

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

07.07 – КР. 1996 “С” 2023.31.10. 010 ПЗ

СЕМЕНЕЦЬ ІГОР ОЛЕКСАНДРОВИЧ

2024 рік

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ФАКУЛЬТЕТ ТВАРИННИЦТВА ТА ВОДНИХ БІОРЕСУРСІВ
КАФЕДРА АКВАКУЛЬТУРИ**

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри аквакультури

_____ Бех В.В.

(підпис) (ПІБ)

“ ___ ” _____ 2024 р.

**БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему: «АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ АКВАПОНІКИ НА БАЗІ ТОВ «АКВА
СИСТЕМ ОРГАНІК»**

Спеціальність 207 – «Водні біоресурси та аквакультура»

Гарант освітньої програми

_____ К.С.-Г.Н., ДОЦЕНТ

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

_____ Хижняк М.І.

(ПІБ)

Керівник бакалаврської роботи

_____ К.С.-Г.Н., ДОЦЕНТ

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

_____ Марценюк В.П.

(П.І.Б.)

Виконав

(підпис)

_____ Семенець І.О.

(П.І.Б.)

КИЇВ – 2024

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет тваринництва та водних біоресурсів

ЗАТВЕРДЖУЮ

**Завідувач кафедри
аквакультури**

д.с-г.н, проф. _____ Бех В.В.

“ ___ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

**ДО ВИКОНАННЯ БАКАЛАВРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
СЕМЕНЦЮ ІГОРУ ОЛЕКСАНДРОВИЧУ**

Спеціальність 207 «Водні біоресурси та аквакультура»
(шифр і назва)

Тема бакалаврської роботи: « Аналіз технології аквапоніки на базі ТОВ «Аква Систем Органік», затверджена наказом ректора НУБіП України від «30» жовтня 2023 року № 1996 “С”

Термін подання завершеної роботи на кафедру: 15.05.2024
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до бакалаврської роботи: статистичні та аналітичні дані з літературних джерел, данні господарства, що вирощує кларієвого сома та тиліпю, літературні джерела, законодавчі та нормативно правові акти.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

- вивчити особливості вирощування риби в УЗВ і встановити стан їх розвитку в Україні;
- дослідити біологічні особливості росту і розвитку кларієвого сома та тиліпії;

- і його перспективу для використання в якості об'єкта вирощування в УЗВ;
 - проаналізувати умови та обладнання для товарної риби в умовах аквапоніки;
 - розрахувати потреби господарства у різних матеріально-технічних ресурсів і біологічних матеріалів;
 - встановити економічну доцільність вирощування риби в умовах аквапоніки;
- Перелік графічного матеріалу (за потреби) _____
- _____

Дата видачі завдання

« 20 » жовтня _____ 2023 року

Керівник бакалаврської роботи

_____ **Вадим МАРЦЕНЮК**
(підпис) (ім'я та прізвище)

Завдання прийняв до виконання _____

Ігор СЕМЕНЕЦЬ

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ	6
ВСТУП	7
РОЗДІЛУ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.ЗА ТЕМОЮ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ	8
1.1. Структура господарства ТОВ «Аква Система Органік».....	8
1.2. Облаштування басейнового господарства.....	12
РОЗДІЛ 2. ВИРОЩУВАННЯ ТИЛЯПІ ТА КЛАРІЄВОГО СОМА	17
2.1. Устаткування індустриального господарства для вирощування тилляпії та кларієвого сома.....	17
2.2. Види риб яких вирощують в господарстві ТОВ «Аква Система Органік».....	21
2.3. Технологія відтворення і вирощування кларієвого сома і тилляпії.....	27
РОЗІД 3. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ АКВАПОНІКИ	31
3.1. Установка замкнутого водопостачання і гідропоніка.....	31
3.2. Виробництво в аквапоніки.....	36
3.3. Структура систем для аквапоніки.....	45
РОЗДІЛ 4 РОЗРАХУНКОВО ЧАСТИНА	47
4.1. Розрахунок для біофільтра.....	47
4.2. Розрахунок потреб господарства у різних матеріально-технічних ресурсів і біологічних матеріалів.....	52
ВИСНОВКИ	54
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	37

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

ТОВ – товариство з обмеженою відповідальністю

УЗВ – Установа замкнутого водопостачання

ТЖП – Технологія живильної плівки

NGS – New Growing Systems

АВ – Аквапонік виробництво

ВСТУП

Попит на рибу та морепродукти є дуже великим, втім основним джерелом рибної продукції є рибальство. Воно забезпечує 53% всього рибного виробництва у світі, тоді як на розведення риби (аквакультуру) припадає решта 47%. В Україні ситуація з розведенням риби є поганою. Зокрема, вирощування української товарної риби в умовах аквакультури у 2019 році склало всього близько 15,3 тис [1]. тон проти 816 тис. Тон риби отриманої від промислового вилову [2]. Втім, з'являється все більше підприємств, які займаються вирощуванням риби.

На даний час найпередовішим напрямом рибництва вважається аквапоніка. Вона являє собою екосистему, в якій ключовими є три типи живих організмів: водні тварини (зазвичай, риби), рослини і бактерії.

Суть методу – використання відходів життєдіяльності водних тварин (риб) в якості поживного середовища для рослин. Водні тварини виділяють токсичні для них самих продукти життєдіяльності: азотні, калійні, фосфорні сполуки, вуглекислий газ. Накопичення цих речовин у воді становить головну проблему як у замкненій промисловій аквакультурі, так і в простому акваріумі. Ці ж речовини абсолютно необхідні в гідропоніці і їх додають у воду для отримання поживних розчинів для рослин. У аквапоніці ця проблема вирішується сама собою: продукти життєдіяльності риб утилізуються бактеріями та рослинами.

Аквапоніка має цілу низку переваг над традиційним сільським господарством, аквакультурою і гідропонікою, тому що об'єднує в собі переваги всіх цих методів без їх недоліків. Для традиційного рибництва аквапоніка – це така ж революція, як гідропоніка для звичайного садівника/городника. Саме цю методику вирощування риби з рослинами

застосовує Товариство з обмеженою відповідальністю(далі в тексті ТОВ)
«Аква Систем Органік»

На господарстві категорично не використовуємо антибіотики, стимулятори росту і гормони. Риба росте здоровою, а кларієвий сом, у порівнянні з канальним, є більш корисним і не має запаху мулу. З турботою про довкілля, «Аква Систем Органік» використовує енергозберігаючі технології на виробництві, такі як сонячні колектори для підігріву води. Тут використовують еко-дружні матеріали, біо-посуд та крафтовий папір, що підлягають повторній переробці.

Мальок риби імпортується з Голландія, що підтверджено сертифікатом походження. При вирощуванні риби використовуються найкращі комбікорми з Польщі. Тому риба корисна і має відмінні смакові якості.

М'ясо риби не містить патогенних бактерій, паразитів, радіонуклідів, та інших шкідливих речовин, які могли б становити небезпеку для людини – адже система, де вирощується риба – замкнена. Господарства знаходиться в містечку під Києвом у Василькові.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМНОЮ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

1.1. Структура господарства ТОВ «Аква Систем Органік»

ТОВ «Аква Систем Органік» унікальне підприємство, де створено ідеальні умови для вирощування екологічно чистої риби: мармурового сома і тилапії. Та вирощування рослин без ґрунту (гідропоніка). Вирощування риби відбувається в рециркуляційних системах (рис.1.1), що виключає вплив негативних зовнішніх факторів.



Рис.1.1. Рециркуляційні системи

Господарство є басейновим з УЗВ(установка замкненого водопостачання) та повно-системне по вирощуванню тилапії та кларієвого сома.

Господарство по вирощуванню риби складається з двох поверхів. На першому поверсі знаходиться дві лінії басейнів 1.1 та 1.2.

Лінія 1.1 складається з чотирьох басейнів в яких сом доростає до товарного розміру.(500 грам і більше).

Лінія 1.2 складається з двох басейнів з сомами вагою 300-400 грам та з двох басейнів з тилапією вагою по 200 грамів.

Кожна лінія має свій механічний фільтр (рис.1 .2) барабанного типу.



Рис.1.2. Механічний фільтр

Також лінії басейнів обладнано біофільтрами.

На другому поверсі знаходиться 4 лінії УЗВ басейнів 2.1;2.2;2.3;2.0;

Лінія 2.1 складається з 6 басейнів з маляком кларієвого сома

Лінія 2.2 складається з 7 басейнів. В басейні 1 знаходиться тилапія товарного розміру. А басейнах 2,3,5 сидять соми вагою від 100 грам. В басейні 4 поселенні плідники тилапії. А в 6.7 басейнах малок тилапії.

Лінія 2.3 складається з 7 басейнів. В басейнах 1, 3,4,5,6 знаходиться соми вагою більше 100 грам. В 2 басейні знаходиться соми вагою менше 100грам. А в басейні 7 знаходиться плідники кларієвого сома.

Лінія 2.0 складається з 4 басейнів для вирощування личинки риби.

Лінії 2.1;2.2;2.3; мають спільний біофільтр. Також кожна лінія обладнана механізм фільтром, барабанного типу.

Також на підприємстві є інкубаційний цех. Тут знаходиться два басейна з рамками для витримування ікри. Також тут знаходиться інкубаційний апарат (рис.1.3).



Рис.1.3. Інкубаційний апарат

1.2. Облаштування басейнового господарства

Використання басейнів на підприємстві для утримання різних вікових груп риби надає ряд переваг. При їх використанні можна досягти:

- Економічно використання водних ресурсів, регулюючи інтенсивність, характер водообміну;
- Великої щільності посадки риби до 100-150кг/м³ за високої інтенсивності водообміну;
- Регулювання умов утримання риби, та температурний і гідрохімічний режими;
- Досягнення самоочищення води в басейні за певною швидкістю потоку, створити умови для зворотної системи водопостачання;
- Унеможливити втрат від рибоїдних птахів та тварин;
- Вирощування товарної продукції в продовж року;
- Поміщення басейнові установки під дахове укриття, чим покращити умови праці рибоводів, зменшити обростання басейнів;
- Виконувати візуальний контроль за рибою в будь-який час;
- Цілком механізувати та автоматизувати всі рибоводні процеси;
- Виконувати контроль за санітарним станом і проводити відповідні профілактичні заходи;
- Запобігання появи “мертвих зон” за правильною водопостачання і водовипуску;
- Зменшення площі господарства;

Вимоги до басейнів в індустріальному рибництві такі: їх поверхня не повинна сприяти проникання у стінки басейн хвороботворних організмів; поверхня внутрішніх стін повинна бути гладенько, щоб риба не травмувалася об їх; басейні не повинні виділяти токсичних речовин у воду; зручними для очищення і стерилізації; бути міцними; корозієстійкими.

На господарстві «Аква Систем Органік» використовуючи круглі басейні. Басейн такої форми має круговий потік води кращий як в прямокутних басейнах, тому що в їх відсутні “мертві зони” де накопичуються продукти обміну та нез’їдений корм. Розташований у центри потік води сприяє самоочищенню басейну. Завдяки круговому потоку води комбікорм довше знаходиться в товщі води і довший час є доступним для риби. Круглі басейни(рис. 1.4). краще самоочищаються за меншою витратою води, ніж прямокутні такого об’єму, це має гарне значення при застосування оксигенації.

