

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет тваринництва та водних біоресурсів

ПОГОДЖЕНО

Декан факультету тваринництва
та водних біоресурсів

_____ Руслан КОНОНЕНКО
« ____ » _____ 2026 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри
аквакультури

_____ Віталій БЕХ
« ____ » _____ 2026 р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему: «Проект аквапонічного господарства з вирощування
рослинної та рибної продукції»**

Спеціальність 207 Водні біоресурси та аквакультура

Освітня програма Водні біоресурси та аквакультура

Гарант освітньої програми

к.с.-г.н., доцент

_____ **Меланія ХИЖНЯК**

**Керівник бакалаврської
кваліфікаційної роботи**

к.с.-г.н., доцент

_____ **Ірина КОНОНЕНКО**

Виконав

_____ **Аркадій КОРОТКИЙ**

КИЇВ – 2026

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет тваринництва та водних біоресурсів

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

ЗАВДАННЯ
до виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи студенту

КОРОТКИЙ АРКАДІЙ ЄВГЕНІЙОВИЧ

Спеціальність 207 Водні біоресурси та аквакультура

Освітня програма Водні біоресурси та аквакультура

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи: «Проект аквапонічного господарства з вирощування рослинної та рибної продукції»

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

Термін подання завершеної роботи на кафедру: 2026.05.08

Вихідні дані до бакалаврської роботи: загальні принципи роботи аквапоніки, особливості вирощування рослин в аквапонічній системі, особливості вирощування риби в аквапонічній системі, особливості поєднання рослин та риби для симбіотичного існування.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Проаналізувати історію розвитку аквапоніки, як системи виробництва харчової продукції
2. Підібрати місце розташування проєктованого господарства;
3. Зробити проєкт аквапонічного господарства;
4. Розрахувати потреби господарства у біологічному матеріалі, технічних засобах тощо;
5. Розрахувати економічні показники господарства.

Перелік графічних документів (за потреби) _____

Дата видачі завдання _____ 03.11.2025 р. _____

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи _____ **Ірина КОНОНЕНКО**

Завдання прийняв до виконання _____ **Аркадій КОРОТКИЙ**

РЕФЕРАТ

Бакалаврська робота виконана на тему “Проект аквапонічного господарства з вирощування рослинної та рибної продукції”

Робота виконана на 50 сторінках, налічує 12 таблиць та 2 малюнків, список літератури включає 30 джерел.

У межах роботи розроблено проект комплексної аквапонічної системи, що включає у себе установку замкненого водопостачання та гідропонічну систему з багаторівневим очищенням та автоматизаційними засобами. Для оптимізації капітальних та енергетичних витрат обґрунтовано розміщення комплексу поблизу ТЕЦ в м. Суми. Проведені техніко-економічні розрахунки господарства підтверджують інвестиційну привабливість підприємства. Практичне значення проекту полягає у створенні ефективної моделі безвідходного вирощування органічної продукції, що дає змогу скоротити витрати прісної води на 95% порівняно з традиційним землеробством. Запропоновані технологічні та фінансові рішення є готовим підґрунтям для залучення інвестицій, реалізації ініціатив зі збереження природних ресурсів в інтенсивній аквакультури.

Об’єкти дослідження – технологія аквапонічного виробництва продукції в умовах аквапонічних систем.

Предмети досліджень – технологічні параметри та біологічна ефективність вирощування кларієвого сома, базиліку, полуниці та салату в аквапонічній установці.

