють як селективний бар'єр, пропускаючи певні молекули, блокуючи інші, тоді як біологічне очищення асимілює розчинені забруднювачі. Це призводить до відділення та розкладання забруднювачів зі стічних вод. Однак мембранна технологія часто стикається з проблемами забруднення, коли поверхні мембран з часом засмічуються через накопичення небажаних речовин, що призводить до зниження потоку [50]. Дослідження показало, що цим методом можна усунути до 99,98 % загальної кількості завислих твердих речовин та 99,99 % загальної кількості летких твердих речовин у стічних водах. Крім того, він досяг видатних показників видалення до 95,5 % та 96,1 % загального азоту та фосфору відповідно. Інше дослідження показало, що під час очищення стічних вод середнє БСК, ХСК може досягати 94 % та 92 % відповідно [40].

Накопичення корму для риби та рибних відходів у ставках збільшує вміст органічних та неорганічних сполук, створюючи сприятливе середовище для росту мікробів та патогенів. Тому тут доречним є використання *ультрафіолетового опромінення* яке здійснюватиме дезінфекцію, запобігатиме росту мікробів та іммобілізуватиме ріст шкідливих бактерій, тим самим запобігаючи утрудненню процесу вирощування риби з патогенними захворюваннями [33].

До методів хімічної обробки належать *коагуляція та флокуляція*. Коагуляція та флокуляція – це метод очищення, при якому хімічні речовини (тобто коагулянт) додаються для захоплення забруднюючих речовин, таких як органічні тверді речовини або зависі, а також барвники, утворюючи як кінцевий продукт шлам [49].

Коагулянти можна класифікувати за різними категоріями: синтетичні хімічні речовини, такі як органічні (поліакриламід) та неорганічні (сульфат алюмінію), а також натуральні або біофлокулянти, такі як хітозан. Біофлокулянти є кращими як екологічно чисті альтернативи хімічним

коагулянтам [19]. Деякі коагулянти можна виробляти з таких бактерій як *Serratia marcescens* [35]. До чинників, які впливають на процес коагуляції/флокуляції, належать рН, дозування коагулянтів/флокулянтів, що використовуються, інтенсивність та тривалість перемішування, температура та тривалість відстоювання. За результатами досліджень встановлено, що цей метод дозволяє зменшити каламутність на 84 % та видалити зависі на 79 %. Використання натурального флокулянту (хітозану) дає змогу видалити каламутність на 87,7 %. При використанні хімічного коагулянту органічного поліалюмінійхлориду, ефективність видалення каламутності, загальної кількості твердих речовин та фосфору перевищувала 97 %. Рослинні коагулянти можуть видаляти до 99 % каламутності та загального вмісту забруднюючих речовин. Таким чином, можна зробити висновок, що ефективність очистки можна підвищити, використовуючи у конкретних випадках відповідний коагулянт [33].

Для розкладання органічних забруднювачів у стічних водах застосовують процес *удосконаленого окислення*, тут використовуються високореактивні окислювачі, у вигляді гідроксильних радикалів, а також інші реактивні окислювачі, такі як гідропероксид, хлор, озонідний аніон, оксидний аніон та сульфат. Видалення цим методом таких забруднювачів як аміак, фосфор і загальний органічний вуглець, досягає 100 %, > 99 % і 97,3 % відповідно. Також представлений метод дає результати при розкладанні гормонів (до 64,5% естрогену), використання яких є поширеним явищем в аквакультурі, оскільки залишкові гормони можуть залишатися у стічних водах [47].

Потенційно ефективною для очищення стічних вод рибгосподарських ставків є *адсорбція*. Вона передбачає захоплення небажаних речовин у стічних водах за допомогою адсорбуючого матеріалу та ефективне відділення забруднюючих речовин від стічних вод. Адсорбуючий матеріал зазвичай має пористу поверхню, що дозволяє адсорбату накопичуватися на ній. Взаємодія між адсорбатом та адсорбентом зазвичай визначається такими чинниками, як

сили Ван-дер-Ваальса, електростатичне притягання або ковалентний зв'язок. Серед її переваг – адсорбція є відносно недорогою, простою в управлінні та здатною протистояти шкідливим хімічним речовинам. За результатами дослідження використання адсорбції як методу очищення стічних вод ефективність видалення амонію за допомогою смектитових глин становила 93 %. У останніх наукових роботах повідомлялося про 100 % ефективність видалення аміаку за допомогою хітозану та 85,3–99,6 % ефективність видалення фосфатів за допомогою алюмінієвого стовпчастого бентоніту. Цей недорогий адсорбент можна знайти у достатку в природі, оскільки більшість адсорбуючих матеріалів отримують із сільськогосподарських відходів і можуть видаляти токсичні важкі метали. Наприклад, соснове листя може видаляти 99 % хрому, а кокосова стружка може адсорбувати мідь, свинець і залізо на 92 %, 94 % і 94 % відповідно. Одним із поширених підходів є використання активованого вугілля. Досліджено, що в поєднанні активованого вугілля з бактеріями (*Bacillus cereus*), було видалено фосфат, магній та амоній на 90,1 %, 95,6 та 95,7 % відповідно [29]. В іншому випадку, де активоване вугілля поєднали з бактеріями (*Olivibacter jilunii*), вдалося видалити 96,1 % трифосфату, 100% аміаку та 97,4% тринілу зі стічних вод аквакультури вугра [30; 33].

Серед хімічних методів очиски стічних вод рибогосподарських ставків необхідно зазначити *електрохімічну обробку* – передовий метод, який використовує електрику для перетворення азотистих сполук на газоподібний азот. Установка являє собою просту анодну та катодну металеві поверхні, занурені у стічні води; потім азотисті сполуки перетворюються на газоподібний азот за допомогою електролізу. Перевагами електрохімічної обробки є висока ефективність видалення, мінімальне утворення осаду та малий розмір робочого обладнання. Електрохімічна обробка з використанням залізного одноатомного електрода досягла ефективності очищення > 99 % та 96,7 % для синтетичних та необроблених стічних вод відповідно [32].

До біологічних методів очиски рибогосподарських ставків належать *штучні водно-болотні угіддя* – штучні землі, спроектовані таким чином, щоб різні форми стічних вод могли протікати через них, одночасно споживаючи поживні речовини та вловлюючи завислі тверді речовини та органічні матеріали. Однак водно-болотні угіддя можуть бути навмисно створені для очищення стічних вод, коли це доцільно за певних обставин, таких як наявність землі та потреба в низькоенергетичному очищенні. Штучні водно-болотні угіддя поєднують три механізми очищення: фізичний, хімічний та біологічний. Як правило, абіотичні процеси очищення, такі як седиментація та фільтрація, потребують коротких періодів, тоді як біотичні процеси, такі як нітрифікація та видалення фосфору, займають більше часу. Такі поживні речовини, як азот і фосфор, засвоюються рослинністю, що росте на водно-болотних угіддях, разом з існуючими мікроорганізмами, що робить рослину, що росте, основним чинником у процесі очищення. Попереднє дослідження очищення стічних вод аквакультури з використанням систем штучних водно-болотних угідь показало видалення азоту та фосфору до 98 % та 71 % відповідно [26].

Ще одним методом біологічної очиски є *використання мікроводоростей*, яке може запропонувати ефективну, сталу та екологічно чисту альтернативу іншим методам очищення. Біоремедіація за допомогою мікроводоростей ефективно видаляє поживні речовини, а отриману біомасу можна перетворити на корисні продукти, такі як корм для риб або біоенергія. Тим не менш, під час очищення слід враховувати два основні чинники: якість або характеристики стічних вод та штам мікроводоростей, що використовуються [33].

У практиці очищення рибогосподарських ставків біологічними методами також відомими є: *анаеробне зброджування* – це природний розклад органічної речовини до біогазу (головним чином метану) групою анаеробних мікроорганізмів за відсутності кисню; *крапельний фільтр* – це метод вторинної біологічної очистки, який використовує мікроорганізми для

засвоєння поживних речовин; *обертовий біологічний контактор* – процес, у якому кілька дисків щільно прикріплені до одного горизонтального валу. Вал знаходиться в безперервному обертанні, завдяки чому диски обертаються, будучи повністю або частково зануреними у стічні води. Біоплівки вводяться в обертові диски, що дозволяє мікроорганізмам розкладати органічний матеріал, а також розчинені поживні речовини. Ефективність очищення сильно залежить від стану стічних вод, органічного навантаження, швидкості обертання та обертового допоміжного середовища. Перевагами цього методу є відносно невелике використання землі, простий процес та легкість контролю, низький час утримування, забезпечення великої площі поверхні та стійкість до токсичного субстрату [14].

РОЗДІЛ 2

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТА МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ЕКОЛОГІЧНОГО АНАЛІЗУ СТАНУ РИБОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ВОДОЙМИ

2.1. Загальна характеристика рибогосподарської технологічної водойми

Рибогосподарська технологічна водойма загальною площею водного дзеркала 143,2258 га розташована у Волинській області, Камінь-Каширського району, Маневицької селищної територіальної громади, поблизу с. Градиськ, за межами населених пунктів [14].

Дана місцевість характеризується рівнинним рельєфом із переважанням дерново-підзолистих ґрунтів, високим рівнем зволоження та густою мережею дрібних річок і меліоративних каналів. Територія належить до зони Полісся, що визначає особливості гідрологічного режиму водойми – помірну швидкість водообміну, незначну мінералізацію та достатню природну забезпеченість водними ресурсами [14].

Досліджувані стави входили в комплекс найбільшого рибної артілі області Волиньрибгосп, яка в часи приватизації перейшли в користування дочірнього підприємства «Маневичі рибгосп» ВАТ «Волиньрибгосп». Рибогосподарські ставки відносяться до повносистемного рибного господарства від вирощування рибопосадкового матеріалу до товарної риби. Згідно наказу Міністерства аграрної політики та продовольства України від 30.01.2013 № 45 «Про затвердження Зон аквакультури (рибництва) та рибопродуктивності по регіонах України» водойми Волинської області відносяться до зони аквакультури (рибництва) – Полісся. Розрахунок планового обсягу вирощування товарної риби (дод. А–Д) проведений відповідно до рибоводно-технологічних нормативів аквакультури, схвалений Науково-технічною радою Державного агентства рибного господарства України (протокол від 12 грудня 2013 року № 8/13) [14].

Водойма використовується для забезпечення повного циклу вирощування риби та виконання виробничих операцій, пов'язаних із нагулом, вирощуванням, зимівлею та нерестом. Тут здійснюється прісноводне рибицтво у напрямку вирощування рибопосадкового матеріалу та товарної риби коропа, білого та строкатого товстолаба, білого амура, щуки та карася сріблястого за дволітнім циклом.

Експлуатація рибогосподарського комплексу має багаторічний, безперервний характер, що забезпечує стабільність виробництва та можливість планування довгострокових циклів вирощування риби. До складу господарства входить 22 ставки різного функціонального призначення, що дозволяє реалізовувати повносистемну технологію вирощування рибної продукції. Структурно ставковий фонд представлений такими групами водойм:

- 4 нагульні ставки, у яких здійснюється вирощування мальків до товарної кондиції та забезпечується інтенсивний приріст біомаси. Ці ставки займають найбільшу площу землі, близько 80 % рибогосподарської технологічної водойми;
- 2 вирощувальні ставки, призначені для підрощування молоді до оптимальних розмірів перед переведенням у нагульні водойми;
- 7 зимувальних ставків, які функціонують як резервуари зі стабільним температурним та кисневим режимом у зимовий період, що є критично важливим для збереження рибного поголів'я;
- 9 нерестових ставків, які забезпечують створення сприятливих умов для нересту.

Наявність різних типів ставків забезпечує повний цикл штучного відтворення водних біоресурсів та ефективне управління їх популяційною структурою. Водойма виконує технологічну функцію в системі риборозведення, забезпечуючи регульований водний, гідрохімічний та температурний режим, необхідний для стабільного росту гідробіонтів.

За структурою виробничого циклу рибогосподарський об'єкт належить до повносистемного типу рибного господарства, що передбачає наявність усіх етапів – від відтворення і підрощування молоді до нагулу та реалізації товарної риби.

Такий тип господарства дозволяє: підтримувати замкнутий технологічний цикл; раціонально використовувати водні ресурси; забезпечувати стабільність виробництва за рахунок внутрішнього відтворення рибопосадкового матеріалу.

Система водопостачання та гідрологічна організація водойми є наступною, основним джерелом водопостачання є річка Череваха – права притока річки Стохід, яка, у свою чергу, впадає у річку Прип'ять, що належить до басейну річки Дніпро.

Живлення водойми здійснюється за рахунок:

- річкового стоку, який забезпечує постійний притік свіжої води;
- підземних джерел, що стабілізують рівень води в посушливі періоди;
- атмосферних опадів, які додатково поповнюють водний баланс.

Така комбінована система створює природну регуляцію рівня води та зменшує залежність господарства від сезонних коливань.

Гідрологічний режим водойми переважно проточний, із можливістю часткового регулювання подачі та скиду води через систему шлюзів і каналів. Це створює умови для підтримання оптимальних показників температури, кисневого режиму та якості води, необхідних для розвитку рибної біомаси.

Наповнення ставків проводиться через водопідвідний канал, оснащений підпірними гідротехнічними спорудами, що дозволяють контролювати обсяг і швидкість подачі води.

Регулювання водного притоку є важливим технологічним елементом, оскільки забезпечує:

- оптимізацію гідравлічних параметрів водойми;
- підтримання сприятливого гідрохімічного режиму;
- запобігання надмірному замуленню;

– можливість створення умов, необхідних для нересту та нагулу гідробіонтів.

