

Науковий вісник Львівського національного університету
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького.
Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University
of Veterinary Medicine and Biotechnologies.
Series: Agricultural sciences

ISSN 2519-2698 print
ISSN 2707-5834 online

doi: 10.32718/nvlvet-a10009
<https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture>

UDC [639.3.043.13:636.087.73]:597.111.1.05

Ecosystem importance of aquaculture

N. Hradovych[✉], R. Paraniak, N. Lytvyn, A. Kachan, V. Dynia

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv, Ukraine

Article info

Received 08.01.2024
Received in revised form
12.02.2024
Accepted 13.02.2024

Stepan Gzhytskyi National
University of Veterinary Medicine
and Biotechnologies Lviv,
Pekarska Str., 50, Lviv,
79010, Ukraine.
Tel.: +38-093-432-33-25
E-mail: ninagrado3@gmail.com

Hradovych, N., Paraniak, R., Lytvyn, N., Kachan, A., & Dynia, V. (2024). Ecosystem importance of aquaculture. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 26(100), 63–69. doi: 10.32718/nvlvet-a10009

In this article the authors offer an in-depth analysis of the current state of hydroecosystems and the problems of their conservation. The key tasks relevant to aquaculture as a tool for resolving management problems are discussed in detail. The authors examine various approaches and methods used in relation to the eco-improvements of the industry under study, providing examples of positive impacts on biodiversity and sustainability of aquatic ecosystems. Aquaculture is a promising way of addressing food security issues and plays an important role in the functioning of ecological systems. Through integrated management, the desired results can be achieved, including the conservation of biodiversity, which will contribute to the sustainable functioning of organisms. Accordingly, it helps to reduce the levels of pressure on natural populations by regulating fisheries and thereby allowing natural ecosystems to maintain their balance. The practice of aquaculture involves the protection and preservation of natural habitats, such as wetlands and nesting sites for many species of birds. Such areas are critical for the reproduction of many aquatic species, contributing to the functioning of the ecosystem. Modern aquaculture systems include monitoring methods, as they can pose environmental threats and create environmental risks to the respective state of the hydroecosystem. Other important tasks include improving aquaculture waste management and improving water quality by removing excess organic matter and other particles using natural biofilters. Promising methods of aquaculture include the cultivation of algae that absorb carbon dioxide from the atmosphere and contribute to the development of green energy. Local community aquaculture reduces dependence on natural fisheries by providing jobs and alternative food sources. Aquaculture research can be used in ecosystem restoration projects. Understanding the interactions in aquaculture systems contributes to the knowledge of ecosystem dynamics and is the basis for management practices. The conclusions of the article emphasise the importance of aquaculture as a tool for achieving sustainable ecosystem development and provide practical recommendations for further research in this area. This approach allows us to highlight the multifaceted aspects of the problems and their relevance to the scientific community and practical application in natural resource management.

Key words: aquaculture, hydroecosystem, biodiversity hydrobionts, potential, environmental protection, sustainable development.

Екосистемне значення аквакультури

Н. Градович[✉], Р. Параняк, Н. Литвин, А. Качан, В. Диня

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, м. Львів, Україна

Проведено глибокий аналіз сучасного стану гідроєкосистем та проблем їх збереження. Детально розкриваються ключові завдання для аквакультури як інструментарію щодо врегулювань проблем управління. Автори розглядають різноманітні підходи та методи використання стосовно ековпроваджень досліджуваної галузі, надаючи приклади позитивного впливу на біорізноманіття та стійкість розвитку водних екосистем. Аквакультура – це перспективний напрямок вирішення проблем продовольчої безпеки, що відіграє важливу роль у функціонуванні екологічних систем. Через комплексне управління можна досягти бажаних результатів, зокрема збереження біорізноманіття, що сприятиме сталому функціонуванню організмів. Відповідно це допомагає зменшити

рівні впливу навантаження на природні популяції завдяки врегулюванню вилову риби, дозволяючи природним екосистемам підтримувати свій баланс. Практика аквакультури передбачає захист і збереження природних середовищ існування, зокрема таких як водно-болотні угіддя та місця гніздування багатьох видів орнітофауни. Такі території є критично важливими для розмноження багатьох водних видів організмів, сприяючи функціонуванню екосистеми. Сучасні системи аквакультури включають методи моніторингу, адже вони можуть становити екологічні загрози і створити екологічні ризики для стану гідроекосистеми. Важливими завданнями також є вдосконалення системи поводження з відходами галузі аквакультури та поліпшення якості води шляхом видалення надлишку органічних речовин та інших часток, використовуючи природні біофільтри. Перспективні методи функціонування аквакультури включають розведення водоростей, які поглинають вуглекислий газ з атмосфери, а також сприяють розвитку зеленої енергетики. Аквакультура місцевих громад зменшує залежність від природного рибальства, забезпечуючи робочі місця та альтернативні джерела харчових продуктів. Результати дослідження аквакультури можна використовувати в проєктах відновлення екосистем. Розуміння взаємодії в системах аквакультури сприяє розширенню знань про динаміку екосистеми, є основою для практики управління. Висновки статті підкреслюють важливість аквакультури як інструменту для досягнення сталого розвитку екосистем та надають практичні рекомендації для подальших досліджень у цій галузі. Такий підхід дозволяє розкрити різнобічні аспекти проблем та виявити її значення для наукового співтовариства та практичного застосування в управлінні природними ресурсами.