Мета дослідження: спроектувати ефективне господарство з максимально можливою стабільністю виробництва товарного продукту та швидким отримання прибутку.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АКВАПОНІКА, ГОСПОДАРСТВО, ЕКОНОМІКА, ГІДРОПОНІКА, АКВАКУЛЬТУРА, КЛАРІЄВИЙ СОМ

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ	9
1.1. Історія розвитку аквапоніки як напрямку вирощування харчових продуктів	9
1.2. Застосування явища біомімікрії в аквапонічній системі	10
1.3. Поєднання аквакультури та гідропоніки	11
1.4. DWC або крапельні вежі	15
1.5. Світло в аквапонічних системах	18
РОЗДІЛ 2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	22
РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	25
3.1 Стратегічні параметри розміщення підприємства	25
3.2. Обґрунтування місця проєктованого господарства	26
3.3 Характеристика складових аквапонічного господарства	28
3.4 Боротьба із хворобами кларієвого сома за інтенсивного вирощування.	30
3.5. Схема проєктового господарства	30
РОЗДІЛ 4 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА	33
4.1. Визначення потреби підприємства, що проєктується, у живих ресурсах та матеріально-технічному забезпеченні	33
4.2. Розрахунок потреби в кормах	34
4.3. Розрахунок витрат на господарство	34
4.4. Щомісячні витрати на господарство та дохід	37
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ	42
5.1 Основні закони та нормативні акти з охорони праці	42
ВИСНОВКИ	45
ПРОПОЗИЦІЇ ПО ВИРОБНИЦТВУ	47
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	48

ВСТУП

У сучасних умовах глобальних екологічних змін, зростання чисельності населення та обмеженості природних ресурсів особливої актуальності набуває пошук ефективних, екологічно безпечних і ресурсозберігаючих способів виробництва продуктів харчування. Традиційне сільське господарство дедалі частіше стикається з проблемами деградації ґрунтів, дефіциту води, надмірного використання мінеральних добрив і пестицидів, що негативно впливають на довкілля та здоров'я людини. У зв'язку з цим зростає інтерес до інноваційних технологій, здатних забезпечити стабільне виробництво якісної продукції з мінімальним впливом на навколишнє середовище.

Аквапоніка – це спільна система, де разом вирощують рибу та рослини у замкненому циклі, що функціонує завдяки природному бактеріальному процесу. Суть аквапоніки полягає у створенні замкненого біологічного циклу, в якому відходи життєдіяльності риби використовуються як джерело поживних речовин для рослин, а рослини, у свою чергу, очищують воду, яка повертається до системи утримання риби. Таким чином, досягається ефективне використання ресурсів, зменшується потреба у воді та добривах, а також мінімізується негативний вплив на довкілля.

Важливість теми бакалаврської роботи зумовлена зростаючою потребою у впровадженні сталих аграрних технологій, які дозволяють здобувати екологічно чисту продукцію за умов обмежених ресурсів. Аквапоніка має значний потенціал як для промислового виробництва, так і для малих фермерських господарств, міського фермерства та навіть індивідуального вжитку. Особливо суттєвою ця технологія є для регіонів із несприятливими природними умовами, де традиційне землеробство є малоефективним або економічно не вигідним.

Крім того, аквапоніка відповідає концепції сталого розвитку, яка передбачає гармонійне поєднання економічної ефективності, соціальної відповідальності та екологічної безпеки. Використання замкнених систем

дозволяє значно скоротити споживання води (до 90% порівняно з традиційним землеробством), зменшити викиди забруднюючих речовин та забезпечити безперервний контроль умов вирощування. Це робить аквапоніку особливо привабливою в умовах урбанізації та кліматичних змін.

Слід зазначити, що розвиток аквапоніки базується знаннях з біології, екології, гідротехніки, агрономії та інженерії. Ефективне функціонування аквапонічної системи залежить від правильного балансу між її основними компонентами: рибою, рослинами та мікроорганізмами, що забезпечують біологічну фільтрацію. Зокрема, нітрифікуючі бактерії відіграють ключову роль у перетворенні аміаку, який виділяється рибою, на нітрати – форму азоту, доступну для засвоєння рослинами.

Аквапоніка допоможе нам вирішити основні проблеми як аквакультури, так і гідропоніки.