Тривалість наповнення ставків становить до 3 місяців, що зумовлено їх площею, конфігурацією, сезонними особливостями притоку води та пропускною здатністю каналів.

Що стосується *режиму водовідведення та екологічних аспектів експлуатації*, то скидання води зі ставків здійснюється у водоскидні канали, а далі – у річку Череваху. Повний цикл спуску займає приблизно 20 діб, що відповідає вимогам для технологічних водойм із поступовим зниженням рівня води. Такий режим необхідний для:

- уникнення раптових гідравлічних навантажень на руслову систему річки;
- мінімізації ризику винесення надлишкової кількості зависів і органічних речовин;
- забезпечення поступового збору риби під час вилову;
- стабілізації екологічного стану водотоку в період експлуатації.

Необхідно звернути увагу, що система водовідведення є важливим елементом екологічної безпеки господарської діяльності. Правильно організований скид води дозволяє мінімізувати вплив на приймальний водний об'єкт, зберегти природні гідрохімічні характеристики річки та запобігти порушенню екологічного балансу в локальній гідромережі.

Що стосується безпосередньо господарської діяльності підприємства, то важливим аспектом тут виступає *розрахункова рибопродуктивність рибогосподарських ставків*.

Розрахункова рибопродуктивність рибогосподарських технологічних ставків різко відрізняється залежно від застосованої технології вирощування риби. Для даного господарства встановлено такі орієнтовні показники:

- при екстенсивній (випасній) формі ведення господарства – близько 500 кг/га;
- при інтенсивній (годівельній) технології вирощування – до 1400 кг/га.

Розрахунок планового обсягу вирощування товарної риби проведений відповідно до рибоводно-технологічних нормативів аквакультури, схвалених Науково-технічною радою Державного агентства рибного господарства України представлено в дод. А–Д [14].

Таке розмежування продуктивності узгоджується з екологічними та технологічними особливостями функціонування ставкового рибництва і має наукове обґрунтування.

Екстенсивна (випасна) технологія вирощування передбачає використання природної кормової бази водойми, яка формується за рахунок фітопланктону, зоопланктону, донних безхребетних та макрофітів. Внесення органічних чи мінеральних добрив та комбікормів або не проводиться, або має допоміжний характер.

Така технологія забезпечує:

- мінімальний антропогенний вплив на ставкову екосистему;
- збереження природного біорізноманіття;
- низькі експлуатаційні витрати;
- стабільні, але порівняно невисокі показники приросту риби.

Вказана рибопродуктивність 500 кг/га відповідає середнім значенням для водойм Полісся та ідентичних природно-кліматичних зон із середньою природною кормовою ємністю.

Інтенсивна (годівельна) технологія вирощування ґрунтується на використанні високоякісних збалансованих кормів, оптимізації гідрохімічних параметрів води, контролі щільності посадки риби та підвищеному рівні управління технологічними процесами.

Використання повнораціонних комбікормів із високим коефіцієнтом перетравності дозволяє:

- збільшити темпи росту риби у 2–3 рази;
- значно підвищити кінцеву біомасу;
- контролювати структуру популяції та запобігати конкуренції за природний корм;

– ефективно регулювати кисневий режим та підтримувати належний санітарний стан водойми.

Рівень рибопродуктивності 1400 кг/га відповідає нормативним показникам для господарств із середнім рівнем інтенсифікації, за умови забезпечення належного аераційного режиму та раціональної годівлі.

Що стосується *чинників, які визначають рибопродуктивність*, то розрахункові показники продуктивності залежать від комплексу екологічних та технологічних аспектів, зокрема:

- гідрохімічних характеристик води (розчинений кисень, рН, амонійний та нітратний азот, фосфати, мінералізація);
- типу ставків (нагульні, вирощувальні, нерестові, зимувальні);
- щільності посадки риби й видового складу (короп, білий та строкатий амур, товстолобик та ін.);
- рівня природної кормової бази;
- наявності та ефективності аераційних систем;
- сезонної динаміки температури та гідрологічного режиму;
- технологічного супроводу вирощування (профілактичні заходи, мікробіологічний контроль, санітарний нагляд).

Зазначені значення рибопродуктивності свідчать про достатній технологічний потенціал водойм та підтверджують можливість ефективного ведення як екстенсивного, так і інтенсивного рибництва. Порівняння різних моделей вирощування дозволяє оцінити: економічну ефективність господарства; рівень антропогенного навантаження на водні екосистеми; необхідні обсяги заходів з охорони та відтворення водних біоресурсів; екологічну стійкість рибогосподарської технологічної водойми.

2.2. Екологічні особливості удобрення ставів та годівлі риби

Розглядаючи екологічні особливості удобрення ставів, необхідно звернути увагу, що цей процес слугує інструментом інтенсифікації ставового виробництва. У нашому дослідженні ми пропонуємо розглядати її з позиції екологічного підходу.

Екологічна інтенсифікація ставового рибництва – це концепція підвищення рибопродуктивності ставів, яка передбачає впровадження інтенсивних технологій без порушення екологічної рівноваги водних екосистем, із мінімізацією негативного антропогенного впливу на водойму та прилеглу територію.

До головних принципів екологічної інтенсифікації належать:

- *раціональне використання водних ресурсів* – оптимізація водообміну, уникнення надмірного скиду евтрофікованої води, зменшення втрат води під час експлуатації;
- *збалансована годівля риби* – використання високоякісних кормів з урахуванням фактичних потреб риби; недопущення перегодування, яке призводить до накопичення органіки та погіршення кисневих умов;
- *зниження навантаження на екосистему* – застосування комбінованих систем вирощування (полікультура), де різні види риб ефективно використовують кормові ресурси усіх трофічних рівнів;
- *збереження природної кормової бази* – контрольоване внесення добрив, розвиток природних біоценозів, профілактика «цвітіння» води;
- *використання екологічних меліоративних заходів* – аерація, біоманіпуляції, попередження вторинного забруднення мулових відкладів;
- *профілактика захворювань шляхом біобезпечних методів* – мінімізація застосування хімічних препаратів, пріоритет біологічних засобів профілактики.

Кінцевим результатом екологічної інтенсифікації є отримання високих обсягів рибопродукції при збереженні екологічної стійкості водойми та

підтриманні базових гідробіологічних параметрів у межах оптимальних значень.

Розглянемо детальніше систему заходів спрямовану на зазначений результат екологічної інтенсифікації. Одним із таких заходів є екологічне удобрення ставів. Мета екологічного удобрення – збагатити воду і ґрунт ставу біогенними речовинами, які необхідні для розвитку бактерій, нижчих водоростей та інших організмів, якими живиться риба. Для цього використовують органічні добрива. Найчастіше застосовуються перегній, компост, пташиний послід, гноївку. Сюди також належать і зелені добрива – рослинність, яку культивують на дні ставів різних категорій, потім скошують і збирають на сіно або ж залишають, заливаючи водою. Норма скошеної рослинності для удобрення ставів становить від 3 до 6 т на 1 га ставу на весь сезон.

Найбільш поширений спосіб внесення органічних добрив в нагульних ставах насипання куп на відстані 10–15 м одна від одної або вздовж берегової лінії з глибинами води 40–60 см, 2–4 рази протягом літа по 5–10 т на 1 га за сезон залежно від ґрунтів. Особливо необхідно вносити органічні добрива в стави з бідними ґрунтами – піщані, глинисті. Сюди частіше вносять перегній, компости, гноївку та пташиний послід. Якщо в ставах спостерігається недостатня кількість кисню, розчиненого у воді, то органічні добрива вносити не слід. Для удобрення ставів краще брати добре перепрілий перегній – синець.

Особливо необхідно дбати про достатнє насичення води такими речовинами, як азот, фосфор, калій, кальцій та ін. Оптимальна концентрація азоту у воді 2–5 мг/л, фосфору – 0,5 мг/л, кальцію – не менше 80 мг/л.

Звичайно, більший ефект дають добрива на окультурених ставах, де немає надводної рослинності і менша заболоченість. Водобмін в таких ставах не повинен перебільшувати 15 діб. Вважається, що Рн при внесенні добрив повинна бути нейтральною або слаболужною.

У випадку необхідності в рибництві використовують кальцієві, фосфорні, азотні та калійні добрива, однак екологізація виробництва передбачає їх мінімізацію. Кальцієві добрива використовують у вигляді негашеного і гашеного вапна, вапнякового борошна тощо. Часто в ставових господарствах застосовують вапно, яке має ще й меліоративне значення, а на кислих ґрунтах як нейтралізатор. Крім того, при різних захворюваннях риби та погіршенні кисневого режиму внаслідок розвитку і відмирання водоростей вапно вносять для дезінфекції і одержання різних речовин та водоростей. Це поліпшує умови для вирощування риби. Вапно краще вносити в ставки зранку, коли у воді багато вуглекислоти. Кількість вапна для нейтралізації вуглекислоти в гідрокарбонатну форму залежить від наявності останньої.

Приріст рибопродукції за рахунок добрив визначають, виходячи з коефіцієнта не більше трьох одиниць на 1 кг приросту риби. Встановлено, що рибопродуктивність за рахунок використання добрив у корошових ставах становить не менше 2–3 ц/га.

Вміст діючої речовини в подвійному суперфосфаті – 45 % P_2O_5 , в аміачній селітрі – 35 % N, норма внесення органіки для поліської зони рибництва за біологічно-рибоводними нормативами становить 6 т/га.

Необхідна концентрація фосфатів і нітратів у воді за рибоводно-біологічними нормативами повинна становити 0,5 мгP/л і 2,0 мгN/л/

Вапно гашене потрібно вносити 1,3–2,6 ц/га рівномірно по ложу ставів для дезінфекції, 0,6–1,3 ц/га для профілактики бранхіомікозу.

Мінеральні добрива починають вносити у нагульні стави при температурі води не нижче 7–10 °С, за 10–14 днів до зариблення. Останній раз добрива вносять за 30–40 днів до вилову риби при температурі води +12 °С. Добрива, внесені у воду, швидко поглинаються водоростями, мулом, різними організмами і особливо рибою. Тому необхідно постійно контролювати вміст у воді важливих біогенних речовин, таких, як азот, фосфор, і при зменшенні їх кількості поповнювати у вигляді добрив.

Для кращої ефективності засвоєння біогенних речовин кормовими організмами добрива необхідно вносити невеликими порціями через 10–15 днів. Перед внесенням їх обов'язково необхідно визначити вміст азоту та фосфору у воді. При внесенні мінеральних добрив їх розчиняють у воді (на відро добрив 20 відер води) і рівномірно розбризкують по воді ставка з човна.

Кращих результатів досягають при внесенні азотних добрив разом з суперфосфатом: підвищує природну рибопродуктивність, зменшує розхід кормів на одиницю приросту маси риби. У період масового «цвітіння» води, а також при високих температурах азотні добрива вносити заборонено.

Гашене вапно вносять окремо від фосфорних добрив через 3–4 тижні, тому, що при змішуванні вапна з суперфосфатом утворюється водонерозчинна форма фосфату.

Органічні добрива використовують у вигляді перепрілого перегною (екскременти ВРХ). Перегній у свіжому вигляді вносять в малих кількостях, тому що він може стати причиною різних захворювань не тільки тварин, але і людей.

У стави перегній вносять, розложуючи по сухому ложу невеликими купками вздовж берегової лінії на мілководних (30–50 см) ділянках. Після наповнення ставу купки перегною повинні виступати над водою. Не можна вносити в став багато органічних добрив: це може призвести до його замулення і різкого зниження вмісту розчиненого у воді кисню, а також захворювання риб зяберною гниллю.

Підготовку нагульних ставів до зариблення розпочинають з осені або ранньою весною. Мілководні ділянки ставів, які дуже заростають, старанно розчищають, культивують дно, засівають його вівсом, ячменем або вівсяною сумішкою. Розчищають водо- та рибозбірні канали, вапнують заболочені ділянки і ями з кислими ґрунтами (2000–2500 кг/га негашеного вапна). Восени стави удобрюють органічними добривами з розрахунку 6000 кг/га. Перегній розкладають купами і прикривають землею, взятою з дна ставу.

За потреби використання мінеральних добрив, їх необхідно вносити 1 раз в місяць 5 разів протягом вегетаційного періоду.

Наступним заходом екологічної інтенсифікації ставового рибиництва є *екологічні особливості годівлі риби*.

Ефективна організація годівлі риби є одним із ключових чинників забезпечення стабільної рибопродуктивності ставових господарств та водночас важливим елементом екологічного управління водними екосистемами. Раціональна система годівлі дозволяє не лише досягти запланованого приросту рибної біомаси, а й мінімізувати антропогенний вплив на водойму, зберігаючи її гідроекологічну рівновагу. У межах екстенсивного ведення господарства природна кормова база формується за рахунок внесення органічних та мінеральних добрив, що сприяють активізації розвитку фіто- та зоопланктону. За таких умов загальна рибопродуктивність рибогосподарської водойми становить 522 кг/га, у тому числі 129 кг/га коропа, 340 кг/га товстолоба та 53 кг/га білого амура. Полікультурна структура зариблення забезпечує оптимальний розподіл кормових ресурсів між видами, оскільки кожен із них використовує різні компоненти природної продукції.

Для підвищення рибопродуктивності до 1455 кг/га необхідно застосовувати інтенсивну годівлю, де базовим об'єктом є короп, а частка кормів спрямована також на забезпечення приросту товстолоба та білого амура (орієнтовно 20 %). За інтенсивної технології запланована продукція становить 880 кг/га коропа, 500 кг/га товстолоба та 75 кг/га білого амура. Отже, додаткова рибопродуктивність, яка має бути отримана завдяки годівлі, становить 933 кг/га. Для її забезпечення потрібне використання повнораціонних кормів, що гарантують високу засвоюваність поживних речовин та мінімальний винос органічних залишків у воду.