Ключові слова: аквакультура, гідроекосистема, біорізноманіття, гідробіонти, потенціал, захист довкілля, сталий розвиток.

Вступ

Аквакультура належить до галузей, роль і частка яких зростає. Саме із розвитком виробництва продукції цієї галузі пов'язують свою продовольчу безпеку такі великі країни світу, як Китай. Для багатьох форм аквакультурного виробництва рівень екологічної безпеки перебуває на доволі прийнятному рівні, а тому аквакультура може бути інтегрована у модель сталого розвитку території чи регіону. Глобальне значення аквакультурного виробництва є очевидним зі звіту Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (FAO, 2022), роль та місце аквакультури у сталому розвитку вивчали чимало авторів (Subasinghe et al., 2009; Vdovenko, 2011; Kassem et al., 2021; Sicuro, 2021; Abisha et al., 2022).

Аквакультура у певних межах дає змогу контролювати умови отримання якісної продукції, забезпечуючи оптимальне середовище для росту і розвитку гідробіонтів. Вона є важливим інструментом для забезпечення зменшення впливу вилову риби на природні екосистеми. Фактично основним засобом виробництва тут є штучно створені чи модифіковані людиною екосистеми, а тому за значного росту виробництва продукції аквакультури слід очікувати також значного впливу на довкілля. Екологічні проблеми розвитку аквакультури представлено в роботах Мавраганіса (Mavraganis et al., 2020), Янга (Jiang et al., 2022) та багатьох інших. Вітчизняними дослідниками потенціал аквакультури щодо захисту довкілля розкрито частково у працях провідних вчених (Vdovenko, 2011; Martseniuk & Martseniuk, 2012; Korzhov, 2023).

Мінімальні затрати та незначний вплив на довкілля має виробництво аквакультурної продукції у випадку, якщо стан водойм, у яких одержують гідробіонтів, наближений до стану природних водойм території, на якій здійснюється дане виробництво. Разом із тим виробництво продукції у таких умовах зазвичай доволі незначне і для його збільшення застосовують різні методи інтенсифікації (Hrynzhovskyi, 2000; Burlaka et al., 2015). Власне інтенсифікаційні методи є одним із основних чинників ризику у аквакультурі – як щодо забруднення, так і щодо виникнення хвороб чи потреби у зовнішніх ресурсах, котрі переводять систему водойми зі стану, близького до природного,

до стану антропогенно трансформованого (Hrynzhovskyi, 2000; Burlaka et al., 2015).

У багатьох країнах Європи штучне розведення риби у ставках є добре відоме. Не є винятком й Україна, зокрема і Львівська область, де цей промисел належить до традиційних. Разом із тим у нашій країні складається парадоксальна ситуація: попри можливість власного виробництва риби та морепродуктів, чимало їх імпортується, це попри те, що споживання цих продуктів у їжу в багатьох регіонах не досягає рівнів, рекомендованих медиками та дієтологами. Однією з причин називають малоефективне використання потенціалу внутрішніх водойм щодо аквакультури (Smyrniuk et al., 2011; Samofatova & Pankiv, 2016; Khilchevskyi et al., 2020). Додаткові загрози з'являються внаслідок воєнних дій: починаючи з 2022 року райони, де рибна складова харчування була на достатньо високому рівні, де виробництво та споживання рибопродуктів є досить поширеним, регулярно зазнають воєнного впливу, зокрема руйнувань елементів інфраструктури. Екологічний стан багатьох водойм незадовільний, а деякі, як от Каховське водосховище, взагалі перестали існувати чи перебувають на момент написання статті під окупацією. Тому поглиблюється нагальна потреба розвивати галузь у західних областях України, передусім на Львівщині, потенціал рибогосподарського комплексу якої може бути використаний більш ефективно (Smyrniuk et al., 2011; Samofatova & Pankiv, 2016; Khilchevskyi et al., 2020).

Рибогосподарський комплекс регіону діє на базі прісноводних рибоводних ставків, що є антропогенно-керованими екосистемами, котрі не ізолювані від довкілля і взаємодіють із ним різноманітними способами, характерними для взаємодії природних екосистем. Тому зміни у гідроекосистемах рибогосподарських ставків можуть спричинити зміни у стані довкілля, які слід досліджувати, враховувати.

