

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет тваринництва та водних біоресурсів

УДК

ПОГОДЖЕНО

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

**Декан факультету
тваринництва та водних біоресурсів**

Завідувач кафедри аквакультури

_____ **Р. В. КОНОНЕНКО**

_____ **В. В. БЕХ**

«_____» _____ 2024 р.

«_____» _____ 2024 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему: «Теоретичні основи та технологічні підходи до проєктування
рециркуляційної аквасистеми для культивування риб (на прикладі
африканського сома)»**

Спеціальність 207 - «Водні біоресурси та аквакультура»

Освітня програма «Водні біоресурси та аквакультура»

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Гарант освітньої програми

к.б.н., доцент

_____ **РУДИК-ЛЕУСЬКА Н. Я.**

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

к.с.-г.н., доцент

_____ **КОВАЛЕНКО В. О.**

Виконав

_____ **ПИЛИПЕНКО В. В.**

КИЇВ – 2024

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет тваринництва та водних біоресурсів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри аквакультури

д.с.-г.н., професор _____ Бех В. В.

“20” листопада 2023 року

ЗАВДАННЯ

**НА ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
СТУДЕНТУ**

Пилипенку Владиславу Володимировичу

Спеціальність 207 «Водні біоресурси та аквакультура»

Освітня програма Водні біоресурси та аквакультура

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Тема магістерської роботи: «Теоретичні основи та технологічні підходи до проєктування рециркуляційної аквасистеми для культивування риб (на прикладі африканського сома)»

затверджена наказом ректора НУБіП України від 31 жовтня 2023 р. № 1975 «С».

Термін подання завершеної роботи на кафедру 2024.10.20

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи

1. Об'єкт дослідження – технології інтенсивної аквакультури.

2. Предмет дослідження – теоретичне та технологічне обґрунтування до проекту рециркуляційної системи аквакультури з виробництва товарної продукції африканського кларієвого сома (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822).

3. Тип проектного господарства – індустріальний (рециркуляційна система аквакультури).

4. Технологічний цикл виробництва продукції – повний (від ікри до товарної риби).

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Аналіз сучасного стану і перспектив виробництва продукції африканського кларієвого сома в Україні і світі.
2. Аналіз літератури з теоретичних основ та практичних рішень щодо розробки проектів сучасних рециркуляційних аквасистем.
3. Вибір оптимальної конфігурації рециркуляційної аквасистеми для вирощування кларієвого сома, механізмів та облаштування для блоку регенерації води.
4. Технологія товарного вирощування кларієвого сома в рециркуляційній аквасистемі за повноцикловою схемою.
5. Розрахунки потреби проектованої аквасистеми у біологічному матеріалі, кормах, технологічному устаткуванні, енерго- і водопостачанні.
6. Оцінка очікуваного економічного ефекту від вирощування кларієвого сома в рециркуляційній аквасистемі.
7. Охорона праці та безпека життєдіяльності на підприємствах аквакультури.

Перелік графічних матеріалів:

1. Фотографії і рисунки: «Складові рециркуляційної аквасистеми», «Технологічна схема вирощування африканського сома», тощо.
2. Таблиці з результатами дослідження.
3. Презентація доповіді за темою випускної роботи у Microsoft Power Point

Дата видачі завдання

20 листопада 2023 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____ Коваленко В. О.

Завдання прийняв до виконання _____ Пилипенко В. В.

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна магістерська робота на тему «Теоретичні основи та технологічні підходи до проектування рециркуляційної аквасистеми для культивування риб (на прикладі африканського сома)» складається із вступу, восьми розділів, висновків та списку використаної літератури.

Робота містить 8 рисунків та 8 таблиць. Список використаної літератури налічує 61 найменування джерел інформації. Об'єм роботи – 113 сторінок.

Актуальність теми. Сучасні умови вимагають впровадження ефективних та екологічно чистих технологій у рибництві України. Зростаючий попит на рибну продукцію не завжди можливо задовольнити традиційними методами, які часто шкодять навколишньому середовищу. Рециркуляційні аквасистеми (RAS) є перспективним рішенням, адже вони дозволяють зберігати воду, зменшувати негативний вплив на природу та підвищувати рентабельність виробництва.

Африканський сом ідеально підходить для таких систем завдяки швидкому росту та невибагливості до умов утримання. В Україні промислове вирощування цього виду лише набирає обертів, проте він має значний комерційний потенціал.

Проектування повноциклічної рециркуляційної системи для африканського сома сприятиме підвищенню продуктивності, зменшенню залежності від природних ресурсів та забезпеченню споживачів якісною рибною продукцією.

Методи дослідження. У роботі використано комплекс загальнонаукових та спеціальних рибогосподарських методів для всебічного аналізу й обґрунтування проекту рециркуляційної аквасистеми. Зокрема, застосовано загальнонаукові методи аналізу, синтезу, обговорення та узагальнення результатів, що дозволяє чітко структурувати дані у висновках та рекомендаціях. Для визначення потреб підприємства у сировині та матеріалах відповідно до заданої потужності виробництва продукції використовувалися

спеціальні рибогосподарські методи розрахунку. Проведено економічний аналіз для оцінки ефективності проекту, включаючи розрахунки витрат на біологічний матеріал, корми, обладнання та енергоресурси.

Завдання дослідження. У ході роботи передбачено вивчення стану виробництва товарної продукції африканського сома в Україні та аналіз існуючих технологій його вирощування як в Україні, так і за кордоном, оцінка перспективних напрямів розвитку технологій сомівництва в Україні. Одним із завдань є вибір оптимального місця для будівництва підприємства. Потрібно було визначити технологію вирощування африканського сома в проектованій рециркуляційній системі, визначити потреби у сировині, матеріалах та обладнанні, провести аналіз економічної вигоди від виробництва товарного африканського сома у такій системі. Важливим аспектом є забезпечення охорони праці та безпеки на виробництві.

Об'єкт дослідження - сучасні технології інтенсивного вирощування африканського сома в замкнених рециркуляційних системах.

Предмет дослідження – теоретичні, економічні та технологічні аспекти проектування рибного господарства для вирощування африканського сома в умовах рециркуляційної аквасистеми, що дозволяє ефективно виробляти товарну продукцію.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблено науково обґрунтовану теоретичну основу для створення промислового господарства з вирощування африканського сома. Описано технологічний процес вирощування цієї риби і визначено необхідні матеріальні, сировинні та технічні ресурси для підприємства. Проведено аналіз ефективності виробництва товарного африканського сома в сучасних умовах, результати якого демонструють високий рівень продуктивності та рентабельності господарства.

Ключові слова: *інтенсивна аквакультура, африканський сом, рибництво, товарна рибна продукція, рециркуляційна система, технологічний процес, економічна ефективність*

Зміст

ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1. БІОЛОГО–ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ТОВАРНОГО СОМІВНИЦТВА	11
1.1. Кларієвий сом як об’єкт товарної аквакультури	11
1.2. Огляд технологій товарного сомівництва	13
1.2.1. Вирощування кларієвого сома у ставах.....	15
1.2.2. Садкове та басейнове сомівництво.	15
1.2.3. Вирощування кларієвого сома у рециркуляційних системах аквакультури.....	17
1.3 Характеристика рециркуляційних систем аквакультури.....	19
1.4. Сучасний стан і перспективи вирощування кларієвого сома в Україні	23
1.5. Заключення з огляду літератури.....	27
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	28
2.1. Методи досліджень	28
2.2. Рибоводно-біологічні нормативи відтворення та вирощування африканського сома в РАС	29
РОЗДІЛ 3. ОБГРУНТУВАННЯ МІСЦЯ СПОРУДЖЕННЯ ГОСПОДАРСТВА.....	31
3.1. Місце розташування підприємства	31
3.2. Рибогосподарська, гідрологічна та гідрохімічна характеристика джерела водопостачання	31
РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ АФРИКАНСЬКОГО СОМА	33
4.1 Схема технологічного процесу.....	33

4.2. Основні технологічні операції.....	34
4.2.1. Формування та утримання ремонтно-маточного стада.	34
4.2.2. Отримання зрілих статевих продуктів.....	37
4.2.3. Запліднення ікри.	39
4.2.4. Знеклеювання ікри африканського сома.	41
4.2.5. Інкубація ікри в умовах інкубцеху.....	43
4.2.6. Витримування передличинок африканського сома.....	45
4.2.7. Вирощування мальків.....	47
4.2.8. Вирощування товарного африканського сома в басейнах та його реалізація.	49
4.3. Лікувально-профілактичні заходи у товарному сомівництві.....	52
РОЗДІЛ 5. ТЕХНОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО ПРОЕКТУВАННЯ РЕЦИРКУЛЯЦІЙНИХ СИСТЕМ АКВАКУЛЬТУРИ.....	56
5.1. Система очищення води в РАС	59
5.1.1 Механічне очищення води	59
5.1.2 Біологічне очищення води	61
5.1.3 Система водопідготовки в РАС.....	65
РОЗДІЛ 6. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА	74
6.1. Розрахунки потреб у біологічному матеріалі різновікових груп....	75
6.2. Розрахунки потреб в комбікормах для годівлі риби	77
6.3. Розрахунки потреб в основних засобах виробництва	78
6.4. Водогосподарські розрахунки для проектування господарства	85
6.5. Узагальнення обладнання системи РАС	86
РОЗДІЛ 7. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ ПРОЕКТОВАНОГО ПІДПРИЄМСТВА.....	90

7.1. Матеріальні витрати проектового підприємства	90
7.1.1. Розрахунок витрат на комбикорми	90
7.1.2. Розрахунок витрат на закупівлю ремонтно-маточного стада ..	90
7.1.3. Розрахунки витрат господарства на енергоносії	90
7.1.4. Розрахунки витрат господарства на газ.....	91
7.2. Витрати на амортизацію.....	91
7.3. Витрати на оплату праці.....	92
7.4. Витрати на охорону праці	92
7.5. Інші операційні витрати	92
7.6. Загальні витрати підприємства.....	93
7.7. Собівартість товарної продукції.....	93
7.8. Дохід від виробленої продукції.....	93
7.9. Економічні показники проектового підприємства	93
РОЗДІЛ 8. ОХОРОНА ПРАЦІ НА ПІДПРИЄМСТВІ.....	94
ВИСНОВКИ.....	105
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	107

ВСТУП

Сучасні технології у сфері аквакультури постійно розвиваються з метою оптимізації процесів вирощування риби та зменшення негативного впливу на екологічні системи. Одним із найперспективніших напрямків є використання рециркуляційних аквакультурних систем (РАС), які дозволяють значно зменшити споживання водних ресурсів та контролювати умови вирощування риби в умовах замкненого водообігу. В умовах постійного збільшення попиту на рибну продукцію та обмежених природних ресурсів, інтенсифікація виробництва через впровадження РАС стає важливим напрямом розвитку галузі рибництва. Особливо це актуально для промислових господарств, які спеціалізуються на культивуванні таких високопродуктивних видів риб, як африканський сом (*Clarias gariepinus*) [59].

Африканський сом є одним із найпопулярніших видів для вирощування у РАС завдяки його фізіологічним особливостям, які дозволяють йому ефективно адаптуватися до умов з низьким вмістом кисню, високою щільністю посадки та мінливими параметрами середовища [25]. Високий темп росту, стійкість до захворювань і здатність адаптуватися до різних типів кормів робить цей вид привабливим для інтенсивного вирощування в промислових масштабах. Разом із тим, успішне культивування африканського сома в умовах РАС вимагає глибокого розуміння технологічних аспектів проектування систем, які включають контроль за водообміном, фільтрацією, аерацією, підтримкою оптимальної температури та інших параметрів [42].

Технологічні підходи до проектування РАС ґрунтуються на кількох ключових принципах, які включають енергоефективність, стабільність водного середовища та мінімізацію ризиків забруднення. Успіх вирощування риб у таких системах залежить від здатності системи забезпечувати стабільне водопостачання з ефективним очищенням, збереженням температурних параметрів і підтримкою належних умов для швидкого росту риби. Впровадження сучасних технологій водопідготовки та очищення дозволяє

мінімізувати вплив на зовнішнє середовище, роблячи рибне господарство більш екологічно дружнім.

Значення РАС у контексті сталого розвитку аквакультури важко переоцінити. Ці системи дозволяють вирішити низку екологічних проблем, пов'язаних з традиційними методами вирощування риби в відкритих водоймах, зокрема, забруднення водойм відходами, хворобами та паразитами, а також нераціональним використанням водних ресурсів. РАС дозволяють значно зменшити обсяги забруднених водних скидів за рахунок повторного використання води після її механічного, біологічного та хімічного очищення. Водночас, такі системи потребують високих капіталовкладень на етапі проектування та впровадження, а також постійного моніторингу та контролю параметрів середовища для забезпечення стабільного функціонування [5].

Вирощування африканського сома в рециркуляційних системах супроводжується певними викликами, які потребують уваги дослідників та практиків. Зокрема, це питання забезпечення високоякісних кормів, оптимізації систем очищення води та зниження енергоспоживання. Сучасні підходи до проектування таких систем передбачають застосування ефективних біофільтрів, аераційних установок і пристроїв для підтримання стабільної температури води, що є необхідним для створення сприятливих умов для росту риби. Крім того, розробка ефективної рециркуляційної системи вимагає комплексного підходу, який об'єднує знання з біології, екології, інженерії та економіки [34].

Таким чином, у першому розділі роботи будуть розглянуті основні теоретичні засади та технологічні підходи до проектування рециркуляційної аквасистеми, зокрема на прикладі культивування африканського сома. Дослідження цих аспектів дозволить зрозуміти, яким чином досягати максимальної ефективності в умовах інтенсивного рибництва та мінімізувати екологічні ризики. Розгляд технологічних інновацій та їх застосування у сучасних системах дасть змогу сформулювати чітке бачення щодо перспектив розвитку даного напрямку аквакультури, а також можливих шляхів вдосконалення існуючих підходів до вирощування риб.

РОЗДІЛ 1

БІОЛОГО–ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ТОВАРНОГО СОМІВНИЦТВА

1.1. Кларієвий сом як об'єкт товарної аквакультури

Кларієвий сом (*Clarias gariepinus*) є однією з найбільш популярних риб у товарній аквакультурі завдяки своїм біологічним особливостям, високій продуктивності та широкому попиту на ринку. У цьому підрозділі розглянуто біологічні особливості кларієвого сома, його харчування, умови утримання та основні показники продуктивності, що роблять його привабливим для вирощування в рециркуляційних системах аквакультури [58, 61].

Біологічні особливості. Кларієвий сом (рис. 1.1) належить до родини *Clariidae* і поширений в Африці та деяких регіонах Азії. Цей вид риби відзначається високою адаптивністю до різних умов середовища, включаючи низький вміст кисню у воді, завдяки наявності додаткових дихальних органів, які дозволяють дихати атмосферним повітрям [33].

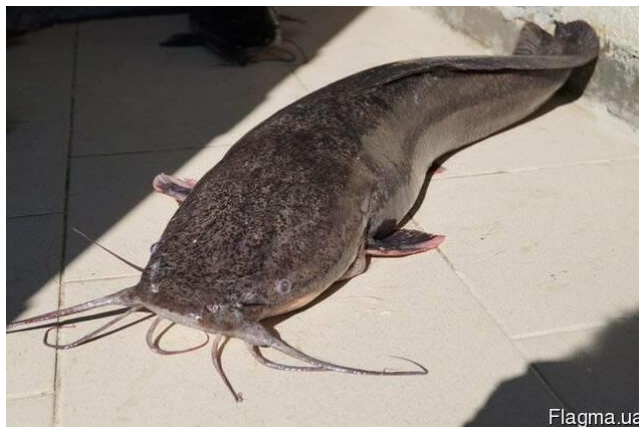


Рис 1.1. Кларієвий сом (*Clarias gariepinus*)

Кларієвий сом має довге циліндричне тіло, яке допомагає йому легко пересуватися у воді. Забарвлення тіла варіюється від темно–коричневого до

сіро–чорного. Ця риба може досягати до 1,5 метра в довжину і важити до 60 кг, хоча в умовах аквакультури зазвичай досягає маси до 2,0–3,0 кг [57].

Умови утримання. Для успішного вирощування кларієвого сома необхідно створити оптимальні умови, а саме:

- Температура води: 26,0–30,0°C. Кларієвий сом є тропічною рибою, тому потребує теплих умов для оптимального росту.
- Рівень кисню: понад 5,0 мг/л. Незважаючи на здатність дихати атмосферним повітрям, високий рівень кисню у воді сприяє кращому росту та здоров'ю риби.
- рН води: 6,5–8,5. Кларієвий сом може жити в широкому діапазоні рН, проте нейтральна або слабколужна вода є найбільш сприятливою.
- Солоність: до 5,0‰. Кларієвий сом може витримувати певний рівень солоності, що робить його придатним для вирощування у різних умовах [24].

Живлення. Кларієвий сом є всеїдною рибою, здатною споживати широкий спектр кормів. В умовах аквакультури його зазвичай годують спеціалізованими комбікормами, які містять високий рівень протеїнів (35,0–45,0%), що забезпечує швидкий ріст та високу продуктивність. Кормові раціони також можуть включати вуглеводи, жири, вітаміни та мінерали для забезпечення збалансованого харчування [38].

Виробничі показники. Кларієвий сом демонструє високі виробничі показники, що робить його економічно вигідним об'єктом товарної аквакультури:

- Коефіцієнт конверсії штучного корму (FCR) – 1,2–1,6. Це означає, що на 1,0 кг приросту маси тіла риби потрібно 1,2–1,6 кг корму.
- Приріст маси – до 1,0 кг за 6–8 місяців. Швидкий ріст дозволяє скоротити період вирощування та підвищити рентабельність виробництва.

- Вихід філе – 40,0–45,0%. Високий вихід філе робить кларієвого сома привабливим для ринку[40].
- Висока рентабельність виробництва товарної продукції, завдяки швидкому росту та низьким витратам на корм.
- Витривалість: здатність виживати в умовах низького кисню та високої щільності посадки.
- Високий попит на філе кларієвого сома, як на українському, так і міжнародному ринках [30].

Отже, кларієвий сом є перспективним об'єктом товарної аквакультури, що дозволяє отримувати високоякісну продукцію при мінімальних витратах. Оптимальні умови утримання та збалансоване харчування є ключовими факторами для досягнення високої продуктивності в рециркуляційних аквакультурних системах.

1.2. Огляд технологій товарного сомівництва

У товарному сомівництві використовуються різні технології, які забезпечують оптимальні умови для росту та розвитку риби. Основні методи включають вирощування у ставах, садкове та басейнове сомівництво, а також використання рециркуляційних систем аквакультури.

Вирощування у ставах є традиційним методом, що включає використання природних або штучних водойм, де риба утримується і годується до досягнення товарних розмірів [36].

Цей метод має низькі капітальні витрати на обладнання та будівництво, використання природних ресурсів, таких як вода і природні корми, має відносно низьку щільність посадки риби, але спричиняє ризик забруднення водойм і поширення захворювань, а результат вирощування у значній мірі залежить від природних умов [27].

Садкове сомівництво передбачає вирощування риби у спеціальних садках, встановлених у природних водоймах або великих штучних басейнах.

Садки, виготовлені з металевих або пластикових матеріалів, можуть бути стаціонарними або плавучими. Переваги цього методу включають контрольовані умови утримання риби, можливість вирощування риби у великих обсягах, легкість у моніторингу та управлінні рибою. Недоліками є високі капітальні витрати на будівництво та обслуговування садків, ризик поширення захворювань через високу щільність посадки, а також вплив на навколишнє середовище, зокрема на водні екосистеми.

Басейнове сомівництво передбачає вирощування риби у спеціально побудованих басейнах, які можуть бути як відкритими, так і закритими [16]. Цей метод дозволяє забезпечити високий рівень контролю над умовами утримання, включаючи повний контроль над параметрами води (температура, якість, кисневий режим), високу щільність посадки та ефективне використання простору, зниження ризику впливу зовнішніх факторів та захворювань. Однак цей метод потребує високих капітальних витрат на будівництво та обслуговування басейнів, складних систем фільтрації та аерації, а також постійного моніторингу та управління системою.

Рециркуляційні системи аквакультури (RAS) є одним з найбільш сучасних та ефективних методів вирощування риби. Ці системи забезпечують повний контроль над умовами утримання за рахунок постійного обігу та фільтрації води, що мінімізує споживання води завдяки її повторному використанню, дозволяє досягти високої щільності посадки риби та максимальної продуктивності, знижує ризик захворювань завдяки контрольованим умовам та незалежності від зовнішніх природних умов, що робить їх придатними для використання в будь-якому регіоні. Проте ці системи мають високі капітальні та експлуатаційні витрати, потребують складних технічних систем та кваліфікованого персоналу, а також є енергозатратними, особливо для підтримання стабільної температури та аерації води [29].

Кожна з цих технологій має свої переваги та недоліки, які впливають на продуктивність та економічну ефективність виробництва. Вибір конкретної технології залежить від доступних ресурсів, ринкових умов та стратегічних

цілей підприємства. Рециркуляційні системи аквакультури (RAS) є найбільш перспективними для інтенсивного вирощування кларієвого сома, оскільки забезпечують максимальний контроль над умовами утримання та високу продуктивність.

1.2.1. Вирощування кларієвого сома у ставах. Вирощування у ставах є одним з найбільш традиційних методів товарного сомівництва (рис 1.2). Цей метод включає використання природних або штучних водойм, де риба утримується і годується до досягнення товарних розмірів [1].



Рис. 1.2. Став для вирощування кларієвого сома

Переваги:

- Низькі капітальні витрати на обладнання та будівництво.
- Використання природних ресурсів, таких як вода і природні корми.

Недоліки:

- Висока залежність від природних умов (температура води, сезонні зміни посушливого і дощового періодів, якість води).
- Відносно низька щільність посадки риби.
- Ризик забруднення водойм та поширення захворювань.

1.2.2. Садкове та басейнове сомівництво. Садкове сомівництво включає вирощування риби у спеціальних садках, встановлених у природних водоймах або великих штучних басейнах. Садки зазвичай виготовляються з металевих або пластикових матеріалів і можуть бути стаціонарними або плавучими (рис. 1.3) [9].



Рис 1.3. Садки для вирощування кларієвого сома

Переваги:

- Контрольовані умови утримання риби.
- Можливість вирощування риби у великих обсягах.
- Легкість у моніторингу та управлінні рибою.

Недоліки:

- Високі капітальні витрати на будівництво та обслуговування садків.
- Ризик поширення захворювань через високу щільність посадки.
- Вплив на навколишнє середовище, зокрема на водні екосистеми.

Басейнове сомівництво передбачає вирощування риби у спеціально побудованих басейнах (рис. 1.4), які можуть бути як відкритими, так і закритими. Цей метод дозволяє забезпечити високий рівень контролю над умовами утримання [15].



Рис. 1.4. Басейнове сомівництво

Переваги:

- Повний контроль над параметрами води (температура, якість, кисневий режим).
- Висока щільність посадки та ефективне використання простору.
- Зниження ризику впливу зовнішніх факторів та захворювань.

Недоліки:

- Високі капітальні витрати на будівництво та обслуговування басейнів.
- Потреба в складних системах фільтрації та аерації.
- Необхідність у постійному моніторингу та управлінні системою.

1.2.3. Вирощування кларієвого сома у рециркуляційних системах аквакультури. Рециркуляційні системи аквакультури (RAS) є одним з найбільш сучасних та ефективних методів вирощування риби. Ці системи забезпечують повний контроль над умовами утримання за рахунок постійного обігу та фільтрації води. Завдяки постійному обігу води, RAS дозволяють значно знизити споживання водних ресурсів, що робить їх екологічно стійкими та економічно вигідними. Основними компонентами RAS є резервуари для риби, механічні фільтри, біофільтри, системи аерації та оксигенації, а також системи нагріву або охолодження води [16].

