

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет тваринництва та водних біоресурсів

ПОГОДЖЕНО

Декан факультету тваринництва
та водних біоресурсів
_____ Руслан КОНОНЕНКО
« ____ » _____ 2026 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри
аквакультури
_____ Віталій БЕХ
« ____ » _____ 2026 р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Шляхи підвищення продуктивності підприємства з вирощування кларієвого сома»

Спеціальність 207 Водні біоресурси та аквакультура

Освітня програма Водні біоресурси та аквакультура

Гарант освітньої програми

к.с.-г.н., доцент _____

Меланія ХИЖНЯК

**Керівник бакалаврської
кваліфікаційної роботи**

к. б. наук, ст. викладач _____

Михайло ЛЕУСЬКИЙ

Виконав _____

Святослав КОЛЬЦОВ

КИЇВ – 2026

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет тваринництва та водних біоресурсів

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
аквакультури
д. с.-г. н., професор
_____ Віталій БЕХ
« _____ » _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ
до виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи студенту

КОЛЬЦОВУ СВЯТОСЛАВУ ВАЛЕРІЙОВИЧУ

Спеціальність 207 Водні біоресурси та аквакультура

Освітня програма Водні біоресурси та аквакультура

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи: «Шляхи підвищення продуктивності підприємства з вирощування кларієвого сома»

затверджена наказом ректора НУБіП України від 31.10.2025. №2627 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру: 2026.05.10.

Вихідні дані до бакалаврської роботи: Дослідження базувалося на використанні наукових джерел, статистичних даних та матеріалів виробничої практики.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Аналіз сучасного стану вирощування кларієвого сома;
2. Дослідити технологічні параметри вирощування досліджуваного об'єкту;
3. Вивчити годівлю, інноваційні технології та автоматизацію в підприємства;
4. Визначити ефективність вирощування кларієвого сома.

Дата видачі завдання _____ 15.11.2025 р. _____

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи _____ Михайло ЛЕУСЬКИЙ

Завдання прийняв до виконання _____ Святослав КОЛЬЦОВ

РЕФЕРАТ

Кольцов С. В. «Шляхи підвищення продуктивності підприємства з вирощування кларієвого сома». Робота викладена на 63 сторінках машинописного тексту, містить 15 рисунків і 6 таблиць. Список використаних джерел нараховує 65 позицій, включаючи інтернет-ресурси.

Мета роботи: обґрунтування ефективних заходів щодо підвищення продуктивності підприємств аквакультури шляхом удосконалення технологій вирощування кларієвого сома.

Об'єкт дослідження: процеси вирощування кларієвого сома в умовах інтенсивної аквакультури.

Предметом дослідження виступають методи підвищення продуктивності рибницьких підприємств.

Методи: в роботі застосовано аналітичний, порівняльний, методи, а також метод системного аналізу та узагальнення.

Дослідження присвячені шляхам підвищення продуктивності підприємств з вирощування *Clarias gariepinus* в умовах сучасної аквакультури. Проаналізовано біологічні особливості виду, сучасні технології його вирощування, а також основні фактори, що впливають на ефективність виробництва рибної продукції.

Практичне значення роботи полягало у можливості використання отриманих результатів для удосконалення технологій вирощування кларієвого сома на підприємствах аквакультури.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: КЛАРІЄВИЙ СОМ, АКВАКУЛЬТУРА, ПРОДУКТИВНІСТЬ, УЗВ, ГОДІВЛЯ, ІНТЕНСИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. БІОЛОГІЧНІ, ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ ВИРОЩУВАННЯ КЛАРІЄВОГО СОМА (<i>CLARIAS GARIEPINUS</i>) (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ).....	6
1.1. Біологічна характеристика виду.....	6
1.2. Харчова та біологічна цінність м'яса даного виду.....	9
1.3. Місце виду в сучасній аквакультури.....	12
1.4. Основні технології вирощування.....	15
1.5. Основні захворювання.....	19
1.6. Висновки з огляду літератури.....	22
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	23
2.1. Загальна характеристика методики та методів дослідження.....	23
2.2. Оптимальні умови вирощування кларієвого сома.....	24
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	27
3.1. Вплив селекції та гібридизації на продуктивність.....	27
3.2. Оптимізація годівлі	30
3.3. Впровадження системи аквапоніки	34
3.4. Використання технології «Біофлок».....	38
3.5. Підвищення енергоефективності виробництва.....	42
3.6. Використання штучного інтелекту та автоматизації в УЗВ.....	45
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНЕ ОБґРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ.....	49
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ.....	53
ВИСНОВКИ.....	55
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	56

ВСТУП

Риба та рибна продукція відіграють важливу роль у забезпеченні населення світу повноцінним білком тваринного походження. За сучасними оцінками, на рибу припадає близько 17 % загального світового споживання тваринних білків [12], а у 2020 році світовий обсяг її виробництва досяг приблизно 178 мільйонів тон [7], що свідчить про зростання ролі рибної галузі у глобальній продовольчій системі. Водночас природні запаси риби зазнають значного антропогенного тиску, внаслідок чого обсяги вилову вже не здатні повною мірою задовольнити зростаючий попит. У зв'язку з цим аквакультура набуває дедалі більшого значення як ефективний інструмент забезпечення продовольчої безпеки та зниження навантаження на природні екосистеми, сприяючи стабілізації постачання рибної продукції.

Особливе місце серед об'єктів аквакультури займає кларієвий сом, який характеризується високими темпами росту, невибагливістю до умов утримання, здатністю переносити високу щільність посадки та ефективно використовувати корми. Ці біологічні особливості роблять його перспективним видом для інтенсивного вирощування, зокрема в умовах обмежених земельних та водних ресурсів. Саме тому розведення кларієвого сома активно розвивається як у світі, так і в Україні, виступаючи важливим напрямом підвищення ефективності рибницьких підприємств.

В умовах обмеженості ресурсів та зростання виробничих витрат особливої актуальності набуває питання підвищення продуктивності підприємств аквакультури. Одним із ключових напрямів інтенсифікації виробництва є оптимізація технологічних параметрів, зокрема збільшення щільності зариблення, удосконалення систем годівлі, впровадження сучасних технологій водообміну та контролю якості води. Інтенсифікація виробництва дозволяє значно підвищити вихід продукції з одиниці площі або об'єму, що є особливо важливим в умовах обмеженого доступу до земельних ресурсів.

Для досягнення поставленої мети було визначено такі завдання: проаналізувати сучасний стан вирощування кларієвого сома, дослідити технологічні параметри вирощування, оцінити вплив годівлі, селекції, інноваційних технологій та автоматизації в підприємстві, визначити ефективність вирощування кларієвого сома.

РОЗДІЛ 1. БІОЛОГІЧНІ, ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ ВИРОЩУВАННЯ КЛАРІЄВОГО СОМА (*CLARIAS GARIEPINUS*)

(ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

1.1. Біологічна характеристика виду

Кларієвий сом (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822) належить до типу *Chordata*, класу *Actinopterygii*, ряду *Siluriformes*, родини *Clariidae* та роду *Clarias*. У літературі цей вид також відомий під назвами африканський сом, мармуровий сом та нільський кларіас [64].

Даний вид (рис. 1.1.1) має видовжене та циліндричне тіло вугроподібної форми без луски. Шкіра рясно вкрита слизовими залозами, які виділяють значну кількість слизу, що виконує захисні функції, зокрема запобігає пересиханню шкіри під час перебування риби поза водою. Цей слиз має антибактеріальні властивості, що сприяють загоєнню пошкоджень тканин. Для цього виду характерна висока здатність до регенерації: пошкоджені плавці, вуса та інші тканини можуть відновлюватися протягом відносно короткого часу [37].

Голова риби сплюснена дорсовентрально, має кісткову структуру та широкий контур. Очі відносно невеликі. На голові розташовані чотири пари вусиків: одна пара назальних, одна максиллярна та дві мандибулярні. Максиллярні вуса є найдовшими і найбільш рухливими. Вуса мають велику кількість смакових рецепторів, що допомагають знаходити даному виду їжу та орієнтуватися у водному середовищі загалом.

Спинний плавець має приблизно 61–80 м'яких променів і тягнеться майже до хвостового плавця, тоді як анальний плавець складається з 50–65 променів. Грудні плавці добре розвинені. Зуби дрібні, зернисті, розташовані рядами на щелепах і сошнику.

Внутрішні органи кларієвого сома здебільшого розташовані у передній частині тіла та захищені кістками черепної коробки. Травна система починається ротовою порожниною, далі корм проходить через короткий стравохід до видовженого шлунка, після чого потрапляє до кишечника, який закінчується

анальним отвором. У кишечнику наявна велика кількість пілоричних придатків, які сприяють ефективному засвоєнню поживних речовин і забезпечують високі темпи росту риби.



Рис. 1.1.1. Зовнішній вигляд *Clarias gariepinus*

Кровоносна система представлена двокамерним серцем і одним колом кровообігу. Шкіра кларієвого сома добре васкуляризована і містить густу мережу кровоносних капілярів, що бере участь у газообміні.

Основною характерною рисою даного виду є наявність надзябрового органа (кларію). Цей парний орган розташований у надзябровій порожнині та складається з сильно розгалужених структур, вкритих густою мережею кровоносних судин. Завдяки цьому органу сом здатний використовувати атмосферне повітря для дихання. Ця адаптація дозволяє йому виживати в умовах низького вмісту розчиненого кисню у воді [37, 51].

Природний ареал поширення (рис. 1.1.2) *Clarias gariepinus* охоплює більшу частину Африканського континенту, за винятком північних регіонів Магрибу та окремих прибережних територій. Вид також природно зустрічається на Близькому Сході, зокрема у водах Ізраїлю, Йорданії, Лівану та навіть Туреччини. Унаслідок інтродукції він був поширений у багатьох країнах Європи, Азії та Південної Америки [6, 16].

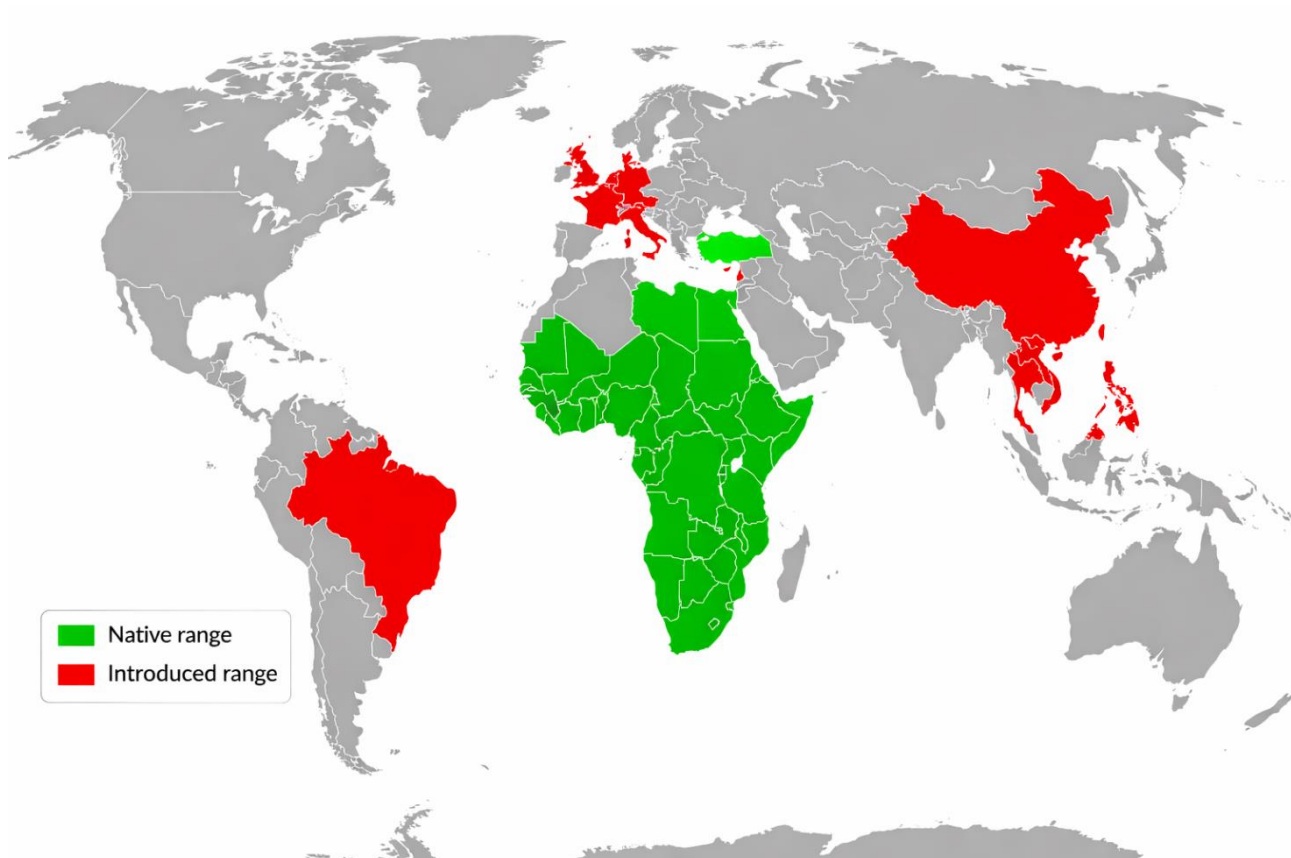


Рис. 1.1.2. Загальний ареал поширення виду

Даний вид сома, завдяки своїм біологічним особливостям, типовий мешканець сезонних висихаючих водойм. Він мешкає в озерах, річках, струмках, болотах і заплавах водойм. Найчастіше він зустрічається у повільнотекучих водах і заплавах річок [25].

За типом живлення *Clarias gariepinus* є еврифагом з яскраво вираженою хижацькою поведінкою. Його раціон включає водних безхребетних, комах, ракоподібних, молюсків, дрібну рибу, рослинні рештки, насіння та інші органічні матеріали. Великі особини здатні полювати на дрібних хребетних, включаючи птахів і дрібних ссавців. Основна харчова активність припадає на нічний час. Пошук їжі та орієнтація в просторі здійснюється переважно за допомогою вусиків [6].

Розмноження цього виду зазвичай пов'язане із сезонними підйомами рівня води під час дощового періоду. У цей час дорослі особини мігрують з місць свого

постійного перебування до затоплених прибережних ділянок, де відбувається сам процес нересту. Самці конкурують за самок, після чого формуються пари для нересту. Самка відкладає клейку ікру на прибережну рослинність. За сприятливих умов, на 1 кг маси тіла одна самка може відкласти приблизно до 60 тис. ікринок. Залежно від температури води інкубаційний період триває від 20 до 60 годин.

На початку свого життя личинки живляться за рахунок жовткового мішка, що розсмоктується протягом 3–4 діб. Після цього вони переходять до екзогенного живлення, основою якого є дрібний зоопланктон. За сприятливих температурних умов (>24 °C) молодь швидко росте і протягом першого місяця може досягати маси 3–7 г [16].

Кларієвий сом характеризується високими темпами росту, особливо за температури води 25–33 °C, причому оптимальний ріст спостерігається приблизно при 30 °C. Вид здатний переносити широкий діапазон температур (8–35 °C), солоності (до 10 ‰) і значні коливання рН. Максимальні розміри риби досягаються протягом кількох років, при цьому самці зазвичай виростають більшими за самок. Це пояснюється тим, що при досягненні самками трьохрічного віку, їх організм перелаштовується з активного росту на активну генерацію статевих продуктів. Тривалість життя *Clarias gariepinus* може перевищувати 8 років [16, 37].

1.2. Харчова та біологічна цінність м'яса даного виду

М'ясо африканського кларієвого сома (рис. 1.2.1) (*Clarias gariepinus*) є гіпоалергенним, характеризується високими харчовими та дієтичними властивостями. Воно має білий колір, щільну та ніжну консистенцію, приємний смак і практично не містить дрібних міжм'язових кісток, що робить його зручним для кулінарної обробки та споживання. Даний продукт не має вираженого «рибного» запаху, тому в даній характеристиці схожий на м'ясо

сьомги та вугра. Завдяки цим якостям цей вид риби широко використовується у харчовій промисловості та домашній кулінарії [43].