Основна проблема аквакультури є те, що азотні рештки риб у воді створюють постійно підвищений рівень аміаку. Якщо не вживати ніяких заходів, ці токсичні сполуки швидко вб'ють рибу. Аквакультура зазвичай використовує один або обидва з двох варіантів для вирішення цієї проблеми: постійне постачання прісної води для заміни токсичної води та/або дорогі системи фільтрації. Жоден з них не є ідеальним. Перший варіант не тільки використовує величезні обсяги дорогоцінної прісної води, але й створює не менші обсяги води з високим вмістом аміаку, яка є токсичною для будь-якої природної екосистеми. Другий варіант є просто дуже дорогим. Висока вартість є особливо актуальною для невеликих комерційних підприємств, оскільки більшість фільтраційних установок є економічно вигідними лише при великих обсягах виробництва.

Основною складністю гідропоніки є постійна потреба у великих кількостях добрив. Безґрунтова система виробництва означає, що всі мінерали – усе харчування – необхідні рослинам, повинні незмінно додаватися. Добрива є дорогими, і переважна більшість із них отримується з викопаних мінералів, часто їх називають «хімічними» добривами. Доступні органічні добрива зазвичай не

використовуються, оскільки вони менш розчинні у воді, тому частіше спричиняють проблеми у системі і можуть бути в кілька разів дорожчими за їх хімічні аналоги. Гідропонні ферми часто є також великими споживачами води, оскільки багато з них використовують систему зливу відходів. Навіть гідропонні ферми, які рециркулюють воду, повинні регулярно зливати і замінювати воду, оскільки вони не мають живої екосистеми, яка самостійно підтримує рівновагу.

Коли рибу та рослини вирощують у спільній системі, аквапоніка здатна усунути ключові недоліки як рибництва, так і гідропоніки. Рештки з рибних ферм являють собою практично бездоганне підживлення для рослин, будучи одним із найцінніших у світі органічних добрив. Натомість рослини, засвоюючи мікроелементи, що виникають із цих відходів, виконують значну частину роботи з очищення води для мешканців водойми. Риба годує зелень. Зелень відновлює чистоту води. Цей взаємозв'язок настільки ж зрозумілий, наскільки й результативний. Третю ланку в аквапонічній екосистемі складають бактерії. У функціонуванні всієї установки задіяні певні види мікроорганізмів, які виконують подвійну місію. Одне біологічне угруповання нейтралізує аміак у воді, трансформуючи його у нітрати. Інша популяція розкладає органічні залишки (передусім риб'ячі виділення та залишки корму), розщеплюючи їх до базових елементів, доступних для поглинання рослинами. Без цього критично важливого етапу переробки у замкнутому циклі й риби, і рослини дуже швидко припинили б своє існування. Формування та належний моніторинг бактеріальних колоній є однією з найвідповідальніших праць для аквапонічного господарника.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

1.1. Історія розвитку аквапоніки як напрямку вирощування харчових продуктів

Та аквапоніка, яку можемо бачити зараз, існує приблизно 40 років, хоча думки про об'єднання аквакультури та рослинництва існували ще тисячу років тому.

З незапам'ятних часів вирощування риби практикувалося на затоплених полях, де росте рис, на території Китаю. Збір урожаю риби та рису відбувається одночасно щороку, і цей метод залишається актуальним і сьогодні. Навколо рибних водойм (ставків) тримали качок, часом у клітках, аби їхні продукти життєдіяльності (фекалії) могли слугувати кормом для риби.

Ацтеки володіли витонченими методами аквапонічного землеробства, відомими як чінампас. Ці системи передбачали формування штучних острівців та зрошення каналів, що давало змогу одночасно культивувати як рибу, так і рослинність у замкнутому циклі, повністю усуваючи необхідність ручного зрошення. Завдяки цьому для певних культур можна було збирати до семи врожаїв протягом року.