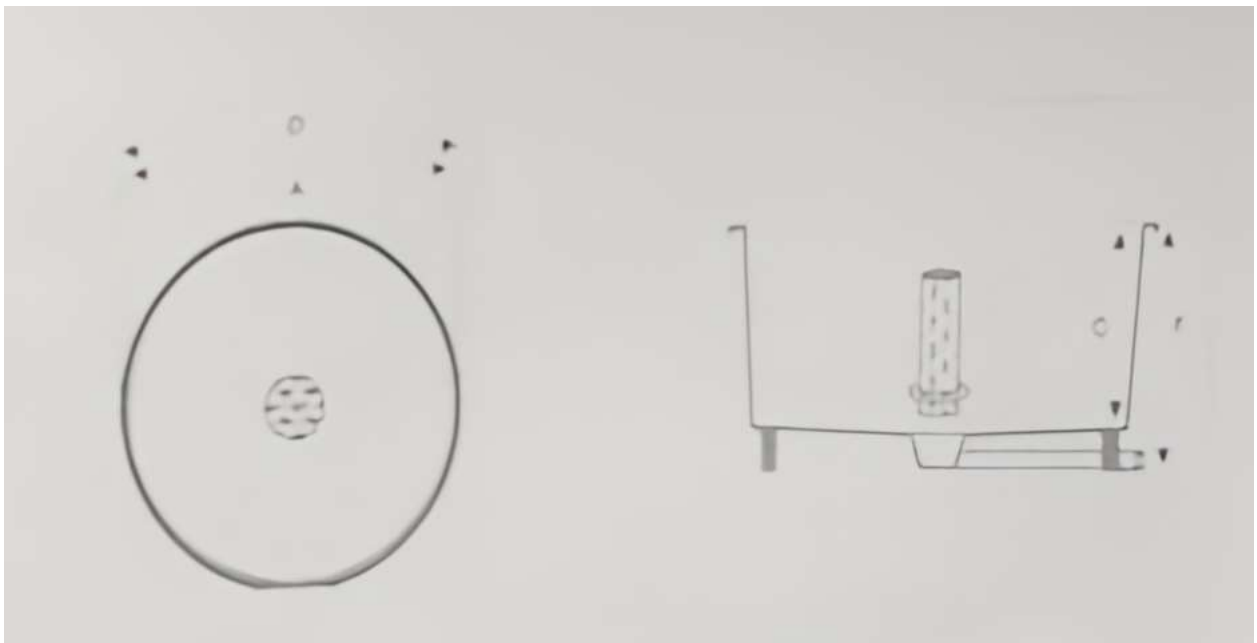


Рис.1.4. Круглий басейн

Басейни на господарстві “Аква Систем Органік” оснащені УЗВ установкою. Вирощування у замкнутих системах дозволяє скоротити до мінімуму витрати чистої води і будувати рибоводні підприємства на джерелах

водопостачання малої потужності. В замкнутих системах можна створити умови для вирощування майже будь-якого об'єкта.

Найкращою особливістю УЗВ системи є можливість регулювання в них температурного, сольового, світлового режимів відповідно до норм виробництва. Також можливість керувати життєвим циклом вирощування гідро-біонтів. В установкою замкнутого водопостачання можна досягти 100-200кг. риби на 1м³ робочого об'єму системи, завдяки застосування високої щільності посадки риби.

УЗВ системи повинні відповідати таким вимогам:

- Технологічна система очищення води повинна бути надійна і стабільною у роботі при можливих зміни її зовнішніх параметрів.
- Методика очищення води має бути досить інтенсивною та ефективною, забезпечувати необхідний обмін води за її мінімальної втрати.
- При процесі очищення води повинні залишатися її природні властивості.
- Будівлі для очищення води мають бути економічними, простими в експлуатацію та облаштуванні, компактні.

Для очищення за брудної зворотної води обладнання повинно передбачати очищення від розчинених органічних речовин, видалення нерозчинених домішок, видалення аміачних солей й окислених форм азоту, нормування кисню та азоту, терморегулювання, знезараження води, оброблення осаду. Щоб відповідати таким вимогам потрібно мати таке устаткування:

- Рибоводні басейни;

- Механічне очищення води;
- Біологічний фільтр,
- Блок водо підготовки (регуляція температури, знезараження, насичення води киснем)[3].

Велику роль в басейном господарстві являє собою джерело водопостачання. Джерело водопостачання не повинне бути забрудненим промисловими та побутовими стоками. Фізико-хімічні показники води що надходять на рибоводне підприємство повинні відповідати і задовольняти вимоги для утримання риби.

В індустріальному господарстві вода повинна відповідати таким основним вимогам: вода не повинна мати завислих часток; вода на підприємстві повинна відповідати температурним вимогам видового складу риби, що культивуються, на різних стадіях онтогенезу; вода не повинна бути збудником захворювання для об'єктів вирощування; вода не повинна мати зайвих запахів та присмаків, кольору, не повинно міститися у воді вільного хлору, сірководню, заліза та інших речовин, що призводить до загибелі ікри, молоді, та дорослих особин[3].

На підприємстві джерело водопостачання є свердловина. Так я підприємство розташоване у районі багатого на ґрунтових води(рис.1.5).



Рис.1.5. Райони багаті на ґрунтові води

РОЗДІЛ 2. ВИРОЩУВАННЯ ТИЛЯПІ ТА КЛАРІЄВОГО СОМА

2.1. Устаткування індустриального господарства для вирощування тилляпії та кларієвого сома.

Індустриальне господарство розпочинається з водо підготовки. Один з пунктів в водо підготовки є очищення води. Методи для очищення води можна розділити на чотири групи: фізичний, хімічний, фізико-хімічний та біологічний.

Фізичний метод застосовує фільтрацію для видалення твердих часток з води. На підприємстві “Аква Систем Органік” для фізичного очищення води застосовують фільтр барабанного типу (рис.2.1). До барабанного фільтра вода надходить під силою тяжіння до барабану, що обертається, і проходить через фільтруюче сито. Очищення фільтрувальних сіток здійснюється за рахунок промивального механізму.



Рис.2.1. Фільтр барабанного типу

В якості фільтруючого елемента використовується нержавіюча сітка з розміром вічка від 20 до 300мкм. Конструкція та розмір вічка фільтрів можуть бути різними, але принцип дії схожий. Диски фільтру виготовляються з

окремих секторів. Для полегшення відділення осаду і зменшення зносу фільтрувальної перегородки застосовують опуклі сектори. Для знімання осаду з поверхні дисків застосовують стиснуте повітря (для здування) і ножі або валки (для відриву осаду). Направляючими для відокремленого осаду служать також похилі пластини, закріплені на шарнірах, і ролики, що котяться поверхнею диска. Ролики притискаються до диска противагами

Практично всі фільтри такого типу функціонують на принципі захоплення частинок бруду сіткою та їх видалення. Вода, або потік води, що обертається, потрапляє на внутрішню частину барабану. Під впливом сил гравітації вода проходить через фільтрувальний екран барабану. Різниця рівнів води зовні та всередині барабану забезпечує процес фільтрації. Тверді частинки осідають на стінках фільтрувального екрану і піднімаються шляхом обертання барабану до місця промивання. Обертання може бути переривчастим або постійним, в залежності від типу регулювання. Вода з промивних форсунок під тиском потрапляє на зовнішню сторону екрана, звідки вимивається і потрапляє у спеціальний піддон і вимивається.

Принцип роботи такого фільтра полягає в наступному: вода надходить у фільтрувальний барабан і потрапляє в середину диска на фільтрувальну сітку, натягнуту з обох сторін диска. Фільтрування води відбувається з внутрішньої сторони диска на зовнішню. Механічні частинки затримуються на сітці, а відфільтрована вода витікає. Очищення фільтрувальної сітки відбувається циклічно (в залежності від рівня) або постійно. За умови повільного обертання диску затримані на ньому забруднюючі речовини змиваються за допомогою розміщених збоку форсунок в спеціально передбачений для цього жолоб.

На підприємстві застосовують біологічний фільтр (рис.2.2). Процес очищення полягає в утилізації забруднень за допомогою застосування мікроорганізмів у процесах мінералізації, нітрифікації та денітрифікації.



Рис.2.2. Біологічний фільтр(ліворуч), ультрафіолетовий лампи(праворуч)

Активация мікроорганізмів може здійснюватися за рахунок ультрафіолетового опромінення в основному за рахунок фотохімічних реакцій нуклеїнових кислот всередині клітини без будь-яких добавок (рис.2.2). При цьому реакція відбувається миттєво і виключно всередині ультрафіолетової камери[3].

Вода що надходить на індустриальні господарства, часто має потребу в її насиченні киснем. На підприємстві “Аква Систем Органік” використовують конусний оксигенатор (рис.2.3), також використовують аератори(рис.2.4).



Рис.2.3. Оксигенатор



Рис.2.4. Аератор

2.2. Види риб яких вирощують в господарстві ТОВ «Аква Систем Органік»

На господарстві ТОВ «Аква Систем Органік» вирощують кларієвого сома та тилляпію.

Кларієвий (африканський) сом (*Clarias gariepinus Burchell*) - традиційний об'єкт аквакультури в країнах, що знаходяться на території його природного ареалу. До Європи кларієвий сом завезений порівняно недавно як перспективний об'єкт індустріального рибництва.

Однією з особливостей кларієвого сома є наявність додаткового надзброю органу дихання, за допомогою якого він використовує кисень повітря. Додаткове повітряне живлення дозволяє цим риbam протягом багатьох годин жити поза водою або у воді з низьким вмістом кисню. Живиться кларієвий сом в природних умовах в основному водяними комахами, рибою та моллюсками. Помітного статевого диморфізму у кларієвого сома немає. Середня довжина риб при статевому дозріванні значно варіює-від 260 до 750мм. До кінця першого року життя частина риб досягає статевої зрілості. У штучних умовах соми дозрівають у шестимісячному віці.[3]

Кларієвий соми мають видовжене, гладке, циліндричне тіло з довгими анальними і спинним плавцями, що доходять до хвостового, і складаються тільки з м'яких променів, така особливість дає змогу їм активну рухову функцію. Жировий плавець відсутній. Шість м'яких променів у черевному плавці. Зовнішній промінь грудного плавця зазубрений. На плоский голові розміщені чотири пари нерозгалужених вусів: одна назальна, одна максиллярна на сошнику, і дві мандибулярні - внутрішня і зовнішня (рис.2.5). Плавальний

міхур невеликий за розміром, складається з двох частин і розташований в капсулі.