Рис. 1.2.1. Зовнішній вигляд філе африканського сома

Хімічний склад м'яса кларієвого сома (табл. 1.2.1) характеризується значним вмістом повноцінного білка, помірною кількістю жиру та відносно низькою калорійністю. У 100 г філе міститься приблизно 17–20 г білка, близько 4–6 г жиру та незначна кількість вуглеводів. Енергетична цінність продукту становить у середньому 120–140 ккал на 100 г, що дозволяє віднести його до дієтичних продуктів харчування.

Білок м'яса кларієвого сома характеризується високою біологічною цінністю, оскільки містить усі незамінні амінокислоти, необхідні для нормального функціонування організму людини. Зокрема, у його складі присутні лізин, метіонін, лейцин, ізолейцин та інші амінокислоти, котрі відіграють важливу роль у процесах росту, відновлення тканин та обміну речовин. Засвоюваність рибного білка є високою і може досягати 90–95 % [32].

Жирова фракція містить поліненасичені жирні кислоти омега-3, що мають досить важливе значення для організму людини. Вони сприяють нормалізації ліпідного обміну, зниженню рівня холестерину в крові, покращенню

функціонування серцево-судинної системи та підтримці нормальної діяльності нервової системи [48].

Таблиця 1.2.1

**Порівняльна характеристика м'яса кларієвого сома та інших
прісноводних видів риби [43]**

Масова частка, у % від загального хімічного складу	Вид риби		
	Кларієвий сом	Білий амур	Товстолобик
Вологи	75,20±0,30	77,50±1,90	75,6±1,55
Білка	16,80±0,35	17,10±0,30	18,70±0,99
Жиру	6,50±0,21	4,50±0,89	4,83±0,78
Золи	1,50±0,20	1,50±0,01	1,20±0,03
Енергетична цінність, кКал/100 г	125,70±10,21	108,90±8,32	118,27±11,53

Крім того, м'ясо цього виду риби є джерелом важливих вітамінів і мінеральних речовин. У його складі містяться вітаміни групи В (зокрема В₁₂), які беруть участь у процесах кровотворення та функціонуванні нервової системи, а також вітамін D, що сприяє засвоєнню кальцію та фосфору. Серед мінеральних елементів найбільше значення мають фосфор, магній та селен, які відіграють важливу роль у підтриманні здоров'я кісткової тканини, регуляції м'язової діяльності та антиоксидантному захисті організму [32].

Даний вид зазвичай вирощується в умовах контрольованої аквакультури, що дозволяє регулювати якість кормів та умов утримання риби. У результаті продукція характеризується стабільними показниками якості та безпечності, а рівень накопичення небажаних речовин зазвичай нижчий порівняно з рибою, виловленою у природних водоймах.

Завдяки поєднанню високої поживної цінності, добрих смакових властивостей та відносно низької калорійності м'ясо *Clarias gariepinus*

розглядається як перспективний продукт харчування та широко використовується у раціоні людей різних вікових груп.

1.3. Місце виду в сучасній аквакультурі

Африканський кларієвий сом (*Clarias gariepinus*) є одним із найважливіших об'єктів сучасної прісноводної аквакультури. Завдяки високим темпам росту, здатності переносити низькі концентрації розчиненого кисню, невибагливості до умов утримання та високій щільності посадки цей вид набув широкого поширення у багатьох країнах світу.

У сучасній аквакультурі африканського кларієвого сома вирощують у різних системах, зокрема в земляних ставках, бетонних та склопластикових басейнах, садках, а також у рециркуляційних аквакультурних системах (RAS). Завдяки здатності використовувати атмосферне повітря для дихання цей вид добре пристосований до інтенсивних умов вирощування і може утримуватися при високих щільностях посадки [48].

Активний розвиток культивування кларієвого сома в Європі розпочався у 1970-х роках. Першими країнами, де було розроблено технології його інтенсивного вирощування, стали Нідерланди, Угорщина та Бельгія. У подальшому дослідження технологій культивування проводилися також у Південно-Африканській Республіці та Нігерії. Розвиток технологій виробництва екструдованих комбікормів сприяв значному підвищенню ефективності вирощування цього виду та розширенню умов його культивування.

Найбільші обсяги виробництва *Clarias gariepinus* припадають на країни Африки. За даними FAO FishStat [15], понад 90 % світового виробництва цього виду забезпечують країни Африки (рис. 1.3.1) на південь від Сахари, серед яких провідне місце займає Нігерія. Крім того, значні обсяги вирощування спостерігаються в Уганді, Кенії, Камеруні, Малі, ПАР та Єгипті. У країнах Європи (табл. 1.3.1) лідерами виробництва є Нідерланди, Угорщина та Польща, де вирощування здійснюється переважно в інтенсивних системах аквакультури.

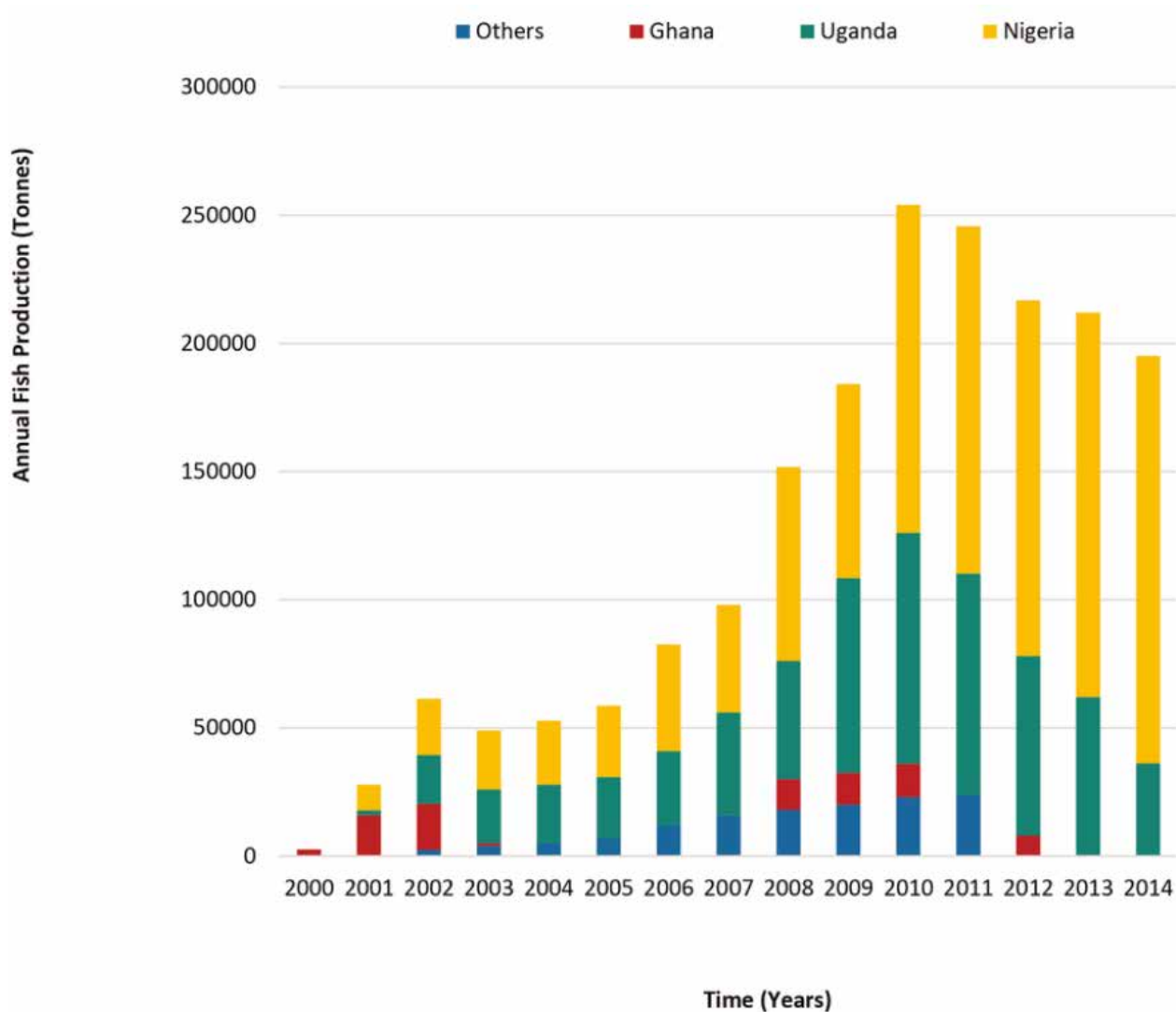


Рис. 1.3.1. Річне виробництво *Clarias gariepinus*, вирощеного в аквакультурі африканських країн з 2000 по 2014 рік.

Таблиця 1.3.1

Виробництво кларієвого сома в деяких країнах ЄС [18]

Країна	Виробництво у 2023 р., т
Польща	6100
Угорщина	5100
Нідерланди	900
Хорватія	90
Чехія	86

Світове виробництво африканського кларієвого сома демонструє стійку тенденцію до зростання (табл. 1.3.2). Якщо у середині 1990-х років обсяги виробництва становили близько 5 тис. тонн, то вже у 2010 році вони перевищили 350 тис. тонн, а у 2016 році досягли майже 1 млн тонн. Така динаміка свідчить про високу економічну ефективність культивування цього виду та зростаючий попит на його продукцію на світовому ринку.

Таблиця 1.3.2

Світове виробництво кларієвого сома по роках [16]

Рік	Світове виробництво, т
2010	180000
2012	200000
2015	220000
2018	231090
2020	235000
2022	240000

Важливим напрямом розвитку аквакультури кларієвого сома є використання гібридів гетерокларіасів (*Heteroclarias*), отриманих шляхом схрещування самок *Heterobranchus longifilis* із самцями *Clarias gariepinus*. Такі гібриди характеризуються швидшими темпами росту та високою продуктивністю, що робить їх привабливими для інтенсивного рибництва [16].

В Україні культивування африканського кларієвого сома розпочалося на початку 2000-х років. Проте обсяги виробництва тривалий час залишалися незначними і не перевищували 20 тонн на рік. У сучасних умовах вирощування цього виду в Україні здійснюється переважно у невеликих рециркуляційних аквакультурних системах. Останніми роками спостерігається поступове зростання кількості сучасних господарств, орієнтованих на інтенсивне виробництво рибної продукції. Багато з них мають власну інфраструктуру для

переробки та реалізації продукції, що сприяє підвищенню економічної ефективності виробництва [48].

1.4. Основні технології вирощування

У сучасній аквакультурі застосовують кілька основних технологій вирощування кларієвого сома (*Clarias gariepinus*), вибір яких залежить від природно-кліматичних умов, економічних можливостей господарства, рівня технічного забезпечення та запланованих обсягів виробництва. Найбільш поширеними є ставовий метод, вирощування в садках і басейнах, а також культивування риби в установках замкнутого водопостачання (УЗВ). Кожна з цих технологій має свої особливості, переваги та недоліки.

Вирощування в басейнах та садках. Дані методи широко застосовуються в країнах Африки та Азії, де кліматичні умови дозволяють утримувати рибу у відкритих водоймах протягом більшої частини року.

Бетонні басейни (рис. 1.4.1) зазвичай розміщують поблизу населених пунктів, що забезпечує доступ до необхідної інфраструктури, кормів, посадкового матеріалу та ринків збуту. У таких системах щільність посадки може досягати приблизно 400 мальків масою 5 - 15 г на 1 м³ води. Тривалість циклу вирощування становить близько шести місяців, протягом яких рибу відгодовують кормами, виготовленими на основі відходів м'ясної та рослинної продукції. Продуктивність подібних систем може досягати 200 - 400 кг риби на 1 м³ води.

Садкове вирощування кларієвого сома використовується значно рідше. Це пов'язано з необхідністю наявності великих водних ресурсів та економічною доцільністю будівництва інших типів рибницьких споруд.

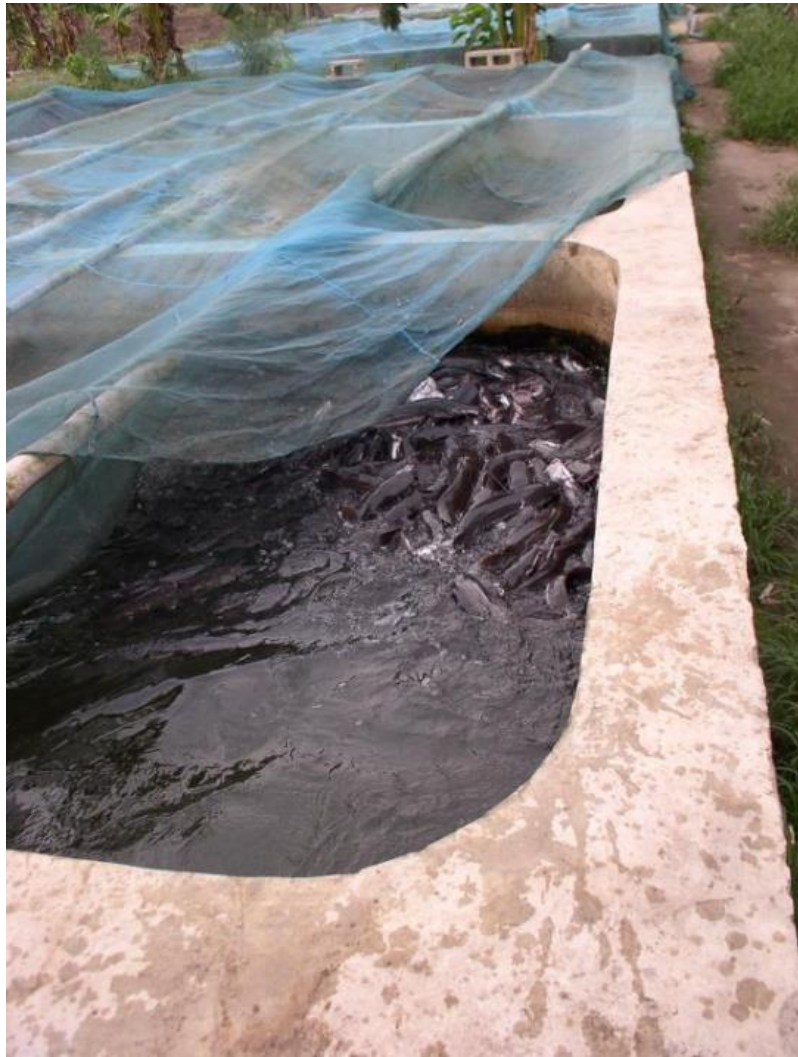


Рис. 1.4.1. Серія бетонних басейнів у Нігерії

У деяких країнах проводилися експериментальні дослідження з використанням садкових ліній, у яких рибу вирощували при щільності близько 100 екз/м³ із використанням комбінованих кормів. Результати таких досліджень показали, що за сприятливих температурних умов вирощування кларієвого сома в садках може бути ефективним у літньо-осінній період.

Ставове вирощування. Ставове вирощування кларієвого сома є одним із традиційних способів культивування цього виду, особливо поширеним у країнах Африки та Південно-Східної Азії. Для цього використовують земляні стави (рис. 1.4.2) площею до 1 га та глибиною приблизно 1-1,5 м. У більшості випадків кларієвого сома утримують у полікультурі з іншими видами риб, найчастіше з тилapiaєю, де він виконує роль регулятора чисельності популяції дрібної риби.



Рис. 1.4.2. Земляні стави в Уганді

Продуктивність ставових господарств при такій системі вирощування становить у середньому 5-15 ц/га. Основу живлення молоді на ранніх стадіях розвитку становлять водні безхребетні організми, зокрема личинки хірономід і зоопланктон. Для формування достатньої кормової бази у ставах створюють ділянки з розвиненою водною рослинністю, яка сприяє розвитку природного корму для риби.

У процесі вирощування використовують як природні корми, так і штучні комбікорми. На стадії малька рибу підгодовують пастоподібними кормами або комбікормами з додаванням білкових компонентів, а дорослі особини отримують гранульовані комбікорми. Добова норма корму зазвичай становить 3–5 % від загальної маси риби і розподіляється на кілька годівель протягом доби. Регулярність годівлі має велике значення, оскільки її порушення може призвести до проявів канібалізму серед риб.