Резервуари для риби забезпечують простір для утримання риби та оптимальні умови для її росту і розвитку. Механічні фільтри видаляють тверді частинки та залишки корму з води, запобігаючи забрудненню системи. Біофільтри здійснюють біологічну фільтрацію, перетворюючи токсичні аміачні сполуки, що виділяються рибою, в менш шкідливі нітрати за допомогою нітрифікуючих бактерій. Системи аерації та оксигенації забезпечують необхідний рівень кисню у воді, що є критичним для здоров'я та росту риби. Системи нагріву або охолодження води дозволяють підтримувати оптимальну температуру, що сприяє максимальному росту та продуктивності риби.

RAS мають низку переваг, серед яких високий рівень контролю умов утримання, що дозволяє забезпечити стабільні та оптимальні параметри води для вирощування риби. Це знижує ризик захворювань та мінімізує вплив зовнішніх факторів, таких як сезонні зміни температури або якості води. Завдяки високій щільності посадки риби в RAS можна утримувати більшу кількість риби на одиницю об'єму води, що підвищує продуктивність системи.

Однак, RAS мають і свої недоліки. Вони потребують значних капітальних інвестицій для будівництва та обладнання, а також високих експлуатаційних витрат на електроенергію для роботи насосів, фільтрів та систем аерації. Крім того, управління RAS потребує високої кваліфікації персоналу для моніторингу та підтримання оптимальних умов утримання риби. Технічні збої в системі можуть мати серйозні наслідки для здоров'я риби та її продуктивності [17].

Незважаючи на ці недоліки, рециркуляційні системи аквакультури є перспективним методом для інтенсивного вирощування риби, особливо таких видів, як кларієвий сом, завдяки можливості забезпечити високий рівень контролю умов утримання та продуктивність (рис. 1.5). Подальший розвиток технологій та зниження витрат на обладнання можуть зробити RAS ще більш привабливими для широкого використання в аквакультурі, сприяючи зростанню виробництва рибної продукції та забезпеченню її високої якості.



Рис 1.5. Вирощування сома у басейнах RAS

Переваги:

- Мінімізація споживання води завдяки її повторному використанню.
- Висока щільність посадки риби та максимальна продуктивність.
- Зниження ризику захворювань завдяки контрольованим умовам.

Недоліки:

- Високі капітальні та експлуатаційні витрати.

- Потреба у кваліфікованому персоналі для обслуговування складних технічних систем.
- Енерговитратність, особливо для підтримання стабільної температури та аерації води.

1.3 Характеристика рециркуляційних систем аквакультури

Рециркуляційні системи аквакультури (RAS) є інноваційним методом вирощування риби, який забезпечує високий рівень контролю над умовами утримання і мінімізує споживання води. Ці системи дозволяють підтримувати оптимальні умови для росту і розвитку риби, знижуючи ризики захворювань і впливу зовнішніх факторів. У цьому розділі детально розглянуто структуру, принцип роботи, переваги та недоліки RAS, а також їх застосування у товарному сомівництві. Рециркуляційні системи аквакультури складаються з кількох основних компонентів, які забезпечують постійний обіг води і підтримання її якості. До основних компонентів RAS належать резервуари для риби, механічні фільтри, біофільтри, дегазатори, УФ-стерилізатори, системи аерації та оксигенації, а також системи нагріву або охолодження води [19].

Вода з резервуарів для риби проходить через усі ці компоненти і повертається до резервуарів, забезпечуючи постійний обіг і підтримання необхідних параметрів. Механічні фільтри видаляють тверді частинки і залишки корму з води, біофільтри забезпечують біологічну фільтрацію шляхом перетворення аміаку, що виділяється рибою, в нітрати за допомогою нітрифікуючих бактерій, а дегазатори видаляють надлишок вуглекислого газу з води. УФ-стерилізатори використовуються для знищення патогенних мікроорганізмів, а системи аерації та оксигенації забезпечують необхідний рівень кисню у воді.

Системи нагріву або охолодження підтримують оптимальну температуру води для різних видів риб. Переваги RAS включають економію води, оскільки ці системи дозволяють значно зменшити її споживання завдяки повторному

використанню. Контроль умов утримання в RAS забезпечує можливість точного контролю всіх параметрів води, таких як температура, рівень кисню, якість води, що сприяє оптимальному росту риби. Висока щільність посадки в RAS дозволяє утримувати більшу кількість риби на одиницю об'єму води, що підвищує продуктивність. Зниження ризику захворювань у RAS досягається завдяки контрольованим умовам і використанню УФ-стерилізаторів та інших методів дезінфекції, що знижує ризик поширення хвороб [39].

Незалежність від зовнішніх умов дозволяє RAS працювати незалежно від зовнішніх природних умов, що робить їх придатними для використання в будь-якому регіоні. Однак RAS мають і свої недоліки. До них належать високі капітальні витрати на будівництво та обладнання, а також енергозатратність систем. Крім того, RAS потребують високої кваліфікації персоналу для управління системами та моніторингу параметрів води. Ризик технічних збоїв у RAS також є суттєвим недоліком, оскільки технічні збої можуть призвести до швидкого погіршення умов утримання риби, що може мати негативні наслідки для її здоров'я. Застосування RAS у товарному сомівництві є особливо ефективним для вирощування кларієвого сома завдяки можливості забезпечити оптимальні умови для його росту і розвитку. Висока щільність посадки та швидкий ріст кларієвого сома дозволяють досягти високої продуктивності в таких системах [18].

Контроль температури, якості води і рівня кисню є ключовими факторами для успішного вирощування цієї риби. Рециркуляційні системи аквакультури є перспективним методом вирощування риби, що дозволяє забезпечити високий рівень контролю умов утримання і мінімізувати вплив зовнішніх факторів. Незважаючи на високі капітальні та експлуатаційні витрати, RAS забезпечують високу продуктивність та економічну ефективність, особливо при вирощуванні таких видів риб, як кларієвий сом. Подальший розвиток технологій і зниження витрат на обладнання можуть зробити RAS ще більш привабливими для широкого використання в аквакультурі.

Структура та принцип роботи RAS

Рециркуляційні системи аквакультури складаються з кількох основних компонентів, які забезпечують постійний обіг води і підтримання її якості:

1. Резервуари для риби: спеціальні басейни або танки, де утримується риба.
2. Механічні фільтри: видаляють тверді частинки і залишки корму з води.
3. Біофільтри: забезпечують біологічну фільтрацію шляхом перетворення аміаку, що виділяється рибою, в нітрати за допомогою нітрифікуючих бактерій.
4. Дегазатори: видаляють надлишок вуглекислого газу з води.
5. УФ–стерилізатори: використовуються для знищення патогенних мікроорганізмів.
6. Системи аерації та оксигенації: забезпечують необхідний рівень кисню у воді.
7. Системи нагріву або охолодження: підтримують оптимальну температуру води для різних видів риб.

Вода з резервуарів для риби проходить через усі ці компоненти і повертається до резервуарів, забезпечуючи постійний обіг і підтримання необхідних параметрів (рис 1.6) [17].



Рис 1.6. Система RAS

Переваги RAS:

- Економія води: RAS дозволяють значно зменшити споживання води завдяки її повторному використанню. Це особливо важливо в регіонах з обмеженими водними ресурсами.

- Контроль умов утримання: забезпечують можливість точного контролю всіх параметрів води (температура, рівень кисню, якість води), що сприяє оптимальному росту риби.
- Висока щільність посадки: дозволяють утримувати більшу кількість риби на одиницю об'єму води, що підвищує продуктивність.
- Зниження ризику захворювань: завдяки контрольованим умовам і використанню УФ–стерилізаторів та інших методів дезінфекції, знижується ризик поширення хвороб.
- Незалежність від зовнішніх умов: RAS можуть працювати незалежно від зовнішніх природних умов, що робить їх придатними для використання в будь–якому регіоні.

Недоліки RAS

- Високі капітальні витрати: будівництво та обладнання RAS вимагають значних інвестицій.
- Енерговитратність: системи потребують постійного електропостачання для роботи фільтрів, насосів, систем аерації та нагріву.
- Складність управління: потребують високої кваліфікації персоналу для управління системами та моніторингу параметрів води.
- Ризик технічних збоїв: технічні збої можуть призвести до швидкого погіршення умов утримання риби, що може мати негативні наслідки для її здоров'я.

Застосування RAS у товарному сомівництві. RAS особливо ефективні для вирощування кларієвого сома завдяки можливості забезпечити оптимальні умови для його росту і розвитку. Висока щільність посадки та швидкий ріст кларієвого сома дозволяють досягти високої продуктивності в таких системах. Контроль температури, якості води і рівня кисню є ключовими факторами для успішного вирощування цієї риби.

Отже, рециркуляційні системи аквакультури є перспективним методом вирощування риби, що дозволяє забезпечити високий рівень контролю умов утримання і мінімізувати вплив зовнішніх факторів. Незважаючи на високі капітальні та експлуатаційні витрати, RAS забезпечують високу продуктивність та економічну ефективність, особливо при вирощуванні таких видів риб, як кларієвий сом. Подальший розвиток технологій і зниження витрат на обладнання можуть зробити RAS ще більш привабливими для широкого використання в аквакультурі.

1.4. Сучасний стан і перспективи вирощування кларієвого сома в Україні

Вирощування кларієвого сома (*Clarias gariepinus*) в Україні має значний потенціал завдяки сприятливим кліматичним умовам, наявності водних ресурсів та зростаючому попиту на рибну продукцію. Ця риба відома своєю високою адаптивністю до різних умов середовища, швидким ростом та високою продуктивністю, що робить її привабливою для комерційного вирощування [8].

Сучасний стан галузі характеризується активним розвитком вирощування кларієвого сома, особливо в центральних та південних регіонах країни, де кліматичні умови є найбільш сприятливими для цього виду [60].

Попит на ринку рибної продукції зростає, що стимулює розвиток аквакультурних підприємств та впровадження нових технологій. Основні фактори, що сприяють розвитку галузі, включають зростаючий попит на якісну рибну продукцію, підтримку з боку держави, наявність фінансування та грантів на розвиток інфраструктури, а також інвестиції в сучасні технології, такі як рециркуляційні системи аквакультури (RAS). Проте галузь стикається з низкою проблем, серед яких недостатня інфраструктура, високі капітальні витрати на створення та обслуговування RAS, а також недостатня підготовка та кваліфікація фахівців у галузі аквакультури [7].

Основні досягнення в галузі включають зростання виробництва кларієвого сома, покращення якості продукції завдяки використанню високоякісних кормів та сучасних систем управління водними ресурсами, а також експортний потенціал українських виробників, які активно працюють над виходом на міжнародні ринки. Перспективи розвитку вирощування кларієвого сома в Україні виглядають досить оптимістичними завдяки кільком ключовим факторам.

Впровадження інноваційних технологій, таких як рециркуляційні системи аквакультури, дозволяє підвищити ефективність виробництва та зменшити залежність від зовнішніх природних умов. Зростаючий попит на рибну продукцію як в Україні, так і за її межами, стимулює розвиток галузі, розширення внутрішнього ринку та вихід на міжнародні ринки [12].

Державна підтримка, включаючи фінансування, гранти та податкові пільги, сприяє розвитку аквакультури в Україні, залученню інвестицій та забезпеченню стабільного розвитку галузі. Підвищення кваліфікації персоналу та впровадження сучасних методів навчання сприятимуть підвищенню ефективності управління та виробництва. Використання екологічно безпечних методів вирощування та управління водними ресурсами дозволить знизити негативний вплив на навколишнє середовище та забезпечити стійкий розвиток аквакультури.

Таким чином, вирощування кларієвого сома в Україні має значний потенціал для подальшого розвитку завдяки сприятливим умовам, зростаючому попиту на рибну продукцію та підтримці з боку держави. Впровадження сучасних технологій, розвиток ринку та підвищення кваліфікації персоналу сприятимуть підвищенню ефективності виробництва та забезпеченню високої якості продукції. Проте для досягнення максимального потенціалу галузі необхідно вирішити ряд проблем, таких як інфраструктурні обмеження та високі витрати на обладнання.

Сучасний стан вирощування кларієвого сома в Україні. На сьогоднішній день вирощування кларієвого сома в Україні активно

розвивається, особливо в центральних та південних регіонах країни. Основні фактори, що сприяють розвитку галузі, включають:

- Попит на ринку: зростаючий попит на якісну рибну продукцію як на внутрішньому, так і на міжнародному ринках.
- Підтримка з боку держави: існування програм підтримки аквакультури, включаючи фінансування та гранти на розвиток інфраструктури.
- Інвестиції в технології: зростаючий інтерес до використання сучасних технологій, таких як рециркуляційні системи аквакультури (RAS), для підвищення ефективності виробництва.
- Проте, галузь стикається з низкою проблем:
- Недостатня інфраструктура: багатьом підприємствам бракує сучасних технологій та обладнання.
- Високі витрати: значні капітальні витрати на створення та обслуговування RAS, що стримує розвиток дрібних та середніх виробників.
- Кваліфікація персоналу: недостатня підготовка та кваліфікація фахівців у галузі аквакультури.

Основні досягнення:

- Зростання виробництва: за останні роки обсяги виробництва кларієвого сома значно зросли завдяки впровадженню сучасних технологій та збільшенню кількості підприємств, що займаються аквакультурою.
- Покращення якості продукції: використання високоякісних кормів та сучасних систем управління водними ресурсами дозволило підвищити якість продукції та забезпечити її відповідність міжнародним стандартам.

- **Експортний потенціал:** Українські виробники активно працюють над виходом на міжнародні ринки, що відкриває нові можливості для розвитку галузі [14].

Перспективи розвитку. Перспективи вирощування кларієвого сома в Україні виглядають досить оптимістичними завдяки кільком ключовим факторам:

1. **Інноваційні технології.** Впровадження рециркуляційних систем аквакультури дозволяє підвищити ефективність виробництва та зменшити залежність від зовнішніх природних умов. Використання RAS забезпечує оптимальні умови для росту риби, що підвищує продуктивність та якість продукції.
2. **Розвиток ринку.** Зростаючий попит на рибну продукцію як в Україні, так і за її межами стимулює розвиток галузі. Розширення внутрішнього ринку та вихід на міжнародні ринки сприяють збільшенню обсягів виробництва та підвищенню рентабельності.
3. **Державна підтримка.** Подальше вдосконалення програм державної підтримки, включаючи фінансування, гранти та податкові пільги, сприятиме розвитку аквакультури в Україні. Це дозволить залучити більше інвестицій у галузь та забезпечити її стабільний розвиток.
4. **Навчання та підготовка кадрів.** Підвищення кваліфікації персоналу та впровадження сучасних методів навчання сприятиме підвищенню ефективності управління та виробництва. Співпраця з освітніми установами та проведення тренінгів допоможуть забезпечити галузь висококваліфікованими фахівцями.
5. **Екологічна стійкість.** Використання екологічно безпечних методів вирощування та управління водними ресурсами дозволить знизити негативний вплив на навколишнє середовище та забезпечити стійкий розвиток аквакультури [21].

Таким чином, вирощування кларієвого сома в Україні має значний потенціал для подальшого розвитку завдяки сприятливим умовам, зростаючому попиту на рибну продукцію та підтримці з боку держави. Впровадження сучасних технологій, розвиток ринку та підвищення кваліфікації персоналу сприятимуть підвищенню ефективності виробництва та забезпеченню високої якості продукції. Проте, для досягнення максимального потенціалу галузі необхідно вирішити ряд проблем, таких як інфраструктурні обмеження та високі витрати на обладнання.

1.5. Заключення з огляду літератури

Узагальнюючи огляд літератури, можна зробити наступні висновки:

1. Кларієвий сом є перспективним об'єктом товарної аквакультури, який дозволяє отримувати високоякісну продукцію при мінімальних витратах.
2. Різні технології вирощування, включаючи рециркуляційні системи, забезпечують оптимальні умови для росту та розвитку риби. Проте, для досягнення максимальних результатів необхідно враховувати біологічні особливості виду та створювати відповідні умови утримання.
3. Перспективи розвитку галузі в Україні є сприятливими, проте для їх реалізації необхідно вирішити ряд важливих завдань.

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Методи досліджень

В якості об'єкта досліджень для проектної роботи було обрано систему рециркуляційної аквакультури (РАС) для вирощування африканського сома (*Clarias gariepinus*). Предметом досліджень слугували біологічні особливості африканського сома, технологія його культивування у РАС, а також технічні аспекти функціонування системи, зокрема якість води, параметри водообігу та ефективність системи біофільтрації.

Під час виконання проекту застосовувалися такі **методи досліджень**:

- аналіз науково-технічної інформації для визначення оптимальних умов вирощування африканського сома в РАС, зокрема температурного режиму, концентрації кисню, аміаку та інших параметрів якості води;

- експериментальні методи для дослідження ефективності роботи різних систем фільтрації, аерації та підтримання гідрохімічних параметрів у РАС. Зокрема, при проходженні виробничої практики на підприємстві ТОВ «АКВА СИСТЕМ ОРГАНІК», проводилися вимірювання зміни рівня нітратів, аміаку та кисню під час експлуатації системи. Мікробіологічні дослідження були спрямовані на оцінку ефективності біофільтрації, зокрема дослідження процесів нітрифікації та денітрифікації у фільтрах. Дослідження також включали моніторинг якості води в різних режимах експлуатації РАС для визначення оптимальних умов вирощування. Результати досліджень використовувалися для коригування технологічних параметрів системи, таких як швидкість водообміну, обсяг біофільтра та режими аерації.

2.2. Рибоводно-біологічні нормативи відтворення та вирощування африканського сома в РАС

Нормативну базу технології вирощування африканського сома в рециркуляційних аквакультурних системах (РАС) у проєктованому господарстві зведено до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Нормативна база технології вирощування африканського сома в рециркуляційних аквакультурних системах (РАС) [16, 30]

Параметр	Нормативні значення
Температура води	28-30 °С (оптимальна), 15-35 °С (допустима)
Солоність води	0-12 ‰
pH води	6,5-8,5
Рівень розчиненого кисню	Не менше 5 мг/л
Густота посадки (молодь)	30-50 кг/м ³
Густота посадки (дорослі)	100-150 кг/м ³
Частота годівлі	3 рази на день
Склад корму для плідників	Білок 35-38 %
Добовий раціон для плідників	1,5 % від маси тіла риби
Температура для нересту	23-25 °С
Час міжнерестових інтервалів	3 місяці
Тривалість інкубації ікри	25 годин
Оптимальна температура для молоді	27 °С
Тривалість вирощування личинок	3 тижні
Тривалість завершального етапу	30-50 днів
Середня маса риби на завершальному етапі	800-1200 г
Вихід товарної продукції	400-500 кг/м ³
Добовий раціон для товарної риби	3 % від маси тіла

Показники нормування годівлі різновікового матеріалу африканського сома, залежно від маси тіла риби, наведено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Показники нормування годівлі різновікового матеріалу африканського сома, залежно від маси тіла риби [30]

Маса риби	Кормовий коефіцієнт
0-10 г	0,8
10-50 г	0,9
50-150 г	1,0
150-300 г	1,1
300-500 г	1,2
500-1000 г	1,3
понад 1000 г	1,4

РОЗДІЛ 3 ОБГРУНТУВАННЯ МІСЦЯ СПОРУДЖЕННЯ ГОСПОДАРСТВА

3.1. Місце розташування підприємства

Для вирощування африканського сома в рециркуляційних аквакультурних системах (РАС) було обрано місто Богуслав, Київської області. Це місце розташування має численні переваги для розвитку аквакультурного підприємства. По-перше, Богуслав знаходиться приблизно за 100 км на південь від Києва, що забезпечує зручний доступ до столиці та основних ринків збуту продукції (рис. 3.1).

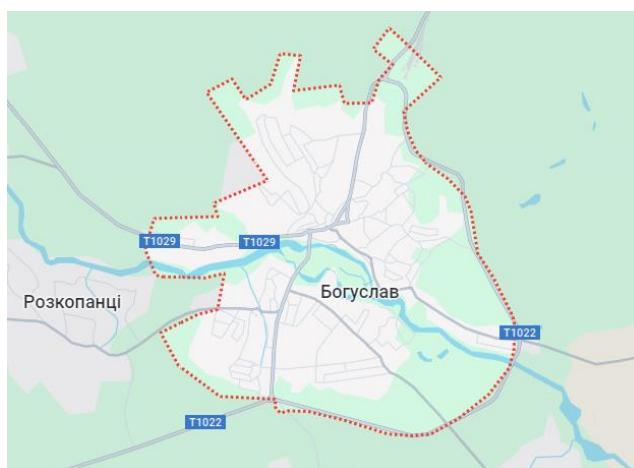


Рис. 3.1. Місце розташування проектного підприємства

Богуслав має розвинену інфраструктуру, що включає добрі автомобільні дороги та наявність постачальників кормів, обладнання та інших необхідних матеріалів. Вибране місце також відзначається близькістю до природних водних ресурсів, що забезпечує можливість використання місцевих водойм для підвищення екологічності виробництва.

3.2. Рибогосподарська, гідрологічна та гідрохімічна характеристика джерела водопостачання

Для забезпечення водопостачання підприємства планується використовувати підземні води, які в Богуславі характеризуються високою

якістю. Глибина залягання підземних вод в цьому регіоні становить близько 15-20 метрів, що забезпечує легкий доступ до них.

Гідрологічні характеристики джерела водопостачання включають:

- **Дебіт води:** Водозабір може забезпечити дебіт близько 50-100 м³ на добу, що є достатнім для функціонування рециркуляційних аквакультурних систем і забезпечення потреб підприємства.
- **Стабільність води:** Підземні води в регіоні відзначаються стабільним рівнем, що дозволяє підтримувати необхідний водний баланс.

Гідрохімічні характеристики води свідчать про її високу якість, що є важливим фактором для вирощування африканського сома (таблиця 3.1) [11].

Таблиця 3.1.

Гідрохімічні показники підземних вод міста Богуслав [11]

Параметр	Одиниця виміру	Нормативне значення	Фактичне значення для підземних вод м. Богуслав
pH	pH	6,5 – 8,5	7,4
Розчинений кисень	мг/л	5 – 10	7,8
Амоній (NH ₄ ⁺)	мг/л	< 0,5	0,2
Нітрати (NO ₃ ⁻)	мг/л	< 10	5,0
Нітрит (NO ₂ ⁻)	мг/л	< 0,1	0,01
Кальцій (Ca ²⁺)	мг/л	40 – 100	70
Магній (Mg ²⁺)	мг/л	10 – 50	25
Залізо (Fe ²⁺)	мг/л	< 0,2	0,05
Сульфати (SO ₄ ²⁻)	мг/л	< 250	150
Хлориди (Cl ⁻)	мг/л	< 250	20
Твердість	мг-екв/л	3 - 7	3,5

РОЗДІЛ 4

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ АФРИКАНСЬКОГО СОМА

4.1 Схема технологічного процесу

Схема технологічного процесу вирощування африканського сома в рециркуляційних аквакультурних системах (РАС) повинна охоплювати всі етапи замкненого життєвого циклу риби, від запліднення ікри до отримання нових маточних стад. Такий підхід дозволяє самостійно відтворювати потомство і повністю контролювати всі стадії виробництва. Ось схема замкненого життєвого циклу африканського сома:

1. Формування ремонтно-маточного стада. На початковому етапі обирають найбільш продуктивних самців і самок для формування ремонтно-маточного стада. Це особини, які мають високі темпи росту, добру генетику і стійкість до захворювань. Ремонтно-маточне стадо утримується в окремих басейнах з оптимальними умовами, які включають постійний контроль за температурою води (26-30°C), рівнем кисню, збалансованою годівлею [10].