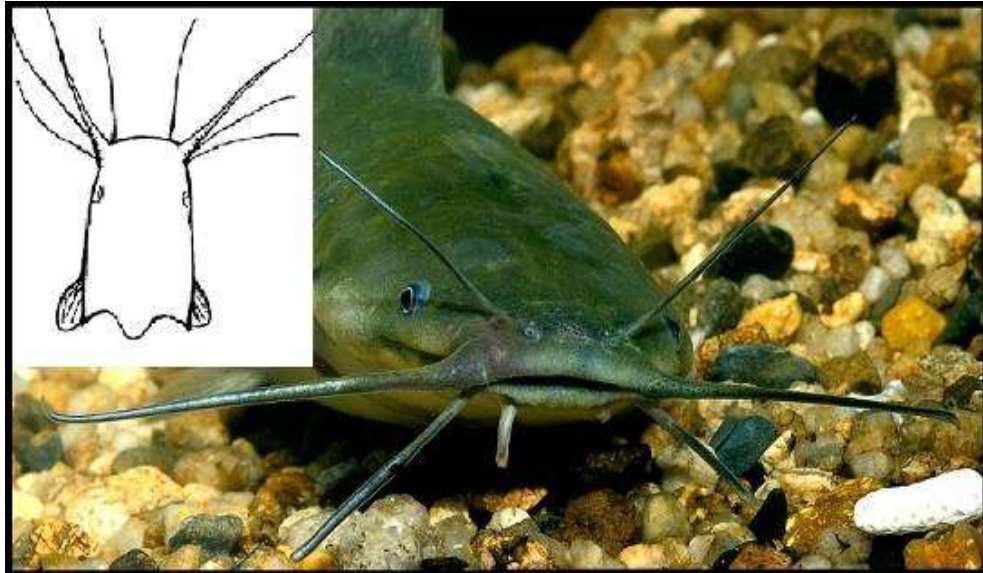


Рис.2.5. Зовнішній вигляд голови і розташування на ній вусів у кларієвих сомів

За допомогою повітря, що надходить з над зябрової порожнини, кларієві соми контролюють свою плавучість. Цій порожнині розташовується додатковий над зябровий орган дихання. Цей орган є парним, представлений розгалуженими утвореннями, розташованими на другій і четвертій бронхіальних дугах, та покритий тканиною, за допомогою якої риба абсорбує кисень з повітря (рис.2.6).



Рис.2.6. Зовнішній вигляд над зябрового органу дихання кларієвих сомів

Розмноження кларієвих сомів в природних умовах північної півкулі відбувається в період дощів. В тропічних зонах нерест триває з квітня до грудня з піком у липні-серпні. У субтропіках південної півкулі він починається зі збільшенням температури води і тривалості світлового дня, що відповідає періоду з липня по вересень[4]. Нерест у кларієвих сомів нетривалий. Кларієві соми зазвичай розмножуються один раз в сезон, в водоймах, наповнити дощовою або ґрунтовою водою, малих річках, іноді безпосередньо під час дощу. Перед нерестом соми збираються в зграї, після чого починаються бої між вельми агресивними самцями. Залицання за самкою і спаровування відбуваються між ізольованою парою виробників на мілководді. При спарюванні самець U-образно згинається навколо голови самки, зберігаючи цю позицію всього кілька секунд. Виділяється сперма і ікра розкидаються самкою енергійними рухами хвоста на значну відстань. Завершивши нерест, пари зазвичай короткий час відпочивають, потім розбиваються самцями, які не брали участь у нересті, і після цього вся зграя мігрує в глибоководні ділянки акваторії[5].

Для кларієвого сома потрібна температура води 25-30°C, перестає харчуватися коли температура води зніжується до 17- 18°C, гине при тривалому перебуванні у воді з температурою 14-15°C, проте може витримувати короткочасне зниження до 5°C. Кларієвий сом має високу витримку до підвищення у воді сполуки азоту. Летальна концентрація аміаку для його становить 6,5 мг/л. Оптимальним середовищем існування кларієвого сома є вода з рН 6,5-8,0, стійкий до перепадів температури, перенасить рівень солі у воді до 10 проміле. Оптимальним середовищем існування кларієвого сома є вода з рН 6,5-8,0, стійкий до перепадів температури, перенасить рівень солі у воді до 10 проміле. Кларієвий сом має високу стійкість до захворювань.

Тіляпії (*Tilapia sp.*) мешкають в водоймах Африки і Близького Сходу, де ці риби з давніх часів є важливим джерелом харчування. Тіляпії належать до чисельної родини циклових.(рис.2.7)

На підприємстві «Аква Система Органік» вирощують такі цінні види тіляпії як тіляпія мозамбік (*Oreochromis mosambicus L.*), нільська тіляпія (*Oreochromis niloticus L.*).



Рис. 2.7.Тіляпія

Тіляпії – теплолюбні види риб, межі їх нормальної оптимальної температури вирощування і розвитку є 25–32 °С. Нижній температурний поріг 11–12 °С, верхній 42 °С. Добре переносять дефіцит кисню, наприклад, для тіляпії мозамбик критичний його вміст за температури 25 °С становить 0,58–0,64 мг/л. Усі тіляпії здатні дихати у поверхневих шарах води. Це допомагає їм виживати у водоймах, де кількість води мінімальна. Ці риби стійкі до високої окиснюваності води і кислої реакції середовища, вони можуть жити у водоймах з таким вмістом органіки, де інші представники іхтіофауни можуть загинути. За характером живлення майже всі тіляпії всеїдні. Вони харчуються фітопланктоном, перифітоном, водними рослинами, дрібними безхребетними, детритом. У природному ареалі зустрічається як в прісних, так і солоних водах. В умовах інтенсивного вирощування тіляпії споживають як природні так і штучні корми. Статева зрілість настає рано. Терміни статевого дозрівання різні для одного і того ж виду, що мешкає у водоймах з різним температурним режимом. Тіляпії легко розмножуються. Причому в тропічній зоні розмноження не має сезонності і відбувається багато разів протягом року. При досягненні статевої зрілості, ці риби здатні за сприятливого температурного режиму нереститись через 3–6 тижнів. Число ікринків у них досягає 16 разів на рік. Плодючість залежить від виду, віку і розміру самки. У тіляпії мозамбик самка масою 800–1 000 г продукує до 2,5 тис. ікринок, а у нільської тіляпії плодючість самки вагою 0,6–1 кг може становити від 1 тис. до 1,5 тис. ікринок.

Самці дозрівають швидше самок. Для статевозрілих тіляпій характерний сильний статевий диморфізм і дихроматизм. Самці мають великі щелепи і масивну голову, плавники у них більші за розмірами, загострені та подовжені та мають більш яскраве забарвлення. Крім того, статевий диморфізм у тіляпії виражається в різній будові сечостатевого сосочка: у самок при візуальному спостереженні видно два, а у самців один отвір.

Статевозрілі самці стають дуже агресивними. Кожен з них займає обрану їм територію, охороняє її, виганяючи слабких самців. Ікра має грушоподібну форму, світло-жовтого або коричневого кольору. Після нересту самка з ікрою в ротовій порожнині пересаджується в інший резервуар[6].

2.3. Технологія відтворення і вирощування кларієвого сома і тилляпії.

Вирощування кларієвого сома. За біологічними особливостями кларієвий сом є гарним об'єктом культивування в установках замкнутого водопостачання. Цей об'єкт має великий темп росту. Тривалість вирощування кларієвого сома від личинки до товарної маси 1200 г буде становить 6 місяців. Цей вид сома має високу щільність посадки (до 500кг/м³).

Ця риба ефективно використовує корм, витрати якого, як правило, становлять 0,8-1,2 кг на 1 кг продукції. Крім того, вартість кормів, які використовуються при вирощуванні кларієвого сома нижче, ніж кормів, застосовуваних при вирощуванні осетрових і форелі.

Статевозрілих риб утримують в басейнах об'ємом 1,0-1.5 м³, в кожному з яких утримують не більше 100-150 кг риби на 1м³, і годують якісними кормами. Найкраща температура води для утримання маточного стада - 25°C. Така температура буде оптимальною для розвитку гонад протягом всього року. Для маточного стада при вирощуванні в індустріальних (басейнових) умовах необхідний якісний, багатий протеїном комбикорм, що забезпечує високі показники швидкості росту риб і рибопродуктивність, зниження витрат корму і терміну окупності капіталовкладень.

Для отримання ікри самок. Успіх штучного розмноження залежить від ступеня зрілості гонад плідників. Для стимуляції використовують гормони або гормональні препарати: ацетоновані гіпофізи коропа, а також синтетичні аналоги гонадотропін-рилізинг-гормону. В зрілих самців кларієвого сома зціджування молочка виникають труднощі. Тому їх сперму отримують шляхом вилучення гонад у забитих самців. Сперму капають на зцідженим ікру

або збирають для цього в окрему суху посуд, розбавляючи її фізіологічним розчином (0,6-0,7% NaCl) для зберігання в холодильнику.

Після отримання статевих продуктів розпочинають процес запліднення. Спочатку до ікри і молока додають близьку за обсягом кількість води або фізіологічного розчину і обережно перемішують[7]. Після інкубації в лотках відбирають здорових пре личинок від пошкоджених, загиблої ікри і залишків оболонок. Живі перед личинки, які активно плавають, проникають через перфороване дно лотка в інкубатор. Після цього лоток прибирають, а здорові перед личинки залишаються в ємності. **Якщо ікринки були поміщені безпосередньо на дно інкубатора, то відділення виключувшихся пре личинок здійснюють наступним чином: частину інкубатора, де не була поміщена ікра, накривається; здорові перед личинки, для яких притаманний негативний фототаксис, перепливають в темну чисту частину інкубатора і концентруються в його кутах; всі залишки - оболонки ікри, мертві ікринки і потворні перед личинки видаляють сифоном.** Вирощування личинок і молоді за високою щільністю посадки проводять в проточній воді.

Витримування перед личинок та відрощування личинок проводиться за оптимальної температури води 30 °C за щільністю посадки 375-700 екз./л. Через 3-4 дні у перед личинок резорбується 2/3 жовткового мішка, і вони переходять на змішане живлення. Відрощування личинок розпочинають на стартовому кормі, а дещо пізніше використовують корми з вмістом протеїну 50-55%. У місячному віці личинки досягають маси 1 г і їх пересаджують в ємності для вирощування молоді. Подальше вирощування не представляє особливих складнощів[3].

Вирощування тиліпії. Штучне запліднення ікри у тиліпії не застосовується, використовують заводський спосіб, який полягає в тому, що у

самок відбирають запліднену ікру або ембріонів з подальшою інкубацією в спеціальних апаратах.

Технологічний цикл заводського відтворення складається з наступних етапів: перед нерестове витримування плідників, проведення нересту, інкубація ікри та ембріонів.

Температура для нересту становить 28–31 °С. Для посилення статевої активності та забезпечення стабільного ікрометання при посадці на нерест рекомендується заміна 1/3 об'єму води на свіжу. Після закінчення нересту, температуру води бажано знизити на 3–4 °С. Оптимальна температура в цей період 25–26 °С, допустима 23–27 °С. Порушення в цей час температурного режиму призводить до передчасного дозрівання і перезрівання ікри. Оптимальний вміст кисню, розчиненого у воді, 5–8 мг/л. У цей період самців та самок утримують окремо за щільності посадки не більше 35–40 кг/м³.

При відборі плідників для нересту звертають увагу на вираженість вторинних статевих ознак і ступінь нагулу плідників. Плідників теляпій доцільно використовувати до 2–2,5 років, оскільки у самок старшого віку знижується запліднюваність ікри і вихід личинок. Кількість личинок, отриманих від самки за певний період часу, наприклад за рік, значною мірою залежить від циклічності проходження нересту. Чим більший інтервал часу між ікрометанням, тим менше за чисельністю потомство можна отримати від самки. Найбільш короткий інтервал між нерестом спостерігається у молодих самок. З віком цей інтервал збільшується, що веде до зниження загальної кількості ікрометання і, відповідно, до меншої кількості ікри і личинок, отриманих від самки.