У регіонах з помірним кліматом застосування цього методу обмежується теплим періодом року, оскільки кларієвий сом є теплолюбним видом.

Оптимальна температура води для його росту становить близько 25 °С, тоді як зниження температури нижче 15 °С може призвести до загибелі. У зв'язку з цим у країнах із прохолодним кліматом для розведення цього виду використовують більш інтенсивні технології.

Вирощування в установках замкнутого постачання. Вирощування кларієвого сома в УЗВ (рис. 1.4.3) є найбільш інтенсивною і технологічно досконалою системою. Ця технологія передбачає багаторазове використання води після її механічної, біологічної та хімічної очистки. Завдяки цьому створюються контрольовані умови середовища, що забезпечують оптимальні параметри для росту риби незалежно від кліматичних факторів.



Рис. 1.4.3. УЗВ система з вирощування кларієвого сома в Україні

Використання УЗВ дозволяє підтримувати стабільну температуру води, оптимальний газовий та гідрохімічний режим, а також контролювати щільність

посадки та процес годівлі. За таких умов можна досягти дуже високих показників продуктивності. У сучасних системах рибопродуктивність може становити 400–600 кг риби на 1 м³ води на рік, а в окремих випадках – до 700–800 кг/м³.

Основними перевагами УЗВ є незалежність виробництва від природних умов, можливість цілорічного вирощування риби, економне використання водних ресурсів та висока ефективність виробництва. Крім того, такі системи дозволяють автоматизувати більшість виробничих процесів, включаючи подачу корму, контроль якості води та сортування риби. Разом із тим використання УЗВ потребує значних капіталовкладень у будівництво та обладнання. Незважаючи на це, у багатьох країнах Європи саме ця технологія є основною для вирощування кларієвого сома, оскільки вона дозволяє отримувати стабільні обсяги високоякісної продукції незалежно від кліматичних умов [16, 49].

1.5. Основні захворювання

Кларієвий сом, що традиційно вирощується в установках замкнутого водопостачання, має значну стійкість до несприятливих факторів середовища та захворювань різної природи. Він може уражуватися різними інфекційними, паразитарними та грибковими захворюваннями (табл. 1.5.1). Найчастіше розвиток всіх хвороб пов'язаний із порушенням технології вирощування, погіршенням якості води, надмірною щільністю посадки або стресовими факторами. У таких умовах знижується резистентність риби, що сприяє розвитку патогенних мікроорганізмів [50].

У практиці інтенсивної аквакультури зараження сома паразитами майже повністю виключається, тому найбільш поширеними є бактеріальні інфекції, зокрема аеромонози, грибкові ураження, викликані грибами роду *Saprolegnia*, а також аліментарні хвороби, спричинені недотриманням умов вирощування та незбалансованими чи зіпсованими кормами. У риб можуть спостерігатися порушення обміну речовин або дефіцитні стани, які проявляються у вигляді деформацій скелета чи функціональних розладів окремих органів [48].

Таблиця 1.5.1

Основні хвороби африканського сома [48]

Хвороба	Основні симптоми	Заходи
Деформація голови	Деформація скелета, відмова від корму, млявість, набряк тканин голови.	Додавання вітаміну С до корму.
Синдром ушкодження кишечника	Млявість, здуття живота, почервоніння анального отвору.	Збалансований, добре засвоюваний корм.
Виразкова хвороба	Червоні або білі виразки на шкірі, щелепах і плавниках.	Контроль якості води.
Хвороба білих крапок (<i>Mухobacteria</i>)	Мляве плавання біля поверхні, білі плями біля рота і зябер.	Профілактика антибіотиками у кормі.
Септицемія <i>Aeromonas hydrophila</i>	Лущення і почервоніння плавників, виразки.	Антибіотики у кормі.
Септицемія рухливими аеромонадами	Здуття живота, глибокі виразки, крововиливи.	Уникнення стресу, триметоприм у кормі.
Сапролегніоз (<i>Saprolegnia</i>)	Сірі або білі ватоподібні нарости на шкірі і зябрах.	Ванни з малахітовим зеленим або сольові.
Найпростіші паразити (<i>Costia, Chilodonella, Trichodina</i>)	Вертикальне положення біля поверхні, слиз на шкірі, нервові рухи.	Формалінові або антипаразитарні ванни.
<i>Hennequya</i>	Білі плями на шкірі та зябрах.	Профілактика антибіотиками у кормі.

Наведені дані в таблиці 1.5.1 свідчать, що більшість захворювань африканського кларієвого сома мають бактеріальну або паразитарну природу. Значну частку серед них становлять бактеріальні інфекції, викликані представниками роду *Aeromonas*, що можуть спричиняти септицемію, виразкові ураження шкіри та загальне пригнічення організму риби. Подібні захворювання

зазвичай розвиваються за погіршення санітарного стану водного середовища або в умовах підвищеної щільності посадки.

Важливе місце серед хвороб займають грибкові ураження, зокрема сапролегніоз, який проявляється у вигляді характерних ватоподібних наростів на шкірі та зябрах риби. Такі інфекції найчастіше виникають унаслідок механічних пошкоджень шкірного покриву або ослаблення організму риби під впливом стресових факторів. Крім того, у практиці рибництва досить поширені паразитарні інвазії, спричинені найпростішими організмами, які викликають подразнення шкіри, надмірне виділення слизу та порушення дихання.

Водночас слід зазначити, що африканський кларієвий сом загалом характеризується відносно високою стійкістю до захворювань порівняно з багатьма іншими видами культивованих риб. Його фізіологічні особливості, зокрема здатність дихати атмосферним повітрям та витримувати низький вміст кисню у воді, знижують ризик розвитку патологічних станів, пов'язаних із гіпоксією. Проте порушення технології вирощування або погіршення якості води можуть суттєво підвищувати ймовірність виникнення інфекційних процесів.

1.6. Висновки з огляду літератури

У результаті аналізу наукової та спеціальної літератури встановлено, що африканський кларієвий сом (*Clarias gariepinus*) є одним із найбільш перспективних об'єктів сучасної аквакультури. Вид характеризується високими темпами росту, здатністю переносити низький вміст розчиненого кисню у воді, невибагливістю до умов утримання та високою щільністю посадки, що робить його придатним для інтенсивних технологій вирощування.

М'ясо кларієвого сома відзначається високою харчовою та біологічною цінністю, містить значну кількість повноцінного білка, поліненасичені жирні кислоти, а також важливі вітаміни та мінеральні елементи. Завдяки цьому продукція з даного виду риби користується стабільним попитом на світовому ринку.

Світове виробництво *Clarias gariepinus* демонструє стійку тенденцію до зростання. Основні обсяги вирощування припадають на країни Африки, зокрема Нігерію, Уганду та Кенію, тоді як у країнах Європи культивування цього виду здійснюється переважно в інтенсивних системах аквакультури.

У практиці рибництва застосовуються різні технології вирощування кларієвого сома, зокрема ставове вирощування, утримання у басейнах та садках, а також вирощування в установках замкнутого водопостачання. Найбільш ефективною з точки зору продуктивності та контролю умов середовища є технологія вирощування в установках замкнутого водопостачання.

Водночас ефективність вирощування значною мірою залежить від дотримання технологічних параметрів утримання риби, якості водного середовища, умов годівлі та профілактики захворювань. Порушення цих факторів може призводити до розвитку бактеріальних, грибкових і паразитарних хвороб, що негативно впливає на продуктивність господарства.

РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Загальна характеристика методики та методів дослідження

У даній кваліфікаційній роботі дослідження спрямовані на обґрунтування ефективних шляхів підвищення продуктивності підприємств з вирощування кларієвого сома (*Clarias gariepinus*) в умовах інтенсивної аквакультури. Робота має аналітичний характер і базується на узагальненні сучасних наукових даних, а також аналізі існуючих технологічних рішень у галузі рибництва.

Об'єктом дослідження виступають технологічні процеси вирощування кларієвого сома в різних системах аквакультури. Предметом дослідження є підвищення продуктивності рибницьких підприємств за рахунок оптимізації умов утримання, удосконалення годівлі, застосування інноваційних технологій та автоматизації виробничих процесів.

У процесі виконання роботи використано комплекс загальнонаукових і спеціальних методів дослідження. Основним методом був аналітичний, який передбачав систематизацію, критичний аналіз і узагальнення наукових публікацій, присвячених біології виду, технологіям його вирощування та сучасним підходам до інтенсифікації аквакультури. Це дозволило визначити основні фактори, що впливають на продуктивність, а також встановити закономірності росту і розвитку риби в різних умовах.

Порівняльний метод застосовувався для оцінки ефективності різних технологій вирощування кларієвого сома. Порівняння здійснювалося за такими показниками, як щільність посадки, темпи росту, рибопродуктивність, коефіцієнт конверсії корму та рівень витрат ресурсів. Це дало змогу визначити переваги інтенсивних систем, зокрема установок замкнутого водопостачання, у порівнянні з традиційними методами вирощування.

Метод системного аналізу дав змогу розглядати рибницьке підприємство як цілісну систему, що включає біологічні, технологічні, економічні та екологічні компоненти. Такий підхід дозволив оцінити взаємозв'язки між

окремими елементами виробництва, зокрема вплив якості води, режимів годівлі та щільності посадки на загальну продуктивність.

Крім того, у роботі застосовано метод узагальнення та моделювання, що використовувався для формування практичних рекомендацій щодо впровадження сучасних технологій, таких як біофлок, аквапоніка та автоматизовані системи управління. Це дозволило обґрунтувати доцільність їх використання у виробничих умовах.

2.2. Оптимальні умови вирощування кларієвого сома

Ефективність вирощування кларієвого сома значною мірою визначається умовами середовища, у яких здійснюється його культивування. До основних факторів, що впливають на ріст, розвиток і виживання риби, належать температура води, вміст розчиненого кисню, кислотно-лужний баланс, щільність посадки, а також якість і режим годівлі (табл. 2.2.1).

Одним із найважливіших чинників є температура води, оскільки кларієвий сом є теплолюбним видом. Оптимальний діапазон температур для його росту становить 25–30 °С, при цьому найінтенсивніший приріст маси спостерігається близько 28–30 °С. Зниження температури нижче 20 °С призводить до уповільнення обміну речовин і зменшення споживання корму, а при температурі нижче 15 °С можливе пригнічення життєвих функцій і підвищення смертності.

Вміст розчиненого кисню також відіграє важливу роль у забезпеченні нормальної життєдіяльності риби. Хоча кларієвий сом здатний використовувати атмосферне повітря завдяки наявності надзаябрового органа, оптимальний рівень розчиненого кисню у воді повинен становити не менше 3–5 мг/л. Недостатній вміст кисню може призводити до стресу, зниження темпів росту та погіршення конверсії корму.

Важливим показником якості водного середовища є рівень рН, оптимальні значення якого для вирощування кларієвого сома знаходяться в межах 6,5–8,5. Відхилення від цих значень може негативно впливати на фізіологічний стан риби, знижувати її імунітет та сприяти розвитку захворювань.

Щільність посадки є одним із ключових факторів інтенсифікації виробництва. У традиційних ставових умовах вона є відносно низькою, тоді як у басейнових системах та установках замкнутого водопостачання може досягати дуже високих значень. В інтенсивних системах щільність посадки може перевищувати 200–400 кг/м³, що дозволяє значно підвищити рибопродуктивність, однак потребує суворого контролю якості води та умов утримання.

Таблиця 2.2.1

Вимоги до якості води при вирощуванні риб у УЗВ [27]

Показник	Одиниці виміру	Допустимий діапазон	Критичний рівень
Завислі речовини	мг/дм ³	25	>100 (300)
БСК5	мг/дм ³	5–20	>20
ХСК	мг/дм ³	25–100	>100
pH	-	6,5–7,5	<6,2 та >8,0
Амоній (NH ₄ ⁺)	мг/дм ³	0–2,5 (залежно від pH)	>2,5
Аміак (NH ₃)	мг/дм ³	<0,01 (залежно від pH)	>0,025
Нітрит (NO ₂ ⁻)	мг/дм ³	0–0,5	>0,5 (2)
Нітрат (NO ₃ ⁻)	мг/дм ³	100–200 (90)	>300 (90)
Фосфор (PO ₄ ³⁻)	мг/дм ³	1–20	

Раціональна годівля є необхідною умовою ефективного вирощування. Кларієвий сом характеризується високою інтенсивністю росту та здатністю ефективно використовувати комбікорми. Оптимальний рівень годівлі зазвичай становить 3–5 % від маси тіла риби на добу, залежно від її віку, температури води

та фізіологічного стану. Використання високоякісних екструдованих кормів із збалансованим вмістом білків, жирів і вуглеводів сприяє покращенню коефіцієнта конверсії корму, який у сучасних умовах може становити 1,0–1,5.

Суттєвий вплив на продуктивність має також якість води, зокрема вміст аміаку, нітритів і нітратів. Підвищення концентрації токсичних сполук азоту може негативно впливати на ріст і виживання риби, тому в інтенсивних системах необхідно забезпечувати ефективну біофільтрацію та регулярний контроль гідрохімічних показників.

У сучасних умовах значна увага приділяється використанню інноваційних технологій, які дозволяють підтримувати оптимальні параметри середовища. До таких технологій належать установки замкнутого водопостачання, системи біофлоку та аквапоніки, що забезпечують стабільність умов вирощування, зменшення витрат води та підвищення ефективності виробництва.

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Вплив селекції та гібридизації на продуктивність

У сучасних умовах в Україні спостерігається поступове зниження продуктивності вирощування кларієвого сома, що значною мірою пов'язано з погіршенням генетичної якості рибопосадкового матеріалу. Основною причиною цього є тривале використання обмеженої кількості маточного стада без належного селекційного контролю, що призводить до інбридингу, зниження життєздатності потомства та погіршення його продуктивних характеристик. У виробничих умовах це проявляється у зниженні темпів росту, підвищенні витрат кормів і збільшенні тривалості вирощування.

Ефективність вирощування кларієвого сома безпосередньо залежить від якості посадкового матеріалу, яка формується під впливом селекційної роботи та технології отримання молоді. У сучасній аквакультури селекція є одним із ключових інструментів підвищення продуктивності, оскільки дозволяє цілеспрямовано покращувати господарсько цінні ознаки, зокрема швидкість росту, виживаність, ефективність використання корму та стійкість до стресових факторів.

Основними напрямками селекції кларієвого сома є відбір за швидкістю росту, життєздатністю, адаптаційною здатністю до умов інтенсивного вирощування. Важливе значення має також формування маточних стад із високопродуктивних особин із контролем генетичної різноманітності з метою запобігання інбридингу, який може призводити до зниження життєздатності потомства та погіршення його продуктивних показників [49].

Генетичне поліпшення можливе за наявності успадкованої мінливості ознак. Дослідження показують [26], що показники росту кларієвого сома мають генетичну обумовленість, що відкриває можливості для ефективного селекційного відбору. Зокрема, при відборі близько 5% найпродуктивніших особин у кожному поколінні було досягнуто понад 50% сумарного генетичного приросту за три покоління. При цьому внесок окремих поколінь становив

приблизно 20%, 11% і 20% відповідно. У виробничих умовах такі селекційні лінії демонструють значні переваги над локальними популяціями: темпи росту вищі на 10–40%, продуктивність – на 15–70%, коефіцієнт конверсії корму знижується до 0,6–1,0, а період вирощування скорочується на 45–60 днів. Крім того, відзначається підвищення виживаності (до 60–70%) та більш висока однорідність за розміром (до 80–90% на стадії малька).

Важливим напрямом підвищення продуктивності є також цілеспрямована гібридизація. Одним із найбільш поширених варіантів є отримання гібридів типу *heteroclarias* (рис. 3.1.1). *Heteroclarias* – це гібрид видів *Clarias gariepinus* та *Heterobranchus* (найчастіше це схрещування самки *Clarias gariepinus* та самця *Heterobranchus longifilis* або *H. bidorsalis*), який відзначається швидким ростом, досягаючи ваги до 3 кг всього за чотири місяці, що робить його ідеальним для швидкого вирощування в аквакультурі. Цей гібридний вид поєднує витривалість видів *Heterobranchus* із швидкими темпами росту видів *Clarias*. Головна мета такого схрещування полягає в отриманні ефекту гетерозису, завдяки якому потомство перевершує батьківські види за темпами росту, ефективністю засвоєння корму та загальною витривалістю [31].