Мета дослідження

Мета дослідження полягає в оцінці екосистемного значення аквакультури та її впливу на біорізноманіття.

Матеріал і методи досліджень

Основою для даного дослідження є праці вітчизняних та зарубіжних учених, наведені у списку використаної літератури, статистичні дані регіональної статистики згідно з ГУСуЛО та світовою статистикою від FAO. Методи дослідження включають теоретичні наукові підходи і практичні методики, монографічний метод, статистичний аналіз та порівняння, елементи економетричного методу тощо.

Результати та їх обговорення

Аквакультура – це галузь аграрного виробництва, яка зосереджена на отриманні дієтичних продуктів харчування. У цьому плані аквакультура, безумовно, є складовою ширших галузей сільського господарства, таких як агроєкосистеми та гідроєкосистеми. В обох випадках стан екосистеми людина контролює з метою збільшення продуктивності, залучаючи додаткові джерела енергії (добрива у землеробстві та годівлю рибу у аквакультурі).

Варто згадати також про такий термін, як рибництво, і його зв'язок із аквакультурою. У світовій практиці аквакультура – вирощування усіх видів гідробіонтів (різні типи та види риби, молюски, креветки та інші види гідробіонтів). Згідно з даними FAO (2022) – у 2020 році завдяки аквакультурі у світі отримано майже 50 млн тонн прісноводної риби (виловлено дикої 10 млн тонн), близько 35 млн тонн водоростей (зібрано без вирощування близько 1 млн тонн), вирощено близько 18 млн тонн молюсків і 12 млн тонн ракоподібних (виловлено з природних умов близько 6 млн тонн тих і тих), отримано близько 6 млн тонн діадромних та 4 млн т морських риби (виловлено 2 та 65 млн тонн відповідно). Тобто за винятком морської риби аквакультура дає уже сьогодні більше продукції, аніж добування з природного середовища. В Україні рибна галузь об'єднує рибальство (вилов риби) та рибництво (розведення риби), проте тут частка інших водних видів (водні рослини, молюски, ракоподібні, інші безхребетні, планктон тощо) є незначною. Тому в умовах країни термін рибництво збігається з поняттям аквакультура.

Аквакультура має велике екосистемне значення через такі основні фактори:

1. Збереження диких видів, що дозволяє зменшити пресинг на дику природну рибу, оскільки забезпечує альтернативне джерело риби для споживачів.

2. Застосування технологічних впроваджень щодо очищення водойм, що сприяє підвищенню якості та збереженню місцевих екосистем.

3. Підтримка біорізноманіття. Деякі аквакультурні системи використовуються для відновлення та підтримки місцевого біорізноманіття, включаючи відновлення видів риби, які можуть бути під загрозою вимирання.

4. Еколого-економічне стимулювання. Успішна аквакультура може забезпечити економічні стимули для збереження водних ресурсів та екосистем,

оскільки збереження природних середовищ стає ключовим для стабільного функціонування галузі.

Прийнято розділяти аквакультурну галузь на дві великі субгалузі: прісноводна культура і марикультура (marine). Точніше, у більшості робіт зарубіжних авторів використовують термін не прісноводна аквакультура, а аквакультура “внутрішніх вод” – inland (рис. 1).

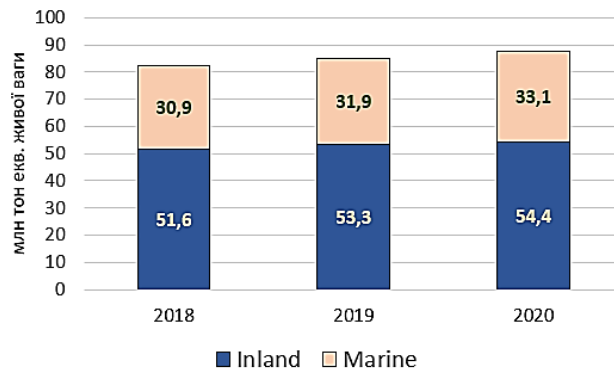


Рис. 1. Динаміка аквакультурного виробництва світу (FAO, 2022)

Оскільки предметом дослідження є галузь аквакультури Львівської області, а в останній морській гідроєкосистемі відсутні, то у контексті даної роботи термін аквакультурне виробництво доцільно розуміти як синонім рибництва у прісноводних водоймах.

Інфраструктурне забезпечення аквакультурної галузі може включати в себе різноманітні форми та параметри, які враховуються для забезпечення ефективності та стійкості діяльності:

- Аквакультурні ферми. Це основна форма інфраструктури, де здійснюється вирощування риби або інших видів гідроресурсів. Параметри можуть включати розмір ферми, технології вирощування (наприклад, кольорова, вільноплаваюча, інтенсивна), системи водопостачання та очищення води.