Нерест проводять в стандартних лотках і басейнах площею 3–6 м². Оптимальне співвідношення самців і самок теляпії – 1:4–1:2. Нерест триває

5–15 хв. Самка викидає ікру, яку тут же запліднює самець. Запліднену ікру самка забирає в рот. Самок, що інкубують ікру, краще пересадити в окрему ємність або відгородити перегородкою.

Самок, які віддали ікру можна відрізнити по характерному підщелепному мішку і «жувальним» рухам щелепи, внаслідок чого відбувається перемішування ікри в рот.

Інкубація ікри і виношування личинок в ротовій порожнині є ідеальним захистом для потомства: слизова оболонка ротової порожнини цих риб виділяє секрет, який пригнічує розвиток бактерій і грибків, а перемішування ікри в ротовій порожнині сприяє аерації і водночас кращому контакту з секретом слизу, при переході на активне живлення, зменшення енергетичних витрат на пошуки їжі. В залежності від температури води, викльов личинок відбувається на 3–5 день. У ротовій порожнині самки, личинки знаходяться 10–14 днів. Після переходу личинок на активне живлення самка випускає їх на волю. Це збігається з їх першим виходом з ротової порожнини, тобто на 11–13-у добу після нересту. Після цього вони знаходяться поруч з матір'ю під її охороною ще кілька днів. Після нересту, у самок починають активно рости ооцити нової генерації. В цілому тривалість нерестового періоду становить 20–22 дні.

Плідників необхідно годувати повноцінними комбікормами з вмістом протеїну 25–30 %. У період нерестової кампанії потрібно вводити в раціон компоненти, багаті вітамінами, а саме дріжджі, ряску, водорості. Виллов і огляд самок, відбір ікри, ембріонів і личинок проводять через 2–3 тижні з моменту посадки плідників на нерест. Відібрану ікру, ембріонів та личинок переносять в окремі ємності, а самок і самців в ємності для перед нерестового витримування.

Відсаджувати самок потрібно скляною або пластмасовою банкою, так як сачок використовувати не можна через те, що вони викидають ікру з ротової порожнини. Перед переведенням в маточне стадо, самці повинні пройти перевірку на статеву активність. Це визначають за відсотком виношеної самкою ікри. Якщо через 5–7 діб всі самки або 80 % з них виношують ікру, самця переводять в основне стадо. Описаний спосіб відтворення тилапії має ряд недоліків. По-перше, наявність в нерестових ємкостях різних за віком личинок може викликати канібалізм з боку старшої і більшої молоді та плідників. Для вирішення цієї проблеми альтернативою може стати метод штучного відтворення зі стадії ікринки. Використання штучної інкубації для відтворення личинок має ряд важливих переваг. Цей метод дозволяє отримувати більшу кількість личинок певного віку і розміру, що є необхідною умовою за індустріальної технології вирощування риби, а також при проведенні гормональної реверсії статі для отримання одностатевого потомства. У природних умовах личинки після розсмоктування жовткового міхура ще кілька днів перебувають в ротовій порожнині і лише періодично випускаються самкою. За штучної інкубації вони починають споживати корм відразу, як тільки переходять на екзогенне харчування, що максимально реалізує їх потенціал росту. Використання штучної інкубації ікри крім перерахованих переваг приносить також істотну вигоду, що дозволяє зменшити площу інкубаційного цеху. Проводити інкубацію ікри тилапії можна в апаратах Вейса або в невеликих апаратах з подачею повітря.

РОЗІД 3. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ АКВАПОНІКИ

3.1 Установка замкнутого водопостачання і гідропоніка

Аквапоніка - це галузь технології рециркуляційної аквакультури, до якої рослинні культури включені або для диверсифікації виробництва підприємства, для забезпечення додаткової потужності фільтрації води, або для поєднання обох.

Як гілка УЗВ, аквапоніка пов'язані з тими ж фізичними, хімічними та біологічними явищами, які відбуваються в УЗВ. Таким чином, ті самі основи екології води, газообміну, очищення води тощо застосовуються в більш-менш однакових умовах до аквапоніки, зв винятком контроль якості води, оскільки рослини та риби можуть мати специфічні та різні вимоги.

Фундаментальний економічний реалії УЗВ і аквапоніка також пов'язані. Обидві технології є капіталомісткими та високотехнічними, і на них впливає економія на масштабах, відповідна конструкція компонентів, залежність від ринкових умов та досвіду роботи операторів.

В аквапоніці відбирання поживних речовин має бути максимально збільшено для здорового виробництва рослинної біомаси, але не нехтуючи найкращими умовами добробуту для риб з точки зору якості води. Заходи спрямовані на зниження ризиків занесення чи поширення хвороби чи інфекцій та підвищення біозахисту в аквапоніки також важлива. Слід також брати до уваги можливий вплив алелохімічних речовин, тобто хімічних речовин, що виділяються рослинами. Крім того, ефект засвоєваності раціону, фекалій і коефіцієнта осідання на якість води. Все ще бракує знань щодо взаємозв'язку між відповідними рівнями мінералів, необхідних рослинам, і метаболізмом, здоров'ям і добробутом риб.

Аквапоніка поєднує рециркуляційну систему аквакультури з гідропонною установкою. Однією з його найважливіших особливостей є залежність від бактерій та продуктів їх метаболізму. Бактерії служать містком, який з'єднує рибні екскременти з високим вмістом амонію з добривом для рослин, яке має бути комбінованим з низьким вмістом амонію та високим вмістом нітратів. Оскільки аквапонічні системи можуть мати різні підрозділи, наприклад акваріуми для риб, біофільтри, барабанні фільтри, відстійники та гідропонні блоки, кожен з яких має різні можливі конструкції та різні оптимальні умови мікробних спільнот в цих компонентах можуть значно відрізнятися. Фекалії риб містять окрему структуру, в якій домінували бактерії роду *Cetobacterium*, тоді як зразки з коренів рослин, біофільтру та перифітону були більш схожі один на одного, з більш різноманітними бактеріальними елементами[10].

Біологічні речовини в УЗВ походять з рибного корму, фекалій і біоплівки і є одним із найважливіших і складних параметрів якості води для контролю. Багатоступенева система очищення, де тверді речовини різного розміру та видаляються за допомогою різних механізмів, є найпоширенішим підходом.

Розглянемо детальніше гідропонні технології. Гідропоніка – це метод вирощування культур без ґрунту, і тому ці системи додаються до компонентів аквакультури для створення систем аквапоніки. Таким чином, разом із системою рециркуляційної аквакультури, гідропонне виробництво є ключовою частиною системи аквакультури.

Безґрунтове вирощування рослин охоплює всі системи, які забезпечують виробництво рослин у безґрунтових умовах, у яких подача води та мінералів здійснюється у поживних розчинах із середовищем для вирощування або без нього. Системи культури без ґрунту, широко відомі як

гідропонічні системи, їх можна розділити на відкритті системи, де надлишок живильного розчину не переробляється, і закриті системи, де надлишковий потік поживних речовин від коренів збирається та повертається назад у систему(рис. 3.1).

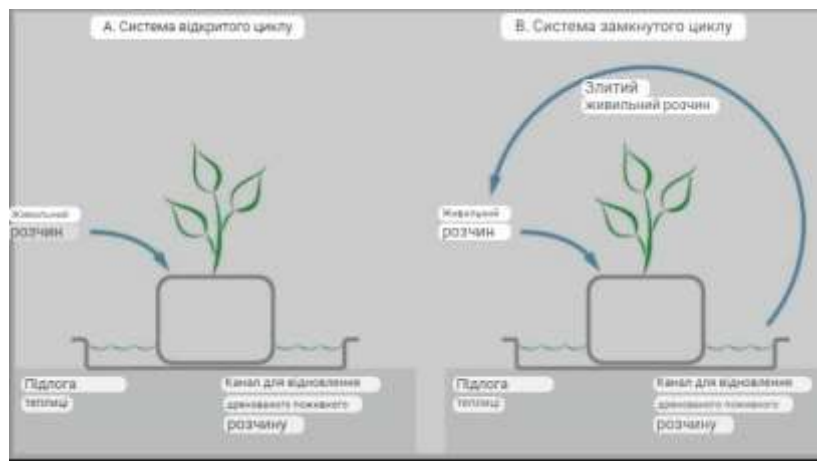


Рисунок 3.1.Схема системи відкритого циклу(А) і замкнутого циклу(В)

Переваги безґрунтових систем порівняно з ґрунтовими культурами є:

- Вирощування без патогенів з використанням субстратів, відмінних від ґрунту, що надходило через його. Та легкого контролю патогенів в воді.
- Ріст і врожайність не залежать від типу ґрунту, якості оброблюваної ділянки.
- Кращий контроль росту завдяки цілеспрямованому забезпеченню поживним розчином.
- Можливість повторного використання поживного розчину, що дозволяє максимізувати використання ресурсів.
- Підвищена якість продукції завдяки кращому контролю інших параметрів.

На підприємстві «Аква Систем Органік» в гідропоніці застосовують техніку живильної плівки (далі в тексті ТЖП).

Техніка ТЖП використовується повсюдно, і її можна вважати класичною гідропонною системою культивування, де живильний розчин тече вздовж і циркулює в жолобах із шаром води 1-2 см. (рис 3.2). Рециркуляція поживного розчину та відсутність субстрату є однією з головних переваг системи ТЖП.

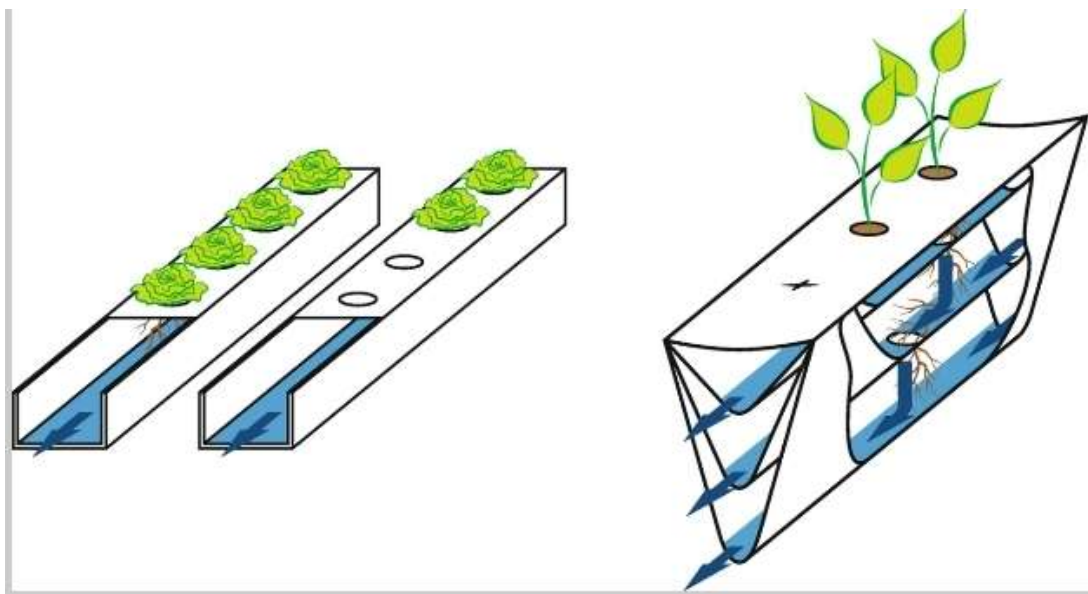


Рис. 3.2. Ілюстрація системи ТЖП (ліворуч) і багатошарового жолоба, розробленого New Growing Systems (NGS), Іспанія (праворуч)

Додатковою перевагою є його великий потенціал для автоматизації, щоб заощадити витрати на оплату праці, а також можливість керувати оптимальною густиною рослин протягом циклу врожаю. З іншого боку, відсутність субстрату та низький рівень води робить ТЖП вразливим до виходу з ладу насосів, наприклад, через засмічення або збій в електроживленні. Передати температури живильного розчину можуть спричинити стрес рослини з подальшим захворюванням.