Якість посадкового матеріалу оцінюється за комплексом показників, серед яких основними є рівень запліднення ікри, відсоток вилуплення личинок, виживаність на ранніх стадіях розвитку, рівномірність росту та відсутність морфологічних відхилень. Високоякісний посадковий матеріал характеризується високою фізіологічною стійкістю, що забезпечує його здатність ефективно адаптуватися до умов інтенсивного вирощування.

Одним із ключових показників, що відображає якість посадкового матеріалу, є його реакція на щільність посадки. Підвищення щільності є значним стресовим фактором, який супроводжується зростанням конкуренції за корм і кисень, накопиченням продуктів метаболізму та погіршенням умов середовища. У таких умовах спостерігається зниження темпів росту, погіршення конверсії корму та зменшення виживаності. Зокрема, у гібридів гетерокларіасу при збільшенні щільності посадки виживаність може знижуватися до 73%, а

показники росту суттєво погіршуються [31]. Це свідчить про те, що саме якість посадкового матеріалу визначає здатність риби витримувати інтенсивні умови вирощування.

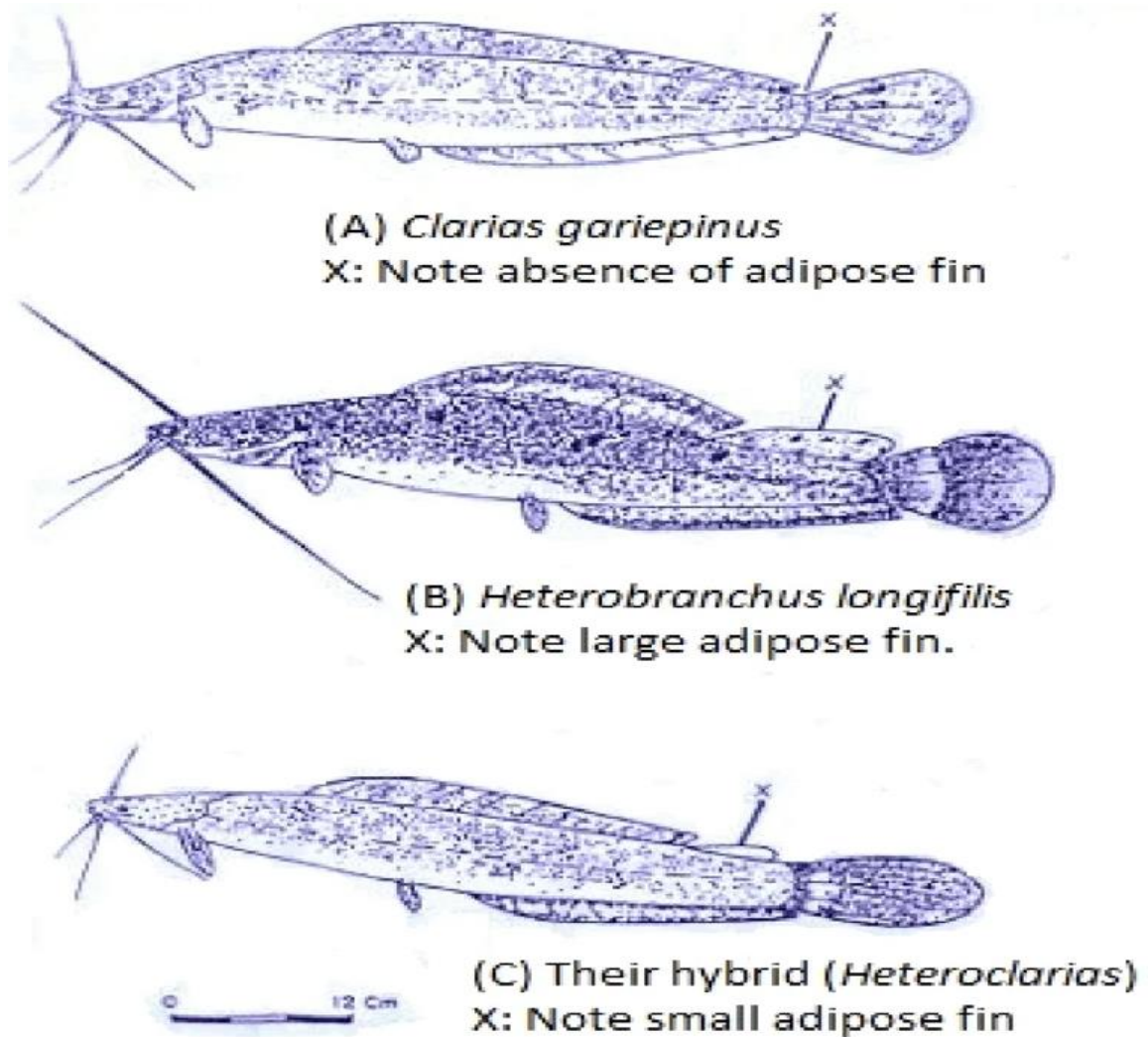


Рис. 3.1.1. Схематичне зображення дорослих особин *Clarias gariepinus* (A), *Heterobranchus longifilis* (B) та їх гібрида *Heteroclarias* (C) [33]

Молодь, отримана від селекційно покращених плідників, характеризується вищою стресостійкістю, ефективнішим використанням кормів і стабільними темпами росту навіть за підвищених щільностей посадки. Натомість використання низькоякісного посадкового матеріалу призводить до підвищення відходу, збільшення тривалості виробничого циклу та зростання витрат кормів, що негативно впливає на економічну ефективність підприємства.

Важливим напрямом підвищення якості посадкового матеріалу є вдосконалення технології його отримання. Це включає формування високоякісних маточних стад, контрольоване проведення селекційної роботи, оптимізацію методів штучного відтворення, дотримання оптимальних умов інкубації ікри та вирощування личинок, а також забезпечення повноцінної та збалансованої годівлі. Особливу увагу необхідно приділяти заходам біобезпеки та профілактиці захворювань, оскільки інфекційні ураження на ранніх стадіях розвитку можуть суттєво знижувати подальшу продуктивність риби [26].

3.2. Оптимізація годівлі

Годівля є одним із ключових факторів, що визначають ефективність вирощування кларієвого сома, оскільки витрати на корми становлять до 85% загальних виробничих витрат у аквакультурі [16]. Раціональна організація годівлі безпосередньо впливає на темпи росту риби, її виживаність, фізіологічний стан та економічні показники виробництва. Оптимізація годівлі дозволяє досягти максимального приросту біомаси при мінімальних витратах корму, що є одним із головних резервів підвищення продуктивності підприємства.

Потреби кларієвого сома в поживних речовинах змінюються залежно від віку та стадії розвитку. На ранніх етапах онтогенезу риба потребує кормів із високим вмістом білка – на рівні 45–55%, що забезпечує інтенсивний ріст і розвиток органів і тканин. Для молоді оптимальний вміст білка становить 40–45%, тоді як для товарної риби – 30–35%. Вміст жирів у раціоні підтримується на рівні 8–12%, що забезпечує енергетичні потреби організму. Важливу роль відіграє баланс амінокислот, оскільки їх дефіцит призводить до уповільнення росту, а надлишок білка – до неефективного використання корму та підвищення витрат [21].

Одним із основних показників ефективності годівлі є коефіцієнт конверсії корму, який відображає кількість корму, необхідну для отримання одиниці приросту маси риби. У сучасних інтенсивних системах вирощування кларієвого

сома значення можуть становити 0,6–1,0, що свідчить про високу ефективність використання корму. При порушенні режимів годівлі або використанні неякісних кормів цей показник може перевищувати 1,5, що значно підвищує собівартість продукції. Таким чином, навіть незначне покращення конверсії корму має суттєвий економічний ефект.

Режим годівлі є важливим елементом оптимізації виробництва. Личинки та рання молодь потребують частого внесення корму – до 4–6 разів на добу, що забезпечує рівномірне надходження поживних речовин і знижує конкуренцію між особинами. Для підрощеної молоді та товарної риби оптимальною є годівля 2–3 рази на добу. Добова норма корму зазвичай становить 3–10% від маси тіла залежно від віку, температури води та фізіологічного стану риби. Недостатня годівля призводить до уповільнення росту, тоді як перегодовування спричиняє перевитрати корму, погіршення якості води та зниження виживаності [16].

Важливим напрямом підвищення ефективності є використання збалансованих комбікормів промислового виробництва. Такі корми характеризуються стабільним складом, високою засвоюваністю та оптимальним співвідношенням поживних речовин, що забезпечує інтенсивний ріст риби та мінімізує втрати корму. Якість корму, зокрема гранулометричний склад, щільність і стабільність у воді, безпосередньо впливає на рівень його споживання та ефективність використання.

Суттєвим напрямом оптимізації годівлі є впровадження сучасних технологій, зокрема автоматизованих систем. Автоматизовані системи годівлі є одним із ключових елементів підвищення ефективності інтенсивних рибницьких господарств, особливо в умовах установок замкненого водопостачання. Вони дозволяють реалізувати точні та контрольовані режими годівлі, забезпечуючи рівномірний розподіл корму протягом доби, що відповідає біологічним потребам кларієвого сома як виду з високою інтенсивністю обміну речовин.

Використання автоматичних годівниць (рис. 3.2.1) забезпечує можливість багаторазового дозованого внесення корму, що зменшує конкуренцію між особинами, знижує ризик канібалізму та сприяє більш рівномірному росту

популяції. У практиці аквакультури застосовуються різні типи автоматичних систем: таймерні (програмовані), які працюють за заданим графіком, та demand-годовниці, що забезпечують подачу корму відповідно до потреб риби. Використання таких систем дозволяє знизити втрати корму та підвищити ефективність його використання на 10–20%.

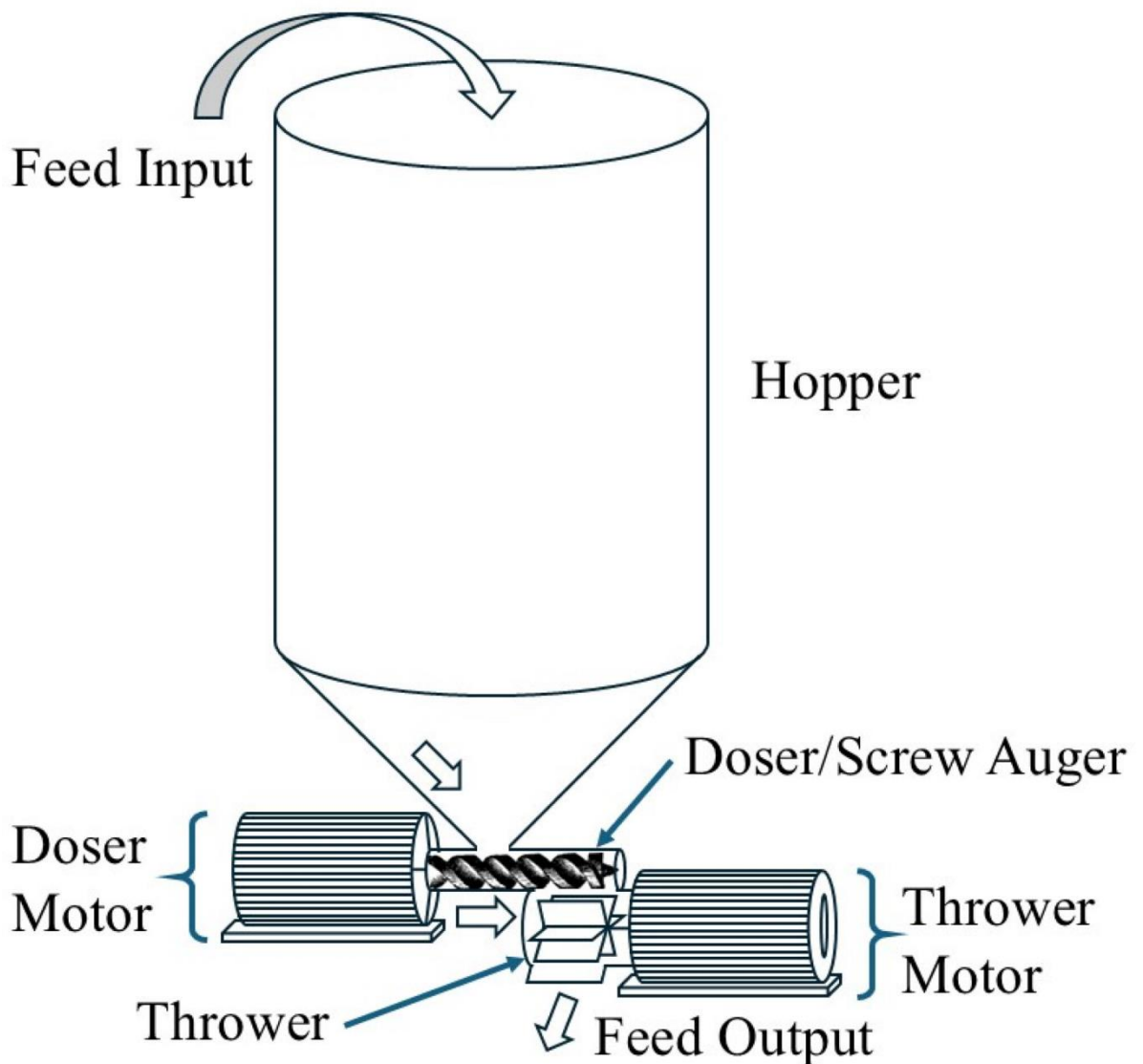


Рис. 3.2.1. Схематичне зображення однотипної автоматичної годівниці для риби та її компонентів [38]

Важливою перевагою автоматизації є зменшення накопичення нез'їденого корму, що має критичне значення для систем замкненого водопостачання, де надлишок органічних речовин погіршує якість води та підвищує навантаження

на біофільтрацію. Таким чином, автоматизовані системи годівлі сприяють не лише підвищенню продуктивності, але й стабілізації екологічних параметрів вирощування.

Сучасні підходи до оптимізації годівлі передбачають інтеграцію автоматичних годівниць із системами моніторингу, які використовують сенсори та алгоритми аналізу даних для оцінки поведінки риби. Це дозволяє коригувати режими годівлі в реальному часі, підвищуючи ефективність використання кормів і зменшуючи вплив людського фактора [38].

Ефективним підходом є також застосування фазової годівлі, яка передбачає використання різних типів кормів залежно від стадії розвитку риби. Це дозволяє максимально точно задовольнити потреби організму, підвищити темпи росту та знизити витрати кормів. Регулярний контроль поїдання корму та фізіологічного стану риби дає можливість своєчасно коригувати норми годівлі та уникати перевитрат [49].

Важливим напрямом оптимізації є впровадження альтернативних джерел білка у складі кормів. Традиційне використання рибного борошна значно підвищує собівартість продукції, а обмеженість його ресурсів стимулює пошук більш доступних і сталих замінників [59]. Найбільш перспективними є рослинні білкові компоненти, зокрема соєвий та соняшниковий шрот, а також продукти переробки бобових культур. Дослідження [46] свідчать про можливість часткової або повної заміни рибного борошна без негативного впливу на показники росту кларієвого сома, а в окремих випадках – із покращенням коефіцієнта конверсії корму.

Водночас використання рослинних компонентів має певні обмеження, пов'язані з наявністю антипоживних речовин та незбалансованістю амінокислотного складу. Зокрема, дефіцит лізину та метіоніну може обмежувати ріст риби. Однак ці недоліки можуть бути компенсовані шляхом введення синтетичних амінокислот або застосування технологій попередньої обробки сировини.

Перспективним напрямом є використання ферментованих рослинних компонентів, які характеризуються зниженим вмістом антипоживних речовин, підвищеною біодоступністю та кращою перетравністю. Встановлено, що ферментований соєвий шрот може замінювати до 40–50% рибного борошна без негативного впливу на ріст, а в окремих випадках навіть сприяти його покращенню. Крім того, такі корми позитивно впливають на мікробіоту кишечника та імунний статус риби [46].