- Водойми. Можуть бути штучними ставками, басейнами або спеціально облаштованими ділянками в природних водоймах. Об'єктивні параметри включають об'єм, глибину, температуру та якість води.

- Інфраструктура живлення. Тут притаманні такі включення: склади для зберігання кормів, системи подачі кормів та механізми для контролю харчування риби.

- Лабораторії та дослідні центри використовують для вивчення та впровадження нових технологій, а також методів управління аквакультурою.

На [рисунок 2](#) відображено динаміку виробництва, за даними обласної статистики, яка показує, що це практично завжди лише риба (у 2018 усього водних біоресурсів було 876 т, з них риби 875 т, в усі інші роки ці показники цілком збігаються), до того ж – в основному це короп (від 66,2 % до 76,6 %).

Більшість рибогосподарських підприємств Львівської області використовують ставки, яких тут 3055 одиниць з площею 9120 га і об'ємом 115,2 млн м куб. (згідно з даними про Водний фонд України, 2014). В Екологічному паспорті області за 2022 рік обліковано 564 ставків, що передано в оренду для виконання у

рибогосподарській та рекреаційній діяльності. Близько половини усіх ставків області належать до басейну річки Дністер (54 % за кількістю, 50 % за площею, 49 % за об'ємом), значно менше – до басейну Вісли (39 %, 39 %, 38 % відповідно) і Дніпра (7 %, 11 %, 12 % відповідно).

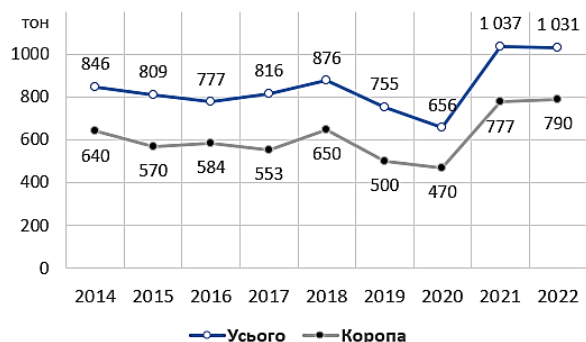


Рис. 2. Динаміка виробництва аквакультури Львівщини (Holovne upravlinnia statystyky u Lvivskii oblasti)

Прісноводні ставки використовують для різних цілей, і повноцінне рибне господарство переважно має у своєму складі різні типи ставків: нагульні, маточні, зимувальні тощо. Разом із тим може бути доцільною вузька спеціалізація, наприклад підприємство закуповує мальків та вирощує товарну рибу. У контексті спеціалізації підприємств варто розкрити тему розмаїття ролі аквакультури у регіоні. Попри те, що основною функцією аквакультури у переважній більшості випадків є забезпечення населення продукцією харчового призначення, а саме білковим продуктом із відмінними смаковими та дієтичними показниками, в загалом рибогосподарські ставки є об'єктом багатofункціональним, і використовують їх також з різноманітною метою:

- Риборозведення: вирощування посадкового матеріалу, тобто малька риб, який використовують для зариблення водойм у однорічних нагульних господарствах або в природних водоймах; екосистемна функція.

- Рекреації й відпочинку: ставки можуть бути об'єктами для організації спортивної риболовлі; водойми та їхнє довкілля традиційно є ресурсами, що мають рекреаційну цінність;

- Ірригаційні й інші господарські потреби: у деяких випадках ставки можна задіяти для збору і подачі води для потреб сільського господарства. Також запас води у ставках можна використовувати для пожежних, технічних та інших потреб;

- Екосистемний підхід: стави можуть бути частиною агроекосистем, де різні види флори і фауни взаємодіють, створюючи стійке і екологічно чисте середовище (Kassem et al., 2021; Korzhov, 2023).

Одним з проявів екосистемної ролі та функції прісноводної ставкової аквакультури в умовах Львівської області є використання її продукції задля збереження різноманіття водних організмів, захисту водних ресурсів та підтримання екологічного балансу природних водойм. Як відомо, риба є вагомим складником рівноваги водної екосистеми. Деякі види риб настільки