Розвиток кореневої системи, частина якої залишається підвішеною в повітрі над потоком поживних речовин і яка піддається ранньому старінню та втраті функціональності, є основним обмеженням, оскільки перешкоджає вирощування культур із тривалим цілком (понад 4-5 місяців). Через високу чутливість до перепадів температури це система не підходить для вирощування, що характеризується високим рівнем радіації і температури .

Про те у відповідь на ці виклики було розроблено багатошаровий жолоб ТЖП, який забезпечує довший виробничий цикл без проблем із засміченням. Він складається з серії взаємопов'язаних шарів, розташованих каскадом, так що навіть у сильно вкорінених видів рослин, таких як помідори, поживний розчин все одно знаходить шлях до коренів, минаючи засмучений коренем шаром

3.2. Виробництво в аквапоніки

У системах аквапоніки виробництво (далі в тексті АВ) метаболічні відходи риби містять поживні речовини для рослин, але слід враховувати, особливо в промислових масштабах, що концентрації поживних речовин, що надходять від риби в системах АВ, є значно нижчою та незбалансованою для більшості поживних речовин порівняно з гідропонічними системами. Зазвичай у АВ, з відповідними поголів'ям риби, рівні нітратів є достатніми для гарного росту рослин, тоді як рівні калію і фосфору, як правило, недостатні для максимального росту рослин. Крім того, кальцій і залізо також можуть бути обмежені. Це може знизити врожайність і якість сільськогосподарських культур, тому слід інтегрувати поживні речовини для підтримки ефективного повторного використання поживних речовин. Мікробні спільноти відіграють вирішальну роль у динаміці поживних речовин АВ систем, перетворюючи амоній на нітрат, а також сприяючи переробці твердих часток і розчинених відходів у системі. Поглинання азоту і фосфору рослинами становить лише частину кількості, видаленої з води, що вказує на те, що мікробні процеси в кореневій зоні рослин і в субстраті і в усіх системи відіграють важливу роль.

Склад рибного корму залежить від виду риби, і це впливає на вивільнення поживних речовин з метаболічного продукту риби. Як правило, корм для риби містить джерело енергії (вуглеводи та ліпіди), незамінні амінокислоти, вітаміни, а також інші органічні молекули, необхідні для нормального обміну речовин, але деякі з клітини риби не можуть синтезувати. Крім того, необхідно взяти до уваги, що потреби рослини в харчуванні змінюються залежно від виду, сорту, стадії життєвого циклу, тривалості дня та погодних умов, а також останнім часом закон Лібіха (рст рослин контролюється найменшим ресурсом) був замінений складними алгоритмами,

які враховують взаємодію між окремими поживними речовинами. Обидва ці аспекти не дозволяють просто оцінити вплив змін концентрації поживних речовин у гідропонних або АВ системах.

По суті, системи виробництва наземних рослин і водних тварин мають спільний ресурс, воду. Рослини, як правило, споживчі води через транспірацію та вивільняє її в навколишнє газоподібне середовище, тоді як риби, як правило, менше споживають воду, але їхнє вирощування утворює значний потік стічних води через накопиченні відходи. Таким чином, аквакультура може бути інтегрована в шлях водопостачання рослинництва неспоживчими способами, так що дві культури (риба і рослина) можуть вироблятися з джерела води.

Технології УЗВ застосовують збережені та стандартні методи для вирощування риби в резервуарах із застосуванням фільтрації для контролю та зміни хімічного складу води, щоб зробити її придатною для риб (тобто швидке та ефективне видалення твердих рибних відходів, ефективне бактеріально-опосередковане перетворення потенційно токсичного розчиненого рибного аміаку в менш токсичні нітрати та підтримку кисню за допомогою допоміжної аерації або прямого введення кисню). Технології гідропоніки та субстратного вирощування використовують консервативні та стандартні методи вирощування їстівних наземних рослин у водному середовищі (тобто рослини отримують доступ до поживних речовин, необхідних для росту за допомогою методу доставки на основі води).

У той час як аквапонічні системи об'єднують технології аквакультури на базі резервуарів із технологіями гідропонічного вирощування рослин, аквапонічні системи працюють, постачаючи поживні речовини та розподіляючи поживні речовини між виробничими мешканцями (риби та рослини) та мешканців, які виконують біологічні та хімічні послуги, які сприяють виробничому результату мешканців (мікрофлора) (рис. 3.3). Тому є аквапоніка більше система, пов'язана з постачанням поживних речовин, динамікою та розподілом.

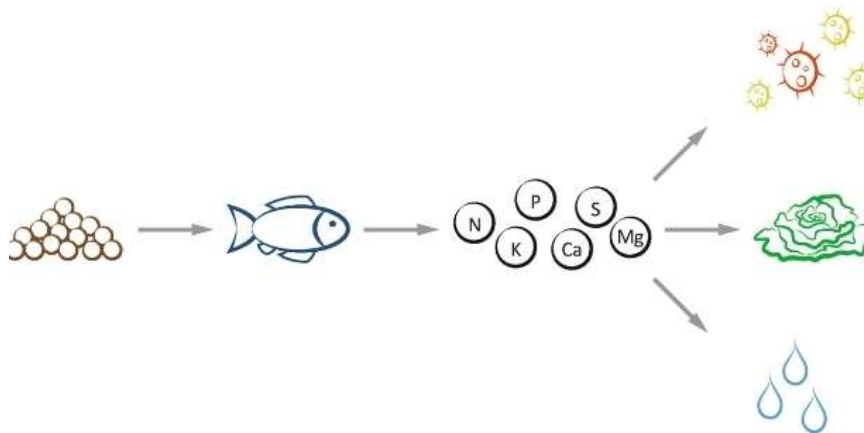


Рис 3.3. Схематичне зображення потоків поживних речовин в аквапонічній системі.

Корм для риб є основною точкою надходження поживних речовин. Риби їдять корм, використовують ті поживні речовини, які їм потрібні, решту виділяють у вигляді відходів, і ці відходи потім розподіляються між мікробами, рослинами та системною водою.

Концентрація поживних речовин у технологічній воді рівномірно розподіляється по всій системі (Рис. 3.4).

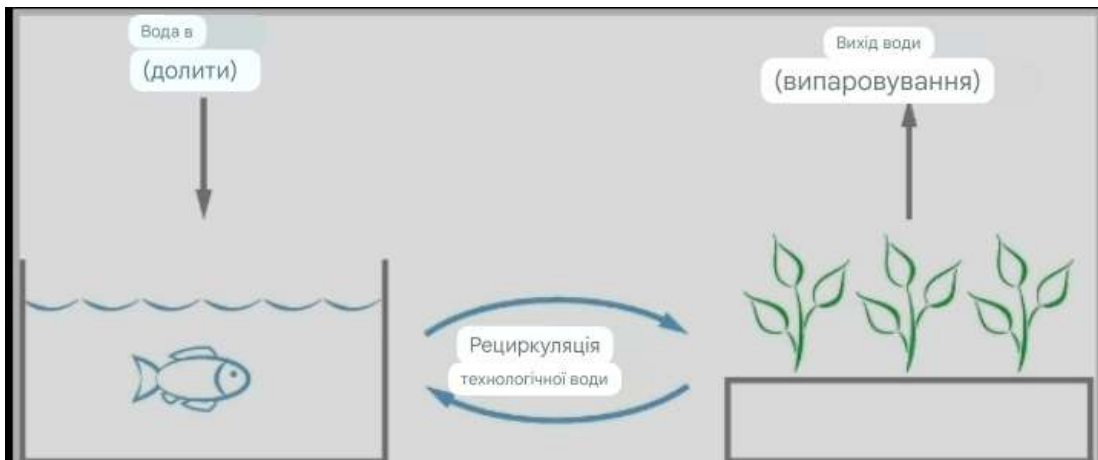


Рис. 3.4. Спрощена схема основних водних потоків у сполученій аквапонічній системі.

Оскільки аквапоніка може бути визначена з точки зору інтеграції апаратного обладнання (УЗВ з гідропонікою), його властивостей розподілу поживних речовин або його здатності надавати важливі переваги, все ще існує широкий спектр можливих застосувань назви для багатьох різних технічних підходів, які використовують різні методи та вимагають різних результатів.

У реальних умовах ефективного використання поживних речовин і води призводить до кількох принципів проектування, які широко застосовуються до методу аквапоніки:

1. Найважливішим принципом аквапоніки є використання утворених відходів риби як основне джерело поживних речовин для рослин. Насправді, це вся ідея аквапоніки, і тому має бути рушійною силою першого порядку для методу. Аквапоніка історично задумувалася як система вирощування рослин із використанням відходів рибної аквакультури, щоб ці відходи аквакультури мали менший вплив на навколишнє середовище та вважалися позитивний та

прибутковий товар, а не проблемний продукт відходів із пов'язаними витратами на виконання екологічних законодавчих вимог.

2. Проект системи повинен заохочувати використання засобів утримання риби та вирощування рослин, які за своєю суттю не поглинають або руйнівню використовують додані водні чи поживні ресурси. Наприклад, компоненти рибо утримання, засновані на використанні земляних водойм, не рекомендуються, оскільки земляний ставок має здатність використовувати та робити недоступними водні та поживні ресурси для пов'язаних риб і рослин, таким чином знижуючи ефективність використання води та поживних речовин системою. Так само гідропонні методи культивування рослин не повинні використовувати середовище, яке поглинає надмірну кількість поживних речовин або води та робить їх недоступними для рослин.

3. Конструкція систем повинна не витратити поживні речовини або воду через утворення зовнішніх потоків відходів. В основному, якщо вода та поживні речовини залишають систему через потік відходів, тоді ця вода та ці поживні речовини не використовуються для виробництва риби чи рослин, а отже, ця вода та ці поживні речовини витрачаються даремно, і система не настільки ефективна, як можливо. Крім того, утворення потоків відходів може мати потенційний вплив на навколишнє середовище. Якщо стічна вода та поживні речовини залишають аквапонну систему, їх слід використовувати в альтернативних технологіях рослинництва поза системою, щоб вода та поживні речовини не витрачалися даремно, сприяючи загальному виробництву їстівної або придатної для продажу біомаси та не мають ширшого потенціалу впливу на навколишнє середовище.

4. Система повинна бути розроблена таким чином, щоб зменшити або, в ідеалі, повністю звести нанівець прямий вплив води або поживних речовин на навколишнє середовище. Першочергова мета аквапоніки полягає в тому, щоб використовувати відходи, які виробляє риба, як джерело поживних речовин для рослин, щоб запобігти виділенню цих поживних речовин безпосередньо в навколишнє середовище, де вони можуть спричинити вплив.