3.3. Впровадження системи аквапоніки

Одним із сучасних та перспективних напрямів підвищення продуктивності підприємств, що спеціалізуються на вирощуванні *Clarias gariepinus* в установках замкненого водопостачання (УЗВ), є впровадження аквапонічних систем. Аквапоніка являє собою інтегровану біотехнологічну систему, що поєднує інтенсивне рибництво та гідропонне вирощування рослин у межах єдиного замкненого циклу, забезпечуючи ефективне використання поживних речовин і водних ресурсів (рис. 3.3.1).

Функціонування аквапонічної системи базується на трансформації продуктів метаболізму риби. Аміак, що виділяється рибою, під дією нітрифікуючих бактерій (*Nitrosomonas*, *Nitrobacter*) перетворюється на нітрати, які є доступною формою азоту для рослин. Як відомо, понад 50% поживних речовин корму не засвоюються рибою і можуть бути використані рослинами після мікробіологічної трансформації [24]. Таким чином, аквапоніка дозволяє ефективно перетворювати відходи рибництва у додатковий ресурс, що безпосередньо підвищує загальну продуктивність підприємства.

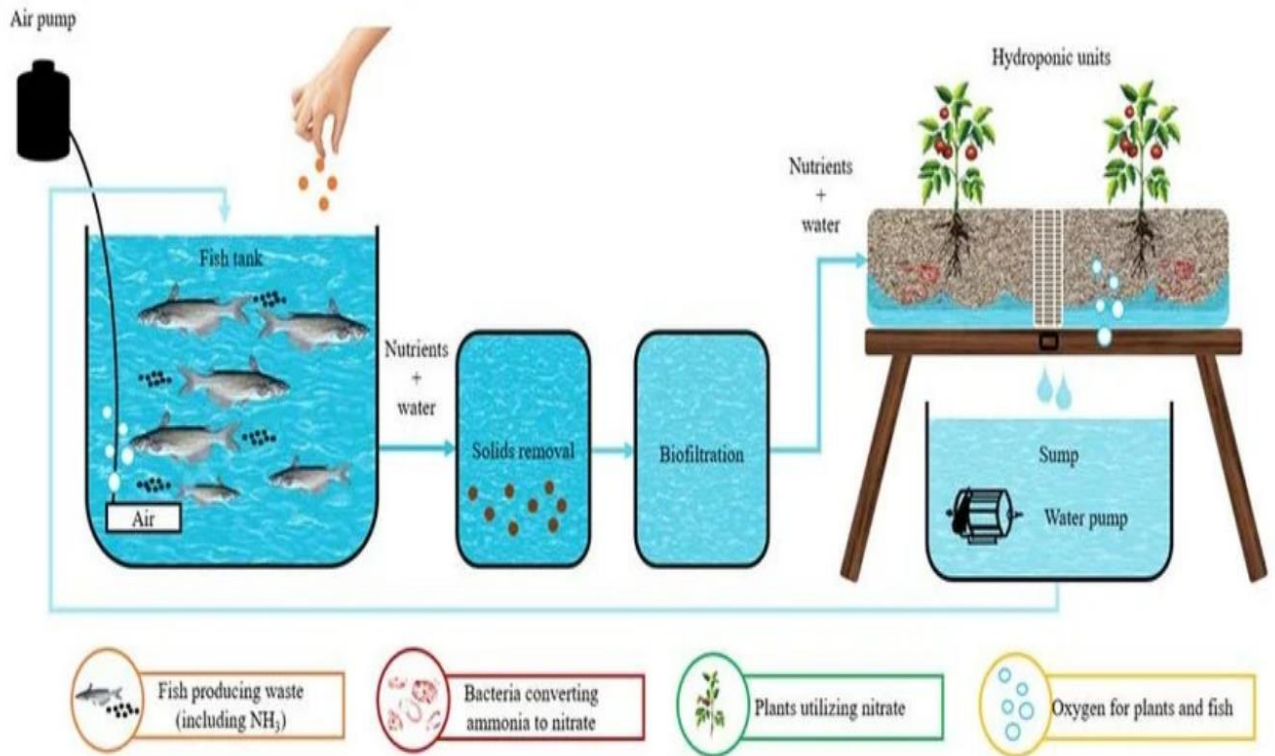


Рис. 3.3.1. Схематичне зображення системи аквапоніки

Технічна реалізація аквапонічних систем передбачає використання комплексу обладнання, яке поєднує класичні елементи УЗВ з рослинним блоком. До основних компонентів належать рибницькі басейни, механічні фільтри для видалення твердих часток, біофільтри для забезпечення процесів нітрифікації, насоси та системи аерації, а також гідропонні модулі (NFT-системи, плаваючі платформи або субстратні грядки). У деяких системах додатково застосовуються мінералізатори для підвищення доступності поживних речовин. Наявність такого комплексу обладнання дозволяє забезпечити стабільність біологічних процесів та ефективну циркуляцію води в системі.

Порівняно з традиційними методами вирощування риби та рослин, аквапоніка має низку суттєвих переваг. Однією з ключових є значна економія водних ресурсів – до 80–90% завдяки постійній циркуляції та очищенню води [22]. Крім того, система практично не потребує застосування мінеральних добрив, оскільки поживні речовини надходять із відходів життєдіяльності риб. Це робить продукцію екологічно безпечною та знижує виробничі витрати.

Важливою перевагою є також зменшення трудомісткості виробництва, оскільки відсутні традиційні агротехнічні операції, такі як обробіток ґрунту чи боротьба з бур'янами. Розміщення систем у контрольованому середовищі (теплиці) забезпечує ефективний біологічний контроль шкідників без застосування пестицидів. Це підвищує екологічність виробництва та якість кінцевої продукції.

Попри значні переваги, аквапонічні системи характеризуються також низкою недоліків, які можуть обмежувати ефективність їх впровадження у виробництво. Насамперед, вагомим стримуючим фактором є висока вартість початкових інвестицій, оскільки створення аквапонічного комплексу потребує значних фінансових витрат на будівництво, закупівлю резервуарів, насосного обладнання, систем фільтрації та аерації, а також формування відповідної інфраструктури. Додатковим обмеженням виступають підвищені витрати на енергозабезпечення, адже функціонування системи передбачає безперервну циркуляцію води, її аерацію та підтримання оптимального температурного режиму, що особливо актуально в умовах нестабільного електропостачання. Важливим аспектом є також необхідність постійного контролю параметрів водного середовища, зокрема концентрації кисню, рівнів аміаку, нітратів, показника рН та температури, що потребує використання спеціалізованого обладнання і безперервного моніторингу. Не менш важливим є і той факт, що ефективна експлуатація системи пов'язана з використанням значної кількості додаткового технічного обладнання, що ускладнює обслуговування та підвищує експлуатаційні витрати. Крім того, розширення аквапонічного виробництва потребує значних капіталовкладень, оскільки масштабування таких систем є дорожчим порівняно з традиційними формами ведення сільського господарства [24].

З економічної точки зору аквапоніка забезпечує комплексний ефект. Відсутність витрат на добрива, пестициди та значне зменшення витрат води і трудових ресурсів роблять цю технологію конкурентоспроможною. Дослідження показують, що інтеграція рибиництва та рослинництва дозволяє

підвищити загальну продуктивність системи на 20–30%. Додатково, сумарний економічний ефект від впровадження аквапоніки може досягати 15–35% за рахунок отримання двох видів продукції та оптимізації витрат [13].

Аквапонічні системи також характеризуються високою універсальністю. У них можна вирощувати широкий спектр об'єктів аквакультури та рослин, що дозволяє диверсифікувати виробництво. Особливо ефективною така система є для кларієвого сома, який має високі темпи росту та інтенсивно продукує азотисті сполуки. Це забезпечує стабільне живлення рослин і сприяє підвищенню їх продуктивності. Водночас рослини виконують функцію біологічного фільтра, покращуючи якість води.

Важливим аспектом є правильний підбір сумісних видів риб і рослин. Для ефективної роботи системи необхідно враховувати температурні режими, потреби у поживних речовинах та масштаб системи. Наприклад, тепловодні види риб добре поєднуються з овочевими культурами, такими як помідори, базилік або салат. Великі види риб, зокрема кларієвий сом, продукують більше відходів, що робить їх особливо ефективними для використання у масштабних аквапонічних системах [39].

У сучасних умовах аквапоніка вже вийшла за межі експериментальних досліджень і активно впроваджується у виробництво. Комерційні аквапонічні ферми функціонують у США, Канаді, Австралії, країнах Європи та Азії, забезпечуючи цілорічне виробництво екологічно чистої продукції [3]. Так, в Україні у межах Київської області функціонує потужне господарство ТОВ "Аква Систем Органік", що спеціалізується на вирощуванні кларієвого сома та тилляпії в поєднанні з різноманітними рослинами у аквапонічній системі. Це свідчить про високу перспективність даної технології у контексті розвитку сучасної аквакультури.

3.4. Використання технології «Біофлок»

У сучасних рециркуляційних системах (УЗВ), що застосовуються для вирощування кларієвого сома (*Clarias gariepinus*), традиційно використовуються

біофільтри як основний елемент підтримання якості водного середовища. Сам по собі біофільтр являє систему, в котрій на поверхні спеціальних носіїв формується біоплівка з нітрифікуючих мікроорганізмів, що здатні окиснювати токсичні сполуки азоту. Робочим компонентом біофільтра традиційно використовується керамзит. Основну роль у процесі нітрифікації відіграють бактерії родів *Nitrosomonas* і *Nitrobacter*, які забезпечують перетворення аміаку ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$), що утворюється внаслідок метаболізму риби, у нітриту (NO_2^-), а потім у нітрати (NO_3^-) [39, 49]. Завдяки цьому забезпечується стабільність гідрохімічних показників води навіть за високих щільностей посадки.

Разом із тим, традиційна біофільтрація має ряд суттєвих обмежень. Зокрема, процес нітрифікації є відносно повільним і чутливим до змін температури, рН та концентрації розчиненого кисню. Крім того, нітрати, як кінцевий продукт, накопичується у воді та потребують видалення шляхом водообміну, що знижує ефективність системи [39]. Важливим недоліком є також відсутність повторного використання поживних речовин у трофічному ланцюгу.

Доповненням та одночасно альтернативою класичній біофільтрації є технологія «біофлок» (рис. 3.4.1). Її основою є використання гетеротрофних мікроорганізмів, здатних ефективно асимілювати неорганічні сполуки азоту, перетворюючи їх у мікробну біомасу [8]. На відміну від традиційної біофільтрації, де аміак окиснюється до нітритів і нітратів, у біофлок-системах азот включається безпосередньо у біомасу бактерій, що забезпечує швидше зниження його токсичних форм у воді (рис. 3.4.2).

Ключовим фактором функціонування даної технології є підтримання оптимального співвідношення вуглецю до азоту (C:N), яке зазвичай становить 10–20:1. За таких умов стимулюється розвиток гетеротрофної мікрофлори, яка використовує аміак та інші азотисті сполуки як джерело азоту для синтезу клітинної біомаси. Для цього у воду додатково вносять джерела вуглецю, зокрема меляси або інші вуглеводні сполуки, що сприяє активному росту бактерій і утворенню мікробного білка [61].

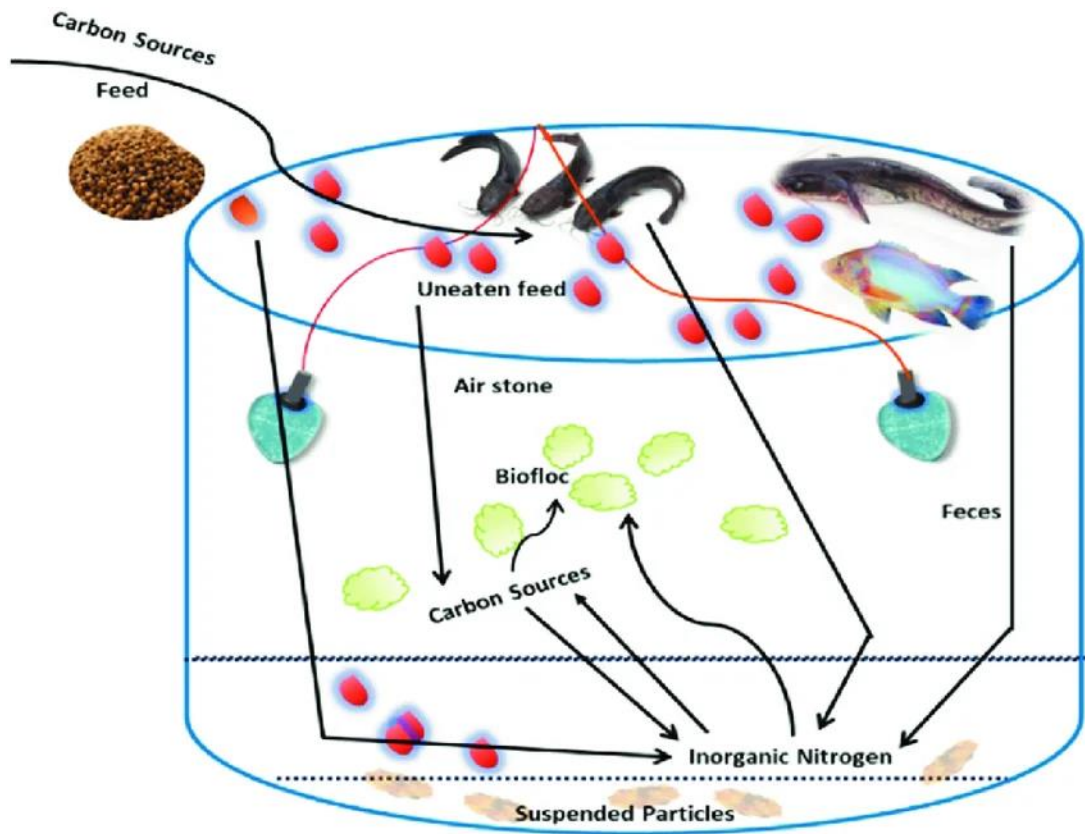


Рис. 3.4.1. Механізм формування та збереження біофлоку в басейні

У результаті формуються так звані біофлоки (рис. 3.4.3) – складні агрегати, що включають бактерії, мікрроводорості, зоопланктон та органічні частки, які перебувають у завислому стані у воді. Ці структури не лише виконують функцію біологічного очищення води, але й можуть безпосередньо споживатися рибою як додаткове джерело поживних речовин. Таким чином, дана технологія поєднує процеси очищення води та годівлі, що є її суттєвою перевагою.

Важливою умовою стабільної роботи системи є інтенсивна аерація, яка забезпечує підтримання біофлоків у завислому стані, а також достатній рівень розчиненого кисню для життєдіяльності мікроорганізмів і риби. Крім того, така циркуляція сприяє рівномірному розподілу поживних речовин і запобігає осіданню органічних часток.