У 1969 р. Джон та Ненсі Тодд, разом із Вільямом МакЛарні, поклали початок "Інституту Нової Алхімії", розташованому на Кейп-Коді, що в штаті Массачусетс. Там вони облаштували мініатюрний, незалежний сільськогосподарський комплекс у житловому будинку, назвавши його «Ковчег». Метою було цілорічне забезпечення типової родини з чотирьох осіб, застосовуючи комплексні підходи для вирощування риби, овочевих культур та житлового простору.

У середині 80-х рр аспірант Університету Північної Кароліни, Марк МакМертрі, та професор Даг Сандерс розробили те, що вважається першою задокументованою аквапонічною системою замкнутого контуру. Вони

впровадили стічні води з рибних резервуарів для зрошення, а також живлення томатів і огірків, вирощуваних у піщаних ложах, використовуючи технологію крапельного зрошення. Цей пісок також слугував біологічним фільтром для системи. Вода, проходячи крізь піщаний шар, рециркулювалася назад до ємностей з рибою.

Фундамент сучасної аквапонічної науки заклали ранні праці Макмертрі та Сандерса. Справжній стрибок у цій сфері здійснив доктор Джеймс Ракоці, працюючи в Університеті Віргінських островів. Протягом трьох десятиліть, з 1980 по 2010 рік, він займав посаду професора-дослідника з аквакультури та очолював Сільськогосподарську дослідну станцію, де керував значними експериментами з тилляпією у тепловодних аквапонічних установках. Його напрацювання щодо ефективного збереження води, її рециклінгу та утилізації поживних речовин досі є визначальним внеском у сучасну аквапоніку. Хоча вдосконалення тривало чимало часу, приблизно до 1999 року система доктора Ракоці продемонструвала свою стабільність, довговічність та високу ефективність. Його методики знаходять застосування як у приватних господарствах, так і у промислових аквапонічних комплексах.

1.2. Застосування явища біомімікрії в аквапонічній системі

Біомімікрія – це науковий метод проектування та імітування природньо створених структур, процесів і систем для створення інноваційних інженерних рішень. Аквапонічні системи в свою чергу штучно створені середовища, які намагаються скопіювати природний баланс систем. Кожна ланка та діяльність у системі аквапоніки має свій відповідник у природі. Для прикладу це може бути озеро, розташоване на значній височині, у якому мешкають риби, які постійно виділяють відходи у формі аміаку та фекалій. З цього озера витікає річка, що транспортує ці продукти життєдіяльності. На дні річки залягають шари щебеню та піску, які слугують прихистком для різноманітних бактерій та безхребетних, що живляться детритом (хробаків, комах, ракоподібних тощо). Коли вода,

збагачена відходами, тече вниз по течії, органічні рештки осідають на дно та затримуються у гравії, де вони переробляються та розкладаються детритофагами та бактеріями, перетворюючись на базові елементи та мінеральні сполуки. Аміак (який є отруйною формою азоту) у водному середовищі проходить процес нітрифікації, перетворюючись на нітрати. Без участі бактерій та детритофагів відходи з часом накопичувалися б до небезпечних концентрацій. Річка продовжує свій шлях униз, до нижчих відміток, і в решті-решт досягає широкої, рівнинної заболоченої території. Тут її плин сповільнюється, і вона розливається, залишаючи багаті на мінерали наноси там, де активно росте рослинність. Після того, як поживні речовини та осад були відфільтровані болотом, вода завершує свій спуск до океану. Однак, процес триває далі. Випаровування та транспірація рослин формують хмари, волога з яких випадає дощем, що збирається у великих водоймах, подібних до озер, і таким чином цикл відновлюється. Усі ці природні механізми присутні й в аквапонній установці: резервуари з рибою є своєрідним аналогом озера, системи фільтрації подібні до гравійних шарів річки, а гідропонний модуль виконує функцію болота. Ключовий водяний насос уособлює роботу хмар, повертаючи воду у верхню точку системи – акваріуми.