2. Отримання зрілих статевих продуктів. Для розмноження самок стимулюють до нересту за допомогою гормональних препаратів. Самки зціджують ікру, а самці – молоки, які змішуються для штучного запліднення. Процес запліднення відбувається в інкубаційному цеху при відповідних умовах (температура води, якість води, аерація) [31].

3. Інкубація ікри. Запліднена ікра переноситься до інкубаційних апаратів, де відбувається її інкубація за суворо контрольованими умовами. Температура підтримується на рівні 26-30°C, рівень кисню – не менше 5-6 мг/л. Інкубаційний період триває 24-48 годин, залежно від умов. Після вилуплення личинок відбувається ретельний контроль за їх розвитком [32].

4. Витримування передличинок до стадії личинки. Вилуплених передличинок переносять у спеціальні резервуари для витримування. Передличинки використовують жовтковий мішок як джерело харчування протягом перших днів життя. Після того, як вони поглинають жовтковий

мішок, то стають личинками і починають харчуватися зовнішнім кормом. Важливо забезпечити відповідні умови: температура води 26-28°C, достатня аерація і якість води [31].

5. Вирощування мальків. Коли личинки проходять метаморфоз і стають мальками, їх переміщують у вирощувальні басейни або акваріуми. Мальків годують стартовими кормами, які мають високий вміст білка (40-45%). Контролюються параметри води для забезпечення стабільного росту. Через 1-2 місяці мальки починають активно рости і набирати вагу.

6. Вирощування товарної риби. Мальки перетворюються на молодь, а потім – на товарну рибу. Риба вирощується в РАС або ставках до досягнення товарної ваги (1-1,5 кг). Важливим аспектом є забезпечення високої густоти посадки, оптимальних умов годівлі та стабільних параметрів води. Годівля здійснюється комбікормами, збагаченими білками, вітамінами та мікроелементами. Риба вирощується 6-8 місяців до товарного розміру [43].

7. Реалізація товарної риби. Після досягнення товарної ваги риба проходить підготовку до реалізації. Це може бути жива риба або охолоджена, заморожена продукція, залежно від вимог ринку. Рибу транспортують у відповідних умовах для збереження якості продукції.

8. Відбір риби для поповнення маточного стада. Частина товарної риби або спеціально вирощена молодь відбирається для оновлення ремонтно-маточного стада. Для цього обираються найсильніші та найздоровіші особини, які використовуються для наступного циклу вирощування. Це забезпечує безперервний цикл виробництва африканського сома в замкненій системі.

4.2. Основні технологічні операції

4.2.1. Формування та утримання ремонтно-маточного стада. Це один із найважливіших етапів у процесі розведення усіх видів риб. Процес включає відбір, підготовку та утримання особин, які служать для отримання потомства в аквакультурних умовах. Завданням є забезпечення стабільного відтворення високоякісних статевих продуктів. Тому необхідно створити

оптимальні умови для фізіологічного розвитку, зростання і підтримання здоров'я ремонтно-маточного стада, щоб гарантувати ефективність подальшого розмноження [10].

Процес починається з відбору молодняка. Вибір ремонтного молодняка здійснюється на ранніх етапах вирощування риби, зазвичай у віці 6-12 місяців, коли риби досягають достатнього розміру для відбору за морфологічними та фізіологічними характеристиками. Для формування стада відбираються найкращі особини, які демонструють високу швидкість росту, відсутність патологічних відхилень та стійкість до хвороб. Особливу увагу приділяють рівномірності розвитку тіла, правильній формі плавців і спинного плавця, а також здоров'ю та активності риби. Відбір особин, які є генетично перспективними, дозволяє забезпечити високу продуктивність майбутнього потомства та унеможливити інбридинг.

Після відбору ремонтного молодняка проводять розділення риб за статтю. Це є критичним кроком для уникнення передчасного парування та стресу. Самців та самок тримають окремо в різних басейнах, що дозволяє створити оптимальні умови для їх фізіологічного розвитку до моменту статевої зрілості. Для визначення статі використовують візуальний огляд зовнішніх статевих ознак, але часто застосовують ультразвукові методи для точнішої діагностики статевих органів риб. Окреме утримання самців та самок дозволяє уникнути небажаних спарювань і забезпечує краще управління процесом дозрівання статевих продуктів.

Умови утримання ремонтно-маточного стада мають бути оптимальними для підтримання здоров'я і фізіологічного стану риби. Основні параметри, що впливають на стан риб, включають температуру води, рівень кисню, якість води та систему годівлі. Температура води є критичним фактором, оскільки африканський сом є тропічною рибою і оптимально розвивається при температурі 26-30°C. Вода нижчої температури може сповільнити метаболічні процеси та негативно вплинути на ріст і статеве дозрівання. Для підтримання кисневого режиму використовують аераційні системи або кисневі

концентратори, оскільки рівень розчиненого кисню повинен бути не нижче 5-6 мг/л. Це запобігає стресу у риб та покращує обмін речовин, що є необхідним для нормального розвитку статевих продуктів [14].

Кислотність води (pH) повинна залишатися в межах 6,5-8,0. Відхилення від цих значень може призвести до порушень фізіологічних процесів і, як наслідок, до зниження якості статевих продуктів. Важливим є також контроль азотистих сполук, зокрема аміаку, нітритів і нітратів. Підвищені концентрації цих сполук у воді можуть спричинити токсичний стрес у риб, тому регулярний моніторинг та своєчасна фільтрація води є обов'язковими. Системи рециркуляції (RAS) зазвичай забезпечують постійний моніторинг цих показників та автоматичну очистку води [28].

Годівля є ключовим аспектом у процесі утримання ремонтно-маточного стада. Для досягнення оптимальних результатів риbam необхідно забезпечити збалансоване харчування, багате на білки, жири, вітаміни та мінерали. Африканський сом потребує кормів, що містять 35-40% білка і 10-15% жиру. Важливо використовувати якісні корми, оскільки нестача вітамінів або мінералів може негативно вплинути на репродуктивну здатність риби. Особливу увагу слід приділяти вітаміну E, який відіграє важливу роль у формуванні статевих клітин. Годівлю проводять 2-3 рази на день, залежно від температури води та фізіологічного стану риб. Перед періодом нересту годівлю дещо скорочують, щоб стимулювати статеве дозрівання [13].

Перед нерестом необхідно провести додаткові підготовчі заходи. Підвищення температури води до 28-30°C та скорочення годівлі активізують гормональну систему риб і стимулюють дозрівання статевих продуктів. На цьому етапі також застосовують гормональні препарати для синхронізації дозрівання самців та самок. Це дозволяє отримати високоякісну ікру та молоки в потрібний час. Найчастіше для цієї мети використовують екстракт гіпофізу коропових риб або синтетичні гормони, які стимулюють дозрівання гонад у риб. Ін'єкції проводять у спинний м'яз або черевну порожнину риб, після чого

рибу залишають у спокійних умовах для досягнення зрілості статевих продуктів [34].

Важливим аспектом утримання ремонтного стада є регулярний моніторинг здоров'я риб. Потрібно постійно слідкувати за станом води та поведінкою риб, щоб вчасно виявляти ознаки хвороб або стресу. Регулярні огляди та використання профілактичних засобів, таких як дезінфекція води та басейнів, допомагають запобігти розвитку інфекційних захворювань. При необхідності, риbam надають лікування за допомогою антибіотиків або інших препаратів, щоб зберегти їх репродуктивну здатність.

Формування та утримання ремонтно-маточного стада африканського сома вимагає системного підходу та уваги до кожного етапу догляду за рибами. Забезпечення оптимальних умов утримання, збалансованого харчування, контролю параметрів води та профілактика захворювань дозволяють створити здорове і продуктивне стадо, яке зможе стабільно забезпечувати високоякісне потомство для подальшого вирощування та реалізації.

4.2.2. Отримання зрілих статевих продуктів. Ця операція є одним з ключових етапів у процесі розмноження кларієвого сома, що безпосередньо впливає на якість майбутнього потомства та ефективність виробництва. Цей процес передбачає підготовку риб до нересту, стимуляцію дозрівання статевих продуктів, а також відбір і отримання ікри та молок. Для успішного здійснення цього етапу необхідно створити відповідні умови та використовувати спеціальні методи, що сприяють синхронізації і прискоренню процесу дозрівання [18].

Першим кроком є забезпечення оптимальних умов для природного або штучного дозрівання статевих продуктів. У природних умовах африканський сом розмножується у відповідь на сезонні зміни, які включають підвищення температури води та наявність багатой кормової бази. В умовах аквакультури цей процес можна імітувати за допомогою контролю параметрів води та годівлі. Найважливішим фактором є температура води, яка має бути підвищена

до 28-30°C, оскільки саме при таких умовах стимулюється вироблення гормонів, що відповідають за дозрівання статевих клітин. Підвищення температури води сприяє активації метаболічних процесів у риб та стимулює їх репродуктивну активність.

Для досягнення максимального ефекту від підготовки риб до нересту використовується гормональна стимуляція. Цей метод дозволяє синхронізувати дозрівання самців і самок, що є необхідним для успішного запліднення і отримання якісного потомства. Гормональна стимуляція передбачає введення гонадотропних гормонів, що активізують роботу статевих залоз риб. Зазвичай для цього використовують екстракт гіпофізу корошових риб або синтетичні гормони, які вводять самкам і самцям за кілька годин або днів до запланованого нересту. Ін'єкції проводять у спинний м'яз або черевну порожнину риб, що дозволяє гормону швидко поширитися в організмі та стимулювати вироблення статевих продуктів [23].

Після введення гормональних препаратів настає період очікування, під час якого самки та самці утримуються в окремих басейнах з постійним моніторингом стану їх здоров'я. Через 12-24 години після ін'єкцій, у залежності від дози гормону і температури води, у риб настає дозрівання статевих продуктів. Для перевірки готовності до нересту у самців і самок здійснюють візуальний огляд. У самок, готових до нересту, ікра легко відокремлюється при легкому натисканні на черево, що є ключовим показником дозрівання ікри. У самців при легкому масажі черева з'являються молоки, які можна зібрати для запліднення.

Процедура отримання статевих продуктів здійснюється шляхом зціджування. У самок за допомогою масажу черевної порожнини видобувають ікру, яку збирають у спеціальні стерильні контейнери для подальшого запліднення. Дуже важливо, щоб процес зціджування проходив безпечно для риб і без пошкодження тканин, оскільки травмування може призвести до інфекцій або навіть до загибелі риб. Оскільки африканський сом не має природної здатності до викидання ікри в аквакультурних умовах, застосування

штучного зчіджування є необхідним для забезпечення успішного розмноження [34].

Отримання молок у самців також здійснюється за допомогою зчіджування. Молоки збирають одразу після їхнього виділення, оскільки вони швидко втрачають здатність до запліднення. Зібрані молоки повинні бути використані для запліднення ікри якнайшвидше, щоб забезпечити найкращий результат. Молоки додають до ікри в спеціальному контейнері та ретельно перемішують для забезпечення рівномірного проникнення сперматозоїдів до ікринок. Зазвичай використовують спеціальні розчини, які полегшують процес запліднення та покращують ефективність запліднення.

Після завершення процесу отримання ікри та молок, риб повертають до окремих басейнів для подальшого відновлення. Особливо важливо забезпечити їм належні умови для реабілітації після гормональної стимуляції та зчіджування. Рибам надають високоякісні корми з високим вмістом білків і жирів, а також вітамінні добавки для зміцнення імунітету і швидкого відновлення організму [3].

Таким чином, отримання зрілих статевих продуктів у африканського сома є важливим етапом, що вимагає точного виконання технологічних процесів. Від правильного відбору риб, контролю умов утримання, до застосування гормональної стимуляції і процедур зчіджування залежить ефективність процесу розмноження. Грамотний підхід до цього етапу дозволяє забезпечити високу якість ікри та молок, що є запорукою успішного вирощування здорового та продуктивного потомства.

4.2.3. Запліднення ікри. Це ключовий етап у процесі штучного розмноження риб, що визначає якість майбутнього потомства та успішність інкубації ікри. Процес включає підготовку ікри та молок, сам акт запліднення, а також створення відповідних умов для ефективного проникнення сперматозоїдів до ікринок. Правильне виконання технологічних процедур на

цьому етапі гарантує високий відсоток заплідненої ікри та здоровий розвиток ембріонів [22].

Після отримання ікри від самок і молок від самців, перший крок полягає у підготовці ікри до запліднення. Ікра африканського сома повинна бути свіже зцідженою і негайно використаною для запліднення, оскільки вона швидко втрачає здатність до запліднення після контакту з повітрям. Підготовлена ікра поміщається у стерильний контейнер, де вона залишається в очікуванні додавання молок.

Молоки також мають бути свіжими, оскільки їх здатність до запліднення значно знижується через декілька хвилин після зціджування. Для забезпечення успішного запліднення молоки додають до ікри негайно після їх отримання. Процес запліднення відбувається в спеціальних умовах для забезпечення стерильності та запобігання бактеріальному зараженню ікри. Ікру змішують змолоками у співвідношенні, яке дозволяє рівномірно покрити всі ікринки сперматозоїдами. Цей процес потребує ретельного перемішування, що забезпечує максимально ефективне проникнення сперматозоїдів до ікринок [34].

Для покращення процесу запліднення зазвичай використовують спеціальні активуючі розчини або воду з невеликим вмістом солі. Ці розчини створюють сприятливе середовище для сперматозоїдів, активізуючи їх рух та сприяючи їх проникненню у оболонки ікринок. Вода або слабкий соляний розчин у концентрації 0,1-0,3% допомагають підтримувати активність сперматозоїдів та запобігають їх швидкому зневодненню, що є важливим для успішного запліднення. Активуючі розчини також сприяють зниженню в'язкості водного середовища, що дозволяє сперматозоїдам вільніше пересуватися.

Перемішування ікри та молок триває протягом декількох хвилин. Важливо ретельно перемішувати ікру для рівномірного розподілу молок по всіх ікринках. Це забезпечує максимальне проникнення сперматозоїдів і збільшує ймовірність успішного запліднення. Під час перемішування слід уникати

надмірного механічного впливу, який може пошкодити ікру та знизити її життєздатність [3].

Після завершення перемішування і запліднення, ікру залишають на кілька хвилин для повного проникнення сперматозоїдів. Після цього ікринки зазвичай починають поглинати воду, внаслідок чого їх оболонки набрякають і стають жорсткішими. Цей процес називається обводнюванням і має важливе значення, оскільки формує захисну оболонку, яка запобігає механічним пошкодженням та забезпечує подальший розвиток ембріона.

Після завершення запліднення та набрякання ікри, її ретельно промивають чистою водою для видалення залишків молока і активуючого розчину. Промивання дозволяє уникнути бактеріального забруднення, що може призвести до розвитку інфекційних захворювань або загибелі ембріонів. Після цього ікра готова до перенесення в інкубаційні апарати для подальшої інкубації [34].

Запліднення ікри африканського сома є тонким і важливим процесом, що потребує ретельного дотримання технологічних вимог. Правильне змішування ікри з молоками, використання активуючих розчинів і забезпечення стерильних умов є запорукою високого відсотка запліднених ікринок. Цей етап є основою для подальшого успішного розвитку ембріонів, що впливає на якість майбутнього покоління африканського сома і забезпечує стабільність виробництва в аквакультурних системах.

4.2.4. Знеклеювання ікри африканського сома. Це важливий етап у підготовці заплідненої ікри до інкубації. Ікра африканського сома має природну властивість бути липкою, що допомагає їй прикріплюватися до субстратів у природних умовах. Однак у штучних умовах аквакультури липкість ікри може спричиняти проблеми під час інкубації, оскільки ікринки можуть злипатися, утворюючи великі грудки, що призводить до недостатнього постачання кисню до окремих ікренок і підвищує ризик бактеріального або грибового зараження.

Тому для уникнення цих проблем здійснюють процес знеклеювання ікри, який полягає у видаленні її липкого шару [24].

Процедура знеклеювання починається одразу після завершення запліднення ікри та її промивання. Перший етап полягає в приготуванні спеціального знеклеювального розчину. Найчастіше для цієї мети використовують розчини таніну або глини, які дозволяють ефективно зняти липкий шар ікри. Один із найпоширеніших методів – використання розчину глини, оскільки він є безпечним для ікри та не створює токсичних впливів. Для приготування такого розчину глину змішують з чистою водою до утворення однорідної суспензії, що має кремоподібну консистенцію. Концентрація глини зазвичай становить 30-50 грамів на літр води.

Коли розчин готовий, його додають до контейнера з ікрою. Ікру акуратно перемішують у знеклеювальному розчині протягом декількох хвилин, зазвичай 5-10 хвилин, залежно від рівня липкості ікри. Важливо проводити перемішування обережно, щоб не пошкодити ікринки механічним впливом. У процесі перемішування розчин глини зв'язує липкий шар ікри, перетворюючи його на суспензію, яку легко видалити при наступному промиванні. Після завершення перемішування ікру ретельно промивають чистою водою для видалення залишків глини або таніну.

Окрім глини, також можна використовувати розчин таніну – органічної речовини, що міститься в рослинах. Танін створює м'який вплив на оболонку ікринки, розчиняючи її липкий шар, але не пошкоджуючи структуру ікри. Процедура використання танінового розчину подібна до методу з глиною: ікру поміщають у розчин на кілька хвилин, після чого ретельно промивають водою. Важливо чітко дотримуватися дозування і часу обробки, оскільки занадто тривалий контакт з таніном або глиною може призвести до пошкодження оболонки ікри [34].

Після завершення знеклеювання ікра стає гладкою і не схильною до злипання, що значно покращує її доступ до кисню під час інкубації. Це дозволяє рівномірно розподілити ікру в інкубаційних апаратах, уникнути

утворення грудок та зменшити ризики розвитку грибкових захворювань. Ікра, яка пройшла знеклеювання, має значно вищу виживаність під час інкубації, оскільки кожна ікринка отримує достатню кількість кисню, а також знижується рівень бактеріального забруднення.

Таким чином, знеклеювання ікри африканського сома є важливим технологічним етапом, що забезпечує підвищення ефективності інкубації і зниження ризиків загибелі ікри. Процес знеклеювання допомагає покращити газообмін, знизити ймовірність утворення грибкових інфекцій та забезпечує рівномірний розвиток ембріонів. Це сприяє отриманню здорового і життєздатного потомства, що є запорукою успішної аквакультурної діяльності.

4.2.5. Інкубація ікри в умовах інкубатора. Це наступний етап робіт після запліднення і знеклеювання ікри. Процес вимагає ретельного контролю за умовами інкубації, оскільки від цього залежить успішність розвитку ембріонів і виживаність потомства. Інкубація ікри в інкубаційних апаратах дозволяє створити оптимальні умови для розвитку ікринок, забезпечити їхній постійний доступ до кисню і уникнути впливу шкідливих факторів зовнішнього середовища.

Першим кроком в інкубації є розміщення знеклеєної ікри в спеціальних інкубаційних апаратах, які можуть бути різних типів, зокрема апарати Вейса або горизонтальні лотки. Найчастіше для інкубації ікри африканського сома використовують апарати Вейса, оскільки вони забезпечують постійний рух води і рівномірний доступ кисню до кожної ікринки. Ікру обережно завантажують у камери апаратів, намагаючись уникнути механічного пошкодження і забезпечити рівномірний розподіл ікринок по поверхні. Кількість ікри в одному інкубаційному апараті залежить від його обсягу і технологічних вимог, однак важливо не перевищувати рекомендовану густину посадки, щоб не погіршувати умови газообміну [41].

Основними параметрами, які необхідно контролювати під час інкубації, є температура води, рівень розчиненого кисню, чистота води та рівень її

циркуляції. Температура води є критичним фактором, оскільки вона безпосередньо впливає на швидкість розвитку ембріонів. Оптимальна температура для інкубації ікри африканського сома становить 28-30°C. При такій температурі ембріональний розвиток відбувається швидко і з мінімальними ускладненнями. Зниження температури може уповільнити розвиток або навіть призвести до загибелі ембріонів, а підвищення температури понад рекомендовані норми може викликати порушення в їх розвитку.

Рівень розчиненого кисню у воді також має вирішальне значення. Для забезпечення нормального газообміну рівень кисню має бути не нижче 5-6 мг/л. Це досягається за допомогою систем аерації або постійної циркуляції води через апарати Вейса. Циркуляція води забезпечує постійне переміщення ікренок у потоці води, що дозволяє уникнути застою і недостатнього постачання кисню до окремих ікринок. У випадку недостатнього кисневого забезпечення можливий розвиток гіпоксії, що призводить до загибелі ембріонів на різних стадіях розвитку [41].

Важливим етапом інкубації є регулярний моніторинг стану ікри та якості води. Якість води контролюється шляхом регулярних аналізів на вміст аміаку, нітритів і нітратів, оскільки підвищені рівні цих сполук можуть мати токсичний вплив на ембріони. У випадку виявлення високих концентрацій азотистих сполук необхідно провести часткову або повну заміну води у системі інкубації. Також важливо уникати потрапляння органічних залишків або забруднень у воду, оскільки це може спричинити розвиток грибкових або бактеріальних інфекцій, які становлять серйозну загрозу для ікри.

Протягом інкубації необхідно регулярно проводити візуальний огляд ікри для виявлення ознак розвитку ембріонів або наявності загиблої ікри. Загиблі ікринки зазвичай втрачають прозорість і стають білими. Їх необхідно негайно видаляти з інкубаційних апаратів, щоб запобігти поширенню грибкових інфекцій або забрудненню води продуктами розпаду. Найчастіше для видалення загиблої ікри використовують спеціальні сита або пінцети, а у

випадку масової загибелі ікри проводять загальну дезінфекцію інкубаційної системи.

Тривалість інкубації ікри африканського сома зазвичай становить 48-72 години, залежно від температури води. На останньому етапі інкубації ембріони завершують своє формування і починають активно рухатися всередині ікринок, готуючись до вилуплення. В цей час необхідно особливо уважно стежити за станом води і рівнем кисню, оскільки ембріони споживають значно більше кисню на стадії вилуплення. Після вилуплення личинки поступово переміщуються в нижні відділи інкубаційних апаратів або переносяться до спеціальних резервуарів для подальшого вирощування [34].

Інкубація ікри африканського сома є критичним етапом, що вимагає постійного контролю параметрів води, стану ікри та якості навколишнього середовища. Дотримання всіх технологічних норм дозволяє забезпечити високу виживаність і розвиток здорових ембріонів, що є запорукою успішного вирощування африканського сома в умовах аквакультури.

4.2.6. Витримування передличинок африканського сома. Передличинки – це стадія розвитку, яка настає одразу після вилуплення з ікри, але до моменту, коли личинки починають самостійно харчуватися. На цій стадії личинки живляться запасами жовткового мішка, який поступово зменшується. Правильне витримування передличинок дозволяє створити оптимальні умови для їхньої адаптації до зовнішнього середовища та підготовки до активного харчування.

Одразу після вилуплення передличинки африканського сома переміщуються у нижні відділи інкубаційних апаратів або у спеціальні резервуари для витримування. На цій стадії личинки дуже чутливі до умов навколишнього середовища, тому важливо забезпечити стабільні параметри води, зокрема температуру, рівень кисню та чистоту води. Оптимальна температура для витримування передличинок становить 28-30°C, що відповідає

температурі під час інкубації ікри. Ця температура дозволяє личинкам активно розвиватися та використовувати запаси жовтка для свого росту [41].

Витримування передбачає підтримання високого рівня кисню у воді, оскільки на цій стадії розвиток личинок супроводжується інтенсивним споживанням кисню. Рівень кисню у воді повинен залишатися не нижче 6 мг/л. Для забезпечення цього параметра використовуються аераційні системи або постійна циркуляція води через резервуари з личинками. Якщо концентрація кисню знижується, це може призвести до уповільнення розвитку личинок або навіть до їх загибелі, оскільки жовтковий мішок потребує інтенсивного кисневого обміну для забезпечення енергетичних потреб.