Екологічно обґрунтовані підходи передбачають використання комбікормів із протеїновою часткою не менше 26 %, збагачених вітамінами, мікро- та макроелементами. Доцільним також є застосування альтернативних кормових ресурсів, таких як зерновідходи або ріпак, за умови їх високої якості

та екологічної безпечності. Використання гранульованих кормів дає змогу зменшити їх втрати та забруднення придонних шарів, оскільки такі корми мають високу стійкість у воді та рівномірно поїдаються рибою. Розрахунок загальної кількості кормів при інтенсивному веденні господарства представлено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Розрахунок загальної кількості кормів
для отримання додаткової товарної рибопродукції*

Назва ставка	Загальна площа водного дзеркала, га	Назва корму	Відсоток корму в раціоні	Рибо-продуктивність за рахунок годівлі	Планова рибопро-дукція за рахунок годівлі, тонн	Кормовий коефіцієнт	Загальна кількість корму за весь вегетаційний період, тонн
Нагульні стави	128,15	Соя	25	933	119,6	3	89,7
		Ріпак	20			3	71,8
		Кукурудза	15			4	71,8
		Пшениця	40			4	191,4
		Всього	100			Середній 3,6	424,6

*Джерело: [14].

Проведені розрахунки свідчать, що для отримання додаткових 119,6 тонн товарної рибної продукції необхідно витратити 424,6 тонн кормів, що підтверджує важливість регламентованого, науково обґрунтованого режиму годівлі у системі інтенсивного рибництва.

У вирощувальних ставках екстенсивна рибопродуктивність цьогоріток становить 490 кг/га, з яких 130 кг/га припадає на коропа, 300 кг/га – на товстолоба та 60 кг/га – на білого амура. Для досягнення продуктивності 1400 кг/га необхідно запроваджувати інтенсивну годівлю рибопосадкового матеріалу, орієнтовану насамперед на коропа, а також частково (близько 30 %) – на рослиноїдні види. На стартовому етапі вирощування личинок коропа рекомендується застосовувати спеціалізовані корми з високим вмістом протеїну – 36–40 %, які забезпечують швидкий приріст та формування життєздатних особин. У подальшому, до досягнення стадії цьогорітки,

використовуються комбікорми із середнім протеїновим рівнем 30–35 %, що відповідає потребам риби у період активного росту та розвитку.

Загальний інтенсивний вихід цьоголіток має становити 1400 кг/га, зокрема 910 кг/га коропа, 420 кг/га товстолаба та 70 кг/га білого амура. Таким чином, додаткова продукція, яку необхідно отримати за рахунок годівлі, потребує ретельно спланованої системи кормозабезпечення.

Екологічно орієнтована годівля риби передбачає баланс між рівнем штучного внесення кормів, природною продуктивністю водойми та здатністю екосистеми до самоочищення. Перегодовування, використання низькоякісних кормів або порушення технологічних регламентів може призводити до надмірного виносу органічної речовини, вторинного забруднення, дефіциту кисню та погіршення санітарного стану водойми. Тому екологічні підходи до годівлі риби базуються на дотриманні принципів раціонального кормокористування, оптимізації норм та кратності годівлі, використанні високоякісних, екологічно безпечних кормів та постійному контролі гідрохімічних параметрів води.

Застосування таких підходів забезпечує не лише зростання рибопродуктивності, а й підтримання екологічної стабільності водойми, що є ключовою умовою сталого розвитку рибницьких господарств.

2.3. Методичні підходи до екологічного аналізу якості води рибогосподарської технологічної водойми

Оцінювання результатів гідрохімічних показників здійснювалося шляхом порівняння фактичних концентрацій з ГДК для водойм рибогосподарського призначення, аналізу їх динаміки за роками, визначення екологічних ризиків для риби та гідробіонтів, встановлення можливих джерел надходження поллютантів, оцінки відповідності середовища вимогам технологічного вирощування.

Загальна схема екологічного аналізу:

- встановлення відповідності водних показників нормативам;
- ідентифікація відхилень та потенційних причин;
- оцінка впливу на рибу, рибопосадковий матеріал і технологічні процеси;
- формування висновків щодо екологічного стану водойми.
- розробка рекомендацій з екологізації рибогосподарської діяльності.

Методика екологічної оцінки якості води рибогосподарської технологічної водойми за визначеними категоріями передбачає аналіз води за фізико-хімічними показниками.

У межах дослідження здійснено орієнтовну екологічну оцінку. Цей тип оцінювання базується на разових вимірюваннях окремих гідрохімічних показників, які найбільш повно відображають сучасний екологічний стан водойми. До таких індикаторів належать: рівень мінералізації, вміст розчиненого кисню, величина біохімічного споживання кисню (БСК₅), концентрації основних біогенних елементів, пріоритетних важких металів та специфічних органічних забруднювачів.

Отримані разові значення кожного показника порівнюють із відповідними нормативами та критеріями якості води, наведеними в таблицях системи екологічної класифікації. На основі такого порівняння визначаються категорії та класи якості води за кожним показником окремо [12].

При проведенні орієнтовної оцінки узагальнення окремих результатів у комплексний інтегральний показник не здійснюється, оскільки це характерно лише для ґрунтового еколого-аналітичного дослідження.

Загалом розрахунки проводяться за трьома групами показників:

- сольовим блоком;
- трофо-сапробіологічним блоком;
- блоком специфічних речовин токсичної та радіаційної дії [12].

У дослідженні визначався індекс сольового складу води (ІС) та індекс трофо-сапробіологічних (еколого-санітарних) показників (ІТС). Індекс

специфічних показників токсичної і радіаційної дії (ІТ) не визначався, оскільки гідрохімічний аналіз води виконано лише для одного показника з цього блоку (заліза загального).

Сольовий блок охоплює показники загальної мінералізації та концентрації хлоридів і сульфатів.

Блок оцінки якості води за хімічними трофо-сапробіологічними показниками охоплює такі групи показників: загальні показники – температура, завислі речовини, прозорість, концентрація іонів водню; показники кисневого режиму – концентрація розчиненого кисню, насичення киснем, для водойм і водосховищ – також насичення киснем у гіполімніоні; показники вмісту сполук азоту – амонійного, нітритного, нітратного й загального азоту, а також сполук фосфору – загального фосфору та фосфору фосфатів; показники вмісту органічних речовин – органічний вуглець, перманганатна та біхроматна окислюваність, біохімічне споживання кисню [12].

Екологічна класифікація якості води передбачає п'ять класів та сім категорій (табл. 2.2.).

Таблиця 2.2.

Оцінка якості поверхневих вод за екологічною класифікацією,
класи та категорії*

Клас якості води	I	II		III		IV	V
Категорія якості води	1	2	3	4	5	6	7
Назва класів і категорій якості вод за їх станом	Відмінні	Добрі		Задовільні		Погані	Дуже погані
	Відмінні	Дуже добрі	Добрі	Задовільні	Посередні	Погані	Дуже погані
Назва класів і категорій якості вод за ступенем чистоти	Дуже чисті	Чисті		Забруднені		Брудні	Дуже брудні
	Дуже чисті	Чисті	Досить чисті	Слабко забруднені	Помірно забруднені	Брудні	Дуже брудні

*Джерело: [12].

У роботі визначено уточнені значення категорій, які розраховувалися за формулою:

$$K_y = K + (A_c - K_{\min}) / (K_{\max} - K_{\min}), \quad (1)$$

де, K_y – уточнене значення категорії;

K – ціле число категорії якості вод, що відповідає номеру тієї категорії, до якої належить абсолютна величина показника;

A_c – абсолютна величина показника якості вод у пункті контролю;

$K_{\min}$ і $K_{\max}$ – найменше і найбільше значення діапазону величин категорії якості вод, до якої належить абсолютна величина показника [12].

Також у дослідженні на основі коефіцієнту забруднення K (відношення фактичної концентрації до ГДК) визначено *гідрохімічний індекс забруднення води* (ІЗВ).

$$ІЗВ = 1/n \sum_{i=1}^n C_i / ГДК_i, \quad (2)$$

де, C_i – концентрація компонента,

n – число показників,

$ГДК_i$ – норматив [10].

Кількість показників, які беруться для розрахунку ІЗВ, становить 7 та включає розчинений кисень, БСК₅, азот амонійний, нітроти, сульфати, залізо загальне, мінералізацію.

Для методики оцінки якості води за отриманим значення ІЗВ виділяють такі класи якості води: I – дуже чиста ($ІЗВ < 0,3$); II – чиста ($0,3 < ІЗВ < 1$); III – помірно забруднена ($1 < ІЗВ < 2,5$); IV – забруднена ($2,5 < ІЗВ < 4$); V – брудна ($4 < ІЗВ < 6$); VI – дуже брудна ($6 < ІЗВ < 10$); VII – надзвичайно брудна ($ІЗВ > 10$) [10].

РОЗДІЛ 3

ЕКОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ СТАНУ РИБОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ВОДОЙМИ ТА НАПРЯМКИ ЙОГО ПОКРАЩЕННЯ

3.1. Екологічний аналіз якості води рибогосподарської технологічної водойми

Екологічний аналіз якості води рибогосподарських технологічних водойм є ключовим елементом сучасного водогосподарського менеджменту та основою сталого функціонування аквакультурних систем. У ставових рибницьких господарствах вода виконує не лише середовищотворчу функцію, але й безпосередньо визначає фізіологічний стан риби, інтенсивність метаболічних процесів, рівень приростів та загальну біопродуктивність водойми. Будь-які відхилення гідрохімічних показників від нормативних значень здатні спричинити порушення газового режиму, накопичення токсичних метаболітів, підвищення стресових навантажень на гідробіонтів та значні економічні втрати.

Рибогосподарські технологічні водойми характеризуються високою залежністю від антропогенних чинників, зокрема інтенсивності годівлі, внесення органічних і мінеральних добрив, щільності посадки рибопосадкового матеріалу та режимів водообміну. На відміну від природних водойм, вони формують замкнуту або напівзамкнуту екосистему, де процеси самоочищення обмежені, а техногенне навантаження є локалізованим, але значним. У таких умовах своєчасний моніторинг якості води дозволяє оцінити не лише екологічний стан водойми, а й ефективність застосовуваних технологій рибництва.

Особливої актуальності екологічний аналіз набуває у контексті вимог до виробництва безпечної та екологічно чистої рибопродукції. Відповідно до міжнародних стандартів аквакультури, контроль водного середовища повинен охоплювати показники кисневого режиму, кислотно-лужну рівновагу та

концентрацію речовин, що можуть справляти токсичний вплив на рибу та біоту водойм, зокрема вміст азоту амонійного, нітритів, нітратів, сульфатів, фосфатів, хлоридів та сухого залишку. Дотримання цих вимог є передумовою екологічної сертифікації рибної продукції та інтеграції господарства у сучасні ринки.

Окрім виробничих аспектів, екологічний аналіз якості води має важливе природоохоронне значення. Технологічні водойми є елементами малих річкових басейнів, а тому можуть впливати на гідроекологічний стан прилеглих водотоків через скиди води під час наповнення та спрацювання ставів. Раціональне управління якістю води сприяє мінімізації екосистемних ризиків, попередженню евтрофування, зниженню біогенних навантажень та забезпеченню басейнового принципу управління водними ресурсами.

Таким чином, екологічний аналіз якості води у рибогосподарській технологічній водоймі є багатофункціональним інструментом, що забезпечує оптимізацію рибництва, підтримання екологічної рівноваги, дотримання санітарно-гігієнічних нормативів та виконання принципів сталого розвитку у водних екосистемах.

Основні гідрохімічні показники якості води досліджуваної рибогосподарської технологічної водойми представлено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Основні гідрохімічні показники якості води рибогосподарської
технологічної водойми

№ з/п	Назва інгредієнтів	Одиниці вимірювання	ГДК	Результат вимірювання 2019 р	Результат вимірювання 2025 р.
1	2	3	4	5	6
1	Азот амонійний	мг/дм ³	0,5 – 1,0	2,14	0,304
2	Нітрити	мг/дм ³	0,08	0,085	0,023
3	Нітрати	мг/дм ³	40	1,23	0,4
4	Розчинений кисень	мг О ₂ /дм ³	6,0 – 8,0 мін. – 1,0 – 2,0	9,55	6,44
5	Сульфати	мг/дм ³	100/фон	44,28	22
6	Фосфати	мг/дм ³	2,14	0,461	0,032

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6
7	Залізо загальне	мг/дм ³	0,1/фон	0,4	0,56
8	Хімічне споживання кисню	мгО ₂ /дм ³	50	6,6	18,3
9	БСК 5	мгО ₂ /дм ³	3	3,2	2,9
10	Сухий залишок	мг/дм ³	1000	-	230
11	Хлориди	мг/дм ³	300	12,1	13,87
12	рН	Одиниці рН	7,2 – 9,0	6,65	7,4

На рис 3.1. представлено динаміку зміни концентрації азоту амонійного у воді рибогосподарської технологічної водойми розташованої поблизу с. Градиськ.