Оскільки ми моделюємо природну екосистему, багато труднощів, що виникають у процесі функціонування аквапоніки, також спостерігаються й у природі. Природа мала у своєму розпорядженні мільярди років для формування рішень, які ми можемо впроваджувати на аквапоннічних фермах шляхом імітування її роботи.

1.3. Поєднання аквакультури та гідропоніки

Гідропоніка являє собою спосіб культивування рослин, що не використовує ґрунту, залучаючи лише воду та мінеральні поживні сполуки. Частина слова «поніка» у терміні «аквапоніка» запозичена саме з «гідропоніки». Дослівно ж «гідропоніка» трактується як «діяльність із водою».

Аквапоніка – це варіація гідропоніки, де також немає потреби у використанні субстрату. В обох цих підходах коренева система рослин безперервно омивається водою, насиченою як киснем, так і необхідними елементами для живлення, і в обох випадках відмічається помітно швидший ріст порівняно з тими рослинами, що культивуються у сільському господарстві. Аквапоніка також інтегрує чимало аспектів із традиційних гідропонних установок. Наприклад, Система DWC (Deep Water Culture , глибока культура) – це простий та ефективний метод гідропоніки, при якому коріння рослин постійно знаходиться в мінеральному розчині з повітрям. Кисень подається через компресор, забезпечуючи швидкий ріст. DWC ідеально підходить для швидкорослих культур, забезпечуючи високий рівень кисню в зоні коріння.

Крапельні вежі являють собою циліндричні конструкції, як правило, з ПВХ , оснащені отворами щілинами по всій довжині однієї поверхні, і монтуються вертикально, утворюючи каскади. Усередині цих башт розміщується поживне середовище (субстрат), яке підтримує кореневу систему рослин. Рідина (вода) безперебійно подається у верхній кінець кожного стовбура, стікає донизу, збирається і потім знову направляється у циркуляційний контур апарату.

Технологія поживної плівки (NFT) також застосовує труби, як правило, виготовлені з ПВХ, які мають отвори з одного боку. На противагу вертикально розташованим крапельним вежам, труби NFT монтуються горизонтально під незначним нахилом, при цьому отвори орієнтовані угору. Рослини поміщаються у невеликі сітчасті горщики, які вставляються у ці отвори. Поживний розчин, що постійно подається у верхній кінець труб, стікає тонким шаром, омиваючи кореневу систему, а потім збирається у найнижчій точці для повторного циркулювання у системі. Медіа-ліжка – метод зрошення являє собою систему зволоження та відведення води, що допускає безліч варіантів облаштування. У будь-якому з цих варіантів ділянки для вирощування, які не пропускають вологу, ритмічно наповнюються водою за допомогою насосів, а потім осушуються,

здійснюючи повний оберт у рамках цієї системи. Ці зони заповнені субстратом, подібним до гальки, найчастіше це керамзит, хоча трапляється, що використовується й звичайний гравій. Рослинне коріння пронизує цей наповнювач усюди.

Попри те, що будь-яка система має свої переваги та недоліки, лише дві з них заслуговують уваги для великомасштабного виробництва: це Глибоководна культура (DWC) та системи з крапельними вежами. Системи, що використовують прошарок, є не дуже зручними через потреби в регулярному обслуговуванні для усунення застряглих твердих домішок, а також через підвищену небезпеку швидкої втрати врожаю при будь-яких технічних збоях. Технологія NFT (технологія проточних поживних речовин) надзвичайно поширена в гідропонному землеробстві, проте вона програє крапельним вежам і DWC як у плані колонізації бактеріями.