На цьому етапі важливо також забезпечити чистоту води. Вода повинна бути прозорою і не містити забруднень, оскільки личинки африканського сома є дуже чутливими до токсичних речовин і бактеріальних інфекцій. Регулярна фільтрація або часткова заміна води є обов'язковою умовою для запобігання накопиченню органічних залишків або відходів життєдіяльності личинок. Крім того, на цій стадії важливо уникати різких змін параметрів води, таких як коливання температури або рН, оскільки це може викликати стрес і уповільнення розвитку [22].

Передличинки африканського сома мають жовтковий мішок, який забезпечує їх енергією та поживними речовинами на перших етапах життя. Важливою частиною витримування є моніторинг процесу поглинання жовтка, оскільки саме по завершенню цього процесу личинки переходять до активного харчування. Жовтковий мішок зазвичай розсмоктується протягом 3-4 днів, залежно від температури та загальних умов утримання. На цій стадії необхідно регулярно спостерігати за розвитком личинок і переконуватися, що жовтковий мішок поступово зменшується, а самі личинки демонструють активність.

Ще однією важливою умовою витримування передличинок є освітлення. На цьому етапі рекомендується підтримувати слабе освітлення, оскільки надмірне світло може спричинити стрес у личинок. Оптимально

використовувати розсіяне світло або помірне затемнення резервуарів, щоб створити умови, близькі до природних.

На завершення етапу витримування передличинки африканського сома починають демонструвати перші ознаки готовності до активного харчування. Це проявляється в активнішому русі личинок і спробах шукати їжу в навколишньому середовищі. Саме на цьому етапі жовтковий мішок майже повністю зникає, і личинки готуються до переходу на зовнішнє харчування.

Таким чином, витримування передличинок африканського сома є важливим етапом, що забезпечує оптимальні умови для розвитку личинок і їхньої підготовки до активного харчування. Контроль за параметрами води, забезпечення високого рівня кисню, чистоти води та збереження стабільних умов утримання дозволяють знизити ризики загибелі личинок і сприяють їхньому здоровому розвитку.

4.2.7. Вирощування мальків. Цей процес є одним з критичних у процесі вирощування африканського сома, оскільки саме на цьому етапі закладаються основи для подальшого росту та розвитку риб. Мальки африканського сома після завершення стадії передличинок переходять до активного харчування і потребують спеціальних умов для ефективного росту, розвитку та мінімізації ризиків захворювань. Правильна організація процесу вирощування включає забезпечення відповідних параметрів води, раціону харчування, а також контроль за густиною посадки мальків [2].

Першим етапом вирощування мальків є переведення їх з інкубаційних апаратів або резервуарів для витримування передличинок у спеціальні вирощувальні басейни або акваріуми. Важливо, щоб цей перехід був поступовим, щоб уникнути стресу для риб. Мальки африканського сома дуже чутливі до змін у навколишньому середовищі, тому параметри води в нових резервуарах мають бути максимально схожими до тих, у яких вони утримувалися на стадії передличинок. Температура води повинна залишатися в межах 28-30°C, що є оптимальним для активного росту африканського сома на стадії мальків. Також важливо підтримувати високий рівень кисню у воді, що

досягається за допомогою систем аерації або фільтрації з постійною циркуляцією води [41].

Одним із найважливіших аспектів вирощування мальків є їхнє харчування. Після завершення поглинання жовткового мішка мальки переходять на активне зовнішнє харчування. Спочатку їм дають високобілкові стартові корми, які легко засвоюються і забезпечують необхідні поживні речовини для швидкого росту. Корми для мальків повинні містити не менше 40-45% білка, оскільки в цей період організм риби активно будує тканини і потребує великої кількості будівельного матеріалу. Використовують корм дрібної фракції, який мальки можуть легко споживати, причому годівля здійснюється кілька разів на день – зазвичай 4-6 разів, щоб забезпечити постійний доступ до поживних речовин і уникнути голодування.

Поступово, у міру росту мальків, розмір кормових гранул збільшується, і їх кількість зменшується до 3-4 разів на день. Окрім білків, раціон мальків повинен включати необхідні жири, вуглеводи, вітаміни і мінерали, які сприяють загальному розвитку і зміцненню імунної системи. Важливо забезпечити збалансований раціон, оскільки нестача певних елементів може призвести до затримки росту або підвищеної захворюваності. Для підвищення імунітету мальків часто використовують спеціальні добавки, які містять вітамін Е, С і мікроелементи, такі як цинк і селен [38].

Густота посадки мальків також є важливим фактором для їхнього здорового розвитку. На ранніх стадіях рекомендується підтримувати нижчу густоту посадки, щоб забезпечити кожній рибі достатньо простору для росту і зменшити конкуренцію за корм. Оптимальна густота посадки може варіюватися залежно від розміру басейнів і системи водообміну, але зазвичай це близько 100-200 мальків на квадратний метр на ранніх стадіях вирощування. У міру зростання риб густоту посадки необхідно знижувати, або пересаджувати мальків у більші резервуари, щоб уникнути стресу і забезпечити нормальний ріст.

Під час вирощування мальків необхідно ретельно слідкувати за якістю води. Важливо контролювати рівні аміаку, нітритів і нітратів, оскільки ці сполуки можуть швидко накопичуватися у воді, особливо при високій густоті посадки. Перевищення допустимих рівнів азотистих сполук призводить до токсичних впливів на мальків, що може викликати масову загибель. Для уникнення цього необхідно регулярно проводити часткову заміну води, а також використовувати біофільтрацію для очищення від продуктів життєдіяльності риби [63].

Протягом усього періоду вирощування необхідно проводити моніторинг стану мальків. Здорові мальки повинні бути активними, рівномірно рости і активно споживати корм. Якщо у риби спостерігаються ознаки втоми, втрати апетиту або уповільнення росту, це може свідчити про порушення умов утримання або хвороби. У таких випадках необхідно проводити діагностику і при необхідності лікувати рибу за допомогою медикаментозних препаратів або змінювати умови утримання. Для профілактики захворювань часто використовують добавки з пробіотиками та імуномодуляторами, які допомагають зміцнити імунітет мальків і знизити ризик інфекцій.

Вирощування мальків африканського сома вимагає ретельного контролю за всіма параметрами утримання та годівлі. Забезпечення правильного режиму харчування, підтримка стабільних параметрів води та своєчасне виявлення будь-яких відхилень дозволяють досягти високих показників виживаності і швидкого росту риби.

4.2.8. Вирощування товарного африканського сома в басейнах та його реалізація. Ці заключні етапи вирощування товарного африканського сома охоплюють інтенсивне вирощування риби до товарної маси, дотримання оптимальних умов утримання для забезпечення високих темпів росту, а також підготовку риби до збуту на ринку. Важливою частиною цього процесу є не лише технологічні аспекти вирощування, але й організація збуту продукції, що впливає на економічну ефективність підприємства.

Основою вирощування товарного африканського сома є використання басейнових систем, які дозволяють контролювати всі параметри водного середовища і створювати оптимальні умови для росту риби. Для вирощування товарного сома зазвичай використовують рециркуляційні аквакультурні системи (RAS), оскільки вони забезпечують можливість постійного контролю якості води, рівня кисню, температури та вмісту азотистих сполук. Температура води в басейнах повинна підтримуватися на рівні 26-30°C, оскільки африканський сом є тропічною рибою і саме при таких температурних умовах він демонструє найкращі показники росту. Рівень розчиненого кисню у воді має бути не нижчим за 5-6 мг/л, що досягається за допомогою постійної аерації або використання кисневих концентраторів. Важливо також забезпечувати регулярну фільтрацію води для видалення відходів життєдіяльності риб і підтримання низьких рівнів аміаку, нітритів та нітратів [41].

Густота посадки товарного сома у басейнах є важливим фактором, що впливає на ефективність виробництва. Африканський сом добре адаптується до високої густоти посадки, однак необхідно забезпечити відповідну якість води та систему фільтрації. На початкових етапах вирощування густота посадки може становити близько 200-300 риб на кубічний метр води, а з ростом риб густота зменшується, або ж риб пересаджують у більші басейни для уникнення стресу та затримки росту. Висока густота посадки без належного контролю параметрів води може призвести до уповільнення росту, захворювань і підвищеної смертності.

Годівля товарного африканського сома є одним із ключових аспектів, що впливають на швидкість росту і кінцеву масу риби. Для годування використовують спеціалізовані корми, які містять високий відсоток білка (35-40%) і збалансований склад вітамінів та мінералів, необхідних для підтримання активного метаболізму та здоров'я риб. Корми повинні бути високоякісними, щоб забезпечити максимальне засвоєння поживних речовин і уникнути надмірного забруднення води продуктами життєдіяльності риб. Годівлю здійснюють кілька разів на день (2-3 рази), причому кількість корму

регулюється залежно від температури води і активності риб. На пізніх етапах вирощування, коли риба наближається до товарної ваги, об'єм корму поступово зменшують для уникнення перенасичення і зниження якості продукції [38].

Важливим аспектом вирощування товарного сома є моніторинг здоров'я риби. Регулярні огляди та тестування води дозволяють вчасно виявляти ознаки захворювань або відхилень у стані риби. Африканський сом може бути схильний до бактеріальних та грибкових інфекцій, особливо за умов високої густоти посадки або недостатньої якості води. Для профілактики захворювань проводяться профілактичні заходи, такі як використання пробіотиків у кормах, профілактична дезінфекція басейнів та контроль параметрів води. Якщо виникає спалах захворювань, ридам надають медикаментозне лікування відповідно до діагнозу.

Коли африканський сом досягає товарної ваги, зазвичай від 1 до 1,5 кг, починається підготовка риби до реалізації. Підготовка включає фінальне годування та відбір риби. У цей період важливо забезпечити оптимальні умови для риби, щоб уникнути стресу перед транспортуванням і зберегти високу якість продукції. Деякі господарства за кілька днів до вилову можуть знижувати об'єм годівлі, щоб зменшити вміст шлунків риби, що позитивно впливає на її зберігання і транспортування.

Реалізація товарного африканського сома може здійснюватися через різні канали, включаючи прямі поставки до рибних ринків, супермаркетів або ресторанів, а також через продаж живої риби. Жива риба є особливо популярною на ринках, оскільки покупці віддають перевагу свіжій продукції. Для цього африканського сома перевозять у спеціальних ємностях з постійною аерацією або кисневими балонами, щоб забезпечити його виживаність протягом транспортування. Також може використовуватися метод забою риби на місці або в умовах рибного господарства з подальшою поставкою охолодженої або замороженої продукції до торгових точок.

Таким чином, вирощування товарного африканського сома в басейнах є інтенсивним процесом, що вимагає постійного контролю за параметрами води,

якістю годівлі та станом риби. Реалізація продукції є завершальним етапом, який потребує ретельної підготовки риби до продажу, забезпечення належних умов транспортування і організації каналів збуту. Ефективна реалізація товарного сома дозволяє досягти високих економічних показників і забезпечити стабільний прибуток для аквакультурного господарства.

4.3. Лікувально-профілактичні заходи у товарному сомівництві

З метою уникнення можливості ураження при вирощуванні риб патогенними мікроорганізмами, дуже важливо стежити за тим, щоб ікра риб, яку завозять до підприємства, була абсолютно вільною від захворювань і була сертифікована. Необхідно слідкувати за якістю води, за її стерилізацією перед попаданням в систему; краще використовувати воду зі свердловини, колодязя або іншого подібного джерела, ніж воду з поверхневих джерел (річка, озеро, море). Також необхідно слідкувати за тим, щоб робітники чи відвідувачі, які відвідують господарство, не занесли ніяких захворювань.

Також рекомендується проводити ретельну дезінфекцію нових систем, готових до першого запуску; існуючих систем, з яких виловили рибу і які готові до нового виробничого циклу. Існує велика ймовірність, що захворювання з одного басейну РАС поширяться і на інші басейни системи.

Для зменшення ризику виникнення спалаху захворюваності на господарстві важливо здійснювати профілактичні заходи (табл. 4.1).

Для запобігання поширення патогенів на підприємстві необхідно розділяти різні етапи виробництва (інкубаційний цех повинен працювати як ізольована і закрита система, так само як і виростний та нагульний блоки). Якщо на господарстві утримується ремонтно-маточне стадо, воно також має бути ізольоване в окремому блоці. На практиці, це дозволяє легше ліквідувати захворювання[42,35].

При здійсненні лікувальних заходів необхідна обережність, оскільки додавання лікарських препаратів впливає на всю систему, включаючи рибу і біофільтри. Основним правилом є утримання концентрації на низькому рівні і

проведення обробки протягом довшого періоду часу. Це вимагає уваги і досвіду. Концентрація повинна повільно підвищуватися від обробки до обробки, а між ними слід залишити кілька днів без обробки для моніторингу за впливом даної концентрації на смертність риб, їх поведінку і якість води. Зазвичай як у риб, так і в біофільтрі відбувається адаптація, тому концентрація може збільшуватися без негативних ефектів, що збільшує ймовірність знищення патогенна [3].

Таблиця 4.1

Профілактичні заходи у сомівництві [3]

Що потрібно робити?	Як це робити?
Чисте джерело води	По можливості, використовувати ґрунтові води. Дезінфікувати її УФ-випромінюванням. В окремих випадках використовувати піщані фільтри і озон
Дезінфекція системи	Наповнити систему водою і підійняти рН до 11-12 за допомогою гідроксиду натрію (NaOH). Кількість – близько 1 кг/м ³ води, в залежності від її буферної ємності
Дезінфекція обладнання і виробничих поверхонь	Занурити в розчин йоду концентрацією 1,5 % відповідно до інструкції, або обприскати ним. Залишити на 20 хвилин, після чого сполоснути чистою водою
Дезінфекція ікри	Залишити партію ікри на 10 хвилин в розчині йоду (3 мл на 50 л води). Міняти розчин кожного разу після дезінфекції 50 кг ікри
Працівники	Переодягатися і перевзуватися на вході в установку. Мити або дезінфікувати руки.
Відвідувачі	Перевзуватися або використовувати ванну для ніг для занурення в неї взуття (2 % розчин йоду). Мити або дезінфікувати руки. Відвідувачам забороняється торкатися елементів системи

При вирощуванні африканського кларієвого сома в рециркуляційних аквакультурних системах можливість зараження паразитами можна практично усунути, проте захворювання все ж виникають за умов інтенсивного вирощування. Вірусні хвороби у цієї риби поки не були зареєстровані, однак

вона схильна до різних бактеріальних, грибкових і паразитарних інфекцій [37]. Найчастіше зустрічаються бактеріальні захворювання, грибкові ураження та паразити, які є поширеними при інтенсивних системах вирощування (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Хвороби африканського кларієвого сома [3]

Хвороба	Синдром	Заходи
1	2	3
Деформація голови	Деформація скелета (лордоз і сколіоз). Риба перестає споживати корм, летаргічна поведінка, загибель. На голові набрякла тканина. Спостерігається у особин більше 10 см; мертва риба має потовщений і зігнутий череп	До корму додавати вітамін С
Синдром ушкодження кишечника	Летаргічна поведінка, опухлий живіт, черевце втрачає забарвлення, червоний анальний отвір, ушкодження черевної стінки	Збалансований і добре засвоюваний корм
Виразкова хвороба	Млява поведінка, червоні або білі виразки на шкірі, нижній і верхній щелепі, і на хвостовому плавнику	Контроль за якістю води
Хвороба білих крапок Збудник бактерія Мухобacteria	Риба залишається біля поверхні води у вертикальному положенні. Плаває мляво, біля рила і зябер спостерігаються білі плями	До корму для профілактики додавати антибіотики (хлорамфенікол, тетрациclin або окситетрациclin)
Септицемія аеромонад Збудник бактерія Aeromonas hydrophila	Лущення і почервоніння плавників, втрата забарвлення, виразки	До корму додавати антибіотики (окситетрациclin; сульфаметоксін; орметопрім)

1	2	3
Септицемія рухливими аеромонадами Збудник бактерія <i>Aeromonas ssp.</i>	Пучоокість і розтягнутий живіт, глибокі виразки на шкірі з крововиливами і запаленнями	Уникнення стресу. У корм можна додавати тріметропрім і бактрим протягом 10 днів
Сапролегнія Збудник гриб <i>Saprolegnia ssp.</i>	Сірі або білі нарости на шкірі, плавниках, зябрах і очах, що нагадують вовну. Вражає ікру. Швидко розповсюджується по всьому тілу і зябрам	Ванни з малахітово зеленим (5 мг/л протягом години), хлоридом натрію (5 % протягом 1–2 хв.). Уникнення стресу, механічних пошкоджень
Найпростіші паразити <i>Costiasp.</i> , <i>Chilodonella</i> , <i>Trichodina</i> , <i>Gactylogyru ssp.</i> , <i>Gyrodactilu ssp.</i>	Риба тримається біля поверхні води вертикально, або нервово смикає головою чи тулубом на дні, шкіра покривається тонким білувато-сірим слизом, може спостерігатися масований мор	Формалін (25– 50 мг/л), діптерекс (0,25 мг/л)
Найпростіші паразити <i>Hennequya</i> <i>ssp</i>	Шкіра і зябра покриті білими плямами	У якості профілактики до корму добавляти антибіотики (хлорамфенікол, тераміцин або окситетрациклін)
Найпростіші зяброві і зовнішні паразити <i>Trichodina</i> <i>maritinkaе</i>	Дрібні білі плями на шкірі або зябрах; дратівливість, нестабільність, летаргія, слабкість, втрата апетиту, зниження активності; зябра бліді і розпухлі	Ванни з формаліном або сіллю

РОЗДІЛ 5

ТЕХНОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО ПРОЕКТУВАННЯ РЕЦИРКУЛЯЦІЙНИХ СИСТЕМ АКВАКУЛЬТУРИ

Замкнуті рециркуляційні системи для вирощування риби дозволяють використовувати мінімальні обсяги свіжої води, зазвичай не більше 3% від загального обсягу системи на добу. Цей тип установок є оптимальним для сучасних рибницьких практик. З точки зору екології, рециркуляційні аквасистеми є інноваційним підходом у рибництві, оскільки в багатьох регіонах вода є дефіцитним ресурсом. Завдяки мінімальному споживанню води, процес очищення від продуктів життєдіяльності риб у таких системах стає більш економічним і простим порівняно з традиційними методами, такими як ставкове або басейнове рибництво. Таким чином, аквакультура в РАС є екологічно найбільш сприятливим методом вирощування риби, оскільки зовнішні фактори (температура, солоність, чистота води) мають мінімальний вплив.

У рециркуляційних аквасистемах вплив зовнішніх факторів майже повністю усунуто. Замкнутий цикл дає можливість повного контролю над усіма параметрами вирощування. Завдяки стабільним умовам культивування, процес стає передбачуваним, що дозволяє точно планувати результати виробництва [41].

Однією з ключових переваг рециркуляційних аквасистем є суттєве зниження ризику поширення патогенів. Завдяки обмеженому використанню води та її знезараженню, ризик проникнення інфекційних захворювань з навколишнього середовища зводиться до мінімуму.

Структура рециркуляційної аквасистеми включає кілька основних елементів (Схема 5.1):

- *Вирощувальні басейни* отримують чисту воду, насичену киснем, а на виході вода виводиться, вже забруднена продуктами життєдіяльності риб і з

низьким рівнем кисню. Ступінь цього забруднення залежить від густоти посадки риби, їхнього розміру та кількості спожитого корму.

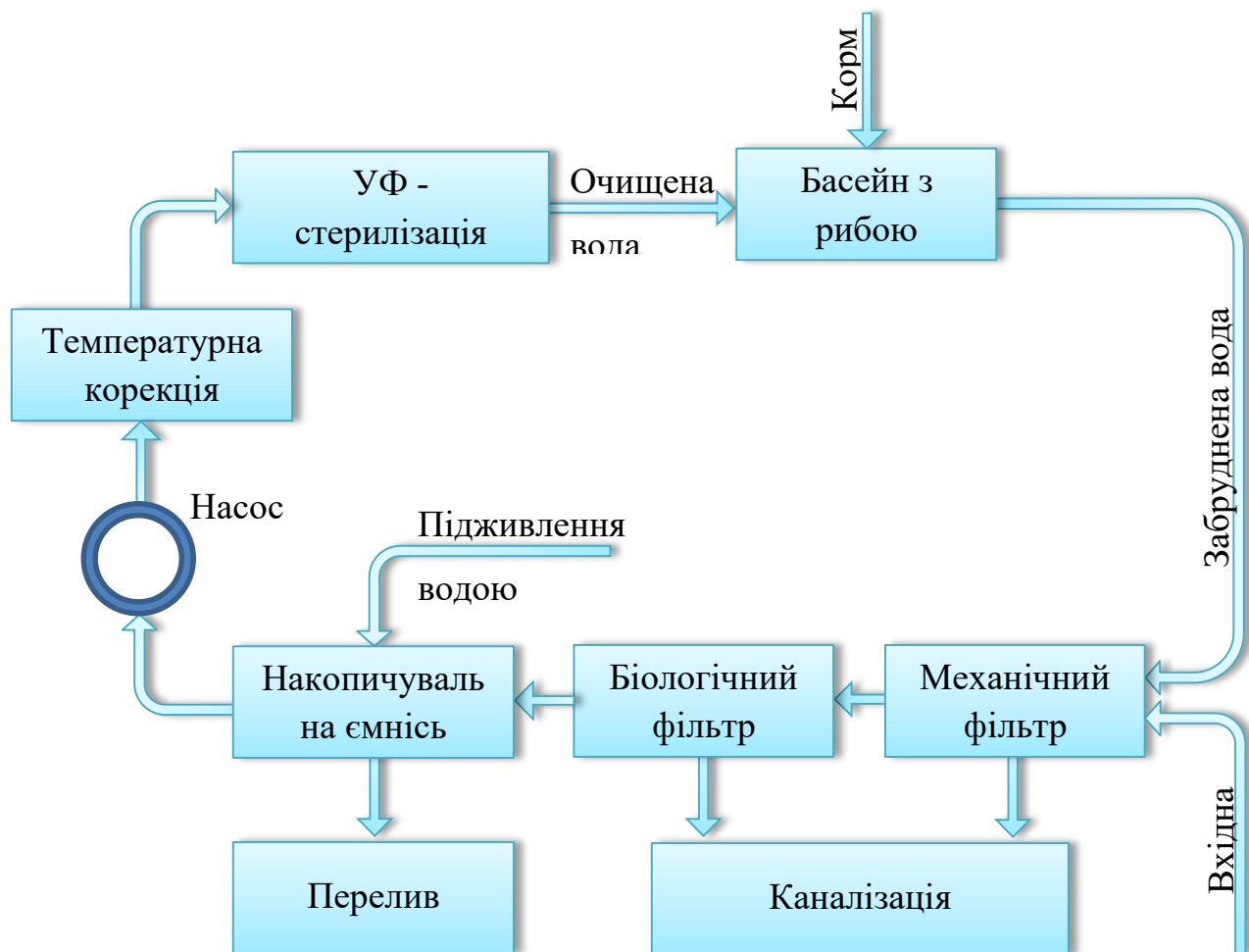


Рис. 5.1. Схема рециркуляційної аквасистеми

- *Механічний фільтр* використовується для видалення з води твердих частинок, що надходять з басейнів з рибою, таких як фекалії, луска, залишки загинувших організмів тощо. Біологічний фільтр здійснює багатоступінчастий процес очищення, перетворюючи органічні речовини на нетоксичні сполуки, безпечні для водних організмів. Цей процес виконується за допомогою аеробних бактерій, які споживають значну кількість кисню та сприяють утворенню бактеріальної біомаси, одночасно змінюючи рівень рН у воді.