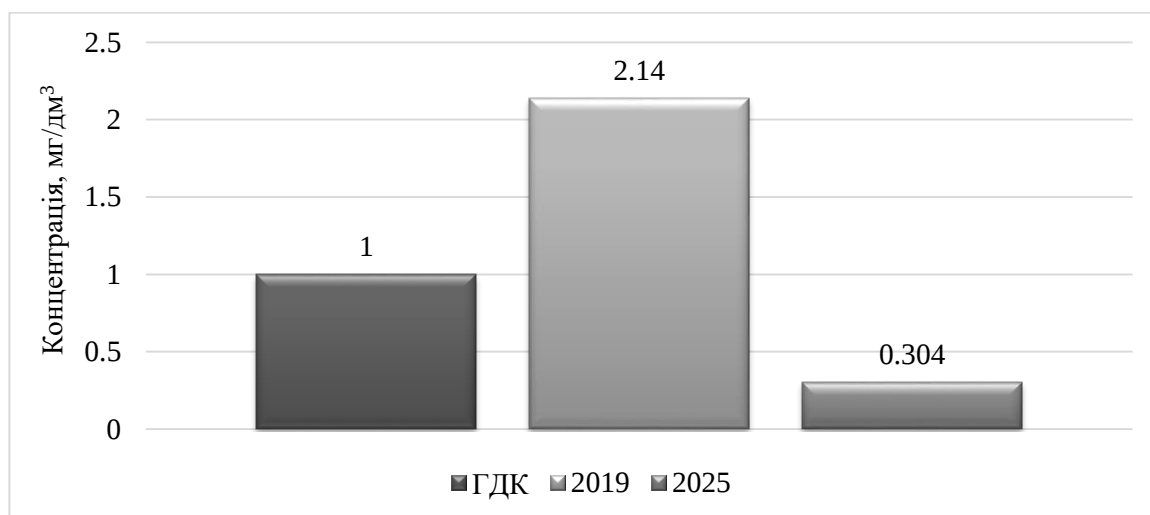


Рис. 3.1. Концентрація азоту амонійного у воді рибогосподарської технологічної водойми

Як бачимо, у 2019 р. спостерігалися значні перевищення концентрації азоту амонійного з показником 2,14 мг/дм³, що свідчить про забруднення водойми свіжими органічними речовинами, інтенсивний розклад кормів, перегною або дефіцит водообміну. У 2025 р. концентрація нормалізувалась і становила 0,304 мг/дм³, що свідчить про покращення аерації, зменшення надходження органіки та стабілізацію азотного циклу.

Динаміку зміни концентрації нітритів у воді рибогосподарської технологічної водойми показано на рис. 3.2.

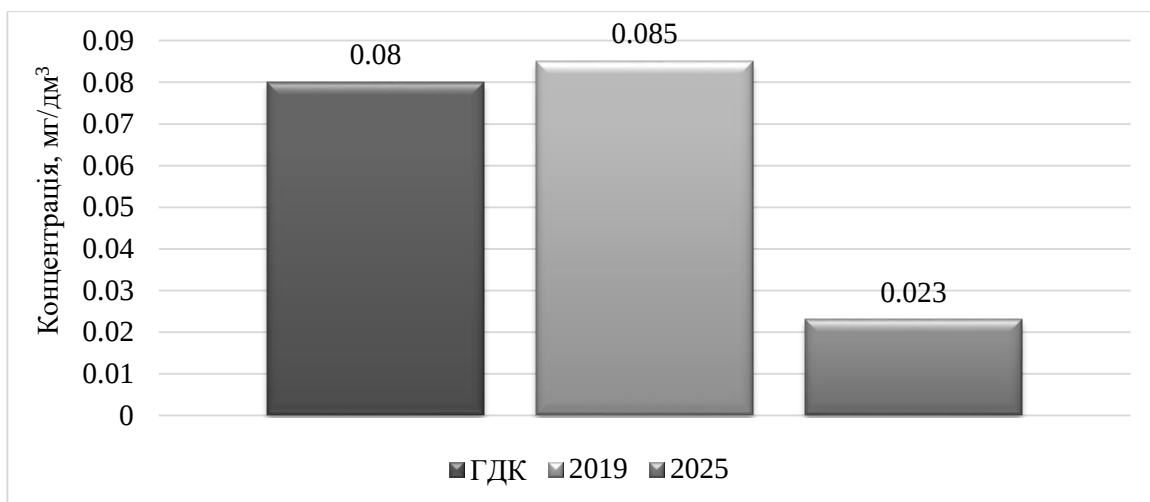


Рис. 3.2. Концентрація нітритів у воді рибогосподарської технологічної водойми

Нітрити є токсичною проміжною формою азоту. Підвищення їх вмісту до $0,085 \text{ мг/дм}^3$ у 2019 році вказує на неповну нітрифікацію, характерну при дефіциті кисню. У 2025 році система нітрифікації повністю відновила значення $0,023 \text{ мг/дм}^3$.

Що стосується вмісту нітратів, то за обидва роки їх значення значно нижче ГДК – $1,23 \text{ мг/дм}^3$ у 2019 році та $0,4 \text{ мг/дм}^3$ у 2025 році, що свідчить про відсутність накопичення кінцевих продуктів нітрифікації. Низькі нітрати характерні для водойм з невисокою мінералізацією і ефективним водообміном.

Показник розчиненого кисню $9,55 \text{ мг/дм}^3$ у 2019 році свідчить про перенасичення, що може бути наслідком масового розвитку фітопланктону або інтенсивної аерації, але небезпеки не становить. У 2025 році кисневий режим стабілізований та є сприятливим для риб і гідробіонтів.

Значення концентрації сульфатів низькі й типові для прісних водойм у 2019 році – $44,28 \text{ мг/дм}^3$, у 2025 році – 22 мг/дм^3 . Відмічено поступове очищення та зменшення мінералізації.

Показники вмісту фосфатів в обидва роки нижче ГДК. У 2019 році рівень $0,461 \text{ мг/дм}^3$ свідчив про ризик евтрофікації, але не критичний. У 2025 році значення дуже низькі – $0,032 \text{ мг/дм}^3$, що зменшує ризик «цвітіння» води.

На рис 3.3. представлено динаміку зміни концентрації заліза загального у воді рибогосподарської технологічної водойми.

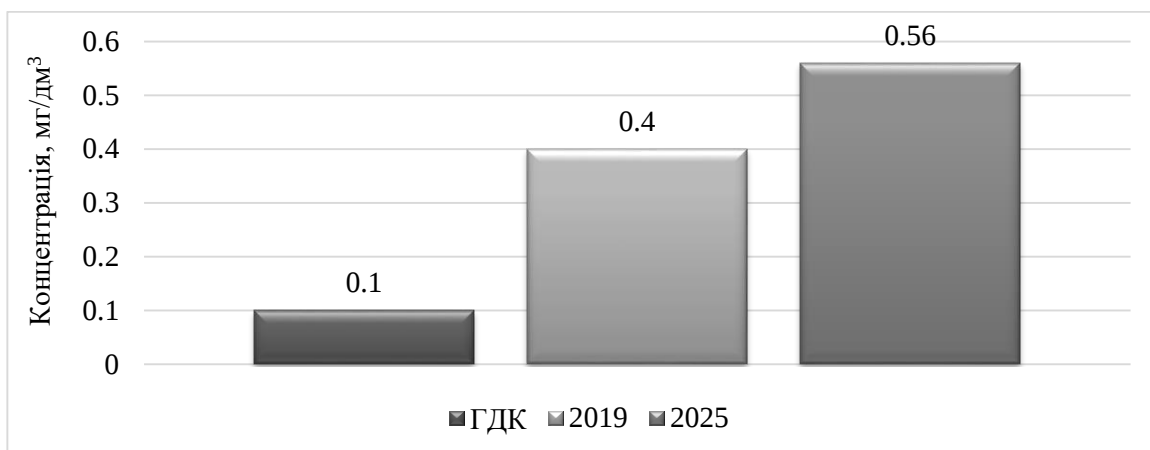


Рис. 3.3. Концентрація заліза загального у воді рибогосподарської технологічної водойми

Як бачимо, концентрація заліза загального перевищує нормативні показники та становить 0,4 мг/дм³ у 2019 році та 0,56 мг/дм³ у 2025 році. Надлишкове залізо може погіршувати прозорість води, негативно впливати на зябра риб, стимулювати розвиток залізобактерій. Показники потребують регулярного контролю.

Хімічне споживання кисню знаходиться в межах норми з позначкою 6,6 мгО₂/дм³ у 2019 році. Збільшення до 18,3 мгО₂/дм³ у 2025 році може означати зростання органічного навантаження, але в межах допустимого.

Концентрація хлоридів у воді рибогосподарської технологічної водойми має досить низькі показники – 12,1 мг/дм³ у 2019 році, та 13,87 мг/дм³ у 2025 році, характерні для прісних вод з добрим водообміном.

У 2019 році рН був занижений та становив 6,65 – слабокисле середовище, що могло впливати на токсичність амонію та погіршувати фізіологічний стан риб. У 2025 році показник стабілізувався до рівня 7,4.

Динаміку зміни показників БСК у воді рибогосподарської технологічної водойми показано на рис. 3.4.

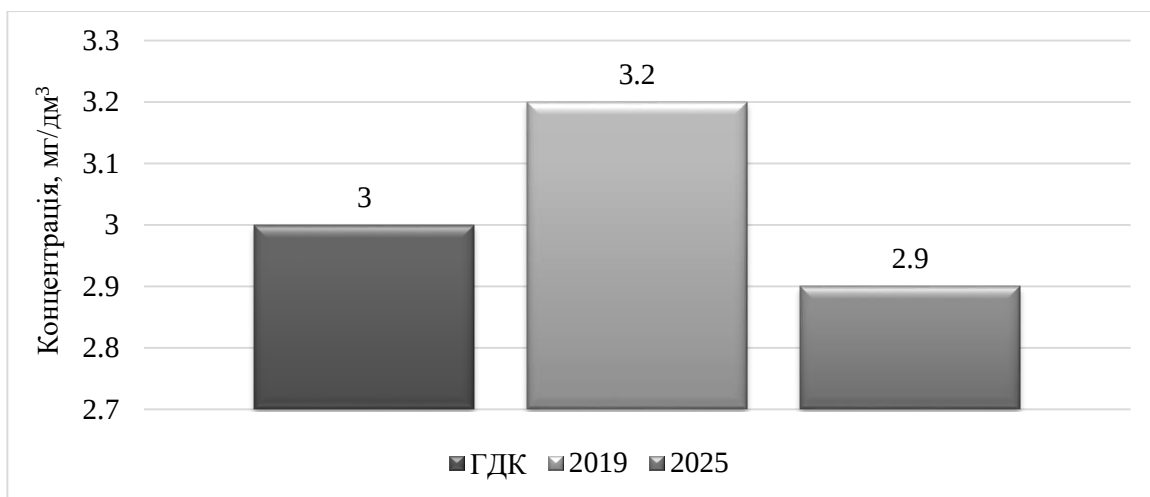


Рис. 3.4. Біологічне споживання кисню у воді рибогосподарської технологічної водойми

БСК відображає кількість біологічно окисної органіки. У 2019 році спостерігаємо незначне перевищення зі значенням 3,2 мгО₂/дм³. Покращення у 2025 році з позначкою 2,9 мгО₂/дм³ свідчить про зменшення надходження органічних речовин (кормів, сапропелю, екскрементів).

Вміст сухого залишку характеризується низьким значенням – на рівні 230 мг/дм³ у 2025 році.

За результатами проведеного аналізу можемо зробити висновок, що 2019 рік характеризувався: підвищеним амонієм і нітритами, кислим рН, перевищенням заліза, підвищеним органічним навантаженням (БСК₅). Це вказує на надлишкове накопичення органічних речовин, слабку аерацію та порушення азотного циклу.

У 2025 році спостерігається суттєве покращення: азот амонійний у нормі, нітрити та нітрати знизилися, рН нормалізувався, кисень стабільний, БСК₅ нижче ГДК, фосфати та сульфати зменшились. Єдине важливе відхилення – високі концентрації заліза, що потребує подальшого контролю та аналізу джерел.

Для визначення орієнтовної екологічної оцінки разові значення окремих показників зіставляються з відповідними критеріями якості води, представленими в таблицях системи екологічної класифікації [12]. Класи та

категорії якості води рибогосподарської технологічної водойми представлено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Класи та категорії якості води рибогосподарської технологічної водойми

Блок	Назва інгредієнтів	Одиниці вимірювання	Результат вимірювання 2025 р.	Категорія якості води/ Уточнена категорія	Клас якості води	Назва класів і категорій якості вод за їх станом	Назва класів і категорій якості вод за ступенем їх чистоти (забрудненості)
1	2	3	4	5	6	7	8
Іс	Хлориди	мг/дм ³	13,87	4/4,32	III	Задовільні Задовільні	Забруднені Слабко забруднені
	Сульфати	мг/дм ³	22	5/5,1	III	Задовільні Посередні	Забруднені Помірно забруднені
	Сухий залишок	мг/дм ³	230	2/2,2	II	Добрі Дуже добрі	Чисті Чисті
Іт-с	Розчинений кисень	мгО ₂ /дм ³	6,44	4/4,38	III	Задовільні Задовільні	Забруднені Слабко забруднені
	Хімічне споживання кисню	мгО ₂ /дм ³	18,3	3/3,26	II	Добрі Добрі	Чисті Досить чисті
	БСК 5	мгО ₂ /дм ³	2,9	4/4,39	III	Задовільні Задовільні	Забруднені Слабко забруднені
	Азот амонійний	мг/дм ³	0,304	4/4	III	Задовільні Задовільні	Забруднені Слабко забруднені
	Нітрити	мг/дм ³	0,023	5/5,07	III	Задовільні Посередні	Забруднені Помірно забруднені
	Нітрати	мг/дм ³	0,4	3/3,47	II	Добрі Добрі	Чисті Досить чисті
	Фосфати	мг/дм ³	0,032	3/3,05	II	Добрі Добрі	Чисті Досить чисті
	pH	Одиниці pH	7,4	1/1,83	I	Відмінні Відмінні	Дуже чисті Дуже чисті
Іт	Залізо загальне	мг/дм ³	0,56	5/5,12	III	Задовільні Посередні	Забруднені Помірно забруднені

Блоковий індекс Іс має значення 3,87, що відповідає позначенню субкатегорії 4(3), назві субкатегорії – четверта з переходом в третю. Цей показник характеризується переходом від «задовільного» до «доброго» стану якості води, зі зміною ступеня чистоти від «забруднених» до «чистих» вод.