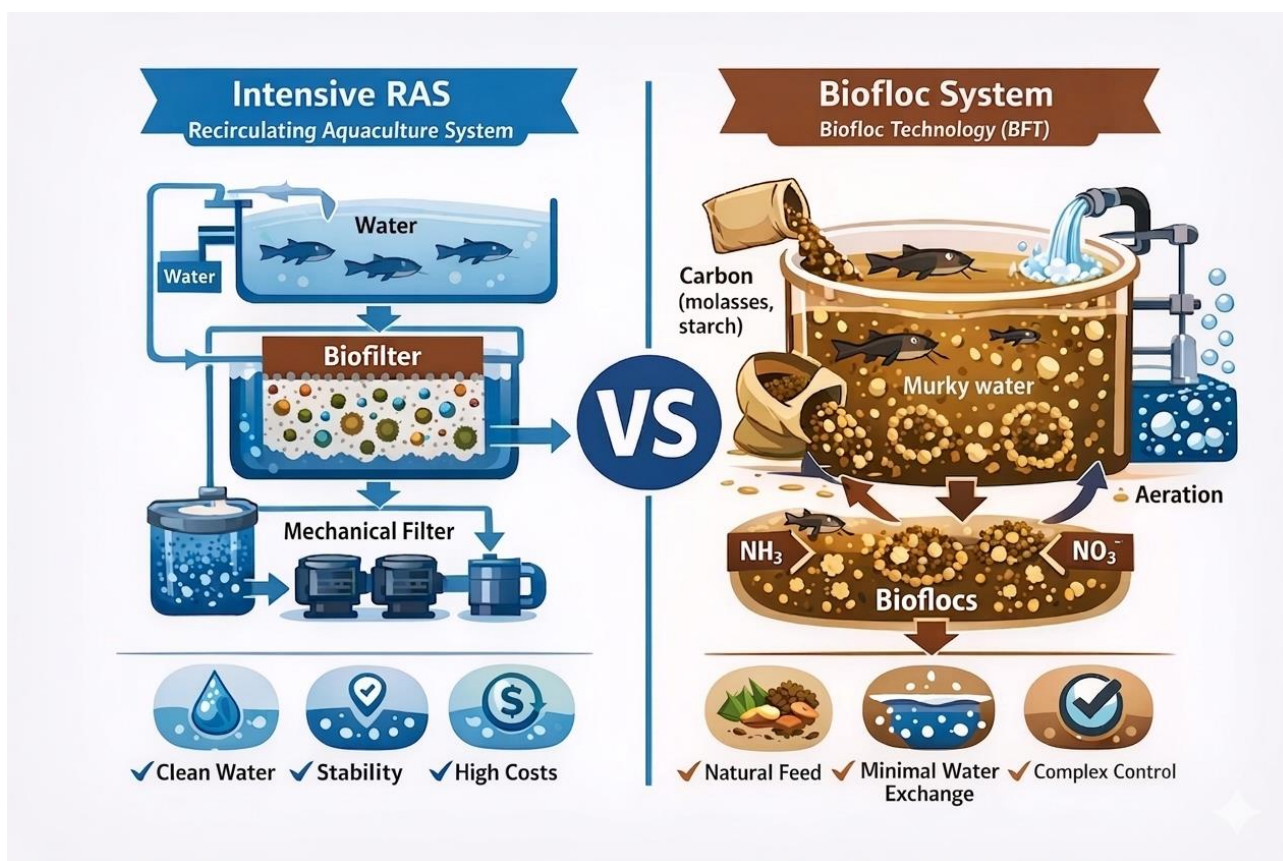


Рис. 3.4.2. Порівняльна схема технології біофільтрації (зліва) та біофлоку (справа)

Однією з ключових переваг біофлок-технології є практично повна відсутність потреби у водообміні. Витрати води обмежуються лише компенсацією випаровування та періодичним видаленням надлишку флоку. Це не тільки значно знижує експлуатаційні витрати, але й мінімізує ризик занесення патогенних мікроорганізмів із зовнішнього середовища, підвищуючи рівень біобезпеки господарства [8].

Крім того, біофлок-системи сприяють підвищенню щільності посадки риби та ефективності використання кормів. Частина поживних речовин повертається у виробничий цикл у вигляді мікробного білка, що дозволяє зменшити витрати на комбікорми. Біофлоки також містять біологічно активні речовини, зокрема полігидроксibuтират, який позитивно впливає на травлення, обмін речовин і темпи росту риби.

Важливим аспектом є також антагоністична дія мікрофлори біофлоків щодо патогенних бактерій. Домінування корисних мікроорганізмів у водному середовищі перешкоджає розвитку збудників захворювань, що сприяє зниженню захворюваності та підвищенню виживаності риби.



Рис. 3.4.3. Загальний вигляд утвореної мікробної маси

Ефективність даної технології підтверджена низкою експериментальних досліджень. Так, у роботах індонезійських дослідників встановлено, що застосування цієї технології дозволяє знизити коефіцієнт конверсії корму до 0,9–1,0, тоді як у традиційних системах він становить 1,2–1,5 [34]. При цьому рівень виживаності риби досягав 95–98%, що на 8–12% вище порівняно з контролем. У дослідженні, проведеному за участю Universitas Airlangga, також було встановлено підвищення темпів росту та покращення показників продуктивності у системах з використанням пробіотиків у біофлок. Крім того, ефективність видалення аміаку та нітритів у таких системах може перевищувати 90% [3].

Окрему увагу привертає можливість інтеграції біофлоку у класичні УЗВ. Так поєднання біофільтра та біофлоку дозволяє досягти більш стабільного контролю якості води. У таких системах біоплівка біофільтра забезпечує нітрифікацію, тоді як біофлоки виконують функцію швидкої асиміляції азоту. Це дозволяє зменшити концентрацію аміаку, підвищити стабільність системи та знизити ризик токсичних піків [36].

З огляду на наведені дані, впровадження біофлок-технології є доцільним напрямом підвищення продуктивності підприємств з вирощування кларієвого сома. Зниження витрат корму, підвищення виживаності та інтенсифікація росту дозволяють значно збільшити вихід продукції. Крім того, зменшення потреби у водообміні знижує експлуатаційні витрати та підвищує екологічну ефективність виробництва.

3.5. Підвищення енергоефективності виробництва

Одним із ключових напрямів підвищення продуктивності підприємств з вирощування кларієвого сома в установках замкнутого водопостачання (УЗВ) є підвищення енергоефективності виробництва. Це пов'язано з тим, що УЗВ належать до найбільш енергоємних технологій в аквакультурі, оскільки потребують безперервної роботи насосного обладнання, систем аерації, біофільтрації та підтримання стабільного температурного режиму водного середовища. За даними ряду досліджень, питоме енергоспоживання УЗВ може коливатися у широких межах – від 3 до 80 кВт·год на 1 кг вирощеної риби, проте для комерційних господарств найчастіше становить 7–12 кВт·год/кг, а в інтенсивних системах може досягати 15–20 кВт·год/кг. У зв'язку з цим витрати на енергію формують значну частку собівартості продукції та безпосередньо впливають на економічну ефективність і конкурентоспроможність підприємства [9].

Аналіз структури енергоспоживання свідчить, що найбільшими споживачами енергії в УЗВ є насосне обладнання, системи нагріву води та

аерації (табл. 3.5.1). Зокрема, на насоси може припадати до 40–65% загального енергоспоживання, на системи обігріву – до 30–40%, а на аерацію та оксигенацію – 10–25%. У ряді досліджень встановлено, що частка енергоспоживання насосів становить близько 45,5%, нагріву води – 30,1%, аерації – 23,2%, що підтверджує домінуючу роль цих процесів у формуванні енерговитрат [9]. Для кларієвого сома, який є теплолюбним видом і потребує підтримання температури води на рівні 26–30 °С, витрати на обігрів мають особливе значення, оскільки навіть незначне зниження температури може призводити до уповільнення росту та погіршення кормоконверсії [10].

Таблиця. 3.5.1

Структура енергоспоживання в УЗВ [9]

Стаття витрат	Частка, %
Насоси	40–65
Системи нагріву води	30–40
Аерація та оксигенація	10–25
Інше (освітлення, автоматизація)	5–10

У наукових роботах для оцінки енергоефективності УЗВ широко використовується показник питомого енергоспоживання, який визначається як відношення загальної кількості спожитої енергії до маси вирощеної риби. Наприклад, при загальному споживанні 15000 кВт·год і виробництві 1000 кг риби питоме енергоспоживання становитиме 15 кВт·год/кг, що відповідає типовим значенням для інтенсивних систем. У дослідженнях, присвячених вирощуванню лосося в УЗВ [9], отримано значення близько 9,59 кВт·год/кг при загальному споживанні 663,8 МВт·год за виробничий цикл, що підтверджує середній рівень енергоспоживання сучасних установок.

Важливим напрямом підвищення енергоефективності є оптимізація роботи насосного обладнання, оскільки саме воно споживає найбільшу частку електроенергії. Використання енергоефективних насосів, а також впровадження частотного регулювання дозволяє адаптувати їхню продуктивність до реальних потреб системи, що забезпечує зниження енергоспоживання. Зокрема, встановлено, що зменшення швидкості циркуляції води може призвести до економії електроенергії на рівні близько 7,9%. Додатково зниження гідравлічних втрат у системі циркуляції води також сприяє зменшенню загального енергоспоживання [9].

Суттєвий потенціал енергозбереження пов'язаний із оптимізацією систем аерації та оксигенації. Традиційні системи часто працюють з надлишковою подачею повітря, що призводить до перевитрат енергії, тоді як застосування сучасних технологій та автоматизованого контролю дозволяє підтримувати оптимальний рівень розчиненого кисню та уникати непродуктивних витрат. Не менш важливим є вдосконалення систем обігріву води, оскільки саме вони можуть формувати до третини загальних енерговитрат. У цьому контексті перспективним є використання теплових насосів, які забезпечують значно вищу ефективність порівняно з традиційними системами нагріву, а також впровадження теплоізоляції та систем рекуперації тепла, що дозволяють зменшити втрати енергії.

Порівняльний аналіз різних технологій аквакультури свідчить, що рівень енергоспоживання значною мірою залежить від обраної системи вирощування. Зокрема, для інтенсивних УЗВ цей показник може становити близько 20,4 кВт·год/кг, для класичних УЗВ – 15,3 кВт·год/кг, тоді як у системах аквапоніки – близько 12,8 кВт·год/кг, а при використанні технології біофлор – близько 7,2 кВт·год/кг. Це свідчить про те, що вибір технології є важливим фактором підвищення енергоефективності та, відповідно, продуктивності підприємства [19].

Впровадження комплексу енергоефективних заходів дозволяє досягти суттєвого економічного ефекту. Так, зниження енергоспоживання може

становити 20–30%, а в окремих випадках і більше [10]. Наприклад, при виробництві 100 т риби на рік та питомому енергоспоживанні 10 кВт·год/кг загальне споживання електроенергії становитиме 1 000 000 кВт·год. Зменшення цього показника на 25% дозволяє зекономити 250 000 кВт·год, що при вартості електроенергії 4 грн/кВт·год забезпечує економію на рівні 1 000 000 грн на рік.

3.6. Використання штучного інтелекту та автоматизації в УЗВ

Стрімкий розвиток цифрових технологій зумовив активне впровадження штучного інтелекту (ШІ) у різні галузі господарства, зокрема в аквакультуру. Штучний інтелект розглядається як сукупність методів і алгоритмів, що дозволяють комп'ютерним системам аналізувати великі обсяги даних, навчатися на їх основі та приймати рішення з мінімальним втручанням людини [28, 35]. У сучасній аквакультурі найбільшого поширення набули такі напрями ШІ, як машинне навчання, глибоке навчання та комп'ютерний зір [35].

Впровадження технологій ШІ в аквакультурних господарствах, зокрема у рециркуляційних аквасистемах (УЗВ) (рис 3.6.1), може сприяти підвищенню ефективності виробництва, що за даними окремих досліджень становить у середньому 15–30% залежно від рівня автоматизації та умов експлуатації [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. Особливого значення це набуває в УЗВ, де стабільність параметрів водного середовища є визначальним фактором продуктивності вирощування риби.

Одним із ключових напрямів застосування ШІ є контроль якості води. Інтелектуальні сенсорні системи забезпечують безперервний моніторинг таких параметрів, як температура, рН, розчинений кисень, концентрація аміаку та нітритів. Алгоритми машинного навчання здатні прогнозувати зміни цих показників із високою точністю (у межах 80–90% за сприятливих умов) [29], що дозволяє своєчасно запобігати критичним відхиленням. Це сприяє зниженню ризику загибелі риби, особливо при високій щільності посадки.

Важливим напрямом є оптимізація процесу годівлі. Інтелектуальні системи годівлі, що базуються на аналізі поведінки риби, дозволяють більш

точно визначати потребу у кормі. За результатами досліджень, це може сприяти зниженню коефіцієнта конверсії корму та загальних витрат кормів [59]. У високоефективних УЗВ можливе досягнення значень FCR на рівні близько 1,0–1,2, що перевищує ефективність традиційних методів годівлі [23].

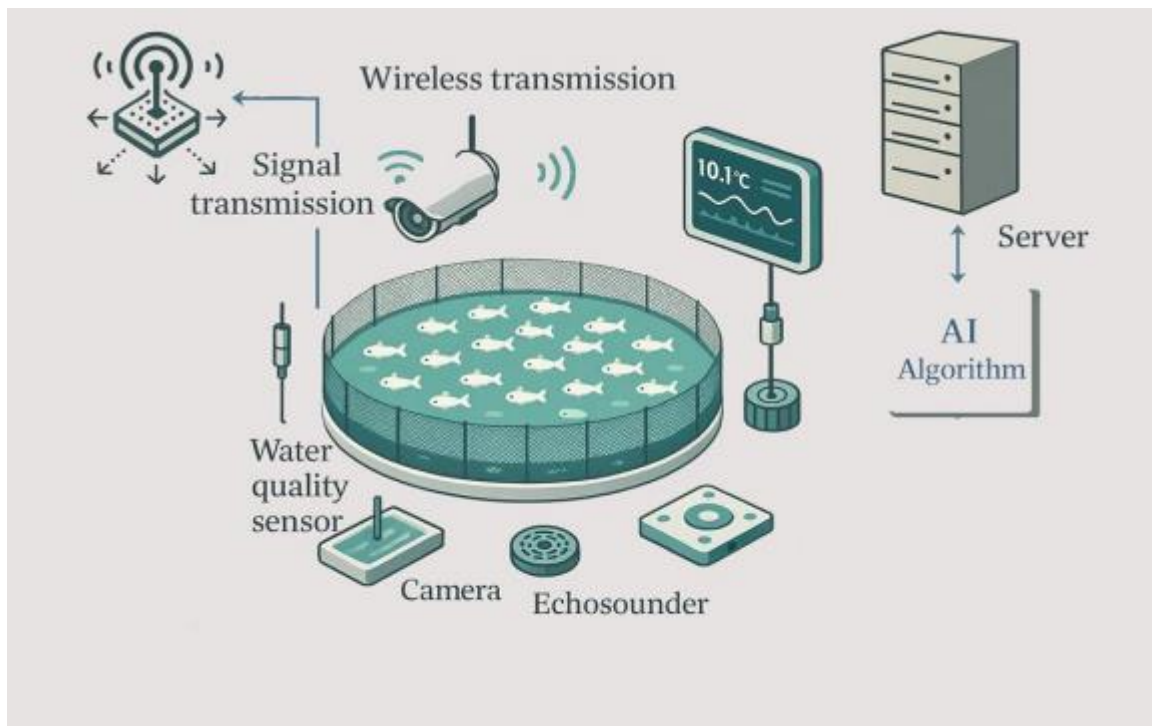


Рис. 3.6.1. Схема рециркуляційної аквасистеми з інтегрованими елементами ІІІ

Застосування комп'ютерного зору відкриває можливості для автоматизованого аналізу поведінки риб. Системи відеомоніторингу дозволяють оцінювати активність, щільність розподілу та поведінкові реакції риби (рис. 3.6.2). У контрольованих умовах це дає змогу виявляти ознаки стресу або початкові стадії захворювань раніше, ніж при традиційних методах спостереження [35, 41], що позитивно впливає на виживаність.

Для кларієвого сома (*Clarias gariepinus*) застосування ІІІ є особливо перспективним. Цей вид характеризується високими темпами росту, здатністю витримувати високі щільності посадки та адаптуватися до інтенсивних умов вирощування. Завдяки наявності додаткового дихального органу кларієвий сом здатний переносити низькі концентрації розчиненого кисню, що робить його зручним об'єктом для УЗВ. Водночас висока щільність утримання призводить до

швидкого накопичення метаболітів у воді, що потребує точного контролю параметрів середовища.