5. Конструкції аквапонічної системи повинні ідеально піддаватися розміщенню всередині структур і ситуацій з контрольованим навколишнім середовищем (наприклад, оранжереї, рибні приміщення). Це дає можливість досягти найкращих показників продуктивності риби та рослин із системи. Більшість аквапонічних проектів є відносно високими з точки зору капітальних витрат і поточних витрат на виробництво, отже, можливість розміщення системи в ідеальному середовищі збільшує потенціал прибутку, який фінансово виправдовує високі капітальні та виробничі витрати.

Основна передумова аквапоніки в контексті динаміки поживних речовин полягає в тому, що риб годують рибним кормом, риба метаболіє та використовує поживні речовини в кормі для риб, риба виділяє відходи на основі речовин у кормі для риб, які вони не використовують, мікрофлора отримує доступ до цих метаболічних відходів риб і використовує їх невелику кількість, але трансформує решту, і рослини потім отримують доступ до цієї мікрофлори та видаляють її, метаболічні відходи риб як поживні речовини, і певною мірою очистити водне середовище від цих відходів і протидіяти будь-якому пов'язаному накопиченню[11].

Оскільки ґрунтові системи вирощування риби самі видаляють поживні речовини, аквапоніка зазвичай використовує так звані принципи

рециркуляційної системи аквакультури (УЗВ) для виробництва риби. Що стосується риби, компоненти для культивування рослин на земляній основі не використовуються, оскільки ґрунт забирає поживні речовини та не обов'язково робить їх повністю доступними для рослин. Крім того, методи гідропонного культивування рослин не використовують ґрунт і є чистішими, ніж системи на основі ґрунту, і дозволяють певний пасивний контроль над присутніми груп мікроорганізмів.

Для оптимального та ефективного росту рослинам потрібен набір макро та мікроелементів. В аквапоніці більшість вимагають додавання так званих мінеральних добрив поживних речовин, які присутні в їх базальних, іонних формах (наприклад, нітрати, фосфати, калій, кальцій тощо у вигляді іонів) І навпаки, рециркуляційні системи аквакультури повинні застосовувати регулярні (щоденні) обміни водою для контролю накопичення рибних відходів. Аквапоніка прагне об'єднати два окремих підприємства для отримання результату, який досягає найкращого з двох технологій і заперечує найгірше.

Для оптимального та ефективного росту рослинам потрібен набір макро- та мікроелементів. В аквапоніці більшість цих поживних речовин утворюються з рибних відходів. Однак корми для риб (основне джерело поживних речовин для аквапонічної системи) не містять усіх поживних речовин, необхідних для оптимізованого росту рослин, і тому зовнішнє живлення, певною мірою, є необхідним.

Стандартна гідропоніка та культура субстрату додають поживні речовини у воду у формах, які безпосередньо доступні рослинам (тобто іонні, неорганічні форми, отримані за допомогою спеціально розроблених добавок солі) Частина відходів, які виділяють риби, знаходяться у формах, які безпосередньо доступні рослинам (наприклад, аміак), але потенційно токсичні

для риб. Ці розчинені іонні метаболіти рибних відходів, такі як аміак, трансформуються всюди суцями видами бактерій, які замінюють іони водню іонами кисню, продуктом аміаку є нітрат, який є набагато менше токсичним для риби і кращим джерелом азоту для рослин. Інші поживні речовини, необхідні для поглинання рослинами, зв'язані у твердій фракції рибних відходів у вигляді органічних сполук і потребують подальшої обробки за допомогою мікробної взаємодії, щоб зробити поживні речовини доступними для поглинання рослинами. Таким чином, аквапонічні системи вимагають наявності набору мікрофлори для здійснення цих перетворень.

Ключ до оптимізованої інтеграції аквапоніки—це визначення співвідношення між відходами риби (що безпосередньо залежить від додавання корму для риб) і використання поживних речовин рослинами. У спробі визначити цей баланс були розроблені різні практичні правила та моделі. Вчений Ракоцій та інші розробили підхід, який узгоджує вимоги до площі вирощування рослин із щоденним споживанням корму для риб, і назвали його «Співвідношення швидкості годування в аквапоніці». Й норма годівлі встановлюється від 60 до 100 грамів корму для риб на добу на квадратний метр рослинної площі (60-200г/м²/добу).Цей коефіцієнт годівлі було розроблено з використанням *Tilapia spp.*, що харчується стандартною комерційною дієтою з 32% білка[11].

В аквапоніці частина інтеграційного рівняння, пов'язана з аквакультурою, широко застосовується в контексті резервуарів, де риба міститься в резервуарах, а вода фільтрується за допомогою механічних (видалення твердих частинок) і біологічних (перетворення аміаку в нітрат) механізми, а розчинений кисень підтримується за допомогою аерації або прямого введення кисню у воду.

Най кращими технологіями вирощування, які застосовуються в контексті інтеграції аквапоніки, це ті, які вирощують рибу в басейнах і дозволяють накопичувати рибним відходам (накопичення поживних речовин для рослин), що потенційно може призвести до концентрацій поживних речовин у воді, придатних для ефективного гідропонного виробництва рослин. Принципи рециркуляційної системи аквакультури (УЗВ) широко застосовуються до аквапоніки, оскільки вони забезпечують методологію успішного утримання та вирощування риби в контрольованих об'ємах води з низьким добовим темпом заміни води, що дає змогу накопичення поживних речовин для рослин.

3.3 Структура систем для аквапоніки.

У цьому під розділі буде описано побудування систем виробництва в аквапоніки. На (рис.3.5) показаний типовий приклад системи АВ. В результаті моделювання основних принципів, використовують закон збереження та основні співвідношення, математичних моделей всіх видів АВ. Систем зазвичай приставляють у вигляді набору звичайних або диференціальних рівнянь. Ці математичні моделі зазвичай використовуються для проектування, оцінки та контроль. У кожній із цих конкретних цілей моделювання ми розрізняємо аналіз і синтез.

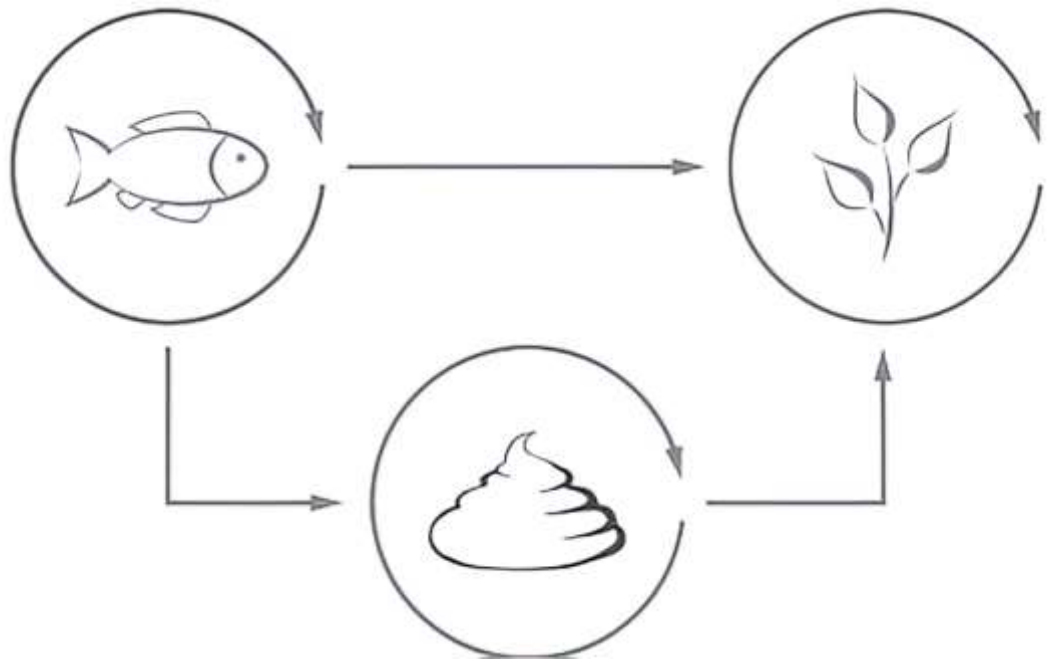


Рис.3.5. Три контурна система для аквапоніки з УЗВ, гідропонікою.

Система починається з побудуванням УЗВ. Установка замкнутого водопостачання мають низьке споживання води і дозволяють переробляти продукти виділення. УЗВ забезпечують відповідні умови для існування риби в результаті багатоступеневої обробки води, такої як відділення часток, біофільтрація, газообмін і контроль температури. Розчинені та тверді виділення продукти можуть бути передані на вторинну обробку, таку як

вирощування рослин або водоростей в інтегрованих системах аквакультури(рис.3.6).

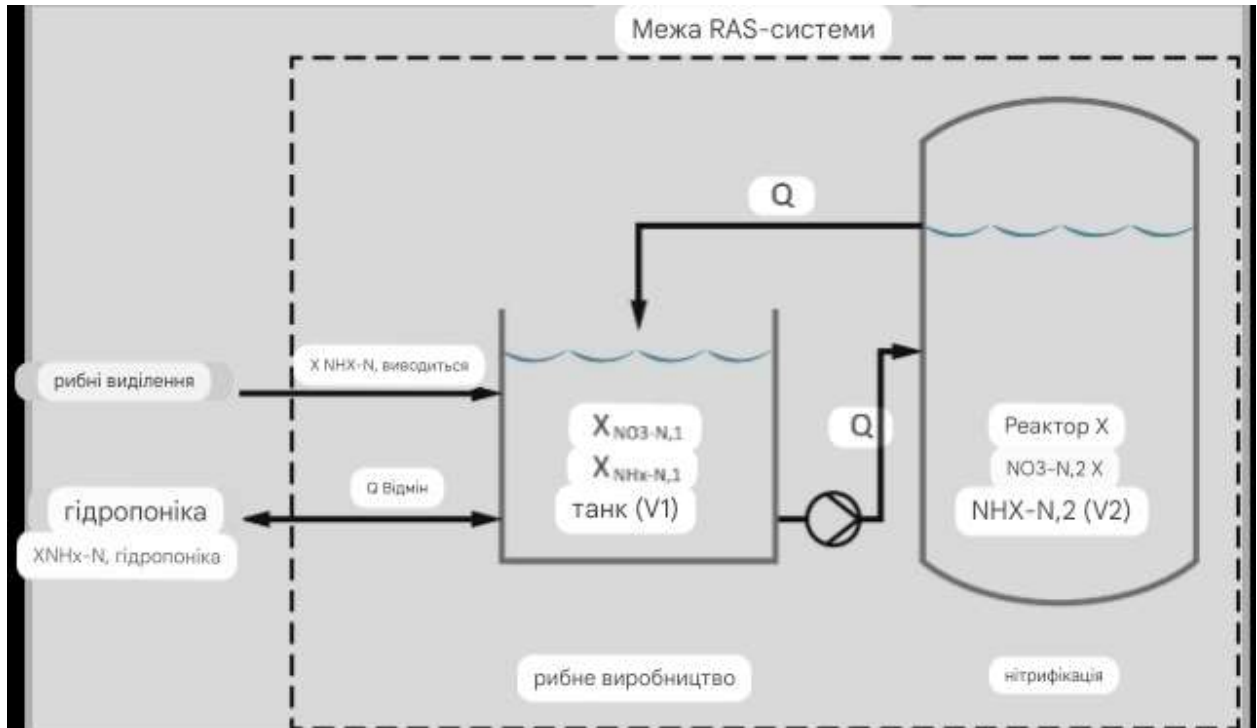


Рис.3.6. УЗВ з басейном для риби, насосом, нетарифікаційним фільтром, насосом для перекачування води в гідропонну систему.

РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНОКОВА ЧАСТИНА

4.1. Розрахунки для біофільтра.

Для математичного зображення фізичних систем були зроблені наступні припущення:

- (a) Щільністю води вважається постійною.
- (b) Передбачається що а резервуарі наповнення добре перемішані.
- (c) Об'єм резервуару вважається постійним.
- (d) Потік технологічної води завжди більший за нуль.

Припущення про добре перемішані резервуари призводить до рівняння балансу маси для безперервного фільтра з перемішуванням. Процесами дифузії зазвичай можна знехтувати в розрахунках УЗВ через типову високу швидкість потоку технологічної води. Для УЗВ з декількома резервуарами виконується наступне(рис4.1)

Накопичення = Приплив-відтік + генерація-зниження

$$V_i \dot{x}_i = Q_{in} x_{i,in} - Q_{out} x_{i,out} + x_{i,gen} - x_{i,red}$$

$$j = \begin{cases} n, & i = 1 \\ i - 1, & i \neq 1 \end{cases}$$

Рис.4.1.Формула для визначення об'єму, декількох резервуарів.

У наведеному вище рівнянні n представляє кілька резервуарів у системи, x є змінною концентрації даного субстрату в об'ємі, визначеному V . Потік технологічної води в резервуар або біофільтр позначається Q . $-V$ об'єм компонента. Куди надходить потік технологічної води Q . Потік технологічної води Q надходить з компонента що має об'єм V .

Перетворення $X_{\text{NH}_x\text{-N}}$ у $X_{\text{NO}_3\text{-N}}$ у нітрифікуючих біофільтрах відбувається на прощі поверхні A (m^2). Доступну біологічно активну поверхню при нітрифікації розраховують множенням об'єму біофільтра на об'ємну активну поверхню біоносіїв AS ($\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-3}$). Загальна біологічна поверхня розраховується рівнянням (рис.4.2) з відносного заповнення f_{bc} фільтра нітрифікації, яке зазвичай становить 0.6

$$A = V_{\text{nitrification}} * AS * f_{bc}$$

Рис. 4.2.Рівняння загальної біологічної поверхні.

Загально добовий мікробної конверсії μ_{max} (g d^{-1}) було розрахована шляхом множення питомої швидкості конверсії, $\text{NH}_x\text{conversion-rate}$ ($\text{g m}^{-2}\text{d}^{-1}$), на загальну активну площу поверхні, $A(\text{m}^2)$, біоносіїв. Цю швидкість дійсна для певних умов процесу, і передбачається, що біоплівки бактерій повністю розвинена.

Загальна маса NH_x перетвореної в $\text{NO}_3\text{-N}$ можна згодом розрахувати за допомогою кінетики Моно рівняння (рис.4.3). Для цього необхідно $\text{NH}_x\text{-N}$ концентрація $X_{\text{NH}_x\text{-N},2}$ ($\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$), в об'ємі V_2 нітрафікаційного фільтра.

$$\frac{d}{dt} X_{\text{NH}_x\text{-N},2} = -\mu_{\text{max}} * \left(\frac{X_{\text{NH}_x\text{-N},2}}{K_s + X_{\text{NH}_x\text{-N},2}} \right) * \frac{1}{V_2} \quad \text{with} \quad K_s = \frac{\mu_{\text{max}}}{2}$$

$$\frac{d}{dt} X_{\text{NO}_3\text{-N},2} = +\mu_{\text{max}} * \left(\frac{X_{\text{NH}_x\text{-N},2}}{K_s + X_{\text{NH}_x\text{-N},2}} \right) * \frac{1}{V_2} \quad \text{with} \quad K_s = \frac{\mu_{\text{max}}}{2}$$

Рис. 4.3.Моно рівняння.

Враховуючи рівняння (рис.4.1;4.2;4.3;4.4;4.5;4.6), резерватом є наступна модель(рис.4.7) простору станів (поєднання нітрифікації риби).

$$X_{N,\text{excreted}} = X_{\text{feed}} * 0.16 * 0.75 * (0.5 - 0.17)$$

Рис.4.4.Рівняння для розрахунку екскреції азоту.

$$X_{\text{NH}_x\text{-N,excreted}} = X_{N,\text{excreted}} [g] * \left(\sin\left(\frac{2\pi}{1440}\right) + 1 \right)$$

Рис.4.5.Рівняння для розрахунку екскреції аміаку.

$$\mu_{\text{mm}} = A * \text{NH}_x \text{Conversion-rate}$$

Рис.4.5.Рівняння для розрахунку загально добової мікробної конверсії.

$$\frac{dx(t)}{dt} = A * X + B * u + n$$

$$X = \begin{bmatrix} X_{\text{NH}_x\text{-N,1}} \\ X_{\text{NH}_x\text{-N,2}} \\ X_{\text{NO}_3\text{-N,1}} \\ X_{\text{NO}_3\text{-N,2}} \end{bmatrix} \quad u = \begin{bmatrix} X_{\text{NH}_x\text{-N,excreted}} \\ \mathbf{0} \\ Q_{\text{Exc}} * X_{\text{NH}_x\text{-N,hydroponics}} \\ \mathbf{0} \end{bmatrix} \quad n = \begin{bmatrix} \mathbf{0} \\ -\frac{\mu_{\text{max}} * [X]_2}{K_s + [X]_2} * \frac{1}{V_2} \\ \mathbf{0} \\ +\frac{\mu_{\text{max}} * [X]_2}{K_s + [X]_2} * \frac{1}{V_2} \end{bmatrix}$$

$$A = \begin{bmatrix} -\frac{Q}{V_1} - \frac{Q_{\text{Exc}}}{V_1} & \frac{Q}{V_1} & 0 & 0 \\ \frac{Q}{V_2} & -\frac{Q}{V_2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{Q}{V_1} - \frac{Q_{\text{Exc}}}{V_1} & \frac{Q}{V_1} \\ 0 & 0 & \frac{Q}{V_2} & -\frac{Q}{V_2} \end{bmatrix}$$

$$\times B = \begin{bmatrix} \frac{1}{V_1} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{V_2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{V_1} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{V_2} \end{bmatrix}$$

Рис.4.7.Рівняння для розрахунку простору станів.

Моделювання УЗВ з $V_{\text{фільтр}}=1300\text{л.}$ і $V_{\text{резервуар}}=6000\text{л.}$ У всіх басейнах щоденно споживання корму становить 2000г./день з 500г. білка\кг. корму. Активна поверхня біоорганізмів становить $300(\text{м}^2*\text{м}^{-3})$, а відносне заповнення біофільтра f_{bc} становить $0,6$. Питомий коефіцієнт перетворення NH_x conversion-rate , становить $1.2(\text{г м}^{-2}\text{-d})$, і передбачається, що біоплівка повністю розвинена (рис.4.1;4.2).

Розрахунок демонструє важливість масового потоку для концентрації поживних речовин в сполучних системах(рис.4.8).

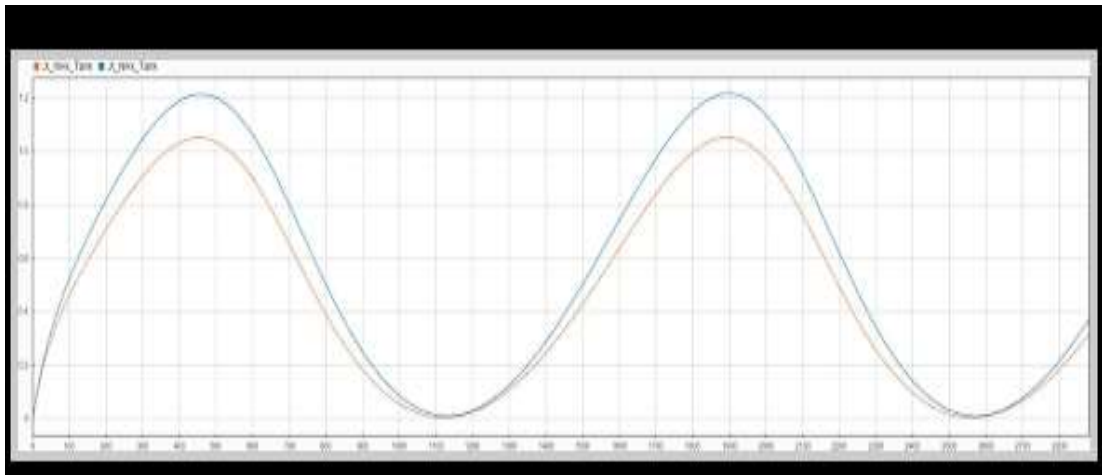


Рис.4.8.Моделювання загального вмісту аміачного азоту.

$(X_{\text{NH}_x\text{-N},1})$ (мг/л) протягом 2 днів $Q= 2880\text{хв}$ з $Q=300\text{л/хв}$ (синій) і $Q=200\text{л/хв}$ (червоній)

4.2. Розрахунок потреби для отримання товарного кларієвого сома

Методика розрахунку потреби у риби посадковому матеріалі, басейнах і комбікормах за заданою потужністю УЗВ з вирощуванням товарного кларієвого сома.

Розрахунок проводиться від заданої потужності УЗВ у товарній рибній продукції на один технологічний цикл.

Планова потужність УЗВ по товарній продукції кларієвого сома становить 27 тон.

Середня маса мальків кларієвого сома - 12г, товарної риби - 900г.

Вихід товарної риби від мальків - 80%

Щільність посадки мальків в басейни - 300 екз./м³.

Площа 1 басейна - 10 м².

Робоча глибина басейну – 1,5м.

Кормовий коефіцієнт комбікорму - 1,5.

Розв'язання

1. Спершу знаходимо кількість мальків для отримання 27 тон товарної продукції кларієвого сома:

$$N_m = 27 \text{ тон} : (900 * 0,9) = 33 \text{ тис. екз.}$$

2. Тоді знаходимо необхідну кількість басейнів УЗВ:

$$N_b = 33,4 \text{ тис. екз.} : (300 * 10 \text{ м}^3 * 1) = 7 \text{ басейнів.}$$

3. Потреба у комбікормі:

$$K_{\Sigma} = (900\text{г/екз.} - 12\text{г/екз.}) * (27 \text{ тон} : 900\text{г/екз.}) * 1,5 = 43,956 \text{ тон.}$$

Потреба мальків кларієвого сома становить 33 тис. екз., у басейнах-7, у комбікормі- 43,956 тон.

ВИСНОВКИ

В дипломній роботі проведено аналіз технології аквапоніки на базі ТОВ «Аква Систем Органік» і її складові: структуру господарства, облаштування, технології, її призначення та перспективу розвитку даної технології.

Господарство складається з УЗВ систем по вирощуванню посадкового матеріалу та товарного продукту кларієвого сома і тилляпії. Також на господарстві розміщені теплиці по вирощуванню рослин без ґрунту (гідропоніка). Тут вирощують томати, базилік, огірки, солодкий перець, полуницю та багато іншого.