Блоковий індекс Іт-с становить 3,68, що відповідає позначенню субкатегорії «3-4», назві субкатегорії – «між третьою та четвертою». Цей показник характеризується «задовільним» та «добрим» станом якості води, зі ступенем чистоти від «слабко забруднені» до «досить чисті» води.

Узагальнена оцінка за блоком Іт та визначення інтегрального екологічного індексу відповідно до методики орієнтовної екологічної оцінки не здійснювалися.

У роботі визначено гідрохімічний індекс забруднення води (ІЗВ).

$$\text{ІЗВ} = 0,805 + 0,97 + 0,304 + 0,288 + 0,22 + 0,23 + 5,6 = 1,2$$

Гідрохімічний індекс забруднення води відповідає III класу якості води – помірно забруднені води.

Отже, проведений екологічний аналіз свідчить, що рибогосподарський водний об'єкт перебуває у стані, який коливається між задовільною та відносно доброю якістю. Індексні показники відображають перехідність екологічних характеристик, коли окремі параметри демонструють ознаки очищення, тоді як інші – залишкові прояви забруднення. Загальне індексне значення забруднення води свідчить про належність водойми до категорії помірно забруднених, але без критичних відхилень від екологічних нормативів.

Такі результати підкреслюють необхідність подальшого моніторингу та деталізації досліджень, що дозволить надалі визначати тенденції змін якості води та обґрунтовувати природоохоронні заходи.

3.2. Реалізація екологічних засад зимівлі рибних біоресурсів господарства

Зимівля рибопосадкового матеріалу є надзвичайно важливим етапом у ставовому рибництві, оскільки саме в цей період формуються фізіологічна стійкість, життєздатність та продуктивність майбутніх генерацій риби. У господарстві функціонує 7 зимувальних ставів загальною площею водного дзеркала 3,5429 га, що при середній глибині 1,8 м забезпечує об'єм води 63,8 тис. м³. Цей ресурс є достатнім для тимчасового утримання 15,86 тонн рибопосадкового матеріалу та 188 тонн товарної риби, відповідно до нормативних вимог.

Особливе екологічне значення має підготовка зимувальних ставів. Вона розпочинається навесні одразу після вилову риби. Цей процес включає дезінфекцію ложа негашеним або хлорним вапном, яка спрямована на зниження патогенних навантажень та переривання життєвих циклів збудників інфекцій. Подальше висушування ложа та культивуція на глибину 7–10 см сприяють аерації ґрунтового шару, зменшенню кількості анаеробних бактерій і шкідливих форм зоопланктону. Восени проводять боронування та повторну дезінфекцію, що дозволяє стабілізувати мікробіологічний фон ставу перед зимівлею.

З екологічної точки зору ці заходи спрямовані на:

- мінімізацію епізоотичних ризиків;
- запобігання накопиченню органічних залишків, що можуть спричинити дефіцит кисню взимку;
- формування сприятливого гідрохімічного режиму.

Що стосується посадки молодих особин та умов зимівлі, то заливання зимувальних ставів водою здійснюють за 10–15 днів до посадки цьоголітків, що дозволяє стабілізувати фізико-хімічні показники. Пересадка риби можлива за температури води +8...+10 °С, при цьому молодь коропа масою 25–30 г

перед зимівлею обробляють у сольових або аміачних ваннах – це знижує ризик паразитарних і бактеріальних інвазій.

За екологічними вимогами щільність посадки у Поліській зоні становить: 600–650 тис. екз. цьоголітків, для дворічок – не більше 20 т/га.

Короп і рослиноїдні риби зимують окремо, оскільки інтенсивний рух товстолаба спричинює стрес і виснаження коропа – чинники, що різко знижують його зимостійкість.

Важливе значення має контроль параметрів водного середовища, впродовж зимівлі підтримують такі показники: температура води – близько +1 °С, вміст кисню – 5–8 мг/л (не нижче 4 мг/л), рН – 6–9, оптимальний водообмін – 2–3 л/т риби за добу, що дозволяє винести токсичні продукти метаболізму.

Для контролю гідрохімічного стану облаштовують ополонки (5 шт./га), які забезпечують доступ до товщі води та можливість моніторингу фізіологічного стану риби. У період зимівлі риба природно втрачає 5–10 % маси, що є нормальним біологічним процесом.

Аналізуючи екологічні аспекти зимівлі, необхідно звернути увагу на такі чинники:

- *кисневий режим як ключовий екологічний аспект*: дефіцит кисню є основною причиною зимових заморів. Регулярний водообмін, очищення льодових ополонки від снігу, профілактика замулення – це науково обґрунтовані заходи для профілактики гіпоксії;

- *запобігання токсикації води*: взимку у ставках накопичуються амоній, сірководень, CO₂. Підтримання водообміну та уникнення надмірної органічної завантаженості є екологічно важливими елементами управління;

- *мікробіологічна безпека*: правильна підготовка ложа ставу та профілактична обробка риби знижують ризики бактеріальних та паразитарних хвороб;

– *збереження біорізноманіття ставових екосистем*: окреме утримання різних видів запобігає стресу, виснаженню та дозволяє враховувати видоспецифічні екологічні потреби.

На основі наукових досліджень у сфері гідроекології та ставового рибництва [3; 6] можна визначити такі напрями екологізації зимівлі риби:

1. Зменшення органічного навантаження на водойму:

- уникнення надмірної посадкової щільності;
- попередня аерація ставів перед льодоставом;
- стабілізація донних відкладень за рахунок осушування й культивування ложа.

2. Використання екологічно безпечних дезінфектантів:

- перевага кальційвмісних вапнякових матеріалів перед хлоровмісними за можливості;
- регламентоване дозування для запобігання вторинному хімічному навантаженню.

3. Впровадження енергоощадних та природоорієнтованих методів аерації:

- використання природної циркуляції води, руху джерельної води;
- встановлення малопотужних компресорів із дифузорами, що не шкодять донній фауні.

4. Постійний гідрохімічний моніторинг:

- щоденний контроль O_2 , CO_2 , NH_4^+ , NO_2^- ;
- реєстрацію динаміки рН та окисно-відновного потенціалу;
- ведення журналу гідрохімічних спостережень – обов'язковий елемент екологічної сертифікації господарств.

5. Мінімізація стресових чинників:

- контроль за рівнем шуму та безпекою льодового покриття;
- окреме утримання видів із різною поведінковою реактивністю.

Необхідно зазначити, що загалом система зимівлі, застосована у господарстві, відповідає базовим екологічним вимогам та дозволяє

мінімізувати ризики зимових заморів, погіршення гідрохімічного режиму та втрати рибопосадкового матеріалу. Підтримання оптимальних умов зимівлі є важливою передумовою екологічно сталого функціонування ставового господарства та забезпечує високу виживаність молоді риб і маточного поголів'я.

3.3. Забезпечення екологізації загального водокористування та експлуатації рибогосподарської технологічної водойми

Загальне водокористування на території ставового товарного рибного господарства регламентується вимогами чинного законодавства України. Відповідно до ст. 47 Водного кодексу України, загальне водокористування може бути обмежене або повністю заборонене, якщо водойма має спеціальне технологічне призначення, використовується для вирощування риби або входить до складу рибогосподарської меліоративної системи.

У господарстві обмеження водокористування встановлені за такими видами:

1. *Заборона здійснення любительського та спортивного рибальства* відповідає п. 3.1 Правил любительського і спортивного рибальства (Наказ Держкомрибгоспу № 19 від 15.02.1999 р.). Це необхідно для забезпечення: охорони та відтворення рибних запасів; збереження оптимальної щільності посадки; недопущення порушення технологічного циклу вирощування; попередження стресу риби від антропогенного фактору. З екологічної точки зору, обмеження вилову є елементом екологізації рибництва, що передбачає збереження біоресурсів і регулювання антропогенного навантаження на гідробіоценози.

2. *Заборона плавання на човнах сторонніх осіб.* Плавання на човнах дозволяється лише човнам рибного господарства, що використовуються у технологічних процесах (годівля, вилов, внесення органічних та мінеральних добрив). Обмеження пересування сторонніх суден є важливими з позицій

екологічної безпеки, оскільки: рух човнів спричиняє піднімання мулу, підвищуючи каламутність, що порушує світловий режим та процеси фотосинтезу; можливі витoki пального чи мастил становлять ризик токсичного забруднення водойми; часті коливання води можуть негативно вплинути на стан ікри, личинок та цьоголітків у нерестових і вирощувальних ставах. Це відповідає принципам екологічно безпечного водокористування, спрямованого на мінімізацію техногенного навантаження на водойму.

3. *Заборона купання та використання ставів для рекреаційних потреб* відбувається у зв'язку із: відсутністю облаштованих пляжів та умов для безпечного відпочинку; неможливістю забезпечення дотримання санітарно-гігієнічних норм; внесенням у воду добрив (органічних і мінеральних), кормів, застосуванням меліоративних заходів; ризиком механічного пошкодження сітних та гідротехнічних споруд. З позицій екології, рекреаційне водокористування може збільшити: надходження бактеріального та органічного забруднення; руйнування прибережних захисних смуг; евтрофування внаслідок антропогенного навантаження.

4. *Заборона водопою тварин* є екологічно обґрунтованою, оскільки: тварини заносять у воду органічні забруднення, збудники інфекцій і паразитів; руйнують берегову лінію та захисну рослинність; сприяють підвищенню біогенних елементів (азоту, фосфору), що може провокувати "цвітіння" води та погіршення кисневого режиму. Виробничі ставки містять внесені добрива, корми, можуть проходити меліоративні роботи, що робить воду небезпечною для сільськогосподарських тварин.

Загалом, обмеження загального водокористування є частиною системи екологізації ставового рибництва, спрямованої на зменшення антропогенного навантаження та збереження стійкості гідробіоценозів. До ключових екологічних аспектів належать:

1. Збереження біотичного балансу водойм, оскільки зменшення рекреаційного та рибальського навантаження сприяє стабільності рибних запасів, біорізноманіття та природних процесів самоочищення.

2. Мінімізація еутрофування, так як запобігання сторонньому внесенню органічних речовин (кал, сміття, залишки їжі) знижує ризик токсичних форм аміаку, дефіциту кисню та літньої/зимової задухи.

3. Збереження прибережної рослинності та запобігання ерозії, тому що обмеження доступу людей і тварин дозволяє захистити захисну прибережну смугу, що виконує фільтраційні та стабілізаційні функції.

4. Зменшення ризиків поширення патогенів, так як сторонній контакт із водою може сприяти занесенню інфекцій, небезпечних для риби, що підвищує епізоотичні ризики.

5. Забезпечення екологічно безпечної експлуатації водойм, оскільки дотримання технологічного режиму (гідробіологічний контроль, внесення добрив, вилов) можливе лише за умов відсутності стороннього втручання.

Основними напрямками екологізації ставового рибництва можна вважати:

- обмеження неконтрольованого доступу до водойм для збереження гідробіотопів;
- створення та відновлення прибережних захисних смуг як природного бар'єру;
- моніторинг якості води, спрямований на попередження евтрофування, дефіциту кисню та порушення гідрохімічного режиму;
- мінімізація техногенного впливу на водойми, включаючи контроль за використанням човнів і пересуванням техніки;
- запобігання біологічному забрудненню, яке може бути спричинене сторонніми людьми, тваринами або рекреаційним використанням;
- раціональне ведення рибництва з дотриманням норм навантаження на водойму та недопущенням перевищення екологічної місткості.

ВИСНОВКИ

Головні наукові результати дослідження полягають у наступному:

1. Наземна рибогосподарська діяльність відіграє важливу роль у забезпеченні населення цінними білковими ресурсами, особливо в умовах зниження потенціалу природного рибальства. Сучасні системи ставового та іншого наземного рибництва дозволяють контролювати умови вирощування, забезпечуючи стабільну продуктивність та прогнозовані обсяги рибної продукції. Аквакультура стає одним із найдинамічніших секторів продовольчого ринку, сприяючи зменшенню тиску на дикі рибні популяції та формуючи передумови для сталого використання водних ресурсів. Екологічні підходи до інтенсифікації роблять наземне рибництво важливим елементом продовольчої безпеки та екологічної стабільності.

2. Екологічні проблеми рибогосподарських водних об'єктів зумовлюються комплексом чинників, серед яких ключовими є надмірне надходження органічних речовин, біогенних елементів, кормових залишків і продуктів життєдіяльності риби, що активізує процеси евтрофування та замулення. До цього додаються природні та антропогенні навантаження з водозбірної площі, слабкий водообмін, заростання прибережної зони й кліматичні коливання, що знижують стійкість екосистеми. Водночас періодичні технологічні скиди води зі ставків у водоприймач можуть переносити низку забруднюючих речовин. Сукупність цих чинників створює ризики для гідрохімічного стану водойм, рибопродуктивності та довкілля що потребує постійного моніторингу і впровадження екологічно орієнтованих підходів у веденні ставового господарства.