ефективно знищують водну рослинність, що сприяють підтриманню водойми у належному стані й запобігають розвитку евтрифікаційних процесів у водоймі. До таких видів належать передусім білий амур (*Ctenopharyngodon idella*) і товстолобик (*Hypophthalmichthys molitrix*). Обидва види завезені з Далекого Сходу, амур у теплих водах може набути ознак інвазійного виду. Ці види непогано уживаються у ставках в полікультурі з традиційними коропом, лилом й іншими видами (Yaninovich et al., 2011). У згаданій роботі досліджено полікультуру шести видів риб щодо трофічної конкуренції за харчові ресурси водойми. Встановлено, що товстолобик практично є поза конкуренцією щодо фітопланктону, тимчасом як до комбікорму спостерігають харчову конкуренцію амура і двох порід коропа. Питання використання інтродукованих видів для підтримання стану, близького до природного, пояснюється тим, що при використанні годівлі у випадку, якщо кількість введеного комбікорму перевищує потреби риб та інших організмів водойми, надмірна кількість поживних речовин може стати джерелом евтрофікації завдяки насиченню середовища підвищеним вмістом азоту та фосфору у водному середовищі. Тому ці види, утилізуючи частку водних мікроорганізмів та рослин, що розвинулись завдяки заходам інтенсифікації, повертають водне середовище до природного стану, одночасно запобігаючи дефіциту кисню у воді. Зрозуміло, що введення цих видів у екосистему ставу не є панацеєю і рибне господарство має дбати про контроль якості води та вчасно проводити необхідні заходи (Yaninovich et al., 2011).

Іншим зняряддям підтримання екобалансу водойми за рахунок використання продукції аквакультури є використання хижої риби для контролю популяцій інших видів. В умовах Львівської області у рибницьких ставках доволі ефективно використовують щуку (*Esox lucius*) як компонент полікультурі. Згідно з даним Яніновича та ін. (Yaninovich et al., 2011), на один гектар ставу провели зариблення у вигляді 2 тис. екз. коропа, 140 екз. амура, 200 екз. товстолоба, 200 екз. лина і 100 екз. щуки звичайної. При цьому раціон щуки, як показали дослідження, на 98 % складався з риби. Присутність хижої риби у рибницькому ставі дозволяє вилучати хворі чи ослаблені екземпляри промислових риб. При цьому використання цих видів у природних водоймах сприяє підвищенню різноманіття (якщо не відбувається оверпопуляція хижака), також дає змогу усувати так звану "сміттєву рибу", сприяє наближенню водойм до природного стану і поліпшенню балансу видів. Саме аналіз даних спостереження за виловами й популяціями хижих та рослинних риб у 20–30-х роках минулого століття підштовхнули В. Вольтера до створення математичних рівнянь системи "хижак – жертва" (Volterra, 1931).

Зариблення може бути використане для відновлення екологічного балансу у водоймах, де природні популяції риб були порушені або втрачені. Тут слід розрізняти два випадки: має місце втрата популяцій виду, що загалом не перебуває під загрозою зникнення, проте у конкретній водоймі з різних причин порушено стан природних популяцій (надмірний вилов з

різних причин, поширення захворювань чи видів-конкурентів, забруднення вод антропогенною діяльністю чи унаслідок ведення війни, інші причини). Для того, аби відновити популяцію, переселення окремих екземплярів із інших водойм часто не дає результату, має бути певна критична кількість риби, іноді різних вікових груп, використана для зариблення. Саме тут можуть бути використані можливості галузі аквакультури. Така ситуація є очікуваною в Україні, у тому числі враховуючи ситуацію на Лівобережжі, а рибництво слід бути готовим виконати належні функції задля відновлення екологічного балансу у водоймах.

Станом на 2008 р. у світі налічували понад 300 видів іхтіофауни, які перебувають під загрозою знищення (Hărășan & Petrescu-Mag, 2008). Основні види загроз та причини зникнення – скорочення популяцій та звуження ареалу, у 13,11 % цих видів чисельність статевозрілих особин у популяції знизилась на 2 500 екз. У багатьох випадках загроза цим видам прямо чи опосередковано походить від аквакультури або ж надмірного вилову екзотичних риб для акваріумної торгівлі. Водночас для програм відновлення осетрових, морських риб, лососевих, живородних тощо аквакультура може бути найкращим рішенням щодо відновлення. Введення нового виду в аквакультуру є трудомістким завданням. Воно вимагає комплексного підходу та глибокого розуміння особливостей біології, екології та умов утримання цього виду і передбачає розуміння вимог щодо температурних умов середовища утримання, кормових потреб та інших аспектів біології виду: аналізу поведінкових особливостей та циклу життя риби, оптимальних умови для росту, розвитку та розмноження риби, профілактику захворювань, забезпечення необхідної якості води, управління популяцією тощо (Hărășan & Petrescu-Mag, 2008).

Такі завдання зазвичай можна вирішити лише за умови застосування різноманітних технологій та наукового підходу. Одним із завдань вирощування риб у аквакультурі є дослідницька ціль. Зариблення може служити як інструмент для наукових досліджень та моніторингу рибних популяцій, що дозволяє вченим вивчати та зрозуміти динаміку рибних ресурсів. Ці завдання зазвичай вирішують одночасно з вирішеннями виробничих завдань щодо отримання продукції. Успіх у введенні до аквакультури нового виду риби вимагає високої кваліфікації, вивчення ринкових тенденцій, врахування етичних аспектів та сталого виробництва.