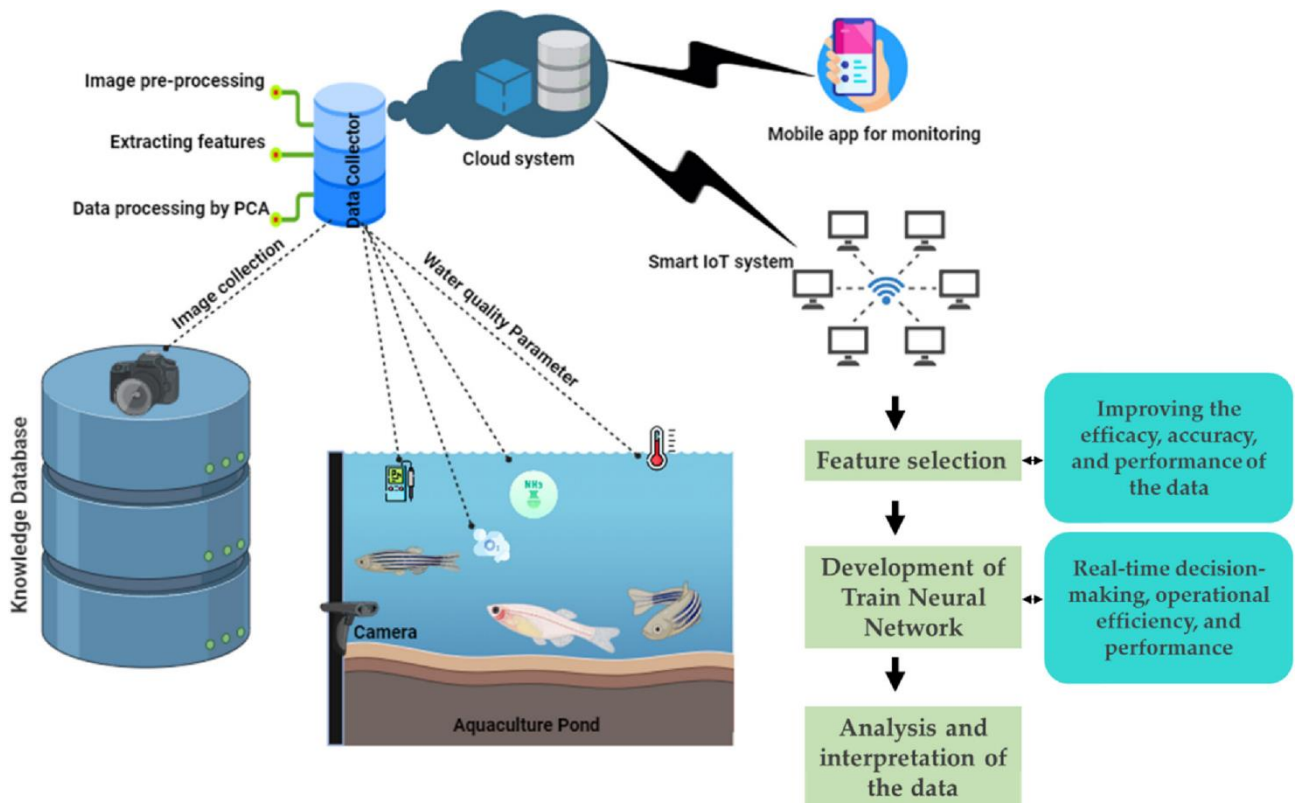


Рис. 3.6.2. Схема інтелектуальної аквакультури для управління хворобами риб [35].

Особливістю біології кларієвого сома є також висока інтенсивність живлення та швидкий метаболізм, що безпосередньо впливає на ефективність використання кормів. У цьому контексті застосування систем ШІ для аналізу поведінки риби дозволяє оптимізувати режими годівлі з урахуванням реальної активності, що сприяє зниженню перевитрат корму та покращенню ростових показників. Крім того, кларієвий сом характеризується підвищеною чутливістю до стресових факторів при перенаселенні, що робить актуальним використання систем раннього виявлення змін поведінки.

Важливим аспектом є також можливість використання ШІ для прогнозування росту кларієвого сома. На основі аналізу даних про температуру води, якість середовища та інтенсивність годівлі можуть будуватися моделі, що

дозволяють прогнозувати приріст маси та оптимізувати виробничі цикли. Це особливо важливо для планування реалізації продукції та підвищення економічної ефективності господарства.

Окрім виробничих процесів, технології ШІ застосовуються у селекції. Використання сучасних підходів, зокрема геномної селекції, дозволяє підвищити ефективність відбору продуктивних особин [5, 17]. У поєднанні з аналітичними алгоритмами це створює передумови для формування високопродуктивних популяцій кларієвого сома.

Водночас слід зазначити, що впровадження ШІ в аквакультури має певні обмеження. Ефективність таких систем значною мірою залежить від якості та обсягу вхідних даних, а також від адаптації алгоритмів до конкретних умов господарства. Крім того, значними стримуючими факторами залишаються високі капітальні витрати та потреба у кваліфікованих спеціалістах. Необхідно також враховувати питання безпеки даних, оскільки збір і обробка великих обсягів інформації ставлять перед фермерами нові виклики щодо конфіденційності.

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Функціонування УЗВ пов'язане зі значними витратами на електроенергію, обладнання, підтримання оптимальних параметрів водного середовища та автоматизацію технологічних процесів. У зв'язку з цим важливого значення набуває економічне обґрунтування використання сучасних технологій, спрямованих на підвищення ефективності виробництва.

Витрати на основні матеріали та енергоносії. Основну частину витрат господарства при вирощуванні кларієвого сома становлять витрати на комбікорми, енергоносії, закупівлю посадкового матеріалу, паливо-мастильні матеріали та оплату праці персоналу. Проектоване господарство передбачає вирощування 100 т товарного кларієвого сома на рік в умовах установки замкненого водопостачання. Для годівлі риби передбачається використання високобілкових екструдованих кормів.

Розрахунок витрат на закупівлю комбікорму проводиться з урахуванням кормового коефіцієнта 1,1 та потреби господарства у кормі:

$$100\ 000\ \text{кг} \times 1,1 = 110\ 000\ \text{кг корму.}$$

За умови середньої ринкової вартості комбікорму для кларієвого сома 72 грн/кг загальні витрати на корми становитимуть:

$$110\ 000\ \text{кг} \times 72\ \text{грн/кг} = 7\ 920\ 000\ \text{грн.}$$

Витрати на закупівлю посадкового матеріалу розраховуються виходячи з потреби господарства у підросній молоді. Для забезпечення виробництва 100 т товарної продукції необхідно орієнтовно 125 тис. екземплярів малька середньою масою 5 г.

За середньої вартості одного екземпляра 8 грн витрати становитимуть:

$$125\ 000\ \text{екз.} \times 8\ \text{грн} = 1\ 000\ 000\ \text{грн.}$$

Для підтримання оптимального технологічного режиму вирощування в УЗВ значну частку займають витрати на електроенергію. До складу основного обладнання входять циркуляційні насоси, компресори, механічні та біологічні

фільтри, системи ультрафіолетового знезараження та підігріву води.

Середня потужність обладнання становитиме близько 55 кВт/год. За умови цілодобової роботи обладнання протягом року потреба господарства в електроенергії становитиме:

$$55 \text{ кВт} \times 24 \text{ год} \times 365 \text{ днів} = 481\,800 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

За середнім тарифом на електроенергію для підприємств 8,5 грн за 1 кВт·год витрати на електроенергію становитимуть:

$$481\,800 \text{ кВт}\cdot\text{год} \times 8,5 \text{ грн} = 4\,095\,300 \text{ грн.}$$

Розрахунок витрат на паливо-мастильні матеріали включає витрати на транспортування кормів, посадкового матеріалу, готової продукції та обслуговування господарства.

Для потреб господарства передбачається використання двох транспортних засобів із середнім річним пробігом 12 000 км кожний та середньою витратою пального 10 л на 100 км.

Потреба в паливі становитиме:

$$(12\,000 \text{ км} \times 2 \times 10 \text{ л}) / 100 = 2\,400 \text{ л.}$$

За середньої вартості дизельного пального 58 грн/л витрати на паливо становитимуть:

$$2\,400 \text{ л} \times 58 \text{ грн/л} = 139\,200 \text{ грн.}$$

До інших енергоносіїв належать витрати на опалення виробничих та побутових приміщень у зимовий період. Орієнтовні витрати на опалення становитимуть 180 000 грн на рік.

Таким чином, загальні витрати на енергоносії та паливо становитимуть:

$$4\,095\,300 \text{ грн} + 139\,200 \text{ грн} + 180\,000 \text{ грн} = 4\,414\,500 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування. Амортизаційні витрати складаються з відрахувань на основні виробничі засоби, які використовуються у господарстві.

До основних виробничих засобів належать:

- басейни для вирощування риби;
- механічні та біологічні фільтри;
- насоси;

- компресори;
- системи ультрафіолетового знезараження;
- системи підігріву води;
- генератор резервного живлення.

Орієнтовна загальна вартість обладнання та виробничих приміщень становитиме 12 000 000 грн.

За умови середнього строку експлуатації обладнання 20 років амортизаційні відрахування становитимуть 5% від загальної вартості основних засобів:

$$12\,000\,000 \text{ грн} \times 0,05 = 600\,000 \text{ грн.}$$

Витрати на оплату праці. Для забезпечення стабільної роботи господарства необхідне залучення виробничого та обслуговуючого персоналу.

Штат працівників господарства включатиме:

- директора господарства – 1 особа;
- технолога-рибовода – 1 особа;
- операторів УЗВ – 4 особи;
- різноробочих – 2 особи;
- водія – 1 особа.

Середня заробітна плата працівників становитиме:

- директор – 30 000 грн/міс.;
- технолог – 25 000 грн/міс.;
- оператор УЗВ – 20 000 грн/міс.;
- різноробочі – 16 000 грн/міс.;
- водій – 18 000 грн/міс.

Річний фонд оплати праці становитиме:

$$(30\,000 \times 12) + (25\,000 \times 12) + (20\,000 \times 4 \times 12) + (16\,000 \times 2 \times 12) + (18\,000 \times 12) = 2\,220\,000 \text{ грн.}$$

Витрати на сплату єдиного соціального внеску у розмірі 22% становитимуть:

$$2\,220\,000 \text{ грн} \times 0,22 = 488\,400 \text{ грн.}$$

Загальні витрати на оплату праці з нарахуваннями становитимуть:

$$2\,220\,000 \text{ грн} + 488\,400 \text{ грн} = 2\,708\,400 \text{ грн.}$$

Інші операційні витрати. До інших операційних витрат належать витрати на ветеринарні препарати, дезінфекційні засоби, лабораторний контроль якості води, ремонт обладнання, витратні матеріали, адміністративні витрати та непередбачені витрати. Інші операційні витрати приймаються на рівні 5% від суми основних виробничих витрат.

Сума основних витрат становитиме:

$$7\,920\,000 \text{ грн} + 1\,000\,000 \text{ грн} + 4\,414\,500 \text{ грн} + 2\,708\,400 \text{ грн} + 600\,000 \text{ грн} = 16\,642\,900 \text{ грн.}$$

Інші операційні витрати становитимуть:

$$16\,642\,900 \text{ грн} \times 0,05 = 832\,145 \text{ грн.}$$

Економічні показники проектного господарства. Загальні витрати господарства на вирощування 100 т товарного кларієвого сома становитимуть:

$$16\,642\,900 \text{ грн} + 832\,145 \text{ грн} = 17\,475\,045 \text{ грн.}$$

Собівартість 1 кг товарної продукції становитиме:

$$17\,475\,045 \text{ грн} / 100\,000 \text{ кг} = 174,75 \text{ грн/кг.}$$

За умови реалізації товарного кларієвого сома за середньою ринковою ціною 235 грн/кг виручка від реалізації продукції становитиме:

$$100\,000 \text{ кг} \times 235 \text{ грн/кг} = 23\,500\,000 \text{ грн.}$$

Чистий прибуток господарства становитиме:

$$23\,500\,000 \text{ грн} - 17\,475\,045 \text{ грн} = 6\,024\,955 \text{ грн.}$$

Рентабельність господарства становитиме:

$$(6\,024\,955 \text{ грн} / 17\,475\,045 \text{ грн}) \times 100\% = 34,48\%.$$

Таким чином, рентабельність господарства становить 34,48 %.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

У сучасних умовах інтенсивного розвитку аквакультури питання охорони праці та безпеки життєдіяльності набувають особливого значення, оскільки виробничі процеси пов'язані з використанням електрообладнання, водного середовища, біологічних об'єктів та хімічних речовин. Забезпечення безпечних умов праці на підприємствах з вирощування кларієвого сома є необхідною умовою збереження здоров'я працівників, підвищення продуктивності праці та ефективності виробництва в цілому.

Основними нормативними документами, що регламентують охорону праці в Україні, є Закон України «Про охорону праці», Кодекс законів про працю України, а також відповідні державні стандарти, санітарні норми і правила. Відповідно до чинного законодавства, роботодавець зобов'язаний створити безпечні та нешкідливі умови праці, забезпечити працівників засобами індивідуального захисту, а також організувати навчання та інструктажі з техніки безпеки.

Вирощування кларієвого сома, особливо в установках замкнутого водопостачання, характеризується наявністю ряду потенційно небезпечних і шкідливих виробничих факторів. До них належать підвищена вологість повітря, слизькі поверхні, наявність відкритих водних ємностей, електрообладнання, що працює у вологому середовищі, а також можливий контакт з хімічними речовинами, які використовуються для очищення води або профілактики захворювань риби.

Підвищена вологість і наявність води на робочих поверхнях можуть призводити до травматизму внаслідок ковзання. Для зниження ризику травмування необхідно використовувати неслизькі покриття підлоги, забезпечувати своєчасне видалення води та підтримання чистоти на робочих місцях. Працівники повинні бути забезпечені спеціальним взуттям із протиковзкою підошвою.

Особливу небезпеку становить електрообладнання, яке використовується для забезпечення роботи насосів, аераторів, систем фільтрації та автоматизації. Робота електроустановок у вологому середовищі підвищує ризик ураження електричним струмом. З метою запобігання нещасним випадкам необхідно забезпечити належну ізоляцію електропроводки, використання захисного заземлення, автоматичних вимикачів та пристроїв захисного відключення. Усі електромонтажні роботи повинні виконуватися кваліфікованим персоналом із дотриманням вимог техніки безпеки.

У процесі експлуатації рибницьких установок працівники можуть контактувати з хімічними речовинами, такими як дезінфектанти, реагенти для корекції параметрів води або лікарські засоби для профілактики захворювань риби. Неправильне поводження з такими речовинами може становити загрозу для здоров'я людини. Тому необхідно дотримуватися правил їх зберігання та використання, застосовувати засоби індивідуального захисту, зокрема рукавички, захисні окуляри та спецодяг.

Біологічні фактори також можуть впливати на стан здоров'я працівників. Контакт із рибою, водою та органічними відходами може сприяти розвитку інфекційних або алергічних захворювань. З метою профілактики необхідно дотримуватися правил особистої гігієни, використовувати індивідуальні засоби захисту та регулярно проводити санітарну обробку обладнання і приміщень.

Для забезпечення безпеки праці необхідно також передбачити заходи щодо попередження аварійних ситуацій, таких як відмова обладнання, витік води або відключення електроенергії. У рибницьких господарствах повинні бути передбачені резервні джерела живлення, системи сигналізації та аварійного оповіщення.

Крім того, важливе значення має дотримання вимог пожежної безпеки. Приміщення повинні бути обладнані первинними засобами пожежогасіння, такими як вогнегасники, а працівники повинні бути ознайомлені з правилами їх використання. Забороняється зберігання легкозаймистих матеріалів поблизу електрообладнання [57].

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що кларієвий сом є перспективним об'єктом інтенсивної аквакультури завдяки високим темпам росту, витривалості до несприятливих умов та здатності вирощуватися при високих щільностях посадки.

2. Доведено, що застосування установок замкненого водопостачання (УЗВ) забезпечує високу продуктивність виробництва на рівні 400–600 кг/м³ на рік, що значно перевищує традиційні методи вирощування.

3. Показано, що годівля є основною статтею витрат (до 70 % собівартості), а її оптимізація є ключовим фактором підвищення ефективності виробництва.

4. Встановлено, що застосування автоматичних годівниць і дробного годування (4–8 разів на добу) дозволяє покращити коефіцієнт конверсії корму до рівня 0,9–1,2, зменшити його втрати та забезпечити рівномірний ріст риби.

5. Обґрунтовано доцільність використання альтернативних джерел білка: заміна рибного борошна рослинними компонентами можлива до 40–60 % без зниження продуктивності, а при використанні ферментованих кормів – до 50 % і більше. Доведено, що ферментація рослинної сировини підвищує перетравність протеїну до 90 % і більше, зменшує вміст антипоживних речовин та позитивно впливає на ріст і фізіологічний стан риби.