3. Ефективне функціонування рибогосподарських ставків залежить від підтримання стабільних гідрохімічних та біологічних умов. Важливого значення тут набувають методи очистки стічних вод рибогосподарських ставків, які загалом можна поділити на фізичні, хімічні та біологічні. Зазначений поділ базується на методології, за допомогою якої забруднюючі

речовини відділяються, або шляхом чистого розділення у їх первісному вигляді, шляхом асиміляції, або шляхом перетворення на інші речовини. Загалом методи очистки спрямовані на зменшення трофічного навантаження, покращення водообміну та попередження деградації водойми. Раціональна система очищення є ключовою для підтримання екологічної рівноваги та стабільної рибопродуктивності ставків.

4. Рибогосподарська технологічна водойма загальною площею водного дзеркала 143,2258 га розташована у Волинській області, Камінь-Каширського району, Маневецької селищної територіальної громади, поблизу с. Градиськ, за межами населених пунктів. Водойма використовується для забезпечення повного циклу вирощування риби та виконання виробничих операцій, пов'язаних із нагулом, вирощуванням, зимівлею та нерестом. Тут здійснюється прісноводне рибництво у напрямку вирощування рибопосадкового матеріалу та товарної риби коропа, білого та строкатого товстолоба, білого амура, щуки та карася сріблястого за дволітнім циклом. До складу господарства входять 22 ставки наступного функціонального призначення: 4 нагульні ставки, 2 вирощувальні ставки, 7 зимувальних ставків, 9 нерестових ставків.

5. Метою екологічного удобрення є збагачення води і ґрунту ставу біогенними речовинами, які необхідні для розвитку бактерій, нижчих водоростей та інших організмів, якими живиться риба. Для цього використовують органічні та мінеральні добрива. Особливо необхідно вносити органічні добрива в стави з бідними ґрунтами – піщані, глинисті. Особливо необхідно дбати про достатнє насичення води такими речовинами, як азот, фосфор, калій, кальцій та ін.

Одним із ключових чинників забезпечення стабільної рибопродуктивності ставових господарств та водночас важливим елементом екологічного управління водними екосистемами є ефективна організація годівлі риби. Екологічно обґрунтовані підходи передбачають використання комбікормів із протеїновою часткою не менше 26 %, збагачених вітамінами,

мікро- та макроелементами. Доцільним також є застосування альтернативних кормових ресурсів, таких як зерновідходи або ріпак, за умови їх високої якості та екологічної безпечності. Екологічно орієнтована годівля риби передбачає баланс між рівнем штучного внесення кормів, природною продуктивністю водойми та здатністю екосистеми до самоочищення.

6. Оцінювання результатів гідрохімічних показників здійснювалося шляхом порівняння фактичних концентрацій з ГДК для водойм рибогосподарського призначення, аналізу їх динаміки за роками, визначення екологічних ризиків для риби та гідробіонтів, встановлення можливих джерел надходження поллютантів, оцінки відповідності середовища вимогам технологічного вирощування. У межах дослідження здійснено орієнтовну екологічну оцінку. Цей тип оцінювання базується на разових вимірюваннях окремих гідрохімічних показників. Також у роботі на основі коефіцієнту забруднення визначено гідрохімічний індекс забруднення води.

7. За комплексом показників якість води у 2025 році наблизилась до екологічно стабільного та придатного для рибогосподарського використання стану. Порівняно з 2019 роком відбулося суттєве зниження органічного забруднення, нормалізація азотного балансу та стабілізація гідрохімічного режиму. Єдиним параметром, який залишається проблемним, є загальне залізо, що може мати природне або техногенне походження й вимагає додаткових досліджень. Блоковий індекс Іс має значення 3,87, що характеризується переходом від «задовільного» до «доброго» стану якості води, зі зміною ступеня чистоти від «забруднених» до «чистих» вод. Блоковий індекс Іт-с становить 3,68, що відповідає «задовільному» та «доброму» стану якості води, зі ступенем чистоти від «слабко забруднені» до «досить чисті» води. Гідрохімічний індекс забруднення води відповідає III класу якості води – помірно забруднені води.

8. Зимівля рибопосадкового матеріалу є надзвичайно важливим етапом у ставовому рибництві, оскільки саме в цей період формуються фізіологічна стійкість, життєздатність та продуктивність майбутніх генерацій риби. На

основі досліджень визначено напрями екологізації зимівлі риби: зменшення органічного навантаження на водойму; використання екологічно безпечних дезінфектантів; впровадження енергоощадних та природоорієнтованих методів аерації; постійний гідрохімічний моніторинг; мінімізація стресових чинників. Загалом система зимівлі, застосована у господарстві, відповідає базовим екологічним вимогам та дозволяє мінімізувати ризики зимових заморів, погіршення гідрохімічного режиму та втрати рибопосадкового матеріалу.

9. Загалом, обмеження загального водокористування є частиною системи екологізації ставового рибництва, спрямованої на зменшення антропогенного навантаження та збереження стійкості гідробіоценозів. У господарстві обмеження водокористування встановлені за такими видами: заборона здійснення любительського та спортивного рибальства, заборона плавання на човнах сторонніх осіб, заборона купання та використання ставів для рекреаційних потреб, заборона водопою тварин. Основними напрямками екологізації ставового рибництва можна вважати: обмеження неконтрольованого доступу до водойм для збереження гідробіотопів; створення та відновлення прибережних захисних смуг як природного бар'єру; моніторинг якості води, спрямований на попередження евтрофування, дефіциту кисню та порушення гідрохімічного режиму; мінімізація техногенного впливу на водойми, включаючи контроль за використанням човнів і пересуванням техніки; запобігання біологічному забрудненню, яке може бути спричинене сторонніми людьми, тваринами або рекреаційним використанням; раціональне ведення рибництва з дотриманням норм навантаження на водойму та недопущенням перевищення екологічної місткості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Безсонний Л., Некос А., Сапун А. Екологічна оцінка якості води Канівського водосховища. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2022. № 38. С. 85–96. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2022-38-08>
2. Боярин М. Екологічна оцінка якості масивів поверхневих вод басейну верхів'я річки Прип'ять. *Науковий вісник Вінницької академії безперервної освіти. Серія «Екологія. Публічне управління та адміністрування»*. 2024. № 2. С. 19–23. DOI: <https://doi.org/10.32782/2786-5681-2024-2.03>
3. Відділ рибальства та аквакультури (NFI). Продовольча та сільськогосподарська організація об'єднаних націй (FAO). *Офіційний сайт*. URL: <https://www.fao.org/fishery-divisional-structure/en>
4. Галімова В. М., Калька Н. Т. Контроль якості води для ведення рибного господарства. *In The IV International Science Conference «Actual problems of practice and science»*. March 5–6, 2021, Ankara, Turkey. Р. 19.
5. Дарчук А., Цьось О., Караїм О. Екологічні проблеми діяльності рибогосподарських водних об'єктів. *Актуальні проблеми розвитку природничих та гуманітарних наук : матеріали IX Міжнар. наук. практ. конф. (14 листопада 2025 р.)*. Луцьк : ВНУ ім. Лесі Українки, 2025. С. 118–121. URL: <https://surl.li/kmsyfd>
6. Домбровський К. О., Єременко Т. С. Оцінка компонентів екосистеми ставка рибогосподарського призначення. *Екологічні науки: науковопрактичний журнал*. К.: Видавничий дім «Гельветика». 2023. С. 39–43. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.6-51.6>
7. Інститут рибного господарства НААН. *Офіційний сайт*. URL: <https://if.org.ua/index.php/uk/>
8. Караїм О. А., Караїм В. П., Бедункова О. О., Лавринюк З. В., Джам О. А. Оцінка антропогенного впливу в аспекті басейнового екологічного управління. *Вісник НУБГП. Сільськогосподарські науки : зб. наук. праць*.

Рівне: НУБГП. 2024. Вип. 1 (105). С. 97–119.
DOI: <https://doi.org/10.31713/vs120247>

9. Караїм О. А., Караїм В. П., Лавринюк З. В., Боярин М. В., Джем О. А. Оцінка гідрохімічних показників в аспекті екологічного управління у басейні річки Стрипа. *Проблеми хімії та сталого розвитку*. 2023. № 4. С. 49–56. DOI: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-4-6>

10. Коваленко С. А., Пономаренко Р. В., Третьяков О. В., Іванов Є. В. Аналіз відомих методик визначення індексу якості води, що придатні для прогнозування екологічного стану поверхневих водних об'єктів. 2023. DOI: <https://doi.org/10.52363/2522-1892.2023.1.9>

11. Ковальчук І. П. Управління водогосподарською та водоохоронною діяльністю (на прикладі басейну Західного Бугу). *Український географічний журнал*. 2009. № 3. С. 49–53.

12. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. А. В. Гриценко, О. Г. Васенко, Г. А. Верніченко та ін. Х.:УкрНДІЕП. 2012. 37 с.

13. Моніторинг екологічної безпеки водотоків за кисневими показниками / Безсонний В. Л. та ін. *Техногенно-екологічна безпека*. 2021. Вип. 10 (2/2021). С. 75–83. DOI: <https://doi.org/10.52363/2522-1892.2021.2.12>

14. Паспорт рибогосподарської технологічної водойми орендаря Дарчука Артема Миколайовича загальною площею водного дзеркала 143,2258 га, розташованої на території Новорудської сільської ради Маневицького району Волинської області за межами населених пунктів. Луцьк, 2019. 126 с.

15. Про аквакультуру. Закон України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5293-17#Text> (дата звернення 14.09.2025).

16. Про затвердження Методичних рекомендацій з розроблення нормативів гранично допустимого скидання забруднюючих речовин у водні об'єкти із зворотними водами. Наказ Міндовкілля № 173 від 05.03.2021. URL:

<https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0173926-21#Text> (дата звернення 01.10.2025).

17. Про рибне господарство, промислове рибальство та охорону водних біоресурсів. Закон України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3677-17#Text> (дата звернення 14.09.2025)

18. Цьось О., Музиченко О., Боярин М., Бедункова О. Вплив урбосистеми міста Ковеля на якість води річки Турія. *Проблеми хімії та сталого розвитку*. 2021. № 4. С. 62–67. DOI: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2021-4-9>

19. Ahmad A, Kurniawan S. B, Abdullah S. R. S. et al. Exploring the extraction methods for plant-based coagulants and their future approaches. *Sci Total Environ.* 2022. Vol. 818. Article 151668. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151668>

20. Ahmed N., Turchini G. M. Recirculating aquaculture systems (RAS): Environmental solution and climate change adaptation. *J Clean Prod.* 2021. Vol. 297. Article 126604. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126604>

21. Avnimelech Y. Biofloc Technology. A Practical Guide Book. Baton Rouge, La, USA: The World Aquaculture Society. 2009. URL: https://www.researchgate.net/publication/308052605_Biofloc_technology_A_practical_guide_book_The_World_Aquaculture_Society

22. Boxall ABA. The environmental side effects of medication. *EMBO Reports.* 2004. Vol. 5(12). P. 1110–1116. DOI: <https://doi.org/10.1038/sj.embor.7400307>

23. Casillas-Hernández R., Nolasco-Soria H., García-Galano T., Carrillo-Farnes O., Páez-Osuna F. Water quality, chemical fluxes and production in semi-intensive Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) culture ponds utilizing two different feeding strategies. *Aquacultural Engineering.* 2007. Vol. 36(2). P. 105–114. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2006.09.001>

24. Chen F., Xiao Y., Wu X. et al. Replacement of feed by fresh microalgae as a novel technology to alleviate water deterioration in aquaculture. *RSC Adv.* 2020. Vol. 10. Article 20794–20800. DOI: <https://doi.org/10.1039/D0RA03090B>
25. Dahle S. W., Attramadal K. J. K., Vadstein O. et al. Microbial community dynamics in a commercial RAS for production of Atlantic salmon fry (*Salmo salar*). *Aquaculture.* 2022. Vol. 546. Article 737382. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737382>
26. Deng Y, Zou M, Liu W et al (2023) Antibiotic removal and microbial response mechanism in constructed wetlands treating aquaculture wastewater containing veterinary drugs. *J Clean Prod.* 2023. Vol. 394. Article 136271. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136271>
27. Focardi S., Corsi I., Franchi E. Safety issues and sustainable development of European aquaculture: new tools for environmentally sound aquaculture. *Aquaculture International.* 2005. Vol. 13(1-2). P. 3–17. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10499-004-9036-0>
28. Frankic A., Hershner C. Sustainable aquaculture: developing the promise of aquaculture. *Aquaculture International.* 2003. № 11. P. 517–530. DOI: <https://doi.org/10.1023/B:AQUI.0000013264.38692.91>
29. Han Z., Guo N., Yan H. et al. Recovery of phosphate, magnesium and ammonium from eutrophic water by struvite biomineralization through free and immobilized *Bacillus cereus* MRR2. *J Clean Prod.* 2021. Vol. 320. Article 128796. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128796>
30. Huang J., Xiao Y., Chen B. Nutrients removal by *Olivibacter jilunii* immobilized on activated carbon for aquaculture wastewater treatment: *ppk1* gene and bacterial community structure. *Bioresour Technol.* 2023. Vol. 370. Article 128494. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.128494>
31. Iber B. T., Okomoda V. T., Rozaimah S. A., Kasan N. A. Eco-friendly approaches to aquaculture wastewater treatment: assessment of natural coagulants vis-a-vis chitosan. *Bioresour Technol Rep.* 2021. Vol. 15. Article 100702. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2021.100702>