Специфічним різновидом аквакультурного виробництва є вирощування гідробіонтів у ізольованих й цілком контрольованих умовах. Деякі види переважно з дослідницькою метою вирощують саме так. Ці установки потребують досконалих систем фільтрації, оптимального підбору раціонів годівлі та відповідних кормів.

В умовах Львівської області чимало водойм рибогосподарського призначення тією чи іншою мірою взаємодіють із орнітофауною регіону. Це ще одна важлива екосистемна функція цієї компоненти рибництва. У світі є чимало рибоїдних птахів, таких як баклани, пелікани, чаплі та інші, що виконують ряд важливих функцій. У Львівській області на південь

від Головного європейського вододілу саме риборозплідні ставкові комплекси мають особливу роль для гніздування водоплавних птахів (Bokotei et al., 2010). Домінантним видом орнітофауни в екосистемах є мартин звичайний (*Larus ridibundus*), частка якого сягає 39,7 %, також більш-менш поширеними видами є очеретянка велика (*Acrocephalus arundinaceus*) та лиска (*Fulica atra*), проте їхня частка складає лише близько 6 %. Усього ж орнітофауна має доволі високі показники видового багатства (55 видів зафіксовано на комплексі ставів “Янів – Лелехівка” Яворівського району та 49 видів виявлено на дільниці “Отиневич” колишнього Жидачівського, а тепер Стрийського району). За поточного режиму використання ставів їх середовище є сприятливим для гніздування птахів. Проте простежується тенденція до інтенсивнішого використання ставків, що передбачає кількаразовий спуск води і наповнення, ліквідацію зануреної рослинності тощо – такі види діяльності можуть негативно вплинути на залежну від ставів орнітофауну (Bokotei et al., 2010).

Риба у рибогосподарських ставках може впливати на біорізноманіття, функціонування та структуру екологічних систем, а зариблення може сприяти відновленню їхнього балансу.

Окрему проблему для довкілля становить забруднення гідроєкосистем. Цю проблему на теренах Львівщини вивчали Р. Гураль, Т. Багдай, В. Грубінко, І. Грициняк, Н. Градович (2019) та інші (Hradovych, 2019).

Щодо впливу на довкілля, інфраструктура аквакультурної галузі може мати різні наслідки залежно від того, як буде спроектовано її управління. Наприклад, неконтрольоване використання хімічних речовин (це можуть бути гормони росту, різноманітні фармзасоби, добрива тощо) або недостатня очистка води може призвести до забруднення гідроресурсів та втрати місцевих екосистем. У взаємодії з іншими типами екосистем аквакультурні установки можуть взаємодіяти з прилеглими екосистемами через різноманітні шляхи, такі як водопостачання, скиди водних відходів, взаємодія з місцевими видами та зміни в екологічній рівновазі. Важливо розробляти та впроваджувати методи управління, які сприяють збереженню та відновленню екологічної рівноваги в цих системах.

Отже, вплив аквакультури на рівні забруднення довкілля залежить від низки факторів, таких як вид риби, умови вирощування, технології та методи, які використовують. Основні аспекти впливу аквакультури на довкілля включають:

- Забруднення речовинами, утвореними унаслідок життєдіяльності риб;
- Забруднення невикористаними кормами та продуктами їх розпаду;
- Забруднення фармацевтичними речовинами й біологічними добавками, котрі застосовують задля лікування, профілактики захворювань і стимуляції росту.

Практика ставкової аквакультури передбачає періодичний спуск вод, а це може включати сторонні речовини із замкнутого простору рибогосподарської водойми і поширення у довкілля (якщо тільки до того

часу вони не розкладуться чи не перейдуть у донні відклади самої водойми чи каналів, що її сполучають із водотоками). Тому аналізуючи екологічний, речовинний, макро- і мікроелементний баланс ставка, його не можна трактувати як замкнену систему.

На **рисунку 3** відображаємо, на наш погляд, вдосконалену побудову моделі управління аквасистем щодо ефективності екологічної оптимізації.