- *Накопичувальна ємність* в установці виконує кілька ключових функцій. Основні з них — це забезпечення живлення насоса і видалення надлишкової води через перелив. Серед допоміжних функцій — підживлення

системи свіжою водою, дегазація після біологічного очищення, а також додавання реагентів для коригування гідрохімічних параметрів води, таких як рН.

- *Рециркуляційний насос* відповідає за безперервну циркуляцію води через усі компоненти системи, долаючи гідравлічний опір кожного з них. Це забезпечує стабільний рух води та підтримання необхідних умов для вирощування риби.

Залежно від конструкції системи, установка може мати два або більше контурів циркуляції, що дозволяє ефективно розподіляти потоки води між різними компонентами системи для оптимального функціонування.

- *Температурна корекція* дозволяє підтримувати оптимальний температурний режим для вирощування риби. Зазвичай це включає підігрів води, але в деяких випадках необхідне охолодження. Охолодження використовується, наприклад, для затримки нересту або для запобігання перегріву, що може призвести до загибелі риби.

- *Бактерицидна обробка* використовується для зменшення рівня бактеріального забруднення циркулюючої води, яке виникає при високих біологічних навантаженнях у системі. При низьких та середніх навантаженнях така обробка зазвичай не потрібна і не застосовується.

- *Насичення киснем* є одним із ключових елементів рециркуляційних аквасистем, оскільки всі біологічні процеси в системі вимагають значної кількості кисню. Кисень споживається як для дихання риби, так і для окислювальних процесів під час біологічного очищення води. Апарати для насичення води киснем можуть бути розташовані в різних місцях системи: один перед подачею води до вирощувальних басейнів, а інший перед подачею води на біологічну фільтрацію. У деяких замкнених системах апарат для насичення киснем і насос поєднані в єдиному пристрої — ерліфті.

5.1. Система очищення води в РАС

Вирощування риби в рециркуляційних аквасистемах (РАС) здійснюється за рахунок багаторазового використання одного й того ж об'єму води, яка постійно очищується і знову подається в рибоводні ємності. Однією з важливих умов ефективного функціонування системи є якісна робота блоків очищення. Система регенерації води в РАС повинна ефективно видаляти з води зважені частинки та розчинені метаболіти риби, а також забезпечувати оптимальні умови щодо температури, газового складу та солоності води [22].

Методи очищення води, що застосовуються в рециркуляційних аквасистемах, можна поділити на чотири основні групи: фізичні (осадження, фільтрація, флотація), хімічні (окислення та коагуляція органічних забруднень), фізико-хімічні (адсорбція та іонообмін) і біологічні. В РАС ці методи можуть застосовуватися як окремо, так і в комплексі. У сучасних системах найбільш поширені фізична (механічна) та біологічна очистка води.

Система регенерації води в замкнутих установках зазвичай включає кілька основних елементів: блок механічного очищення, де видаляються тверді відходи; блок біологічного очищення, який забезпечує видалення розчинених токсичних речовин; та блок остаточного очищення і водопідготовки, в якому вода доводиться до необхідних параметрів, включаючи терморегуляцію, оксигенацію, знезараження, корекцію рН тощо.

5.1.1 Механічне очищення води. Окрім продуктів метаболізму риби, у воду потрапляють залишки корму та екскременти. Вони частково розчиняються, утворюючи зважені частинки, проте більша їх частина осідає на дно. Якщо ці відходи не видаляти вчасно, вони поступово розкладаються і додатково забруднюють воду, що може негативно впливати на якість середовища.

Досвід показує, що механічна фільтрація води, яка виходить з рибоводних басейнів, є найбільш ефективним способом видалення органічних відходів. Цей

метод дозволяє швидко та ефективно очищувати воду від залишків корму, екскрементів та інших забруднень.

Для видалення зважених часток у воді застосовують методи осадження та фільтрації. Осадження зважених речовин відбувається в відстійниках різних типів — вертикальних, горизонтальних, радіальних і тонкошарових, обладнаних пристроями для збору осаду. Основним недоліком таких відстійників є їхні великі розміри та відносно низька ефективність очищення, яка зазвичай не перевищує 35-40%. Також для осадження можуть використовуватися центрифуги або гідроциклони, які не лише освітлюють воду, але й допомагають видаляти певну кількість азотних сполук. Проте через високу вартість і значні енерговитрати ці технології не набули широкого застосування в рибництві [41].

Найбільшого поширення в рециркуляційних аквасистемах набули механічні фільтри різних конструкцій, які використовуються для очищення води. Ці пристрої є ефективними та широко застосовуються для видалення твердих часток з води.

Для механічного очищення води використовуються гравійні, піщано-гравійні та швидкі піщані фільтри. Проте вони мають серйозні недоліки, такі як низька продуктивність, складність промивання та високі витрати води для очищення фільтрів. Нині найбільш поширеними є самопромивні барабанні та плаваючі фільтри, які є більш ефективними та зручними в експлуатації [22].

Переваги фільтрів такої конструкції включають високу компактність і безперервність роботи, що робить їх ефективними для використання в рециркуляційних системах. Проте вони мають і недоліки, зокрема складність конструкції та потребу в додатковому електроприводі. Зазвичай, такі фільтри здатні видаляти частинки розміром 150-200 мкм, забезпечуючи ефективність очищення на рівні 85-90%.

Фільтри-відстійники з плаваючим завантаженням забезпечують високий рівень очищення оборотної води від зважених речовин (90-95%). Як завантаження в таких фільтрах зазвичай використовують поліетиленові гранули

діаметром 2,5 мм, а регенерація завантаження здійснюється шляхом барботування. Ці фільтри відзначаються простотою конструкції, надійністю та низькими витратами води для промивання. Проте вони менш компактні порівняно з барабанными сітчастими фільтрами.

5.1.2 Біологічне очищення води. Біологічне очищення включає утилізацію розчинених забруднень за допомогою мікроорганізмів, які здійснюють процес денітрифікації. Цей процес дозволяє ефективно видаляти азотисті сполуки з води, що покращує її якість і сприяє підтриманню стабільних умов у рециркуляційних аквасистемах [41].

Кінцевим продуктом білкового обміну у риб є аміак, який становить 60-80% всіх азотистих сполук, що постійно виділяються рибою через зябра та нирки у воду. Аміак є основною токсичною речовиною, проти якої спрямована дія системи біологічного очищення в рециркуляційних аквасистемах. Ефективне видалення аміаку є критично важливим для підтримання здорового середовища для риб.

Процес біологічного очищення здійснюється мікроорганізмами, що оселяються на поверхні завантаження фільтрів або у вигляді мікробної маси активного мулу. Основними групами мікроорганізмів, які відіграють ключову роль у пристроях біологічного очищення, є автотрофні та гетеротрофні нітрифікуючі бактерії. Вони беруть участь у перетворенні токсичних азотистих сполук, таких як аміак, у менш шкідливі форми, забезпечуючи очищення води в системі.

Гетеротрофи окислюють органічні азотовмісні компоненти виділень риб і залишків кормів, перетворюючи їх на прості неорганічні сполуки, такі як вода, вуглекислий газ і аміак. Цей перший етап біологічного очищення називається амоніфікацією (мініралізацією). Після того як органічні сполуки перетворені гетеротрофними бактеріями в неорганічні, починається наступна стадія біологічного очищення — нітрифікація. Це процес біологічного окислення амонію до нітритів (NO_2^-) і подальше окислення нітритів до нітратів (NO_3^-).

Нітрифікація виконується автотрофними бактеріями, які, на відміну від гетеротрофів, не потребують органічних сполук для живлення. Основними представниками нітрифікуючих бактерій у системах біологічного очищення є родини *Nitrosomonas* і *Nitrobacter*. *Nitrosomonas* отримують енергію з окислення аміаку до нітритів, а *Nitrobacter* — з реакції подальшого окислення нітритів до нітратів. У результаті цих реакцій токсичний амоній перетворюється в нітрати, які є менш шкідливими для риб. Таким чином, процес нітрифікації окислює неорганічний азот і знижує токсичність середовища для риб [22].

Одночасно з процесом нітрифікації відбувається відновлення неорганічного азоту — денітрифікація. У цьому процесі нітрати (NO_3^-) перетворюються в газоподібний азот (N_2), який вивільняється в атмосферу. Основними бактеріями, що здійснюють денітрифікацію, є *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Bacillus* та інші. Мінералізація, нітрифікація і денітрифікація — це послідовні процеси у нових системах. Однак у діючих рециркуляційних системах ці процеси відбуваються одночасно і паралельно, забезпечуючи постійне очищення води від токсичних азотних сполук.

Ефективність роботи біофільтра в рециркуляційних аквасистемах значною мірою залежить від температури і рівня рН води. Нітрифікація найбільш ефективно проходить при температурі в діапазоні 10-35 °C. За межами цього діапазону швидкість нітрифікації знижується, що може впливати на загальну ефективність системи біологічного очищення.

Висока інтенсивність бактеріальної нітрифікації досягається при рівні рН понад 7. Однак підвищення рН вище цього рівня може призвести до збільшення концентрації аміаку (NH_3), що підсилює його токсичний вплив на риб. Оптимальним значенням рН для нітрифікації вважається діапазон 7,0-7,5, що забезпечує баланс між ефективністю нітрифікації та безпечними умовами для риб.

Для біологічного очищення води в рециркуляційних аквасистемах сьогодні широко використовуються біофільтри. Вони забезпечують ефективну обробку води, видаляючи з неї токсичні азотисті сполуки за допомогою

мікроорганізмів, що населяють фільтраційний матеріал. Це дозволяє підтримувати високий рівень якості води та створювати оптимальні умови для вирощування риби.

Біофільтри являють собою ємності, заповнені різними типами завантаження, на поверхні яких розвивається бактеріальна плівка, що виконує функцію очищення води. Важливою характеристикою біофільтра, яка визначає його ефективність, є питома площа поверхні завантаження. У ранніх конструкціях використовували об'ємне завантаження (гравій, керамзит, раковини молюсків тощо), яке мало питому площу поверхні (ППП) 20-100 м²/м³. Згодом були впроваджені плівкові та касетні завантаження (біофільтри Лісі) з ППП 100-150 м²/м³. Сучасні системи використовують спеціальне пластикове завантаження, таке як стільникові, дрібнозернисті або "біошари" з розвиненою площею поверхні, що мають ППП на рівні 350-1500 м²/м³, що значно підвищує продуктивність біофільтрів [41].

Сучасні біофільтри використовують регенероване піщане завантаження з питоною площею поверхні (ППП) 2000-4000 м²/м³. Підвищення питомої продуктивності систем біологічного очищення дозволило значно зменшити обсяг блоків очищення у рециркуляційних аквасистемах (РАС). Якщо в перших РАС співвідношення обсягів рибоводних ємностей і водоочисних апаратів становило 1:5-10, то в сучасних системах цей показник знизився до 1:0,5-1, що робить ці системи більш компактними та ефективними.

Існує три основні типи біофільтрів, які застосовуються в рециркуляційних аквасистемах: занурювальні; зрошувані; обертові.

Занурювальні біофільтри — це системи, в яких завантаження розташоване під поверхнею води в спеціальних ємностях. Для таких пристроїв використовують дрібнозернисте регенероване завантаження, як-от полімерні гранули чи пісок, а також пластикові елементи з розвиненою поверхнею. Занурювальні біофільтри прості в експлуатації, не потребують великих перепадів рівня води, що дозволяє знижувати потужність циркуляційних насосів, які можуть працювати в широкому діапазоні гідравлічних навантажень.

Однак на відміну від інших типів біофільтрів, вони потребують високої концентрації кисню (6-8 мг/дм³) у воді, що подається на очищення, для забезпечення ефективного функціонування.

Зрошувані (краплинні) біофільтри мають шар завантаження, розташований вище рівня води в ємності. Біологічне очищення відбувається у тонкому шарі води, яка стікає по завантаженню, що дозволяє підтримувати оптимальний кисневий режим і підвищує активність мікроорганізмів, які здійснюють окислення органічних сполук. У цих фільтрах найчастіше використовуються касетне та стільникове завантаження, а також пластикові елементи з великою питомою площею поверхні [41].

Найбільш вдосконалені конструкції зрошуваних біофільтрів виконані у вигляді закритої камери з рухом води зверху вниз та примусовим закачуванням повітря в нижню частину фільтра. Такі фільтри відзначаються високою окисною потужністю, простотою конструкції і здатністю обробляти воду з мінімальною концентрацією кисню на вході.

Однак їхнє використання вимагає значного перепаду рівнів води в системі, що збільшує потужність циркуляційних насосів. Крім того, зрошувані фільтри працюють у досить вузькому діапазоні гідравлічних навантажень, і рівномірний розподіл водних потоків по всій площі фільтра вимагає спеціальних технічних рішень.

Іноді занурювальні та зрошувані біофільтри об'єднують в одному корпусі, створюючи комбіновані фільтри. У таких конструкціях верхня частина працює як зрошуваний фільтр, а нижня — як занурювальний фільтр, поєднуючи переваги обох типів.

Оберткові біофільтри відрізняються періодичною зміною повітряного та водного середовища на поверхні біофільтра, що значно покращує кисневий режим і підвищує продуктивність системи. Конструктивно ці пристрої складаються з обертової системи пластикових перфорованих труб, дисків або барабанів, заповнених гофрованими поліетиленовими дисками (типу «Штеллерматік» або «Евроматік»), що мають велику площу поверхні.

Обертові фільтри мають високу окисну потужність і здатні ефективно очищати воду з низькою початковою концентрацією кисню, не вимагаючи значних перепадів рівнів води в системі. Однак їх недоліками є складна конструкція та наявність додаткового електроприводу для обертання.

У процесі вирощування риби в рециркуляційних аквасистемах (РАС) в оборотній воді накопичуються нітрати — кінцевий продукт нітрифікації. Тому необхідно щодня додавати до 10% свіжої води для підтримки оптимальної якості води.

Для зменшення витрати води в рециркуляційні аквасистеми (РАС) включають блок денітрифікації. Цей блок дозволяє не тільки перетворювати нітрати у вільний азот, але й сприяє відновленню нітритів до молекулярного азоту, минаючи фазу утворення нітритів бактеріями-нітрифікаторами. Це допомагає ефективніше знижувати рівень азотистих сполук у воді, зменшуючи необхідність у додаванні свіжої води і забезпечуючи стабільне функціонування системи.

Створення оптимальних умов і керування системами на сучасному технічному та біотехнологічному рівні дозволяє успішно культивувати в рециркуляційних аквасистемах (РАС) не лише традиційні види, такі як короп, форель, каналний сом, тілапія, але й риб із тривалим періодом росту, таких як осетрові та вугри. Також можна вирощувати ракоподібних, таких як креветки та раки, а також тропічні види риби, зокрема індійських коропів і акваріумних риби. РАС дозволяє не лише виробляти посадковий матеріал та товарну продукцію в поліциклічних режимах, а й забезпечувати вирощування і підтримку племінних риби для подальшої експлуатації.

5.1.3 Система водопідготовки в РАС. Після проходження механічного та біологічного очищення, оборотна вода підігрівається до потрібної температури, насичується киснем і повертається у вирощувальні басейни. У деяких рециркуляційних системах (РАС) також додаються пристрої для регулювання рівня рН та знезараження води, такі як озонування або ультрафіолетове опромінювання, для підвищення якості води.

Озон (O_3) є одним із найсильніших окислювачів, здатним знищувати бактерії, спори та віруси. Окрім цього, озон сприяє знебарвленню води та усуненню небажаних запахів і присмаків. Озон для озонування отримують з атмосферного повітря за допомогою апаратів-озонаторів, де на повітря впливає "тихий" електричний розряд (без іскор), що супроводжується утворенням озону.

Озонатор — це горизонтальний апарат, схожий на теплообмінник, в якому встановлені трубки з нержавіючої сталі. Всередині кожної сталеві трубки розміщена скляна трубка, між якими залишається невеликий кільцевий повітряний прошарок (2-3 мм), що слугує розрядним простором. Внутрішня поверхня скляних трубок покрита графіто-мідним або алюмінієвим покриттям для забезпечення ефективної генерації озону [22].

Сталеві трубки виступають одним із електродів, тоді як покриття на внутрішній поверхні скляних трубок є другим електродом. До сталевих труб підводиться змінний струм від трансформатора з напругою 8000-10000 В, а покриття на скляних трубках заземлюється. Під час проходження електричного струму через розрядний простір відбувається коронний розряд, результатом якого є утворення озону. Попередньо осушене повітря проходить через кільцевий простір, утворюючи озono-повітряну суміш. Скляні трубки слугують діелектричним бар'єром, що забезпечує "тихий" розряд без утворення іскор. При цьому до 90% електроенергії перетворюється в тепло, яке потрібно відводити від озонатора. Повітря, що подається в озонатор, попередньо очищається від вологи та пилу.

Для знебарвлення та знезараження води озоном використовується доза 4 мг/дм³. Тривалість контакту води з озоном для ефективного знезараження становить 5-10 хвилин.

У деяких системах озон виконує не лише функцію дезінфекції, але й освітлення води шляхом окислення гумінових речовин, які забарвлюють воду. Однак спроби розробити системи без біологічної фільтрації, де озонатори застосовувалися для прямого окислення амонію, виявилися невдалими.

Більш поширеним методом знезараження води в рециркуляційних аквасистемах (РАС) є ультрафіолетове бактерицидне випромінювання з довжиною хвилі близько 260 нм, яке ефективно знищує бактерії, що знаходяться у воді. Цей метод широко використовується завдяки його ефективності та відсутності хімічних залишків у воді.

Принцип роботи УФ-установок ґрунтується на використанні жорсткого ультрафіолетового випромінювання лампи, яке при взаємодії з мікробними клітинами руйнує білкові колоїди та ферменти їх протоплазми. Перевага цього методу полягає в тому, що він не впливає на природні та смакові властивості води. Однак недоліком є неможливість ефективного знезараження кольорових або недостатньо прозорих вод, особливо тих, які містять більше 0,3 мг/дм³ заліза.

Ефективність впливу ультрафіолетового випромінювання на бактерії, грибки та віруси залежить від довжини хвилі. Найбільш ефективно випромінювання має довжину хвилі 2600 ангстрем (260 нм). Діапазон потужності випромінювання варіюється від 1000 (мкВтс)/см² до 10 000 (мкВтс)/см². Стійкість мікроорганізмів до опромінення залежить від їх ступеня забарвлення, концентрації клітин і віку культури, що може впливати на ефективність знезараження.

Глибина проникнення ультрафіолетового випромінювання у воду також залежить від довжини хвилі. Промені з довжиною хвилі 2600 Å мають найкращу проникність. Оскільки більша частина енергії випромінювання втрачається в тонкому шарі води, для ефективної обробки за один прохід товщина оброблюваного шару повинна бути мінімальною. Це дозволяє забезпечити максимальну ефективність знезараження води.

У невеликих установках для дезінфекції води використовуються відкриті джерела опромінення, зокрема спеціальні ультрафіолетові лампи. Лампи встановлюють над лотком із проточною водою на висоті 10-20 см, щоб уникнути потрапляння вологи на них. Для підвищення ефективності опромінення лампи оснащують відбивачами, а лоток закривають непрозорим

матеріалом, оскільки випромінювання може бути шкідливим для очей обслуговуючого персоналу. У великих індустріальних РАС використовуються більш складні й безпечні технології знезараження.

Найчастіше для дезінфекції циркулюючої води в рециркуляційних установках використовують промислові ультрафіолетові установки. Вони зазвичай призначені для знезараження питної води з вмістом зважених речовин не більше 2 мг/дм³ і кольоровістю не більше 20°. Такі установки є ефективними для підтримання чистоти води в системах із низьким рівнем забруднень.

Перед поверненням води у вирощувальні басейни з неї видаляють скупчені гази. Дегазація проводиться за допомогою аерації або «методом зачистки». Найбільшу концентрацію у воді мають вуглекислий газ і вільний азот (N₂), які при накопиченні можуть негативно впливати на здоров'я та ріст риб. Тому ефективне видалення цих газів є важливою частиною підтримання оптимальних умов у рециркуляційній системі [41].

Аерація може здійснюватися шляхом нагнітання атмосферного повітря у воду. Турбулентна взаємодія повітряних бульбашок з водою сприяє видаленню надлишкових газів. Ця система підводної аерації також забезпечує перемішування води. Найефективнішим методом є використання крапельного фільтра, при якому процес аерації називають CO₂-зачисткою. Крапельний фільтр часто називають «колоною для CO₂-зачистки», що забезпечує максимальне видалення вуглекислого газу з води.

Найбільш ефективним методом насичення води киснем є розпорошення рідкого кисню у воді. Цей метод часто використовується для оксигенації води в рибоводних установках із замкнутим циклом водопостачання та в басейнових господарствах. Оксигенатор призначений для насичення води технічним киснем. Рівень насичення киснем залежить від тиску в оксигенаторі та температури води, що дозволяє підтримувати оптимальні умови для вирощування риби.

Оксигенатор являє собою вертикальну герметичну ємність (балон). Його робота полягає в наступному: у верхній частині оксигенатора створюється

газова подушка під дією надлишкового тиску кисню, який подається всередину. Рівень розділу води та газу автоматично регулюється. Коли вода потрапляє у верхню частину оксигенатора, вона розпорошується в середовищі газової подушки з високим парціальним тиском кисню, що забезпечує її насичення до заданого рівня кисню для підтримання оптимальних умов вирощування риби.

Поглинання газоподібного кисню водою підвищує його концентрацію в оксигенаторі до моменту, коли спрацьовує електронне реле. Після цього соленоїдний клапан відкривається, і рівень води знижується до певної позначки, при якій реле відключає клапан. Одночасно з процесом поглинання кисню відбувається виділення з води азоту та інших газів, що сприяє підтриманню оптимального газового складу води в рециркуляційній системі.

У рециркуляційних аквасистемах (РАС) для насичення води киснем широко використовуються аератори, переважно розпилювальні, які подають повітря або кисень у воду у вигляді бульбашок. Поверхневі аератори вважаються найбільш ефективними для насичення киснем і широко застосовуються завдяки їхній відносно низькій вартості та мінімальним експлуатаційним витратам [22].

Температура є одним із ключових факторів управління в рециркуляційних аквасистемах (РАС). Вимоги до точності її регулювання залежать від чутливості виду, що культивується. Часто необхідно не лише стабілізувати температуру на певному рівні, але й коригувати її відповідно до потреб. Це здійснюється через програму управління, яка регулює температурний режим за графіком. Наприклад, для підготовки риби до нересту програмою передбачено підвищення температури після зимового періоду спокою для стимуляції весняного розвитку.

Особливістю рециркуляційних установок, що функціонують в умовах континентального клімату, є необхідність підігріву води взимку та охолодження циркулюючої води влітку. Це важливо для підтримання стабільного температурного режиму, який відповідає вимогам вирощуваних видів риб у різні сезони [41].

Корекція температури в рециркуляційних установках зводиться до компенсації теплових втрат між циркулюючою водою та навколишнім середовищем, а також до підтримання температури підживлювальної води на необхідному рівні. Якщо установка розташована в опалюваному приміщенні й немає суворих вимог до точності температурної стабілізації, достатньо підігрівати підживлювальну воду так, щоб компенсувати добове зниження температури. Взимку підживлювальну воду можна перегрівати для підтримки тепла, а влітку, в спекотні дні, подавати воду з температурою нижче температури циркулюючої води для охолодження.

Коригуючий вплив може бути спрямований безпосередньо на циркулюючу воду. У цьому випадку кількість енергії, що вводиться в систему для підігріву або охолодження води, повинна регулюватися автоматичними приладами. Це забезпечує точне й ефективне управління температурним режимом у рециркуляційній системі відповідно до потреб вирощуваних організмів.