Аквакультура – це галузь сільського господарства, яка займається штучним розведенням, вирощуванням та утриманням водних організмів у контрольованих або напівконтрольованих умовах. До таких організмів належать риби, ракоподібні, молюски, водорості та інші гідробіоти. Основною метою аквакультури є отримання продукції харчового, технічного або декоративного призначення, а також відновлення природних популяцій водних організмів. Аквакультура є важливою складовою світового агропромислового комплексу та відіграє ключову роль у забезпеченні продовольчої безпеки. З кожним роком попит на рибну продукцію зростає, тоді як природні ресурси океанів і річок виснажуються через надмірний вилов. У зв'язку з цим аквакультура стає альтернативним і більш стабільним джерелом отримання білкової продукції.

Основними напрямками аквакультури є:

- ставкова аквакультура (вирощування риби у ставках);
- індустріальна аквакультура (установки замкнутого водопостачання – УЗВ);
- марікультура (вирощування організмів у морській воді);

- пасовищна аквакультура (зариблення природних водойм).

Залежно від інтенсивності виробництва, аквакультура поділяється на екстенсивну, напівінтенсивну та інтенсивну. Інтенсивні системи передбачають високий рівень контролю за умовами середовища, включаючи температуру води, рівень кисню, рН та концентрацію азотних сполук.

Однією з ключових проблем інтенсивної аквакультури є накопичення продуктів життєдіяльності риб, зокрема аміаку (NH_3), який є токсичним навіть у невеликих концентраціях. У природних водоймах ці сполуки переробляються мікроорганізмами, однак у штучних системах необхідно застосовувати спеціальні методи очищення води, такі як біофільтрація.

Саме на цьому етапі виникає можливість інтеграції аквакультури з гідропонікою – технологією вирощування рослин без ґрунту, у водному середовищі з розчиненими поживними речовинами. Гідропоніка широко використовується у сучасному рослинництві завдяки ефективному використанню ресурсів, швидкому росту рослин та можливості контролю умов вирощування. Поєднання аквакультури та гідропоніки утворює інтегровану систему, яка називається аквапонікою. Аквапоніка - це симбіотична система, в якій відходи життєдіяльності риб використовуються як поживні речовини для рослин, а рослини, у свою чергу, очищують воду для повторного використання у рибницькому басейні. Принцип роботи аквапонічної системи базується на біологічному кругообігу речовин. Риби виділяють аміак разом із продуктами обміну. У системі присутні нітрифікуючі бактерії (*Nitrosomonas* та *Nitrobacter*), які перетворюють аміак спочатку в нітрити (NO_2), а потім у нітрати (NO_3). Нітрати є безпечними для риб і водночас слугують основним джерелом азоту для рослин. Рослини засвоюють ці сполуки, очищуючи воду, яка повертається назад до риб.

Таким чином, аквапоніка поєднує дві технології в єдину замкнуту систему з мінімальними втратами ресурсів. Це дозволяє значно зменшити споживання води у порівнянні з традиційним землеробством та знизити потребу у хімічних

добривах.

Основними компонентами аквапонічної системи є:

- рибницький резервуар;
- механічний фільтр (для видалення твердих часток);
- біофільтр (для розвитку нітрифікуючих бактерій);
- гідропонічний модуль (грядки або канали для рослин);
- насос та система циркуляції води.

До переваг аквапоніки належать:

- екологічність та безвідходність виробництва;
- економія водних ресурсів;
- відсутність необхідності у мінеральних добривах;
- можливість одночасного вирощування риби та рослин;
- висока продуктивність на обмеженій площі.

Однак існують і певні труднощі. Зокрема, аквапонічні системи потребують точного балансу між кількістю риби, рослин та мікроорганізмів. Порушення цього балансу може призвести до накопичення токсичних речовин або дефіциту поживних елементів. Крім того, необхідний постійний контроль параметрів води та стабільне електропостачання. З практичної точки зору, створення аквапонічної системи починається з вибору виду риби (наприклад, тилapia, сом або короп) та відповідних рослин (салати, зелень, томати). Далі розраховується об'єм системи, підбирається обладнання та налагоджується біологічний цикл, який може тривати кілька тижнів до повного запуску.