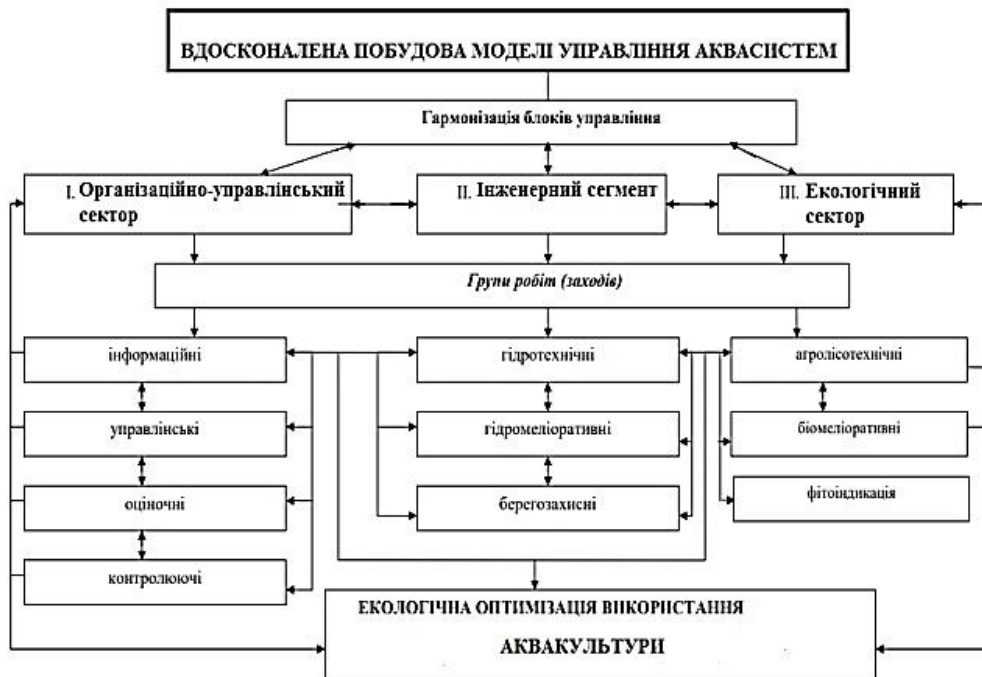


Рис. 3. Екологічна оптимізація моделі управління аквакультури

Перспективи аквакультури для сталого розвитку:

- **Забезпеченість харчової необхідності.** Аквакультура може забезпечити стабільний доступ до джерел білка, що є важливим у харчуванні населення, особливо в регіонах з обмеженим доступом до морепродуктів;
- **Розширення варіантів асортименту продукції.** Для прикладу, це можуть бути оселедець, форель, мідія, раки тощо. Особливістю цієї перспективи є те, що можуть вирощуватися як для цілей комерційної експлуатації, так і для суто екологічного призначення;
- **Мінімізація ефектів екологічного відбитку на навколишнє середовище** шляхом удосконалення систем водопостачання, утилізації відходів та інших інноваційних підходів;
- **Розвиток технологій.** В майбутньому можливе впровадження нових екобіотехнологій, таких як штучне м'ясо з риби або клітинне вирощування морепродуктів, що не тільки розширить асортимент, а й спростить доступність, контролюватиметься кількість відповідно до попиту та, ймовірно, знизиться вартість продуктів аквакультури.

Висновки

Загалом аквакультура може бути важливим інструментом для збалансованого використання водних ресурсів і збереження природних екосистем. Галузь рибиництва у Львівській області включає в себе розве-

дення та вирощування водних організмів, передусім риби, з метою отримання харчових продуктів, а також виконання народно-господарських, рекреаційних, екосистемних завдань, функцій та надання відповідних послуг. Адже в умовах зростаючої світової популяції та зменшення природних запасів риби потенціал аквакультури для задоволення потреб населення великий і постійно зростає.

Екосистемна роль комплексу ставів в регіоні передбачає підтримку популяції риб, резерв рибопосадкового матеріалу для відновлення рибних ресурсів, збереження запасу водних ресурсів для підтримання гідрологічного балансу інших екосистем, забезпечення умов для гніздування відповідної орнітофауни тощо.

Стимулювання розвитку аквакультури має потенціал стати важливим галузевим сектором для забезпечення харчової екобезпеки та розвитку економіки, а також для розширення асортименту продуктів та послуг для споживачів. Щодо економічної конкурентоспроможності й екологічної безпеки продукції, важливо розробляти та впроваджувати стандарти якості, екологічної сталості та безпеки промисловості аквакультури. Це включає в себе контроль якості води, використання безпечних для довкілля та споживачів методів вирощування, а також впровадження сертифікаційних систем і міжнародних стандартів. Тільки така модель підходу може забезпечити конкурентоспроможність та стабільність продукції аквакультури на міжнародному ринку, що водночас забезпечить

збереження екологічної стійкості у довгостроковій перспективі.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