Використання електронагрівачів для корекції температури спрощує конструкцію системи і дозволяє автоматизувати процес за допомогою відносно простих засобів автоматичного управління. Це забезпечує гнучкість і точність у підтриманні оптимальних температурних умов у рециркуляційній аквасистемі, що є важливим для стабільного вирощування риби.

Електронагрівальні пристрої для підігріву води вже розроблені та широко застосовуються. У більших рибоводних установках можуть використовуватися проточні водонагрівачі, які забезпечують ефективно і швидко підігрівання води, що циркулює, підтримуючи стабільний температурний режим для вирощування риби.

Для невеликих підприємств і приватних будинків випускаються компактні водогрійні котли, розраховані на тиск до 2 кг/см² і температуру до 90 °С. Ці котли працюють на природній тязі через димову трубу, забезпечуючи просте та ефективне рішення для опалення та підігріву води.

Регуляція рівня рН є важливим фактором для підтримання оптимального середовища в рециркуляційних аквасистемах. Для більшості риб найбільш сприятливим є нейтральний рівень рН. Значні відхилення в кислу або лужну сторону можуть призвести до підвищення кисневого порогу та зниження інтенсивності дихання риб, що негативно впливає на їхнє здоров'я і зростання. Тому підтримання стабільного рівня рН є критично важливим для забезпечення комфортних умов для вирощування риби [22].

В установках, оснащених блоком денітрифікації, можна очікувати досягнення балансу між процесами закислення та лужності. Однак, якщо рибоводна установка функціонує без блоку денітрифікації, цей баланс порушується, хоча процес денітрифікації все одно може відбуватися навіть в аеробних умовах, але з меншою ефективністю. Такий дисбаланс може негативно впливати на стабільність хімічних показників води.

Для стабілізації рівня рН при його зниженні та поверненні до нейтрального показника деякі системи оснащені установками для вапнування. Ці установки додають вапняну воду краплями, що допомагає стабілізувати рН. Іншим варіантом є автоматична система дозування, яка керується рН-метром з імпульсом зворотного зв'язку до насоса-дозатора. У таких системах часто використовують гідроксид натрію (NaOH), оскільки він простіший у застосуванні, що робить експлуатацію системи більш зручною та ефективною.

Для циркуляції води в рециркуляційних системах використовуються різні типи насосів, а перекачування води потребує значних енерговитрат. Щоб мінімізувати експлуатаційні витрати, важливо, щоб висота подачі води була якомога нижчою, а насоси були правильно встановлені й працювали з максимальною ефективністю. Ідеально, якщо підйом води відбувається лише один раз за рециркуляційний цикл, після чого вода тече самопливом через усю систему до насоса, що значно знижує витрати енергії.

Насоси зазвичай встановлюються перед системою біологічного очищення та дегазації, оскільки процес підготовки води починається саме тут. У будь-якому випадку насоси повинні бути розташовані після механічного фільтра,

щоб уникнути подрібнення твердих частинок, що видаляються з рибницьких басейнів. Це допомагає зберегти ефективність системи очищення і запобігти пошкодженню інших компонентів.

Насоси високого тиску застосовуються для подачі менших об'ємів води на велику висоту, тоді як насоси низького тиску (осьові насоси) використовуються для переміщення великих об'ємів води на невелику висоту. Це дозволяє оптимально налаштувати систему відповідно до потреб циркуляції води в рециркуляційних аквасистемах, знижуючи витрати енергії і підвищуючи ефективність процесу [41].

У деяких системах рух води здійснюється шляхом нагнітання повітря в аераційні колодязі. Однак ефективність дегазації і переміщення води в таких системах не завжди перевершує подачу води насосом на дегазатор. З точки зору енергоефективності та якості дегазації, коефіцієнт корисної дії (ККД) аераційних колодязів нижчий, ніж при використанні всмоктуючих насосів для очищення води у краплинному фільтрі.

Розміри, форма та глибина рибоводних басейнів, які використовуються в РАС, повинні відповідати біологічним та фізіологічним потребам вирощуваних видів риб. Басейни різних конструкцій і форм мають свої унікальні властивості та переваги. Вибір правильних розмірів, форми, глибини та здатності басейнів до самоочищення є критично важливим для ефективного вирощування риби. Для риб, які ведуть придонний спосіб життя, найбільш важливою є площа поверхні води, тоді як глибина та швидкість течії можуть бути меншими (наприклад, для камбалових або морського язика). Для активних пелагічних видів, таких як лососеві, важливим є більший обсяг води та вищі швидкості течії, що сприяє їх нормальному росту та розвитку.

Використання круглих басейнів та басейнів із закругленими краями сприяє активному винесенню органічних частинок, оскільки вся водна маса в таких ємностях обертається навколо центру. Ефективним способом контролю течії в таких басейнах є вертикальний водозабір. Прямокутні басейни мають меншу здатність до самоочищення, але їхня компактність робить їх більш

зручними для розміщення в рибницьких цехах порівняно з круглими басейнами. Овальні басейни — це проміжний варіант між круглими та прямокутними. Вони поєднують високу здатність до самоочищення та компактність, але на практиці використовуються рідко.

Круглі басейни мають перевагу у контролі й регуляції рівня кисню, оскільки водяний стовп постійно переміщується, що забезпечує рівномірний вміст кисню по всьому басейну. Це полегшує процес підвищення або зниження концентрації кисню у разі потреби, що важливо для підтримки оптимальних умов вирощування риби [41].

Водостоки басейнів обладнуються ґратами з отворами відповідного розміру, що забезпечують оптимальне видалення відходів, водночас перешкоджаючи виходу вирощуваних об'єктів з басейнів. Це дозволяє підтримувати чистоту води та забезпечує безпеку риб, запобігаючи їхньому випадковому виходу з системи.

РОЗДІЛ 6

РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

Дано:

- Річна продуктивність – 150,0 т/рік
- Середня маса товарної риби – 1,2 кг
- Маса малька – 3 г
- Маса личинки – 0,1 г
- Проведення нерестової компанії – 2 рази/рік
- Щільність посадки товарної риби – 300 кг/м³
- Добова норма корму для годівлі товарної риби – 1% від маси
- Добова норма корму для годівлі малька – 3% від маси
- Кормовий коефіцієнт для товарної риби – 1,1
- Кормовий коефіцієнт для малька – 0,9
- Питома поверхня наповнювача біофільтру – 700 м²/м³
- Співвіднош. об'єму наповнювача до об'єму води у біофільтрі – 1 : 1

Проектоване підприємство буде мати:

- дві лінії для вирощування товарної риби:
 - Лінія 1: Басейн ($H_{\text{бас.}} = 1,2$ м, $\varnothing_{\text{бас.}} = 6,5$ м, $h_{\text{рівень води}} = 1,1$ м), водообмін 0,65 (обмін води в бас.)/год
 - Лінія 2: Басейн ($H_{\text{бас.}} = 1,2$ м, $\varnothing_{\text{бас.}} = 3,8$ м, $h_{\text{рівень води}} = 1,1$ м), водообмін 0,75 (обмін води в бас.)/год
- одну лінію для підрощування личинок:
 - Лінія 0: Басейн ($H_{\text{бас.}} = 0,8$ м, $\varnothing_{\text{бас.}} = 2,0$ м, $h_{\text{рівень води}} = 0,7$ м), водообмін 2,0 (обмін води в бас.)/год
- один інкубаційний цех.

Види комбікормів:

- Стартовий корм Aller Aqua Thalassa:
 - Вміст протеїну в кормі – 62 %
- Продуктивний корм для риб Aller Aqua Vona Float:
 - Вміст протеїну в кормі – 42 %

6.1. Розрахунки потреб у біологічному матеріалі різновікових груп

У сучасному аквакультурному виробництві важливим етапом є правильне планування потреб у біологічному матеріалі для різних вікових груп риб. Це дозволяє ефективно організувати вирощування від ікри до товарної риби. Для африканського сома (*Clarias gariepinus*), який є поширеним об'єктом аквакультури, особливо в умовах рециркуляційних аквасистем (РАС), необхідно враховувати кілька етапів розвитку риби: від ікри до товарної риби.

1. Товарна риба

Розрахунок кількості товарної риби за однієї нерестової компанії:

$$\text{Кількість товарної риби} = \frac{\text{Планова продуктивність}}{\text{Середня маса однієї риби}};$$

$$\text{де, Планова продуктивність} = \frac{\text{Річна продуктивність}}{\text{Кільк.нерест.компаній за рік}};$$

$$\text{Планова продуктивність} = \frac{150,0 \text{ Т/рік}}{2} = 75,0 \text{ Т/рік} = 75\,000 \text{ кг/рік};$$

$$\text{Кількість товарної риби} = \frac{75\,000 \text{ кг/рік}}{1,2 \text{ кг}} = 62\,500 \text{ особин за однієї}$$

нерестової компанії

Отже, кількість товарного африканського сома становить:

- за проведення однієї нерестової компанії – 62 500 особин;

- за рік – 125 000 особин.

2. Мальок

Розрахунок кількості малька:

$$\text{Кількість малька} = \frac{\text{Кількість товарної риби}}{\text{Коефіцієнт виживаності малька до товарної риби}};$$

Коефіцієнт виживаності малька до товарної риби африканського сома в умовах рециркуляційних аквасистем (РАС) становить 85%, тоді:

$$\text{Кількість малька} = \frac{62\,500 \text{ шт}}{0,85} = 73\,530 \text{ екземплярів.}$$

Отже, кількість малька африканського сома становить:

- за проведення однієї нерестової компанії – 73 530 екземплярів;

- за рік – 147 060 екземплярів.

3. Личинка

Розрахунок кількості личинок:

$$\text{Кількість личинок} = \frac{\text{Кількість малька}}{\text{Коефіцієнт виживаності личинок до малька}},$$

Коефіцієнт виживаності личинок до малька африканського сома становить 75%, тоді:

$$\text{Кількість личинок} = \frac{73\,530 \text{ шт}}{0,75} = 98\,040 \text{ екземплярів.}$$

Отже, кількість личинок африканського сома становить:

- за проведення однієї нерестової компанії – 98 040 екземплярів;

- за рік – 196 080 екземплярів.

4. Ікра

Розрахунок кількості ікринок:

$$\text{Кількість ікринок} = \frac{\text{Кількість личинок}}{\text{Коефіцієнт виживаності ікринок до личинок}},$$

Коефіцієнт виживаності ікринок до личинок африканського сома становить 60%, тоді:

$$\text{Кількість ікринок} = \frac{98\,040 \text{ шт}}{0,60} = 163\,400 \text{ одиниць.}$$

Отже, кількість ікринок африканського сома становить:

- за проведення однієї нерестової компанії – 163 400 екземплярів;

- за рік – 326 800 екземплярів.

5. Маточне стадо

Розрахунок кількості самок:

$$\text{Кількість самок} = \frac{\text{Кількість личинок}}{\text{Продуктивність однієї самки}}$$

Продуктивність самки становить 120 тис. ікринок за один нерест, тоді:

$$\text{Кількість самок} = \frac{163\,400 \text{ шт}}{120\,000 \text{ шт}} = 1,36 = 2 \text{ самки.}$$

При заплідненні ікри однієї самки використовуються молоки від двох самців для забезпечення якісного запліднення.

Отже, кількість самок африканського сома становить:

- за проведення однієї нерестової компанії – 2 самки, 4 самці;

- за рік – 4 самки, 8 самців.

6.2. Розрахунки потреб в комбікормах для годівлі риби

1. Розрахунок витрат комбікормів на приріст товарної риби:

Приріст тов. риби = (Маса тов. риби * Кільк. екз. тов. риби) - (Маса малька * Кільк. малька)

$$\text{Приріст тов. риби} = (1,2 \text{ кг} * 125\,000 \text{ екз}) - (0,003 \text{ кг} * 147\,060 \text{ екз}) = 149\,559 \text{ кг}$$

Кільк. комбікормів для тов. риби = Приріст тов. риби * КК

$$\text{Кільк. комбікормів для тов. риби} = 149\,559 * 1,1 = 164\,515 \text{ кг}$$

(продукційного корму)

2. Розрахунок витрат комбікормів на приріст малька:

Приріст малька = (Маса малька * Кільк. екз. малька) - (Маса личинок * Кільк. личинок)

$$\text{Приріст малька} = (3 \text{ г} * 147\,060 \text{ екз}) - (0,1 \text{ г} * 196\,080 \text{ екз}) = 421\,572 \text{ г} = 422 \text{ кг}$$

Кільк. комбікормів малька = Приріст малька * КК

$$\text{Кільк. комбікормів малька} = 422 * 0,9 = 380 \text{ кг (стартового корму)}$$

6.3. Розрахунки потреб в основних засобах виробництва

Для розрахунку потреб в основних засобах виробництва рециркуляційної аквасистеми (РАС) для африканського сома, необхідно враховувати основні технічні вимоги для підтримки ефективної та безперебійної роботи системи. Розрахунки базуються на загальній площі вирощування, обсягах води, необхідних для певної кількості риби, і специфічних вимогах до очищення, стерилізації та нагріву води.

1. Басейни

Розрахунок загального об'єму води в басейнах для товарної риби:

$$\text{Заг. об'єм води в бас. (тов. риби)} = \frac{\text{Маса товарної риби}}{\text{Щільність посадки тов. риби}}$$

де, маса товарної риби (максимальна кількість в один момент) =

$$= \frac{\text{Річна продуктивність}}{2} = \frac{150\,000 \text{ кг/рік}}{2} = 75\,000 \text{ кг} \quad (\text{так, як повний}$$

відбувається раз на 6 місяців)

$$\text{Заг. об'єм води в бас. (тов. риби)} = \frac{75\,000 \text{ кг}}{300 \text{ кг/м}^3} = 250 \text{ м}^3$$

Габарити басейну 1 для товарної риби:

$$H_{\text{басейну 1}} = 1,2 \text{ м}, \quad \varnothing_{\text{басейну 1}} = 6,5 \text{ м}, \quad h_{\text{рівень води}} = 1,1 \text{ м}, \quad n = 4 \text{ шт}$$

Габарити басейну 2 для товарної риби:

$$H_{\text{басейну 2}} = 1,2 \text{ м}, \quad \varnothing_{\text{басейну 2}} = 3,8 \text{ м}, \quad h_{\text{рівень води}} = 1,1 \text{ м}$$

$$\text{Об'єм води в басейні 1} = \pi \cdot r^2 \cdot h_{\text{рівень води}} = \pi \cdot 3,25^2 \cdot 1,1 = 36,5 \text{ м}^3$$

$$\text{Об'єм води в басейні 2} = \pi \cdot r^2 \cdot h_{\text{рівень води}} = \pi \cdot 1,9^2 \cdot 1,0 = 12,4 \text{ м}^3$$

Розрахунок кількості басейнів для товарної риби:

$$\text{Басейн 1} = 4 \text{ шт}$$

$$\text{Басейн 2} = \frac{\text{Заг. об'єм води в басейнах} - \text{Об'єм води в бас.1} \times \text{кількість бас.1}}{\text{Об'єм води в басейні 2}}$$

$$\text{Басейн 2} = \frac{250 \text{ м}^3 - (36,5 \text{ м}^3 \times 4)}{12,4 \text{ м}^3} = 8,4 = 9 \text{ басейнів}$$

Для маточного поголів'я приймаємо басейн 3 ідентичний басейну 2 в кількості – 1 шт.

Розрахунок загального об'єму води в басейнах для підрощування личинок до 3 грам:

$$\text{Заг. об'єм води в бас. (личинок)} = \frac{\text{Маса підрощеної лич.} \times \text{Кількість лич.}}{\text{Щільність посадки}}$$

$$\text{Заг. об'єм води в бас. (личинок)} = \frac{0,003 \text{ кг} \times 98\,040 \text{ шт}}{100 \text{ кг/м}^3} = 2,9 \text{ м}^3$$

Басейн 4 для підрощування личинок до 3 грам:

$$H_{\text{басейну 4}} = 0,8 \text{ м}, \quad \varnothing_{\text{басейну 4}} = 2,0 \text{ м}, \quad h_{\text{рівень води}} = 0,7 \text{ м}$$

$$\text{Об'єм води в басейні 4} = \pi \cdot r^2 \cdot h_{\text{рівень води}} = \pi \cdot 1,0^2 \cdot 0,7 = 2,2 \text{ м}^3$$

Розрахунок кількості басейнів для підрощування личинок:

$$\text{Басейн 4} = \frac{\text{Заг. об'єм води в бас. (личинок)}}{\text{Об'єм води в басейні 4}} = \frac{2,9 \text{ м}^3}{2,2 \text{ м}^3} = 1,3 = 2 \text{ басейни}$$

Отже, для товарної риби маємо:

- ***Басейн 1 – 4 шт;***
- ***Басейн 2 – 9 шт.***

Для маточного поголів'я:

- ***Басейн 3 – 1 шт.***

Для підрощування личинок до 3 грам:

- ***Басейн 4 – 2 шт.***

2. Насоси

Насоси забезпечують циркуляцію води в системі та необхідні для постійного обміну між басейнами та фільтрами.

Розрахунок мінімально-необхідної потужності (скорочено – Пот.) насосу:

$$\text{Пот. насосу} = \text{Об'єм води в бас.} \times \text{Кільк. обмінів води за год.}$$

$$\text{Пот. насосу лінії 1} = (36,5 \text{ м}^3 \times 4 \text{ шт}) \times 0,65 = 95,0 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$\text{Пот. насосу лінії 2} = (12,4 \text{ м}^3 \times 10 \text{ шт}) \times 0,75 = 93,0 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$\text{Пот. насосу лінії 0} = (2,2 \text{ м}^3 \times 2 \text{ шт}) \times 2,0 = 8,8 \text{ м}^3/\text{год}$$

Отже, потрібен насос з потужністю 95,0 м³/год для лінії 1; 93,0 м³/год для лінії 2; 8,8 м³/год для лінії 0.

3. Механічний фільтр

Механічний фільтр використовується для видалення зважених частинок з води. Продуктивність фільтру визначається об'ємом води, який проходить через систему.

Розрахунок мінімально-необхідної потужності механічного фільтру:

Пот. мех. фільтру = Об'єм води в бас. x Кільк. обмінів води за год.

Пот. мех. фільтру лінії 1 = (36,5 м³ x 4 шт) x 0,65 = 95,0 м³/год

Пот. мех. фільтру лінії 2 = (12,4 м³ x 10 шт) x 0,75 = 93,0 м³/год

Пот. мех. фільтру лінії 0 = (2,2 м³ x 2 шт) x 2,0 = 8,8 м³/год

Розраховуємо необхідну потужність механічного фільтру з запасом 30%:

Пот. мех. фільтру лінії 1 = 95 м³/год * 1,3 = 124,0 м³/год

Пот. мех. фільтру лінії 2 = 93 м³/год * 1,3 = 121,0 м³/год

Пот. мех. фільтру лінії 0 = 8,8 м³/год * 1,3 = 12,0 м³/год

Отже, потрібен механічний фільтр з пропускною здатністю 124,0 м³/год для лінії 1; 121,0 м³/год для лінії 2; 12,0 м³/год для лінії 0.

4. Біологічний фільтр

Біологічний фільтр використовується для нітрифікації аміаку та інших розчинених відходів. Потужність біофільтра залежить від біологічного навантаження, яке генерується рибою.

Розрахунок добової норми корму для годівлі африканського сома в басейнах РАС:

Добова норма корму лінії = Потужність лінії * Добова норма корму (% від маси тіла)

де, Потужність лінії = Заг. об'єм води в басейнах * Щільність посадки

$$\text{Добова норма корму Л.1} = (36,5 \text{ м}^3 * 4 \text{ шт} * 300 \text{ кг/м}^3) * 0,01 = 438,0 \text{ кг}$$

$$\text{Добова норма корму Л.2} = (12,4 \text{ м}^3 * 10 \text{ шт} * 300 \text{ кг/м}^3) * 0,01 = 372,0 \text{ кг}$$

$$\text{Добова норма корму Л.0} = (2,2 \text{ м}^3 * 2 \text{ шт} * 150 \text{ кг/м}^3) * 0,03 = 20,0 \text{ кг}$$

Розрахунок маси загального аміачного і амонійного азоту:

Заг. маса аміачн. і амон. азоту = Добова норма корму * Вміст протеїну в комбікормах * 0,092

$$\text{Заг. маса аміачн. і амон. азоту Л.1} = 438,0 \text{ кг} * 0,42 * 0,092 = 16,92 \text{ кг}$$

$$\text{Заг. маса аміачн. і амон. азоту Л.2} = 372,0 \text{ кг} * 0,42 * 0,092 = 14,37 \text{ кг}$$

$$\text{Заг. маса аміачн. і амон. азоту Л.0} = 20,0 \text{ кг} * 0,62 * 0,092 = 1,14 \text{ кг}$$

Розрахунок загальної площі поверхні заповнювача біофільтру:

Заг. площа заповнювача = Заг. маса аміачн. і амон. азоту * Площа поверхні

де, Площа поверхні біоплівки для рухомого заповнювача – 4 м² біоплівки для перетворення протягом доби 1 г сумарного аміачно-амонійного азоту на нітрітно-нітратний

$$\text{Заг. площа заповнювача Л.1} = 16,92 \text{ кг} * 4 \text{ м}^2/\text{г} = 67\,680 \text{ м}^2$$

$$\text{Заг. площа заповнювача Л.2} = 14,37 \text{ кг} * 4 \text{ м}^2/\text{г} = 57\,480 \text{ м}^2$$

$$\text{Заг. площа заповнювача Л.0} = 1,14 \text{ кг} * 4 \text{ м}^2/\text{г} = 4\,560 \text{ м}^2$$

Розрахунок об'єму заповнювача з урахуванням 30% резерву:

$$\text{Об'єм заповнювача} = \frac{\text{Заг. площа заповнювача} * 1,3}{\text{Питома поверхня}}$$

$$\text{Об'єм заповнювача Л.1} = \frac{67\,680 \text{ м}^2 * 1,3}{700 \text{ м}^2/\text{м}^3} = 126,0 \text{ м}^3$$

$$\text{Об'єм заповнювача Л.2} = \frac{57\,480 \text{ м}^2 * 1,3}{700 \text{ м}^2/\text{м}^3} = 107,0 \text{ м}^3$$

$$\text{Об'єм заповнювача Л.0} = \frac{4\,560 \text{ м}^2 * 1,3}{700 \text{ м}^2/\text{м}^3} = 8,5 \text{ м}^3$$

Розрахунок об'єму біофільтру:

Об'єм біофільтру = Об'єм заповнювача * 2

Об'єм біофільтру Л.1 = 126,0 м³ * 2 = 252,0 м³

Об'єм біофільтру Л.2 = 107,0 м³ * 2 = 214,0 м³

Об'єм біофільтру Л.0 = 8,5 м³ * 2 = 17,0 м³

Отже, потрібний об'єм біофільтру – 252,0 м³ із заповнювачем на 126,0 м³ для лінії 1, об'єм біофільтру – 214,0 м³ з заповнювачем – 107,0 м³ для лінії 2, об'єм біофільтру – 17,0 м³ з заповнювачем – 8,5 м³ для лінії 0.