32. Kang W., Li L., Wu S. et al. Development of a scalable electrochemical filter for removing nitrate from recirculating aquaculture saltwater. *J Clean Prod.* 2023. Vol. 391. Article 136069. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136069>
33. Kashem A. H. M., Das P., Hawari A. H. et al. Aquaculture from inland fish cultivation to wastewater treatment: a review. *Rev Environ Sci Biotechnol.* 2023. Vol. 22. P. 969–1008. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11157-023-09672-1>
34. Krkošek M., Ford J. S., Morton A., Lele S., Myers R. A., Lewis M. A. Declining wild salmon populations in relation to parasites from farm salmon. *Science.* 2007. Vol. 318(5857). P. 1772–1775. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1148744>
35. Kurniawan S. B., Imron M.F., Abdullah S.R.S. et al. Coagulation–flocculation of aquaculture effluent using biobased flocculant: from artificial to real wastewater optimization by response surface methodology. *J Water Process Eng.* 2023. Vol. 53. Article 103869. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2023.103869>
36. Martinez-Porchas M., Martinez-Córdova L. R. World aquaculture: Environmental impacts and troubleshooting alternatives. *The Scientific World Journal.* 2012. Article 389623. DOI: <https://doi.org/10.1100/2012/389623>
37. Rodríguez-Valencia J. A., Crespo D., López-Camacho M. La camaronicultura y la sustentabilidad del Golfo de California. 2010. URL: <http://www.wwf.org.mx>
38. Roos N., Wahab M. A., Chamnan C., Thilsted S. H. The role of fish in food-based strategies to combat vitamin A and mineral deficiencies in developing countries. *Journal of Nutrition.* 2007. Vol. 137(4). P. 1106–1109. DOI: <https://doi.org/10.1093/jn/137.4.1106>
39. Ryu B., Shin K.-H., Kim S.-K. Muscle Protein Hydrolysates and Amino Acid Composition in Fish. *Marine Drugs.* 2021. Vol. 19(7). Article 377. DOI: <https://doi.org/10.3390/md19070377>
40. Saidulu D., Majumder A., Gupta A. K. A systematic review of moving bed biofilm reactor, membrane bioreactor, and moving bed membrane bioreactor for

wastewater treatment: comparison of research trends, removal mechanisms, and performance. *J Environ Chem Eng.* 2021. Vol. 9. Article 106112. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.106112>

41. Shelton W. L., Rothbard S. Exotic species in global aquaculture – a review. *Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh.* 2006. Vol. 58(1). P. 3–28. URL: <http://hdl.handle.net/10524/19156>

42. Smith M. D., Roheim C. A., Crowder L. B. et al. Sustainability and global seafood. *Science.* 2010. Vol. 327(5967). P. 784–786. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1185345>

43. Tacon A. G. J. Trends in global aquaculture and aquafeed production: 2000–2017. *Rev Fish Sci Aquac.* 2020. Vol. 28. P. 43–56. DOI: <https://doi.org/10.1080/23308249.2019.1649634>

44. Thomas M., Pasquet A., Aubin J. et al. When more is more: taking advantage of species diversity to move towards sustainable aquaculture. *Biol Rev.* 2021. Vol. 96. P. 767–784. DOI: <https://doi.org/10.1111/brv.12677>

45. Tidwell J. H., Allan G. L. Fish as food: aquaculture's contribution. Ecological and economic impacts and contributions of fish farming and capture fisheries. *EMBO Reports.* 2001. Vol. 2(11). 958–963. DOI: <https://doi.org/10.1093/embo-reports/kve236>

46. Trach Y., Tkachenko T., Kravchenko M., Mileikovskiy V., Tsos O, Boiaryn M., Biedunkova O., Trach R., Statnyk I. Analysis and Prospective Use of Local Mineral Raw Materials to Increase the Aesthetic and Recreational Value of the Vyzhyvka River (Western Ukraine). *Environments.* 2025. Vol. 12(7). Article 235. DOI: <https://doi.org/10.3390/environments12070235>

47. Tan W. K., Cheah S. C., Parthasarathy S. et al. Fish pond water treatment using ultrasonic cavitation and advanced oxidation processes. *Chemosphere.* 2021. Vol. 274. Article 129702. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.129702>

48. Xu J., Du Y., Qiu T. et al. Application of hybrid electrocoagulation–filtration methods in the pretreatment of marine aquaculture wastewater. *Water Sci Technol.* 2021. Vol. 83. P. 1315–1326. DOI: <https://doi.org/10.2166/wst.2021.044>

49. Zhao C., Zhou J., Yan Y. et al. Application of coagulation/flocculation in oily wastewater treatment: a review. *Sci Total Environ.* 2021. Vol. 765. Article 142795. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142795>

50. Zhou L., Tan S. H., Ahmad A. L., Low S. C. High-flux strategy for electrospun nanofibers in membrane distillation to treat aquaculture wastewater: a review. *J Chem Technol Biotechnol.* 2021. Vol. 96. P. 3259–3272. DOI: <https://doi.org/10.1002/jctb.6828>

ДОДАТКИ

Додаток А

Розрахунок планового обсягу вирощеної товарної риби
при екстенсивному веденні господарства*

№ з/п	Назва нагульного ставка	Площа водного дзеркала, га	Вид риби	Розрахункова рибопродуктивність при екстенсивному веденні господарства, кг/га	Розрахунковий обсяг вирощеної товарної риби при екстенсивному веденні господарства, тонн	Середня маса товарної продукції, кг/вік
1	Нагульний став 1	36,6741	короп	129	4,73	0,4/1+
			гібрид товстолобів	340	12,47	0,4/1+
			білий амур	53	1,94	0,4/1+
			щука	12	0,44	0,2/0+
			Всього:	534	19,58	-
2	Нагульний став 2	29,7554	короп	129	3,84	0,4/1+
			гібрид товстолобів	340	10,12	0,4/1+
			білий амур	53	1,58	0,4/1+
			щука	12	0,36	0,2/0+
			Всього:	534	15,89	-
3	Нагульний став 3	40,8864	короп	129	5,27	0,4/1+
			гібрид товстолобів	340	13,90	0,4/1+
			білий амур	53	2,17	0,4/1+
			щука	12	0,49	0,2/0+
			Всього:	534	21,83	-
4	Нагульний став 4	20,838	короп	129	2,69	0,4/1+
			гібрид товстолобів	340	7,08	0,4/1+
			білий амур	53	1,10	0,4/1+
			щука	12	0,25	0,2/0+
			Всього:	534	11,13	-
Всього по господарству				534	68,43	-

*Джерело: [14].

Додаток Б

**Розрахунок планової кількості вирощеної товарної риби
при інтенсивному веденні господарства***

№ з/п	Назва нагульного ставка	Площа водного дзеркала, га	Вид риби	Розрахункова рибопро-дуктивність при інтенсивному веденні господарства, кг/га	Розрахунковий обсяг вирощеної товарної риби при інтенсивному веденні господарства, тонн	Середня маса товарної продукції, кг/вік
1	Нагульний став 1	36,6741	короп	880	32,27	0,5/1+
			гібрид товстолобів	500	18,34	0,5/1+
			білий амур	75	2,75	0,5/1+
			щука	12	0,44	0,2/0+
			Всього:	1467	53,80	-
2	Нагульний став 2	29,7554	короп	880	26,18	0,5/1/
			гібрид товстолобів	500	14,88	0,5/1+
			білий амур	75	2,23	0,5/1+
			щука	12	0,36	0,2/0+
			Всього:	1467	43,65	-
3	Нагульний став 3	40,8864	короп	880	35,98	0,5/1+
			гібрид товстолобів	500	20,44	0,5/1+
			білий амур	75	3,07	0,5/1+
			щука	12	0,49	0,2/0+
			Всього:	1467	59,98	-
4	Нагульний став 4	20,838	короп	880	18,34	0,5/1+
			гібрид товстолобів	500	10,42	0,5/1+
			білий амур	75	1,56	0,5/1+
			щука	12	0,25	0,2/0+
			Всього:	1467	30,57	-
Всього по господарству				1467	188	-

*Джерело: [14].

Додаток В

Розрахунок кількості рибопосадкового матеріалу для вирощування
товарної риби при екстенсивному веденні господарства*

№ з/п	Назва нагульного ставка	Площа водного дзеркала, га	Вид та вік рибо- посадкового матеріалу	Щільність посадки рибо- посадкового матеріалу, екз./га	Середня маса рибо- посадкового матеріалу, г	Розрахункова кількість рибо- посадкового матеріалу, тис. екз
1	Нагульний став 1	36,6741	короп (однорічка)	430	25	15,77
			гібрид товстолобів (однорічка)	1400	20	51,34
			білий амур (однорічка)	170	20	6,23
			щука (личинка)	200	-	7,33
			Всього:	2200	-	80,68
2	Нагульний став 2	29,7554	короп (однорічка)	430	25	12,79
			гібрид товстолобів (однорічка)	1400	20	41,66
			білий амур (однорічка)	170	20	5,06
			щука (личинка)	200	-	5,95
			Всього:	2200	-	65,46
3	Нагульний став 3	40,8864	короп (однорічка)	430	25	17,58
			гібрид товстолобів (однорічка)	1400	20	57,24
			білий амур (однорічка)	170	20	6,95
			щука (личинка)	200	-	8,18
			Всього:	2200	-	89,95
4	Нагульний став 4	20,838	короп (однорічка)	430	25	8,96
			гібрид товстолобів (однорічка)	1400	20	29,17
			білий амур (однорічка)	170	20	3,54
			щука (личинка)	200	-	4,17
			Всього:	2200	-	45,84
Всього по господарству				2200	-	281,93

*Джерело: [14].

Додаток Д

Розрахунок кількості рибопосадкового матеріалу для вирощування товарної риби при інтенсивному веденні господарства*

№ з/п	Назва нагульного ставка	Площа водного дзеркала, га	Вид та вік рибопосадкового матеріалу	Щільність посадки рибопосадкового матеріалу, екз./га	Середня маса рибопосадкового матеріалу, г	Розрахунок ва кількість рибопосадкового матеріалу, тис.екз
1	Нагульний став 1	36,6741	короп (однорічка)	2200	25	80,68
			гібрид товстолобів (однорічка)	1350	20	49,51
			білий амур (однорічка)	195	20	7,15
			щука (личинка)	200	-	7,33
			Всього:	3945	-	144,68
2	Нагульний став 2	29,7554	короп (однорічка)	2200	25	65,46
			гібрид товстолобів (однорічка)	1350	20	40,17
			білий амур (однорічка)	195	20	5,80
			щука (личинка)	200	-	5,95
			Всього:	3945	-	117,39
3	Нагульний став 3	40,8864	короп (однорічка)	2200	25	89,95
			гібрид товстолобів (однорічка)	1350	20	55,20
			білий амур (однорічка)	195	20	7,97
			щука (личинка)	200	-	8,18
			Всього:	3945	-	161,30
4	Нагульний став 4	20,838	короп (однорічка)	2200	25	45,84
			гібрид товстолобів (однорічка)	1350	20	28,13
			білий амур (однорічка)	195	20	4,06
			щука (личинка)	200	-	4,17
			Всього:	3945	-	82,21
Всього по господарству				3945		505,58

*Джерело: [14].

Показники якості води

рибогосподарської технологічної водоюми



ДЕРЖАВНЕ АГЕНТСТВО ВОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ
РЕГІОНАЛЬНИЙ ОФІС ВОДНИХ РЕСУРСІВ У ВОЛИНСЬКІЙ ОБЛАСТІ
вул. 8 Березня, 1, м. Луцьк, Волинська область, 43005, тел. (0332) 23-44-13, факс 28-19-91
e-mail: vol_wodres@ukr.net, Volyn.OVR@gmail.com, сайт: www.vodres.gov.ua,
код згідно з ЄДРПОУ 13345605
Лабораторія моніторингу вод та ґрунтів
м. Ковель, вул. Косачів, 4

Свідоцтво про відповідність
системи керування вимірюваннями № ПХ 32/24
від 09 жовтня 2024 року

Замовник: Дарчук Артем Миколайович
Місце відбору: став поблизу с. Градиськ
Дата відбору проби: 26.09.2025р
Аналіз закінчений: 30.09.2025р.