References

- Abisha, R., Krishnani, K. K., Sukhdhane, K., Verma, A. K., Brahmane, M., & Chadha, N. K. (2022). Sustainable development of climate-resilient aquaculture and culture-based fisheries through adaptation of abiotic stresses: A review. *Journal of Water and Climate Change*, 13(7), 2671–2689. DOI: 10.2166/wcc.2022.045.
- Bokotei, A. A., Dziubenko, N. V., Horban, I. M. Kuchynska, I. V., Bashta, A.-T. V., Pohranychnyi, V. O., Buchko, V. V., & Senyk, M. A. (2010). Hnizdova ornitofauna baseinu Verkhnoho Dnistra. Lviv. URL: <https://raptors.org.ua/250> (in Ukrainian).
- Burlaka, V. A., Verbelchuk, T. V., & Melenivskiy, O. M. (2015). Barda u ratsionakh koropa. *Visnyk ZhNAEU*, 1(47), 251–258 (in Ukrainian).
- FAO (2022). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation*. Rome, FAO. DOI: 10.4060/cc0461en.
- Hărășan, R., & Petrescu-Mag, I. V. (2008). Endangered fish species of the world—a review. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation*, 1(2), 193–216. URL: https://www.researchgate.net/publication/41506152_Endangered_fish_species_of_the_world_-_a_review.
- Holovne upravlinnia statystyky u Lvivskii oblasti. URL: <https://www.lv.ukrstat.gov.ua> (in Ukrainian).
- Hradovych, N. I. (2019). *Dynamika vmistu plumbumu ta kadmiiu v shtuchnykh hidroekosystemakh ta orhanizmi Hypophthalmichthys molitrix Valenciennes i sposoby yoho korektsii [Tekst] : avtoref. dys. ... kand. s.-h. nauk: 03.00.16; Lviv. nats. ahrar. un-t. Lviv* (in Ukrainian).
- Hrynzhevskiy, M. V. (2000). *Intensyfikatsiia vyrobnytstva produktsii akvakultury u vnutrishnikh vodoimakh Ukrainy*. Kyiv (in Ukrainian).
- Jiang, Q., Bhattarai, N., Pahlow, M., & Xu, Z. (2022). Environmental sustainability and footprints of global aquaculture. *Resources, Conservation and Recycling*, 180, 106183. DOI: 10.1016/j.resconrec.2022.106183.
- Kassem, T., Shahrou, I., El Khattabi, J., & Raslan, A. (2021). Smart and sustainable aquaculture farms. *Sustainability*, 13(19), 10685. DOI: 10.3390/su131910685.
- Khilchevskiy, V., Grebin, V., Zabokrytska, M. et al. (2020). Hydrographic characteristic of ponds distribution in Ukraine – Basin and regional features. *Journal of Water and Land Development*, 46(VII–IX), 140–145. DOI: 10.24425/jwld.2020.134206.
- Korzhov, Ye. I. (2023). *Suchasnyi stan vodnykh bioresursiv ta akvakultury Ukrainy i Svit: materialy nauk.-prakt. konf. molodykh vchenykh z mizhnarodnoiu uchastiu; zb. nauk. prats. Kherson: KhDAEU* (in Ukrainian).
- Martseniuk, V. P., & Martseniuk, N. O. (2012). Bioenerhetychnyi potentsial rozvytku akvakultury v Ukraini. *Rybohospodarska nauka Ukrainy*, 1, 66–71 (in Ukrainian).
- Mavraganis, T., Constantina, C., Kolygas, M., Vidalis, K., & Nathanailides, C. (2020). Environmental issues of Aquaculture development. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 24(2), 441–450. URL: https://www.researchgate.net/publication/340967159_Environmental_issues_of_Aquaculture_development.
- Samofatova, V. A., & Pankiv, Yu. P. (2016). Osnovni tendentsii vyrobnytstva i spozhyvannia ryby ta rybnoi produktsii v Ukraini. *Ekonomika kharchovoi promyslovosti*, 8(2), 29–33. DOI: 10.15673/fe.v8i2.127 (in Ukrainian).
- Sicuro, B. (2021). World aquaculture diversity: origins and perspectives. *Reviews in Aquaculture*, 13(3), 1619–1634. DOI: 10.1111/raq.12537.
- Smyrniuk, N. I., Chernik, V. V., & Buriak, I. V. (2011). Suchasnyi stan spozhyvannia ryby v Ukraini. *Rybohospodarska nauka Ukrainy*, 4, 116–121 (in Ukrainian).
- Subasinghe, R., Soto, D., & Jia, J. (2009). Global aquaculture and its role in sustainable development. *Reviews in aquaculture*, 1(1), 2–9. DOI: 10.1111/j.1753-5131.2008.01002.x.
- Vdovenko, N. M. (2011). *Optymalne vykorystannia vodnykh ob'ektiv ta vyrobnytstvo ekolohichno chystoi produktsii akvakultury u sadkovykh gospodarstvakh*. Kyiv: Vitas LTD (in Ukrainian).
- Volterra, V. (1931). Variations and fluctuations of the number of individuals in animal species living together. In Chapman, R. N. (ed.). *Animal Ecology*. McGraw–Hill.
- Yaninovich, Y. Ye., Hrytsyniak, I. I., Siaryi, B. H., & Zabytivskiy, Yu. M. (2011). Mizhvydova trofichna konkurentsiiia ryb, yakykh vyroshchuiut u polikulturi. *Rybohospodarska nauka Ukrainy*, 1, 33–38 (in Ukrainian).