5. Аератор для біофільтру

Для ліній 1 та 2 буде використано аератор SunSun PG-750 2000 л/м 220V з характеристиками:

- Повітряний потік – 120 м³/год
- Потужність 750 Вт

Для лінії 0 – аератор SunSun АСО-818

- Повітряний потік – 18 м³/год
- Потужність 750 Вт

Розрахунок загальної потреби в кисні:

Загальна потреба в кисні = Об'єм біофільтра * Потреба в кисні

де, Потреба в кисні становить $0,75 \left(\frac{\text{м}^3_{\text{повітря}}}{\text{м}^3_{\text{біоагрузки}}} \right) / \text{год}$

Загальна потреба в кисні Л.1 = 252,0 м³ * 0,75 м³/м³/год = 189,0 м³/год

Загальна потреба в кисні Л.2 = 214,0 м³ * 0,75 м³/м³/год = 160,5 м³/год

Загальна потреба в кисні Л.0 = 17,0 м³ * 0,75 м³/м³/год = 12,75 м³/год

Розрахунок кількості аераторів:

$$\text{Кільк. аераторів} = \frac{\text{Загальна потреба в кисні}}{\text{Потік одного аератора}}$$

$$\text{Кільк. аераторів Л. 1} = \frac{189,0 \text{ м}^3/\text{год}}{120,0 \text{ м}^3/\text{год}} = 1,57 \approx 2 \text{ шт}$$

$$\text{Кільк. аераторів Л. 2} = \frac{160,5 \text{ м}^3/\text{год}}{120,0 \text{ м}^3/\text{год}} = 1,34 \approx 2 \text{ шт}$$

$$\text{Кільк. аераторів Л. 0} = \frac{12,75 \text{ м}^3/\text{год}}{18 \text{ м}^3/\text{год}} = 0,71 \approx 1 \text{ шт}$$

Отже, для забезпечення необхідного рівня аерації в біофільтрі лінії 1 було обрано аератор SunSun PG-750 2000 л/м 220V у кількості 2 шт; для лінії 2 обрано аератор SunSun PG-750 2000 л/м 220V у кількості 2 шт; для лінії 0 обрано аератор SunSun ACO-818 у кількості 1 шт;

6. УФ-стерилізація

УФ-стерилізація необхідна для знезараження води та зменшення кількості патогенів.

Розрахунок мінімально-необхідної потужності УФ-стерилізатора:

Пот. УФ – стерил. = Об'єм води в бас.* Кільк. обмінів води за год.

$$\text{Пот. УФ-стерил. Л.1} = (36,5 \text{ м}^3 * 4 \text{ шт}) * 0,65 = 95,0 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$\text{Пот. УФ-стерил. Л.2} = (12,4 \text{ м}^3 * 10 \text{ шт}) * 0,75 = 93,0 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$\text{Пот. УФ-стерил. Л.0} = (2,2 \text{ м}^3 * 2 \text{ шт}) * 2,0 = 9,0 \text{ м}^3/\text{год}$$

Розрахунок необхідної кількості УФ-ламп:

$$\text{Кількість УФ лампи} = \frac{\text{Необхідна потужність УФ-стерил.}}{\text{Потужність однієї УФ-лампи}}$$

Марка УФ-лампи – Sterilight VIQUA S212RL, з ефективним обробленням води 10 м³/год

$$\text{Кількість УФ ламп Л. 1} = \frac{95,0 \text{ м}^3/\text{год}}{10,0 \text{ м}^3/\text{год}} = 10 \text{ шт}$$

$$\text{Кількість УФ ламп Л. 2} = \frac{93,0 \text{ м}^3/\text{год}}{10,0 \text{ м}^3/\text{год}} = 10 \text{ шт}$$

$$\text{Кількість УФ ламп Л. 0} = \frac{9,0 \text{ м}^3/\text{год}}{10,0 \text{ м}^3/\text{год}} = 1 \text{ шт}$$

Отже, необхідна кількість УФ-ламп Sterilight VIQUA S212RL для стерилізації води в системі РАС становить: 10 шт. для лінії 1; 10 шт. для лінії 2; 1 шт. для лінії 0.

7. Нагрів води

Нагрів води важливий для підтримки оптимальних температурних умов для росту африканського сома (26-30°C).

Марка котла – Viessmann Vitogas 100-F з характеристиками:

- Тип котла – Підлоговий, газовий, низькотемпературний
- Потужність – 29–60 кВт
- Споживання газу – 3-6 м³/год
- Коефіцієнт корисної дії (ККД) – До 92%
- Паливо – Природний газ або зріджений газ (LPG)

Розрахунок загального споживання газу за рік:

Загальне споживання газу = Споживання газу котлом * Середній час роботи на добу * Кількість днів

Загальне споживання газу = 3,0 м³/год * 8 год * 360 днів = 8 640 м³/рік

Отже, для підтримання температурного режиму води в системі РАС обрано промисловий газовий котел Viessmann Vitogas 100-F, який споживає 8 640 м³ газу за рік.

6.4. Водогосподарські розрахунки для проектування господарства

Підлив свіжої води необхідний для підтримання належної якості води в системі, зокрема для зменшення концентрації нітратів та інших розчинених речовин. Кількість свіжої води, яку потрібно додавати, залежить від інтенсивності вирощування, щільності посадки, продуктивності біофільтра та показників води (особливо нітратів і органічних речовин).

Зазвичай підміна води в системі РАС на свіжу воду становить від 5 до 10% від загального об'єму системи на добу.

Розрахунок загального об'єму води в системі РАС:

Загальний об'єм води = Об'єм води в басейнах + Об'єм води в біофільтрі + 10% (вода в трубопроводах і інших неврахованих част. системи)

Загальний об'єм води = $(36,5 \text{ м}^3 * 4 \text{ шт} + 12,4 \text{ м}^3 * 10 \text{ шт} + 2,2 \text{ м}^3 * 2 \text{ шт}) + (252,0 \text{ м}^3 + 214,0 \text{ м}^3 + 17,0 \text{ м}^3) + 10\% = 274,4 \text{ м}^3 + 483,0 \text{ м}^3 + 10\% = 833,2 \text{ м}^3$

Розрахунок об'єму води на підміну за добу:

Об'єм води на підміну = Заг. об'єм води сист. * Відсоток підміни свіжої води





Об'єм води на підміну = $833,2 \text{ м}^3 * 0,05 = 42,0 \text{ м}^3/\text{добу}$

6.5. Узагальнення обладнання системи РАС






Потребу у вузлах і агрегатах проектованої РАС зведено до таблиці 6.1:

Таблиця 6.1






Обладнання проектового підприємства





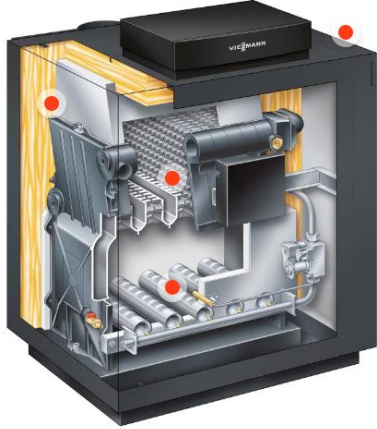
№	Найменування	Ескіз	Характеристика	К-сть
1	2	3	4	5
Лінія 1				
1	Басейн 1		$\text{Ø}_{\text{басейну}} = 6,5 \text{ м}$ $\text{H}_{\text{басейну}} = 1,2 \text{ м}$ $h_{\text{рівень води}} = 1,1 \text{ м}$	4 шт
2	Насос		Насос Pedrollo HF 4 Потужність насоса - 0,75 кВт (1 к.с.) Напруга - 380 В Пропускна здатність 48,0 м ³ /год	2 шт
3	Механічний фільтр		Барабанний фільтр Пропускна здатність – 124,0 м ³ /год	1 шт
4	Біологічний фільтр		Вільноплаваюче біозавантаження	126,0 м ³

Продовження таблиці 6.1

1	2	3	4	5
5	Аератор		SunSun PG-750 2000 л/м 220V Повітряний потік – 120 м ³ /год Потужність 750 Вт	2 шт
6	УФ-стерилізатор		Sterilight VIQUA S212RL	10 шт
Лінія 2				
7	Басейн 2,3		$\text{Ø}_{\text{басейну}} = 3,8 \text{ м}$ $H_{\text{басейну}} = 1,2 \text{ м}$ $h_{\text{рівень води}} = 1,1 \text{ м}$	10 шт
8	Насос		Насос Pedrollo HF 4 Потужність насоса - 0,75 кВт (1 к.с.) Напруга - 380 В Пропускна здатність 48,0 м ³ /год	2 шт
9	Механічний фільтр		Барабанний фільтр Пропускна здатність – 121,0 м ³ /год	1 шт

Продовження таблиці 6.1

1	2	3	4	5
10	Біологічний фільтр		Вільноплаваюче біозавантаження	10 7,0 м ³
11	Аератор		SunSun PG-750 2000 л/м 220V Повітряний потік – 120 м ³ /год Потужність 750 Вт	2 шт
12	УФ-стерилізатор		Sterilight VIQUA S212RL	10 шт
Лінія 0				
13	Басейн 4		$\varnothing_{\text{басейну}} = 2,0 \text{ м}$ $H_{\text{басейну}} = 0,8 \text{ м}$ $h_{\text{рівень води}} = 0,7 \text{ м}$	2 шт
14	Насос		PEDROLLO CPM 150-ST4 Потужність насоса - 0,75 кВт Напруга - 220 В Пропускна здатність 9,0 м ³ /год	2 шт

1	2	3	4	5
15	Механічний фільтр		Барабанний фільтр Пропускна здатність – 12,0 м ³ /год	1 шт
16	Біологічний фільтр		Вільноплаваюче біозавантаження	8,5 м ³
17	Аератор		SunSun ACO-818 Повітряний потік – 18 м ³ /год Потужність 750 Вт	1 шт
18	УФ-стерилізатор		Sterilight VIQUA S212RL	1 шт
Загальне				
19	Нагрів води		Viessmann Vitogas 100-F: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Тип котла – Підлоговий, газовий, низькотемпературний ▪ Потужність – 29–60 кВт ▪ Споживання газу – 3-6 м³/год ▪ Коефіцієнт корисної дії (ККД) – До 92% ▪ Паливо – Природний газ або зріджений газ 	1 шт 8 640 м ³ /рік газу

РОЗДІЛ 7

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ ПРОЕКТОВАНОГО ПІДПРИЄМСТВА

7.1. Матеріальні витрати проектового підприємства

7.1.1. Розрахунок витрат на комбікорми

Дано:

- Стартовий корм Aller Aqua Thalassa – 250 грн/кг
- Продуктивний корм для риб Aller Aqua Vona Float – 70 грн/кг

Розрахунок вартості кормів:

Ціна за корм = Кільк. комбікормів для тов.риби * Ціна корму

Ціна продуктивного корму = 164 515 кг * 70 грн/кг = 11 516 050 грн/рік

Ціна стартового корму = 380 кг * 250 грн/кг = 95 000 грн/рік

Вартість кормів = Ціна продуктив. корму + Ціна старт. корму

Вартість кормів = 11 516 050 грн/рік + 95 000 грн/рік = 11 611 050 грн/рік

7.1.2. Розрахунок витрат на закупівлю маточного стада

Дано:

- Ціна самок – 600 грн/кг
- Ціна самців – 500 грн/кг

Розрахунок витрат на закупівлю маточного стада:

Ціна самок = Маса самки * Кількість рибин * Ціна за 1 кг самки

Вартість самок = 4 кг * 4 шт * 600 грн/кг = 9 600 грн

Вартість самців = 3 кг * 8 шт * 500 грн/кг = 12 000 грн

Сума витрат на закупівлю маточного стада = 9 600 грн + 12 000 грн = 21 600 грн

7.1.3. Розрахунки витрат господарства на енергоносії

Дано:

- Ціна електроенергії для промисловості – 8,4 грн/кВт•год

Розрахунок загальної потреби підприємства в електроенергії:

Потреби підприємства = (Сума потужностей обладнання системи РАС) *

Середній час роботи обладнання на добу * Кількість днів + 10%

Потреби підприємства = ((0,75 кВт * 11 шт * 12 год) + (30 кВт * 8 год)) *
360 днів + 10% = 122 040 кВт + 10% = 134 244 кВт•год/рік

Розрахунок загальних витрат підприємства на електроенергію:

Сума витрат на електроенергію = Потреби підпр. * Ціна за електроен.

Сума витрат на електроенергію = 134 244 кВт/рік * 8,4 грн = 1 127 650 грн

7.1.4. Розрахунки витрат господарства на газ

Дано:

- Ціна за газ – 15,5 грн/м³

Розрахунок загальних витрат на газ:

Сума витрат на газ = Об'єм використаного газу * Ціна за газ

Сума витрат на газ = 8 640 м³/рік * 15,5 грн/м³ = 133 920 грн

7.2. Витрати на амортизацію

Розрахунок амортизаційних витрат:

Сума амортизаційних витрат = Вартість основних засобів підпр-ва * 10%

Сума амортизаційних витрат = (11 611 050 грн + 21 600 грн + 1 127 650
грн + 133 920 грн) * 10% = 12 894 220 * 10% = 1 289 422 грн

7.3. Витрати на оплату праці

Калькуляцію фонду заробітної плати представлено в таблиці 7.1:

Таблиця 7.1

Витрати на оплату праці

№	Посада працівника	Кількість працівників, чол.	Зарплата, грн/міс	Сума за рік, грн	
				на 1-го	на всіх
1	Директор	1	35 000	420 000	420 000
2	Головний рибовод	1	25 000	300 000	300 000
3	Помічник рибовода	2	18 000	216 000	432 000
4	Інженер рибовод	1	25 000	300 000	300 000
5	Бухгалтер економіст	1	15 000	180 000	180 000
6	Водій	2	17 000	204 000	404 000
7	Охоронець	2	15 000	180 000	360 000
СУМА		10	150 000	1 800 000	2 396 000
Відрахування до єдиного соціального внеску (ЄСВ)(22%)					527 120
Всього ФЗП з нарахуваннями					<u>2 923 120</u>

7.4. Витрати на охорону праці

Розрахунок витрат на охорону праці:

Витрати охорону праці = (Сума осн. витрат підприємства * 5 %) : 100 %

Витрати на охорону праці = (12 894 220 * 5 %) : 100 % = 644 711 грн

7.5. Інші операційні витрати

Суму коштів на інші операційні витрати визначено за формулою:

Кошти на інші опер. витр. = (Сума осн. витрат підпр. * 2 %) : 100 %

Кошти на інші опер. витрати = (12 894 220 * 2%) : 100 % = 257 885 грн

7.6. Загальні витрати підприємства

Загальні валові витрати підприємства (скорочено – ВВ) становить:

ВВ = 11 611 050 грн + 21 600 грн + 1 127 650 грн + 133 920 грн + 1 289 422 грн + 2 923 120 грн + 644 711 грн + 257 885 грн = 18 009 358 грн

7.7. Собівартість товарної продукції

Розрахунок собівартості продукції проведено за формулою:

Собівартість продукції = $\frac{\text{Валові витрати підприємства}}{\text{Річний обсяг продукції}}$

Собівартість продукції = $\frac{18\,009\,358 \text{ грн}}{150\,000 \text{ кг/рік}} = 120,0 \text{ грн/кг}$

7.8. Дохід виробленої продукції

Розраховуємо валовий дохід (скорочено – ВД) від продажу продукції:

ВД = Кількість проданої риби * Гуртова ціна 1 кг риби

ВД = 150 000 кг * 145 грн/кг = 21 750 000 грн

7.9. Економічні показники проектного підприємства

Розрахунок величини чистого прибутку підприємства (скорочено – ЧП):

ЧП = ВД – ВВ = 21 750 000 грн - 18 009 358 грн = 3 740 642 грн.

Розрахунок рентабельності виробництва продукції:

Рентабельність = $\frac{\text{Валовий дохід} - \text{Валові витрати}}{\text{Валові витрати}} * 100\%$

Рентабельність = $\frac{21\,750\,000 - 18\,009\,358}{18\,009\,358} * 100\% = 20,8$

РОЗДІЛ 8

ОХОРОНА ПРАЦІ НА ПІДПРИЄМСТВІ

Для запобігання виникненню небезпечних ситуацій та травмувань під час роботи з плідниками риби на підприємствах рибного господарства впроваджуються заходи, що забезпечують реалізацію конституційного права працівників на охорону їх життя та здоров'я у процесі трудової діяльності. Це включає створення належних, безпечних і здорових умов праці, а також регулювання відносин між працівниками і роботодавцями щодо безпеки праці, гігієни та виробничого середовища.

Зазначені норми та правила ґрунтуються на законодавчих актах України, таких як Закон України «Про охорону праці» (2022) [45], Кодекс законів про працю України та інших відповідних нормативно-правових актах, що регулюють безпеку праці. Закон встановлює загальний порядок організації охорони праці в Україні, забезпечуючи захист життя і здоров'я працівників [44]. Відповідно до статті 1 Закону, охорона праці визначається як комплекс правових, соціально-економічних, санітарно-гігієнічних, організаційно-технічних і лікувально-профілактичних заходів, які спрямовані на збереження здоров'я та працездатності робітників.

Дія Закону «Про охорону праці» охоплює всі підприємства, установи та організації, незалежно від форми власності та виду діяльності, а також поширюється на всіх громадян, залучених до роботи на цих підприємствах. Це означає, що кожен працівник має право на безпечні умови праці, незалежно від того, в якій галузі він зайнятий.

Робота рибоводів є досить специфічною, оскільки їхня діяльність часто пов'язана з впливом шкідливих і небезпечних виробничих факторів, зумовлених умовами вирощування об'єктів рибництва. Постійний вплив таких факторів може негативно вплинути на здоров'я працівника, підвищуючи ризик розвитку хронічних захворювань або отримання виробничих травм. Таким чином, ефективне впровадження засобів охорони праці на підприємствах рибної галузі

є надзвичайно важливим для забезпечення безпечних умов роботи та мінімізації шкідливого впливу на організм працівників.

Ці заходи не тільки знижують ризики, але й сприяють підвищенню ефективності роботи підприємства, забезпечуючи кращі умови праці для всіх працівників.

Шкідливі та небезпечні фактори на рибних господарствах умовно поділяються на чотири основні групи: психофізичні (соціальні), біологічні, хімічні та фізичні. Згідно з класифікацією, затвердженою ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ «Небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Класифікація» [44], людина визначає ці фактори як небезпечні або шкідливі, в залежності від їхньої природи та ступеня впливу на здоров'я працівників.

На рибних господарствах найбільш поширеними небезпечними факторами є фізичні, до яких належать:

Фізичні фактори:

Присутність машин та механізмів з рухомими частинами, таких як автотранспорт, кормозмішувачі та інше механічне обладнання. Ці пристрої можуть бути небезпечними через ризик зіткнення або затискання частинами тіла.

Окреме обладнання, особливо механічне, може мати підвищену температуру поверхонь, що створює ризик опіків при контакті.

Температурний режим робочої зони може бути змінним, залежно від пори року та типу робіт, особливо в інкубаційних або риборозплідницьких цехах, де робоча температура може суттєво відрізнятися від зовнішніх умов. Під час роботи на відкритому повітрі, особливо в холодну пору року, це також становить додаткову загрозу для здоров'я працівників.

Підвищений рівень шуму є типовим для робочих місць, де відбувається постійний рух води в басейни або її відтік, а також через роботу електродвигунів та насосних станцій.

Вібрації, викликані роботою електродвигунів, фільтрів та іншого обладнання, можуть негативно впливати на здоров'я працівників, зокрема на їхній опорно-руховий апарат.

У приміщеннях, таких як інкубаційні цехи або цехи для вирощування риби, може спостерігатися підвищена вологість повітря, що може призводити до дискомфорту та погіршення умов праці.

Підвищена напруженість електромагнітного поля у зонах роботи насосних станцій або поблизу електричних щитів може створювати додатковий ризик для здоров'я працівників, впливаючи на їх нервову систему та загальний стан здоров'я.

Недостатня освітленість робочої зони є проблемою, що виникає через fotocутливість певних видів риби або через специфіку роботи в приміщеннях насосних станцій. Погане освітлення підвищує ризик травмувань та нещасних випадків на виробництві.

Наявність відблисків світла, особливо від поверхні води в басейнах або інкубаційних апаратах, може призводити до втоми очей та зниження концентрації працівників, що підвищує небезпеку травм.

Гострі краї обладнання, нерівні або шершаві поверхні рибоводного інвентарю можуть призводити до порізів та інших травм. Крім того, деякі види риби мають захисні пристосування у вигляді гострих плавців або зубців, що можуть серйозно травмувати руки працівників.

- **Хімічні фактори:**

Подразнюючі речовини. Використання хлорного або негашеного вапна, робота з рибними кормами, проведення дезінфекції робочих поверхонь або обладнання можуть призводити до подразнення шкіри, очей та дихальних шляхів працівників. Такі речовини при тривалому контакті можуть викликати алергічні реакції або подразнення слизових оболонок.

Токсичні речовини. У період нерестової кампанії або при перевірці якості кормів, а також під час лікування риби, працівники можуть стикатися з

хімічними речовинами, що мають токсичний вплив. Робота з такими хімікатами потребує особливої обережності, оскільки неправильне використання може призвести до серйозних отруєнь або погіршення стану здоров'я працівників.

- **Біологічні фактори:**

Патогенні мікроорганізми. В умовах рибництва працівники можуть бути піддані ризику зараження патогенними мікроорганізмами, такими як бактерії, грибки, віруси та найпростіші, що можуть бути присутні у слизу, крові або тканинах риби, а також в снулій рибі. Постійний контакт із зараженою рибою збільшує ризик розвитку інфекційних захворювань у працівників, особливо якщо порушуються санітарні норми або правила безпеки.

- **Психофізіологічні фактори:**

Нервово-психічні перевантаження. Робота в позмінному режимі, виконання монотонних завдань, таких як годівля риби або обслуговування систем водопостачання та водовідведення рибницьких басейнів, може призводити до накопичення нервово-психічного стресу. Це може негативно вплинути на загальний емоційний стан працівників, знижуючи їхню працездатність та концентрацію.

Фізичні перевантаження. Виконання фізично важких завдань, таких як зариблення басейнів, облов риби або вантажно-розвантажувальні роботи без застосування спеціальних механізмів, часто призводить до динамічних фізичних перевантажень. Це може спричинити втому, перенапруження м'язів, а в деяких випадках навіть призвести до травм.

Функції служби охорони може виконуватися сумісництвом із основною роботою інженер-рибовод підприємства, який має попередньо обов'язково пройти навчання посадових осіб з охорони праці і перепідготовку з цих питань один раз на 3 роки, згідно п 1.4 НПАОП 0.00-4.21-04 «Типове положення про службу охорони праці»[48].

Ця людина за специфікою своєї діяльності, більше за інших працівників керівного апарату підприємства має розумітися у всіх специфіках технологічних

процесів, а також буде постійно перебувати у контакті з працюючими і, відповідно, бути здатною найбільш ефективно здійснювати функції з питань охорони праці та техніки безпеки на виробництві.

Інженер-рибвод, який за сумісництвом відповідає за питання охорони праці, має низку важливих обов'язків, що спрямовані на забезпечення безпеки та здоров'я працівників на підприємстві. До таких обов'язків належать:

Розроблення заходів для підтримання діючих нормативів охорони праці та підвищення існуючого рівня безпеки на підприємстві. Це включає виконання планів і програм для покращення умов праці, заходи з попередження виробничого травматизму та професійних захворювань. Інженер також надає організаційно-методичну допомогу у впровадженні цих заходів у різних структурних підрозділах підприємства.

Підготовка проєктів та наказів щодо питань охорони праці, які подаються на розгляд керівництву підприємства.

Здійснення перевірок разом із керівниками виробничих цехів і представниками профспілок, щоб контролювати дотримання працівниками нормативних вимог з охорони праці.

Складання звітності з питань охорони праці та її подання до відповідних органів.

Проведення інструктажів, включаючи вступні інструктажі для нових працівників, з метою ознайомлення з вимогами безпеки на робочому місці.

Аналіз причин травматизму та аварій на підприємстві. Інженер веде облік виробничих аварій, професійних захворювань та нещасних випадків.

Забезпечення ведення документації з охорони праці, її зберігання та правильне оформлення.

Методична допомога у розробленні інструкцій з охорони праці та участь у складанні переліків професій і посад, для яких ці інструкції мають бути розроблені.

Інформування працівників про основні вимоги законодавства та нормативних актів з питань охорони праці.