№ з/п	Назва інгредієнтів	Одиниці вимірювання	Результати вимірювання
1.	Азот амонійний	мг/дм ³	0,304
2.	Нітриди	мг/дм ³	0,023
3.	Нітрати	мг/дм ³	0,4
4.	Розчинений кисень	мгО ₂ /дм ³	6,44
5.	Сульфати	мг/дм ³	22,0
6.	Фосфати	мг/дм ³	0,032
7.	Залізо загальне	мг/дм ³	0,56
8.	Хімічне споживання кисню	мгО ₂ /дм ³	18,3
9.	БСК 5	мгО ₂ /дм ³	2,9
10.	Сухий залишок	мг/дм ³	230,0
11.	Хлориди	мг/дм ³	13,87
12.	pH	одиниці pH	7,4



Ростислав КРАВЧУК

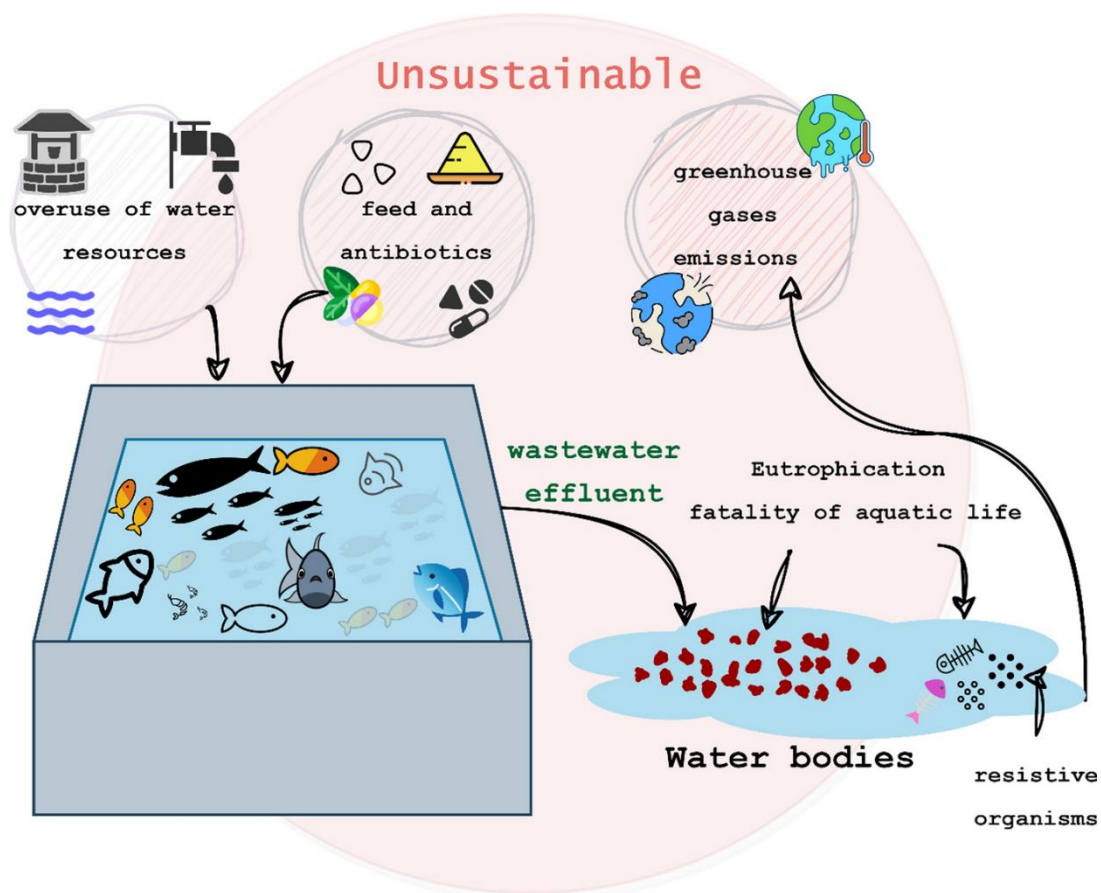
Ставок нагульний № 1



Ставок вирощувальний № 5

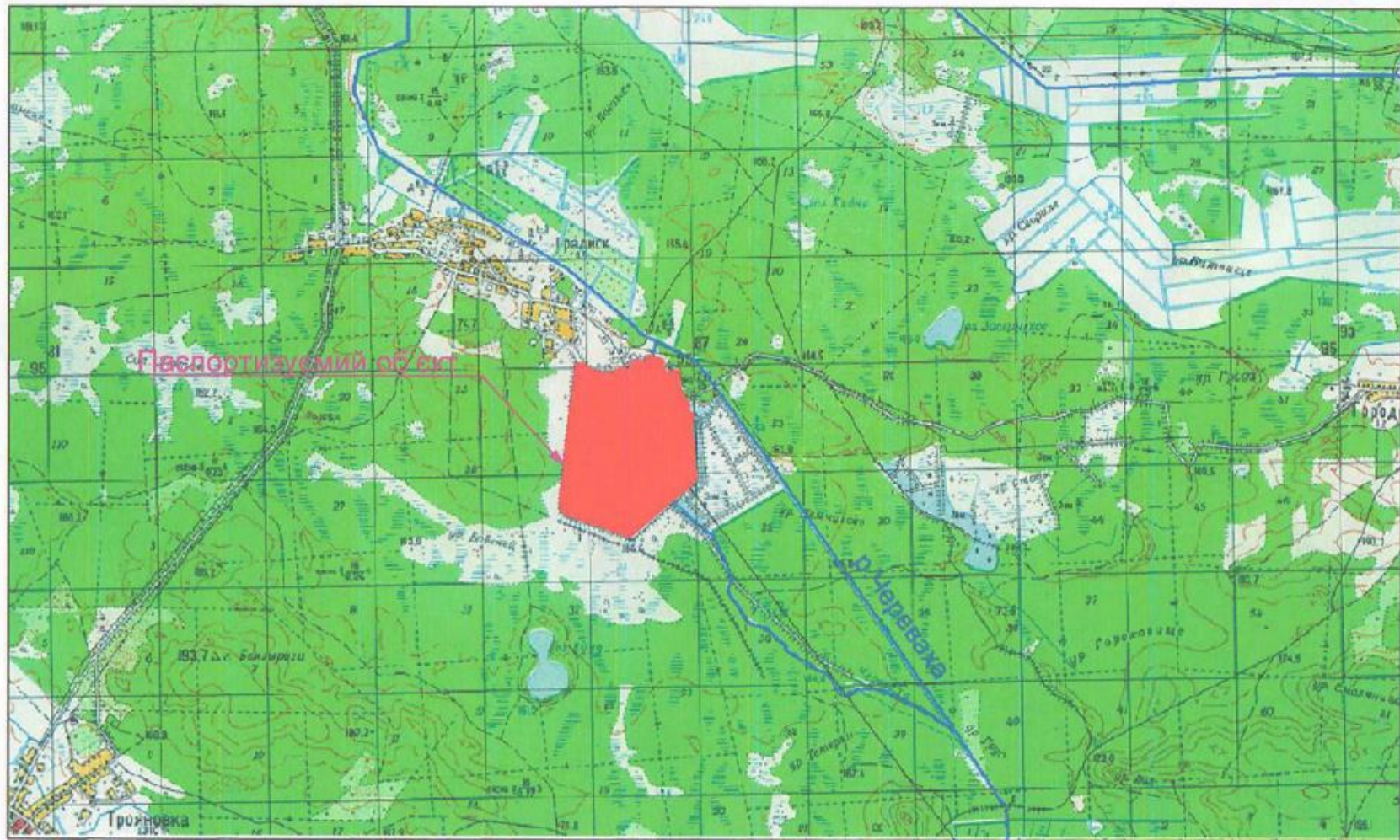


Вплив викидів стічних вод рибогосподарських водних об'єктів
в навколишнє середовище*



*Джерело: [33].

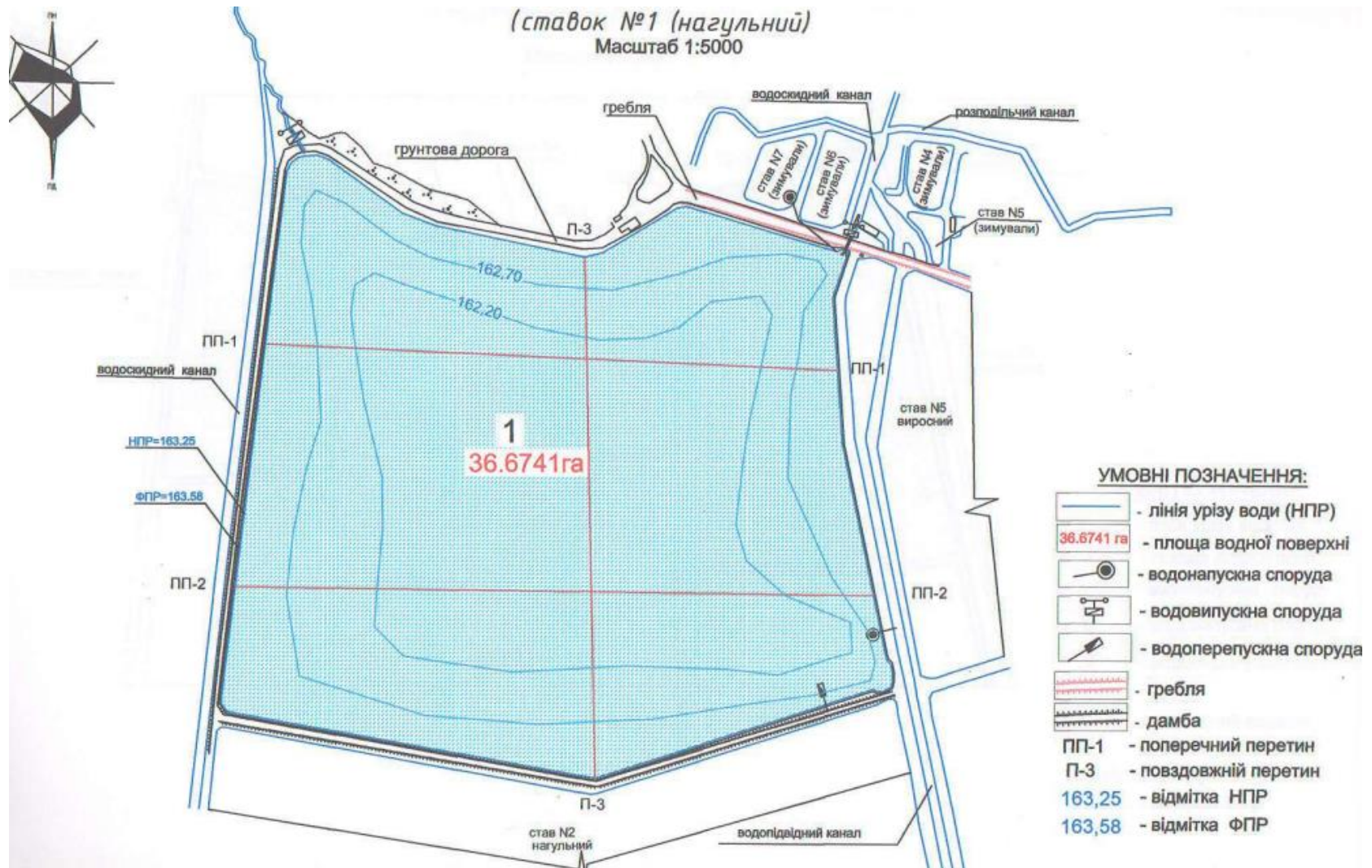
Ситуаційна схема рибогосподарської технологічної водойми
(Ставки загальною площею 143,23 га)*



*Джерело: [14].

Додаток Н

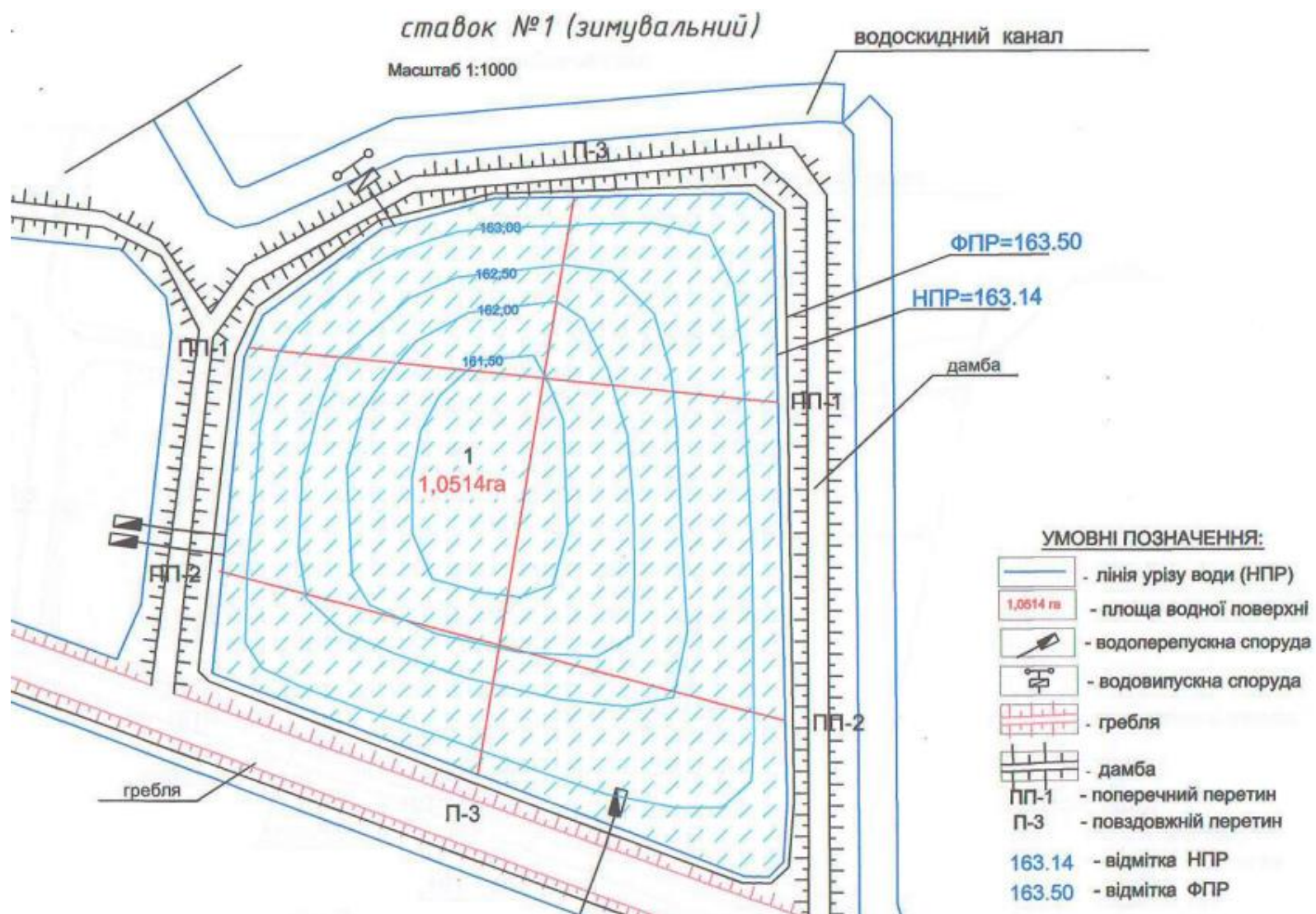
План водного об'єкта*



*Джерело: [14].

Додаток П

План водного об'єкта*



*Джерело: [14].