6. Встановлено, що використання біофлок-технології сприяє підвищенню виживаності риби до 90–95 % та покращенню використання кормів за рахунок додаткового природного білка.

7. Визначено, що впровадження автоматизації та інноваційних технологій забезпечує оптимізацію виробничих процесів, зниження витрат і підвищення загальної ефективності підприємства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Abdel-Hady, M. M., Haggag, S. M., Abdel-Khalek, Z. M. et al. Acceptance of farmed African catfish in Egypt: addressing consumer concerns and marketing challenges // *Aquaculture International*. 2024. Vol. 32. P. 9479–9498.
2. Aberoumand A. Nutritional value of catfish meat // *World Journal of Fish and Marine Sciences*. 2010. Vol. 2, No. 2. P. 123–128.
3. Acquacoltura Italia. Aquaponics: history and benefits. 2016. 5 p. URL: https://acquacolturaitalia.com/wp-content/uploads/2016/10/aquaponics_history_and_benefits.pdf (дата звернення: 01.03.2026).
4. Afriansyah, A., Yonarta, D., & Shiddiq, J. Effectiveness of probiotics on the growth and survival rate of catfish (*Clarias* sp.) in an aquaponics system at UPR Doa Mandeh, Ogan Ilir. // *Jurnal Mangifera Edu*. 2025. Vol. 10, No. 1. P. 86–94. URL: <https://doi.org/10.31943/mangiferaedu.v7i1.221> (дата звернення: 05.03.2026).
5. Allal, F., Griot, R., & Vandeputte. Genomic Selection in Aquaculture Species // *Genomic Prediction of Complex Traits: Methods and Protocols*. Springer, 2022. P. 469–491. URL: https://doi.org/10.1007/978-1-0716-2205-6_17 (дата звернення: 05.03.2026).
6. Anchor Environmental Consultants. African sharptooth catfish (*Clarias gariepinus*): Biodiversity Risk and Benefit Assessment. South Africa : Department of Agriculture, Forestry and Fisheries, 2017. 25 p.
7. Araujo, G. S., Silva, J. W. A. da, Cotas, J., & Pereira, L. Fish Farming Techniques: Current Situation and Trends // *Journal of Marine Science and Engineering*. 2022. Vol. 10, No. 11. URL: <https://doi.org/10.3390/jmse10111598> (дата звернення: 02.03.2026).
8. Avnimelech Y. Biofloc Technology – A Practical Guide Book. 3rd ed. Baton Rouge : The World Aquaculture Society, 2015.

9. Ayuso-Virgili, G., Jafari, L., Lande-Sudall, D., and Lūmmen, N. Linear Modelling of the Mass Balance and Energy Demand for a Recirculating Aquaculture System // *Aquacultural Engineering*. 2023. Vol. 101. URL: <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2023.102330> (дата звернення: 03.03.2026).
10. Badiola M., Basurko O. C., Piedrahita R. et al. Energy use in recirculating aquaculture systems (RAS): A review // *Aquacultural Engineering*. 2018. Vol. 81. P. 57–70.
11. Barasa, J., & Ouma D. Species Diversity and Distribution of Catfishes and Their Current Contribution to Global Food Security // *IntechOpen EBooks*. 2022. URL: <https://doi.org/10.5772/INTECHOPEN.106706> (дата звернення: 04.04.2026)
12. Boyd, C. E., McNevin, A. A., & Davis, R. P. The contribution of fisheries and aquaculture to the global protein supply // *Food Security*. 2022. Vol. 14, No. 3. P. 805–827. URL: <https://doi.org/10.1007/s12571-021-01246-9> (дата звернення: 05.03.2026)
13. Bregnballe J. A Guide to Recirculation Aquaculture: An introduction to the new environmentally friendly and highly productive closed fish farming systems. FAO and EUROFISH, 2015. 97 p.
14. Endut A., Jusoh A., Ali N. et al. A study on the optimal hydraulic loading rate and plant ratios in recirculation aquaponic system // *Bioresource Technology*. 2010. Vol. 101, No. 5. P. 1511–1517. URL: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.09.040> (дата звернення: 05.03.2026)
15. FAO Aquaculture List. URL: <https://www.fishbase.se/report/FAO/FAOAquacultureList.php?scientific=Clarias+gariiepinus> (дата звернення: 08.03.2026).
16. FAO Fisheries & Aquaculture. URL: https://www.fao.org/fishery/en/culturedspecies/clarias_gariiepinus?lang=en (дата звернення: 08.03.2026).
17. FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020: Sustainability in Action. Rome : FAO, 2020. URL:

- <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/ca9229en> (дата звернення: 22.02.2026)
18. Federation of European Aquaculture Producers. European Aquaculture Production Report 2014–2023. Brussels : FEAP, 2024. 59 p. URL: <https://feap.info/wp-content/uploads/2025/01/2025-01-22-production-report-2024-v1.pdf> (дата звернення: 08.03.2026).
 19. Fiso M. Energy Efficiency Optimization and Carbon Neutral Pathways in Recirculating Aquaculture Systems (RAS) // Aquaculture Systems Review. 2024. 10 p. URL: [file:///D:/Download/PK-3401\(1\).pdf](file:///D:/Download/PK-3401(1).pdf) (дата звернення: 03.03.2026).
 20. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO/INFOODS Global Food Composition Database for Fish and Shellfish Version 1.0 – uFiSh1.0. Rome, 2016.
 21. Food and Agriculture Organization of the United Nations. North African Catfish. URL: https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/affris/docs/North_African_Catfish/English/table_4.htm (дата звернення: 26.03.2026).
 22. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Small-scale aquaponic food production: Integrated fish and plant farming. Rome : FAO, 2014. 262 p. URL: <https://www.fao.org/3/i4021e/i4021e.pdf> (дата звернення: 08.03.2026).
 23. Føre, M., Frank, K., Norton, T. et al. Precision fish farming: A new framework to improve production in aquaculture // Biosystems Engineering. 2017. Vol. 173. P. 176–193. URL: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2017.10.014> (дата звернення: 08.03.2026).
 24. Goddek, S., Joyce, A., Kotzen, B., & Burnell, G. MAquaponics Food Production Systems: Combined Aquaculture and Hydroponic Production Technologies for the Future. Cham : Springer, 2019. 619 p. URL:

- <https://library.oapen.org/handle/20.500.12657/22883> (дата звернення: 04.03.2026).
25. Idodo-Umeh G. Diel variations in the fish species of River Ase, Niger Delta, Nigeria. // *Tropical Freshwater Biology*. 2006. Vol. 12. No. 1.
26. Imron, Iswanto B., Suprpto R., Marnis H. Development of genetically improved farmed African catfish (*Clarias gariepinus*): a review and lessons learned from Indonesian fish breeding program // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020. Vol. 593. P. 012032. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/593/1/012032/pdf> (дата звернення: 13.03.2026).
27. Klimuk, A. A., Beketov, S. V. & Kalita, T. L. Physiological and Ecological Features of Cultivation African Catfish *Clarias gariepinus* // *Biology Bulletin Reviews*. 2024. Vol. 14, Suppl. 3. P. S326–S335.
28. Lee P.G. Process control and artificial intelligence software for aquaculture // *Aquacultural Engineering*. 2000. Vol. 23, No. 1. P. 13–36.
29. Li T., Lu J., Wu J., Zhang Z., Chen L. Water quality prediction using machine learning in recirculating aquaculture systems // *Aquacultural Engineering*. 2021. 15 p.
30. Menchynska, A., Manoli, T., Ivaniuta, A., Ochkolyas, O., & Stepanova, V. Quality characteristics of fish sausages made from African catfish (*Clarias gariepinus*) // *Animal Science and Food Technology*. 2024. Vol. 15, No. 1. P. 74–90.
31. Meye J. A., Omoruwou P. E. Growth performance and survival of heteroclarias hybrid at different stocking densities // *International Journal of Agriculture and Agricultural Technology*. 2025. Vol. 8, No. 1. URL: <https://cambridgeresearchpub.com/ijaat/article/view/638/622> (дата звернення: 04.03.2026).
32. Morris, M. C., Brockman, J. A., Schneider, J. A. et al. Association of seafood consumption, brain mercury level, and APOE epsilon 4 status with brain neuropathology in older adults // *JAMA*. 2016. Vol. 315, No. 5. P. 489–497.

33. Ndome C. B., Mowang D. A., Ayibaemi T. T. Comparative acute toxicity of local detergents (Omo and Ariel) on fingerlings of the *Clarias gariepinus* × *Heterobranchus longifilis* hybrid // *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation*. 2013. Vol. 6, No. 4. P. 415–420. URL: https://www.researchgate.net/publication/325673440_Comparative_acute_toxicity_of_local_detergents_Omo_and_Ariel_on_fingerlings_of_the_Clarias_gariepinus_x_Heterobranchus_longifilis_hybrid (дата звернення: 26.03.2026).
34. Putra I., Rusliadi, Fauzi M. Effect of biofloc technology on growth performance and feed efficiency of African catfish (*Clarias gariepinus*) // *Indonesian Aquaculture Journal*. 2022. P. 37–43. URL: <https://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/iaj/article/view/10045> (дата звернення: 06.03.2026).
35. S.I. Islam, F. Ahammad, H. Mohammed. Cutting-edge technologies for detecting and controlling fish diseases: current status, outlook, and challenges // *Journal of the World Aquaculture Society*. 2024. Vol. 55, No. 2. Article e13051.
36. Schneider, O., Sereti, V., Eding, E.H., & Verreth, J.A. Analysis of nutrient flows in integrated intensive aquaculture systems // *Aquacultural Engineering*. 2005. Vol. 32. P. 379–401.
37. Teugels G., Adriaens D. *Catfishes*. Enfield : Science Publishers, 2003. 487 p
38. Thornburg J. A review of aquaculture feeders and their strategic implementation // *Journal of the World Aquaculture Society*. URL: <https://doi.org/10.1111/jwas.70016> (дата звернення: 10.03.2026).
39. Timmons, M. B., J. M. Ebeling. *Recirculating Aquaculture Systems: Engineering Design and Management*. 2nd ed. Ithaca : Cayuga Aqua Ventures, 2013.
40. *Understanding Fish and Plant Compatibility in Aquaponics*// *Atlas Aquaponics*. URL: <https://www.atlasaquaponics.com/en/2025/03/11/understanding-fish-and-plant-compatibility-in-aquaponics/> (дата звернення: 24.03.2026).
41. Zhou, Y., Yu, H., Wu, J., Cui, Z., Zhang, F. Fish Behavior Analysis Based on Computer Vision: A Survey. *Data Science. ICPCSEE 2019. Communications in*

- Computer and Information Science. Singapore : Springer, 2019. Vol. 1059. P. 112–127. URL: https://doi.org/10.1007/978-981-15-0121-0_10 (дата звернення: 11.03.2026).
42. Андрющенко А.І. Аквакультура штучних водойм. Ч. I : Ставова аквакультура : підручник. Київ : Мастер Принт, 2015. 648 с.
43. Баль, І. М., Кононенко, Р. В., Голембовська, Н. В., Каніщев, О. П., & Рябовол, М. В. Порівняльний аналіз харчової цінності прісноводних та морських гідробіонтів. Здоров'я людини і нації. 2025. Т. 3, № 4. С. 7–16.
44. Біологічні основи рибного господарства : методичні вказівки. Київ : НУБіП України, 2016. 41 с.
45. Вдовенко Н.М. Економіка рибогосподарських підприємств : підручник. Київ : Кондор, 2017. 212 с.
46. Вознюк Р. Р. Експериментальне обґрунтування використання ферментованого соєвого шроту в годівлі кларієвого сома (*Clarias gariepinus*) : дис. ... канд. с.-г. наук : 06.02.03. Київ, 2024. 147 с.
47. Гриневич Н. Є., Осадча Ю. В., Семанюк Н. В., Слюсаренко А. О., Світельський М.М., Трофимчук А. М., Жарчинська В. С., Хом'як О. А. Гідрохімічний моніторинг – основа планування виробничих процесів у повносистемному рибному господарстві. Науковий вісник ЛНУВМБ ім. С. З. Гжицького. 2024. Т. 26, № 100. С. 247–254. URL: <https://doi.org/10.32718/nvlvet-a10038> (дата звернення: 21.03.2026).
48. Інструменти формування пропозиції при виробництві африканського кларієвого сома в рибницьких господарствах : посібник. Київ : НУБіП України, 2020. 12 с.
49. Інтенсивні технології в аквакультурі : навч. посіб. / Р. В. Кононенко, П. Г. Шевченко, В. М. Кондратюк, І. С. Кононенко. Київ : Центр учбової літератури, 2016. 410 с.
50. Іхтіопатологія : підручник / Н. І. Вовк, В. Й. Божик, Р. В. Кононенко. Київ : ЦП Компринт, 2023. 480 с.

- 51.Коваленко Б. Ю., Вдовенко Н. М., Плічко В. Ф., Коваленко В. О., Шарило Ю. Є., Тищенко А. В., Дмитришин Р. А., Коваль В. В., Павленко Н. Г. Методичні рекомендації з використання гвоздичної олії для анестезії риб через призму впливу формування пропозиції на агропродовольчу продукцію на ринку. Київ : НУБіП України, 2023. 30 с.
- 52.Коваленко Б. Ю., Коваленко В. О., Кононенко Р. В., Шевченко П. Г., Макаренко А. А. Дослідження анестезуючого впливу препарату гвоздична олія на кларієвого сома (*Clarias gariepinus*). Водні біоресурси та аквакультура. 2022. № 1. С. 63–72.
- 53.Коваленко В.О. Аквакультура природних водойм : навч. посіб. Київ, 2017. 342 с.
- 54.Кононенко Р. В., Войналович М. В., Хижняк М. І., Бех В. В. Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти зі спеціальності 207 «Водні біоресурси та аквакультура». Київ, 2026. 32 с.
- 55.Кононцев С. В. Біотехнологія очищення води при вирощуванні кларієвого сома в УЗВ. Вода і водоочисні технології. Науково-технічні вісті. 2016. № 3(20). С. 57–64.
- 56.Методика економічного аналізу в рибництві / М. В. Гринжевський та ін. Київ : ІРГ УААН, 2003. 26 с.
- 57.Охорона праці в галузі : навч. посіб. для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочної форм здобуття вищої освіти. Миколаїв : МНАУ, 2023. 586 с.
- 58.Польовий В. М., Майборода Х. А. Аквапоніка як інноваційна технологія для вирощування екологічно чистих продуктів. Вісник НУВГП. Сільськогосподарські науки. 2022. Вип. 3(99). С. 116–126.
- 59.Практикум з годівлі сільськогосподарських тварин : навч. посіб. / І. І. Ібатуллін та ін. ; за ред. І. І. Ібатулліна. Київ, 2015. 422 с.

- 60.СОУ 05.01.-37-385:2006. Вода рибогосподарських підприємств. Загальні вимоги та норми. Зміна № 1. Київ : Міністерство аграрної політики та продовольства України, 2013. 21 с.
- 61.Сучасна аквакультура: від теорії до практики : практичний посібник. Київ : Простобук, 2016. 119 с.
- 62.Шевченко В. Ю. Аквакультура перспективних об'єктів : навч. посіб. Херсон : Олді-Плюс, 2018. 402 с.
- 63.Шевченко П. Г., Пилипенко Ю. В., Рудик-Леуська Н. Я., Халтурин М. Б., Макаренко А. А., Климковецький А. А., Чередніченко І. С. Практикум з іхтіології (загальної і спеціальної) : навч. посіб. Херсон : Олді-Плюс, 2022. 583 с.
- 64.Шевченко П. Г., Пилипенко Ю. В., Рудик-Леуська Н. Я., Халтурин М. Б., Макаренко А. А., Климковецький А. А., Чередніченко І.С. Іхтіологія (загальна і спеціальна). У 2 т. Т. II : Іхтіологія (спеціальна) : підручник. Херсон : Олді-Плюс, 2022. 921 с.
- 65.Шерман І. М., Євтушенко М. Ю. Теоретичні основи рибництва : підручник. Київ, 2011. 484 с.