Розгляд небезпечних ситуацій та скарг працівників щодо питань охорони праці, включаючи ситуації, які можуть бути підставою для відмови від виконання роботи.

Організація забезпечення підрозділів підприємства нормативними актами з охорони праці, навчальними посібниками та матеріалами.

Участь у розслідуванні нещасних випадків та аварій, а також проведення внутрішніх аудитів охорони праці і атестації робочих місць.

Складання переліків професій, для яких працівники повинні проходити обов'язкові медичні огляди.

Організація навчання з охорони праці та формування комісій для перевірки знань у працівників.

Контроль за виконанням заходів, спрямованих на покращення безпеки праці, передбачених колективними договорами, а також за усуненням причин професійних захворювань і нещасних випадків.

Контроль за техоглядами обладнання і станом систем вентиляції та інших захисних механізмів.

Забезпечення працівників спецодягом та захисними засобами, а також контроль за їх зберіганням і ремонтом.

Контроль за санітарно-гігієнічними умовами праці, забезпечення пільг та компенсацій за роботу у важких умовах, організація лікувально-профілактичного харчування.

Контроль за використанням коштів, призначених на заходи з охорони праці, та дотриманням умов праці для жінок, осіб з інвалідністю та працівників до 18 років.

Контроль за станом доріг і пішохідних доріжок на території підприємства.

Здійснення контролю за виконанням приписів органів державного нагляду з охорони праці та надання звітів експерту з цих питань.

Контроль за медичними оглядами працівників, які виконують роботи у небезпечних або шкідливих умовах праці.

У заходах з охорони праці, окрім інженера-рибовода, активну участь беруть керівники виробничих ділянок, зокрема начальники риборозплідної та товарної діляниць. Вони відповідають за дотримання на своїх ділянках усіх технологічних вимог, правил експлуатації, технічного обслуговування та ремонту обладнання. Також вони контролюють наявність засобів колективного та індивідуального захисту, стежать за їх правильним використанням і проводять інструктажі з техніки безпеки безпосередньо на робочих місцях. Ці обов'язки відповідають вимогам Системи управління охороною праці в рибному господарстві [52].

Згідно з чинним законодавством, на підприємствах має бути встановлений чіткий режим праці та відпочинку працівників, контроль за дотриманням якого покладається на відповідальних осіб. Особлива увага приділяється забороні використання праці неповнолітніх осіб на таких посадах, як рибовод, водій автомобіля, слюсар-електрик, працівник служби охорони. Жінки не можуть працювати на посаді слюсаря-електрика через специфічні вимоги безпеки та охорони праці [53], [54].

Ще одним важливим аспектом забезпечення охорони праці є організація медичних оглядів працівників. Попередні медичні огляди проводяться при прийомі на роботу, тоді як періодичні – щорічно протягом трудової діяльності кожного працівника. Це дозволяє виявляти ранні ознаки можливих професійних захворювань та запобігати подальшому використанню праці людей зі станом здоров'я, який не відповідає умовам виробництва. Медичні огляди здійснюються відповідно до вимог НПАОП 0.00-6.02-07 «Порядок проведення медичних оглядів працівників певних категорій» [47].

Таким чином, комплексний підхід до організації охорони праці на підприємстві включає не лише безпосередній контроль за дотриманням техніки безпеки, але й створення безпечних умов праці та турботу про здоров'я працівників на кожному етапі їхньої трудової діяльності.

Одним із ключових заходів забезпечення безпеки на підприємстві є проведення інструктажів та організація навчання працівників з охорони праці.

Відповідно до вимог чинного законодавства, всі працівники підприємства, включаючи керівний апарат, повинні проходити спеціальне навчання і перевірку знань з питань охорони праці в установленому порядку та в терміни, які визначені для певних видів робіт, професій та посад. Це регулюється НПАОП 0.00-4.12-0.5 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці» [50].

На підприємстві інструктажі з охорони праці проводяться для ознайомлення працівників із безпечними умовами роботи та для запобігання виробничому травматизму. Інструктажі здійснюються з періодичністю, яка визначена для кожного типу робіт і професій, що дозволяє постійно підтримувати рівень знань та навичок працівників у сфері безпеки. Періодичність інструктажів наведена у відповідних таблицях нормативної документації, зокрема в таблиці 4.1.

Адміністративно-громадський контроль з питань охорони праці на підприємстві здійснюється за трьома напрямками: поточним, періодичним та оперативним. Це забезпечує постійний нагляд за дотриманням вимог безпеки і дозволяє своєчасно виявляти та усувати недоліки у виробничих процесах [46].

Особлива увага приділяється роботі з хімічними речовинами, такими як препарати для нересту риби, а також при роботі з великими плідниками риби, які мають захисні пристосування, наприклад осетрові "жучки". У таких випадках працівники мають бути забезпечені спеціальним одягом та засобами індивідуального захисту. Ці вимоги регламентуються НПАОП 0.00-4.012-08 «Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту» [49] та НПАОП 05.0-3.03-06 «Норми безоплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам рибного господарства» [56].

Завдяки суворому дотриманню цих норм працівники рибного господарства отримують надійний захист від шкідливих і небезпечних факторів, що сприяє зниженню рівня виробничих травм і захворювань.

Організація проведення інструктажів з охорони праці на підприємствах

Назва інструктажу	Кому проходити інструктаж	Хто проводить інструктаж	Форма проведення	Терміни проведення	Оформлення результатів
Вступний	Нові працівники, особи, які пройшли стажування або повернулися з відрядження	Інженер з охорони праці	Індивідуально або у групі	До початку роботи в підрозділі	Запис у журналі реєстрації інструктажів
Первинний на робочому місці	Працівники, переведені на нову посаду або повернені після відрядження	Начальники структурних підрозділів	Індивідуально або групою	Перед початком роботи	Запис у журналі інструктажів
Повторний	Працівники, які пройшли первинний інструктаж	Начальники структурних підрозділів	Індивідуально або групою	Щонайменше раз на квартал, або не рідше одного разу на півріччя	Запис у журналі інструктажів
Позаплановий	Працівники, у яких змінилися вимоги безпеки, які мали перерву в роботі понад 60 днів, або працюють у небезпечних умовах	Начальники структурних підрозділів	Індивідуально або групою	За потреби	Запис у журналі інструктажів
Цільовий	Працівники, які виконують разові роботи або роботи з нарядом-допуском	Начальники структурних підрозділів	Індивідуально або групою	Перед виконанням робіт	В наряді-допуску або іншій документації

З метою забезпечення належних умов праці та побуту на підприємствах, важливою вимогою є облаштування спеціальних санітарно-побутових

приміщень для працівників. Ці приміщення мають відповідати нормам СНиП 2.09.04.-87 «Адміністративні і побутові будівлі» [55], що передбачають наявність належного рівня комфорту для працівників на виробництві. Усі побутові та санітарні приміщення, включаючи їх інвентар, повинні перебувати у належному санітарному стані, що забезпечує відповідний рівень гігієни та безпеки для робітників.

Додатково на підприємствах має проводитися атестація робочих місць, згідно з НПАОП 0.00-6.23-92 «Порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці» [51]. Ця атестація дозволяє оцінити безпечність умов праці, виявити потенційні ризики для здоров'я та життя працівників, а також вжити відповідних заходів для їх усунення або мінімізації.

Ще одним важливим аспектом забезпечення безпеки на підприємствах є дотримання правил пожежної безпеки, які регламентуються Законом України «Про пожежну безпеку» та «Правилами пожежної безпеки в Україні» (2004). Згідно з цими правилами, кожне пожежонебезпечне місце на підприємстві повинно бути оснащено пожежними щитами, на яких розміщуються первинні засоби гасіння пожежі та протипожежний інвентар. Це забезпечує оперативну готовність до ліквідації пожежі у разі її виникнення, що є важливим заходом для захисту працівників та виробничих приміщень.

Крім того, відповідно до Закону України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності», усі працівники підприємства, що працюють за трудовими договорами, повинні бути застраховані від нещасних випадків на виробництві. У разі настання такого страхового випадку, компенсація моральної та матеріальної шкоди потерпілому або його родині здійснюється за рахунок Фонду соціального страхування від нещасних випадків на виробництві. Це забезпечує фінансовий захист працівників та їхніх родин у разі виробничих травм або інших серйозних інцидентів.

Таким чином, забезпечення відповідних санітарно-побутових умов, проведення атестації робочих місць, дотримання правил пожежної безпеки та страхування працівників від нещасних випадків є ключовими складовими охорони праці на підприємствах. Виконання цих заходів значно знижує ризик професійних захворювань та нещасних випадків, забезпечуючи безпечні умови для працівників, особливо під час таких важливих етапів виробництва, як нерестова та інкубаційна кампанії на риборозплідних і рибоводних підприємствах.

ВИСНОВКИ

За результатами виконаної роботи було зроблено наступні висновки:

1. Африканський сом добре підходить для вирощування в рециркуляційних системах через швидке зростання, стійкість до низького кисню та високу щільність посадки, що зменшує споживання води та знижує вплив на довкілля. Визначено оптимальні параметри води, рівня кисню, температури та годівлі, що важливо для ефективного культивування. Рекомендовано застосування сучасних методів очищення та контролю водного середовища, щоб забезпечити максимальну продуктивність системи та ефективність виробництва товарної риби.

2. Для виконання роботи використано сучасні загальнонаукові аналітичні та спеціальні методи проектних та рибогосподарських досліджень для вивчення біології африканського сома і технології вирощування цієї риби в рециркуляційних аквасистемах, для висвітлення технічних аспектів РАС та особливостей функціонування блоку регенерації води.

3. Обґрунтовано вибір місця розташування для проєктованого підприємства. Обрана локація (м. Богуслав Київської області) має важливі переваги: близькість до ринків збуту, значна кількість транспортних шляхів та якісні водні ресурси, що відповідають вимогам для РАС. Розташування підприємства у цьому місці сприятиме екологічній стійкості та економічній ефективності виробництва та конкурентоспроможності товарної продукції.

4. Технологічний процес вирощування африканського сома в РАС включає послідовні етапи від інкубації ікри до отримання товарної риби. Передбачено постійний моніторинг та підтримку оптимальних параметрів води, моніторинг здоров'я риб та проведення профілактичних заходів.

5. Проаналізовано технологічні рішення щодо проєктування РАС для вирощування африканського сома. Обрано компоненти блоку регенерації технологічної води (механічний і біологічний фільтри, аератори), що разом із

температурною корекцією води забезпечують оптимальні умови для вирощування риби.

6. Проведено розрахунки потреби підприємства у біологічному матеріалі, кормах, обладнанні, енергії та воді для роботи РАС за заданою потужністю вирощування товарного африканського сома.

7. За результатами аналізу економічної ефективності встановлено, що виробництво товарної продукції африканського сома у спроектованій РАС є економічно вигідним. Величина рентабельності складає 20,8 %.

8. На підприємстві буде організовано роботу з охорони праці і техніки безпеки у відповідності з сучасними вимогами. Дотримання стандартів цієї роботи знизить ризик виникнення небезпечних ситуацій та сприятиме стабільній роботі всього підприємства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. **Андрющенко А. І.** Аквакультура штучних водойм. Частина І: Ставова аквакультура. – Київ: ПП «Мастер Принт», 2015. – 586 с.
2. **Андрющенко А. І., Алимов С. І., Захаренко М. О., Вовк Н. І.** Технології виробництва об'єктів аквакультури. – Київ, 2006. – 684 с.
3. **Вовк Н. І., Божик В. Й.** Іхтіопатологія: підручник. – Київ: Агроосвіта, 2014. – 308 с.
4. **Врублевська О. О., Катеруша Г. П.** Навчальний посібник з дисципліни «Клімат України та прикладні аспекти його використання». – Одеса: ОДЕКУ, 2012. – 180 с.
5. **Галасун П. Т., Андрющенко А. І. та ін.** Інтенсивне рибництво. – Київ: Урожай, 1990. – 351 с.
6. **Галасун П. Т., Товстик В. Ф., Сабодаш В. М. та ін.** Довідник рибовода – Київ: Урожай, 1985. – 184 с.
7. **Гарнаженко Ю. А.** Аналіз імпорту риби- та морепродуктів в Україні // Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С. З. Гжицького. – 2014. – Т. 16. – С. 112–118.
8. **Гринжевський М. В.** Аквакультура України. – Львів: Вільна Україна, 1998. – 364 с.
9. **Гринжевський М. В., Третяк О. М. та ін.** Нетрадиційні об'єкти рибництва в аквакультурі України. – Київ: Світ, 2001. – 164 с.
10. **Гринжевський М. В., Шерман І. М., Грициняк І. І. та ін.** Організація селекційно-племінної роботи в рибництві – Київ: [Видавництво], 2006. – 246 с.
11. **Грициняк І. І., Гринжевський М. В., Третяк О. М., Ківа М. С., Мрук А. І.** Фермерське рибництво / – Київ: [Видавництво], 2008. – 340 с.
12. **Дітрів І. В.** Тенденції і перспективи світового ринку риби та морепродуктів // Вісник Миколаївського національного університету імені В. О. Сухомлинського. – 2014. – Вип. 2. – С. 45–52.

13. **Желтов Ю.А., Федоренко В.А.** Інструкція по нормованій годівлі риб високо та низько білковими кормами в ставових господарствах. Збірник інструктивно-технологічної документації “Інтенсивне рибництво”, 1995. – 186 с.
14. **Задорожній М. В.** Особливості загартування молоді кларієвого сома (*Clarias gariepinus*) для вирощування в природних умовах півночі України // *Таврійський науковий вісник*. – 2023. – Вип. 132. – С. 121-126
15. **Коваленко В. О.** Індустріальне рибництво: методичні вказівки до самостійної роботи студентів. – Київ: Аграр Медіа Груп, 2011. – 499 с.
16. **Кононенко Р. В., Шевченко П. Г., Кондратюк В. М.** Інтенсивні технології в аквакультурі / відп. – Київ: Центр учбової літератури, 2016. – 410 с.
17. **Кононцев С. В.** Біотехнологія очищення води при вирощуванні кларієвого сома в РАС // *Вода і водоочисні технології*. Науково-технічні вісті. – 2016. – № 2. – С. 57-64
18. **Соборова О. М.** Теоретичні основи відтворення та вирощування цінних видів риб. Частина 2. – Одеса: ОДЕКУ, 2022. – 150 с.
19. **Томільцева А. І., Яцик А. В., Мокін В. Б. та ін.** – Екологічні основи управління водними ресурсами: навч. посіб. Київ: Інститут екологічного управління та збалансованого природокористування, 2017. – 200 с.
20. **Хижняк М. І., Євтушенко М. Ю.** Методологія вивчення угруповань водних організмів: навчальний посібник. – Київ: Український фітосоціологічний центр, 2014. – 269 с.
21. **Шарило Ю. Є., Вдовенко Н. М., Герасимчук В. Г. та ін.** Сучасна аквакультура: від теорії до практики / – Київ: Простобук, 2016. – 308 с.
22. **Шерман І. М., Євтушенко М. Ю.** Теоретичні основи рибництва: підручник. – Київ, 2011. – 244 с.
23. **Adamek Z., Sukop I.** Summer outdoor culture of *Clarias gariepinus* // *Aquatic Living Resources*. – 1995. – Vol. 8, No. 4. – pp. 445–448.

24. **Adámek, Z., & Sukop, I.** (1995). Summer outdoor culture of African catfish (*Clarias gariepinus*) and tilapias (*Oreochromis niloticus* and *O. aureus*). *Aquatic Living Resources*, 8(4), pp. 445–448.
25. **Armbruster, J. W.** (2011). Global catfish biodiversity. In P. H. Michaletz & V. H. Travnicek (Eds.), *Conservation, Ecology, and Management of Catfish: The Second International Symposium* pp. 15–37
26. **Bruton, M. N.** The breeding biology and early development of *Clarias gariepinus* in Lake Sibaya, South Africa // *Transactions of the Zoological Society of London*. – 1979. – Vol. 35, No. 1. – pp. 1–45.
27. **De Kimpe, P., & Micha, J. C.** (1974). First guidelines for the culture of *Clarias lazera* in Central Africa. *Aquaculture*, 4(3), pp. 227–248.
28. **Eding, E., & Kamstra, A.** (2002). Netherlands farms tune recirculation systems to production of varied species. *Global Aquaculture Advocate*, 5(3), pp. 42–44.
29. **Eding, E., Kamstra, A.** Netherlands farms tune recirculation systems for species // *Global Aquaculture Advocate*. – 2002. – Vol. 5, No. 3. – pp. 42–44.
30. **Fleuren W.** *African Catfish Farmer's Handbook*. – Amazon.com Services LLC, 2022. – 150 p.
31. **Haylor, G. S.** (1992). Controlled hatchery production of *Clarias gariepinus* (Burchell): Growth and survival of larvae at high stocking density. *Aquaculture Research*, 23(3), pp. 303–314.
32. **Haylor, G. S., & Mollah, M. F. A.** (1995). Controlled hatchery production of African catfish, *Clarias gariepinus*: The influence of temperature on early development. *Aquatic Living Resources*, 8(4), pp. 431–438.
33. **Haylor, G., & Oyegunwa, O.** (1993). Onset of air breathing and development of accessory breathing organs in relation to temperature in the African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell). *Aquaculture Research*, 24(2), pp. 175–184.
34. **Horváth, L., Tamás, G., & Coche, A. G.** *Breeding of African catfish (Clarias gariepinus)*. – FAO Fisheries Technical Paper No. 200. – Rome: FAO, 1985. – 123 c

35. **Jansen van Rensburg, C., van As, J. G., & King, P. H.** (2013). New records of digenean parasites of *Clarias gariepinus* (Pisces: Clariidae) from the Okavango Delta, Botswana, with description of *Thaparotrema botswanensis* sp. n. (Plathelminthes: Trematoda). *African Invertebrates*, 54(2), pp. 431–446.
36. **Janssen, J. A. L.** (1985). Pond culture of *Clarias gariepinus* in Central African Republic. *FAO Aquaculture Newsletter*, (4), pp. 10–11.
37. **Mukhopadhyay, S. K., & Dehadrai, P. V.** (1980). Survival of hybrids between air-breathing catfishes *Heteropneustes fossilis* (Bloch) and *Clarias batrachus* (Linn.). *Journal of Inland Fisheries Society of India*, 12(1), pp. 70–75
38. **Osibona, A. O., Kusemiju, K., & Akande, G. R.** (2006). Proximate composition and fatty acids profile of the African catfish (*Clarias gariepinus*). *Acta SATECH*, 3(1), pp. 85–89
39. **Peteri A., Moth-Poulsen T., Kovács É.** African catfish (*Clarias gariepinus*, Burchell 1822) production with special reference to temperate zones: A manual. – FAO Fisheries and Aquaculture Department, 1998. – 68 c.
40. **Rosa, R., Bandarra, N. M., & Nunes, M. L.** (2007). Nutritional quality of African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell 1822): A positive criterion for the future development of the European production of Siluroidei. *International Journal of Food Science & Technology*, 42(3), pp. 342–351.
41. **Timmons, M. B., & Ebeling, J. M.** *Recirculating Aquaculture*. – 2nd ed. – Ithaca, NY: Cayuga Aqua Ventures, 2010. – 769 p.
42. **u, L., Zhao, M., Ryu, J. H., Hayman, E. S., Fairgrieve, W. T., Zohar, Y., Luckenbach, J. A., & Wong, T.-T.** (2023). Reproductive sterility in aquaculture: A review of induction methods and an emerging approach with application to Pacific Northwest finfish species. *Reviews in Aquaculture*, 15(1), pp. 220–241.
43. **Viveen, W. J. A. R., Richter, C. J. J., van Oordt, P. G. W. J., Janssen, J. A. L., Huisman, E. A.** *Practical manual for the culture of the African catfish (Clarias gariepinus)*. – The Hague: Ministry of Foreign Affairs, 1985. – 128 c.

- 44.ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ «Небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Класифікація» [Електронний ресурс] URL: <http://www.normativ.com.ua/ot/tdoc3203.php> (дата звернення :12.10.2022)
- 45.Закон України «Про охорону праці» № 2694 – XII [Електронний ресурс] URL: <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=2694-12> (дата звернення :12.10.2022)
- 46.НПАОП 0.00-4.01-08 «Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту» [Електронний ресурс] URL: http://www.dnopr.kiev.ua/index.php?option=com_content&task=view&id=3360&Itemid=68 (дата звернення :17.10.2022)
- 47.НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці» [Електронний ресурс] URL: <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=z0231-05>(дата звернення :12.10.2022)
- 48.НПАОП 0.00-4.21-04 «Типове положення про службу охорони праці» [Електронний ресурс] URL: <http://dnaop.com/html/3224.html>(дата звернення :12.10.2022)
- 49.НПАОП 05.0-3.03-06 «Норми безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття, та інших засобів індивідуального захисту працівникам рибного господарства» [Електронний ресурс] URL: http://www.dnopr.kiev.ua/files/reestr_dnopr/214.pdf (дата звернення :17.10.2022)
- 50.НПАОП 05.0-4.01-99 «Положення про триступеневий метод контролю безпеки праці» [Електронний ресурс] URL: <http://dnopr.com.ua/dnaop/act6998.htm?cats=110%7C16%7C> (дата звернення :17.10.2022)
- 51.«Про затвердження Системи управління охороною праці в рибному господарстві»: Наказ Держкомрибгоспу України N 69, 11.05.1999 [Електронний ресурс] URL: <http://zakon.nau.ua/doc/?uid=1037.628.0> (дата звернення :12.10.2022)

- 52.«Про затвердження Переліку важких робіт і робіт із шкідливими і небезпечними умовами праці, на яких забороняється застосування праці неповнолітніх»: Наказ Міністерства охорони здоров'я України N 46, 31.03.1994 [Електронний ресурс] URL: <http://zakon1.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?page=1&nreg=z0176-94> (дата звернення :12.10.2022)
- 53.«Про затвердження Переліку важких робіт і робіт із шкідливими і небезпечними умовами праці, на яких забороняється застосування праці жінок»: Наказ Міністерства охорони здоров'я України N 256, 29.12.1993 [Електронний ресурс] URL: <http://zakon.nau.ua/doc/?uid=1032.39.0> (дата звернення :12.10.2022)
- 54.«Про затвердження Порядку проведення медичних оглядів працівників певних категорій»: Наказ Міністерства охорони здоров'я України N 246, 21.05.2007 [Електронний ресурс] URL: <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=z0846-07> (дата звернення :12.10.2022)
- 55.Постанова КМУ № 442 від 01.08.1992 «Про порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці» [Електронний ресурс] URL: <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=442-92-%EF> (дата звернення :17.10.2022)
- 56.СНиП 2.09.04.-87 «Адміністративні і побутові будівлі» [Електронний ресурс] URL: <http://www.budinfo.org.ua/doc/1000156.jsp> (дата звернення :17.10.2022)
- 57.African Catfish What should we know [Електронний ресурс] URL: https://www.alltechcoppens.com/uploads/2022-09-Catfish-species-tool-MD_web.pdf
- 58.African catfish: An ideal global tropical aquaculture species [Електронний ресурс] URL: <https://www.aquafeed.co.uk/african-catfish-an-ideal-global-tropical-aquaculture-species-54070/>
- 59.African Clarias catfish are robust survivalists [Електронний ресурс] URL: <https://eurofish.dk/african-clarias-catfish-are-robust-survivalists/>

60. Ecological Risk Screening Summary - North African Catfish (*Clarias gariepinus*) [Электронный ресурс] URL: <https://www.fws.gov/media/ecological-risk-screening-summary-north-african-catfish-clarias-gariepinus-high-risk>
61. THE AFRICAN CATFISH (*Clarias gariepinus* and *Clarias anguillaris*) [Электронный ресурс] URL: <https://www.fao.org/4/w3595e/w3595e03.htm>