Частина по вирощуванні риби має два поверхні. Тут розміщені басейні з рециркуляційною системою. УЗВ система має таке устаткування: рибоводні басейни, механічний фільтр барабанного типу, біологічний фільтр, блок водо підготовки. Джемом водопостачання в господарстві є свердловина. В господарстві вирощування риби відбувається за повним цілком. Від отримання ікри до вирощування риби товарного розміру. На підприємстві є інкубаційний цех. Де проходить викльов личинки в інкубаційному апарати або в басейнах на рамках.

Використання басейнів на підприємстві для утримання різних вікових груп риби надає ряд переваг. Таких як: економічно використання води, великої щільності посадки риби, регулювання умов утримання риби, досягнення самоочищення води в басейн, вирощування товарної продукції в продовж року та інше. На господарстві «Аква Систем Органік» використовуючи круглі басейні. Басейни такої форми мають круговий потік води кращий як в прямокутних басейнах, тому що в їх відсутні “мертві зони” де накопичуються продукти обміну та не з’їдений корм.

Методика вирощування в УЗВ тиляпії та кларієвого сома включає в себе очищення води фізичним та біологічним методом. Фізичне очищення відбувається за допомогою механічного фільтра барабанного типу, а біологічне за допомогою біофільтра. Також УЗВ система включає себе насичення води киснем за допомогою оксигенатора та аератора.

На господарстві ТОВ «Аква Систем Органік» вирощують кларієвого сома та тиляпію. Мальок риби було імпортується з Голландія. Кларієвий сом є гарним об'єктом в вирощуванні в УЗВ системах завдяки великого темпу росту, здатність дихати атмосферним киснем, не вибагливим ставленням до гідрохімічного стану води, гарним поїданням комбикорму, вилкою виживанням в продовж вирощування, ціним м'ясом. Тиляпія має також переваги окрім що не може дихати атмосферним киснем.

Аквапоніка це поєднання рециркуляційні системи аквакультури з гідропонною установкою. Об'єктом якій поєднує ці дві системи є бактерії та продукти їх метаболізму. Бактерії служать містком, який з'єднує рибні екскременти з високим вмістом амонію з добривом для рослин, яке має бути комбіноване з низьким вмістом амонію та високим вмістом нітратів. Біологічні речовини в УЗВ походять з рибного корму, фекалій і біоплівки і є одним із найважливіших і складних параметрів якості води для контролю. Висока якість води досягається багатоступеневою системною очищенням. Гідропоніка добре поєднується з аквакультурою тому що при такому методу вирощування рослин відбувається без ґрунту. Таким чином поживні речовини рослини отримують від риб а не з ґрунту як при звичайному вирощуванні. Без ґрунтового вирощування має свої переваги порівняно з ґрунтовым: зменшення патогенних часток, ріс і врожайність не залежить від типу ґрунту, кращий контроль росту, повторне використання поживного розчину. На підприємстві «Аква Систем Органік» в гідропоніці застосовують техніку живильної плівки.

При такій техніці живильний розчин тече вздовж жолоба із шаром води. Рециркуляція поживного розчину та відсутність субстрату є однією з головних переваг системи живильної плівки. Додатковою перевагою є його великий потенціал для автоматизації, щоб заощадити витрати на оплату праці, а також можливість керувати оптимальною густотою рослин протягом циклу врожаю.

Система аквапоніка може починати будуватися так як з теплиць з гідропонікою, так і рециркуляційного господарства. Тільки при поєднанні господарства по вирощуванні риб з гідропонікою потрібно брати до уваги вид риби. Цей представник повинен мати такі вимоги гідро-хімічного стану води які є придатним для вирощування рослин.

При таких показників: об'ємі біофільтра 1300 літрів і об'ємі резервуара 6000літрів, у всіх басейнах щоденно споживання корму становить 2000г./день, Активна поверхня біоорганізмів становить 300 м², а відносно заповнення біофільтра становить 0,6%, питомий коефіцієнт перетворення NH_x _{conversion-rate}, становить 1.2g/m², і передбачається, що біоплівка повністю розвинена. Загальний вміст аміачного азоту становитиме протягом 2 днів з потоком води 300л/хв -200л/хв. Такий вміст є допустимим при вирощуванні рослин.

Потреба повносистемного господарства потужністю 27 тон товарного кларієвого сома становить в посадковому матеріалі-33тис. екз., басейні-7од. та комбікормі-43,956 тон.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Загальний обсяг виробництва продукції аквакультури.
Державне агентство України розвитку меліорації, рибного господарства та продовольчих програм: веб-сайт.
URL: https://darg.gov.ua/_u_2023_roci_zagalnij_obsjag_0_0_0_13436_1.html
(12.10.2023).
2. *Промисловий вилов в Україні*.
Ua.news : веб-сайт.
URL: <https://ua.news/ua/ukraine/promyslovyj-vylov-ryby-v-ukrayini-zbilshyvshyna-20> (07.01.2024).
3. Андрющенко А.І., Вовк Н.І. Аквакультура штучних водойм. частина 2 індустріальна аквакультура: підручник. Київ, 2014.
4. Bruton M.N. The breeding biology and early development of *Clariasgariepinus* (Pisces, Clariidae) in Lake Sibaya, South Africa, with a review of breeding in species of the subgenus *Clarias* (*Clarias*) // Trans. Zool. Soc. Lond 1979.
5. Заки М., Абдула А. Розмноження і розвиток *Clariasgariepinus* (Pisces, Clariidae) з озера Манзала (Єгипет) // Питання іхтіології. 1983 рік.
6. Кононенко Р., Шевченко П., Кондратюк В., Кононенко І. Інтенсивні технології в аквакультурі: навч. посіб. К.: Центр учбової літератури, 2016
7. Mukhopadathy S.M. Dehadrai P.V. Survival of hybrids between air-breathing catfishes *heteropneustesfossilis* (Bloch) and *Clariasbatrachus* (Linn.) // *Matsya*. 1987.
8. Брайнбалле Я. Посібник з аквакультури в установках замкнутого водопостачання. Введення в нові екологічні та високопродуктивні замкнуті рибоводні системи, Копенгаген, 2010.
9. Осипенко П. Тропічна тіляпія в Україні. [електронний ресурс].
Режим доступу: <http://www.aquafanat.com.ua/pagesview-33.html>

10. Fox BK, Tamaru CS, Hollyer J et al A preliminary study of microbial water quality related to food safety in recirculating aquaponic fish and vegetable production systems. College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii at Manoa. Food Safety and Technology 2012
11. Rakocy JE, Hargreaves JA Integration of vegetable hydroponics with fish culture: a review. In: Wang J (ed) Techniques for modern aquaculture. American Society of Agricultural Engineers, St Joseph, 1993.
12. Zeng Q, Tian X, Wang L (2017) Genetic adaptation of microbial populations present in high-intensity catfish production systems with therapeutic oxytetracycline treatment. *Sci Rep* 7:17491. [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-org/10.3390/w9010013>
13. Yogev U, Sowers KR, Mozes N, Gross A (2016) Nitrogen and carbon balance in a novel near-zero exchange saline recirculating aquaculture system. *Aquaculture* 467:118–126Crossref
14. Yildiz HY, Robaina L, Pirhonen J, Mente E, Domínguez D, Parisi G (2017) Fish welfare in aquaponic systems: its relation to water quality with an emphasis on feed and faeces—a review. *Water* 9(1):13. [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://doi.org/10.3390/w9010013>
15. Yamin G, Zilberg D, Levy G, van Rijn J (2017c) The protective effect of parasites infecting the guppy (*Poecilia reticulata*). *Aquaculture* 479:487–489. [электронный ресурс].
Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.06.022>
16. Wong KB, Piedrahita RH (2000) Settling velocity characterization of aquacultural solids. *Aquac Eng* 21:233–246. [электронный ресурс]. Режим доступа: [https://doi.org/10.1016/S0144-8609\(99\)00033-3](https://doi.org/10.1016/S0144-8609(99)00033-3)
17. Wold P-A, Holan AB, Øie G, Attramadal K, Bakke I, Vadstein O, Leiknes TO (2014) Effects of membrane filtration on bacterial number and microbial diversity in marine recirculating aquaculture system (RAS) for Atlantic

cod (*Gadus morhua* L.) production. *Aquaculture* 422–423:69–77. [электронный ресурс]. Режим доступа :<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.11.019>

18. Volpato GL, Goncalves-de-Freitas E, Fernandes-de-Castilho M (2007) Insights into the concept of fish welfare. *Dis Aquat Org* 75:165–171. [электронный ресурс]. Режим доступа :<https://doi.org/10.3354/dao075165>

19. Van Rijn J (1996) The potential for integrated biological treatment systems in recirculating fish culture—a review. *Aquaculture* 139(3–4):181–201. [электронный ресурс]. Режим доступа:[https://doi.org/10.1016/0044-8486\(95\)01151-X](https://doi.org/10.1016/0044-8486(95)01151-X)

20. Timmons MB, Ebeling JM (2010) *Recirculating aquaculture*, 2nd edn. Cayuga Aqua Ventures, Ithaca

21. Yogev U, Barnes A, Gross A (2016) Nutrients and energy balance analysis for a conceptual model of a three loops off grid, aquaponics. *Water* 8:589. [электронный ресурс]. Режим доступа :<https://doi.org/10.3390/W8120589>

22. Wongkiew S, Zhen H, Chandran K, Woo Lee J, Khanal SK (2017) Nitrogen transformations in aquaponic systems: a review. *Aquac Eng* 76:9–19

23. Tyson RV, Treadwell DD, Simonne EH (2011) Opportunities and challenges to sustainability in aquaponic systems. *Hort Technol* 21(1):6–13

24. Suhl J, Dannehl D, Kloas W, Baganz D, Jobs S, Schiebe G, Schmidt U (2016) Advanced Aquaponics: evaluation of intensive tomato production in aquaponics vs conventional hydroponics. *Agric Water Manag* 178:335–344

25. Srivastava JK, Chandra H, Kalra SJ, Mishra P, Khan H, Yadav P (2017) Plant–microbe interaction in aquatic system and their role in the management of *Water Sci* 7:1079–1090

26. Somerville C, Cohen M, Pantanella E, Stankus A, Lovatelli A (2014) *Small-scale aquaponic food production: integrated fish and plant farming*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 589

27. Savidov N (2005) Comparative study of aquaponically and hydroponically grown plants in model system. In: Evaluation and development of aquaponics production and product market capabilities in Alberta. Chapter 3.2., Phase II, pp 21–31
28. Reyes Lastiri D, Slinkert T, Cappon HJ, Baganz D, Staaks G, Keesman KJ (2016) Model of an aquaponic system for minimised water, energy and nitrogen requirements. *Water Sci Technol* 74:1. <https://doi.org/10.2166/wst>
29. Rakocy JE, Bailey DS, Shultz RC, Danaher JJ (2011) A commercial scale aquaponic system developed at the University of the Virgin Islands. *The 9th International Symposium on Tilapia in Aquaculture*
30. Rakocy JE, Shultz RC, Bailey DS, Thoman ES (2004b) Aquaponic integration of Tilapia and Basil: Comparing a batch and staggered cropping system. *Acta Horti* 648:63–69