Отже, аквакультура є важливою галуззю сучасного виробництва, яка забезпечує вирощування водних організмів у контрольованих умовах. Її поєднання з гідропонікою дозволяє створити ефективну, екологічно стійку систему – аквапоніку, яка поєднує виробництво риби та рослин у єдиному технологічному процесі. Такий підхід відповідає сучасним тенденціям сталого розвитку та відкриває нові можливості для аграрного сектору.

1.4. DWC або крапельні вежі

DWC – Deep Water Culture – метод глибоководних культур. Цю систему часто називають «плаваючими платформами». Рослини закріплюються у спеціальних отворах на пінопластових або пластикових плитах, які вільно плавають на поверхні басейну з водою. Коріння рослин при цьому повністю занурене у воду, збагачену поживними речовинами.

Основні переваги:

- нижчі кошториси на будівництво;
- світло розсіюється скрізь однаково;
- теплоємність вища через значний об'єм водного середовища в установці;
- є опція окремо вибирати та переміщувати певну рослинність для прорідження;
- розширюються методи проти шкідників.

Такі системи мають беззаперечну фінансову привабливість. Для теплиці площею 50 × 12 м, необхідно передбачати кошторис мінімум на 50 000 доларів США більше.

Освітлення: усі рослини у гідропонних системах глибокої водної культури (DWC) отримують відносно рівномірне освітлення. Через їхнє розміщення на єдиній горизонтальній поверхні, вони можуть бути лише трохи затінені найближчими рослинами. Натомість, вертикальна структура вежових систем створює більшу ймовірність затінення, що особливо стосується рослин, розташованих унизу. Цей ефект посилюється при застосуванні штучного освітлення, яке проникає гірше, ніж природне сонячне світло.

Термічна стабільність: системи DWC оперують приблизно утричі більшим обсягом рідини, ніж вежові крапельні установки, завдяки значно більшим розмірам жолобів. Наприклад, система DWC у теплиці площею 16 м² містить близько 66 000 л розчину. Баштова система, відповідно, використовує приблизно третину цього об'єму (18 000 л). Цей надлишок води функціонує як тепловий

аккумулятор, стабілізуючи температуру як при похолоданні, так і при перегріві, й робить це безпосередньо біля кореневої зони рослин, де це найбільш необхідно.

Контроль шкідників: зручно оглядати та прибирати рослини з проблемами, наприклад, уражені шкідниками, грибок або пліснявою. Разом з тим, рослини в DWC-системах можна ополіскувати безпосередньо водою з резервуару, анітрохи не втрачаючи живильного розчину. Це надзвичайно дієвий спосіб підтримувати рослини у доброму стані, що неможливо реалізувати у вертикальних установках без необхідності зливати й замінювати всю воду.

Мінусом платформ є їхнє розташування (приблизно за метр від поверхні ґрунту), що вимагає від працівника постійно нахилитися. Повністю заповнені платформи можуть важити 15–18 кг, створюючи незручності при їхньому пересуванні. Однак, у нашій системі немає потреби (і це не рекомендується) переносити платформи з дорослими рослинами на значні відстані, адже основний збір урожаю здебільшого відбувається безпосередньо в лотках.

Крапельні вежі. Головні позитивні моменти, притаманні крапельним баштам:

- потенціал для розміщення більшої кількості рослин на одиницю площі вирощування
- покращена здатність до нітрифікації через значну площу поверхні бактерій у матеріалі башти
- краща оксигенація для рослин завдяки високій пористості середовища вирощування
- можливість спрощення робочих процесів

Збільшення площі для рослин: оскільки лєвова частка прибутку в аквапонічних установках походить від рослин, а не від риби, розширення простору для вирощування зелених насаджень прямо корелює зі зростанням потенційного доходу.

Збільшена площа поверхні бактерій (BSA): BSA являє собою простір у системі, де можуть осідати бактерії, що здійснюють нітрифікацію. Суттєве

збільшення BSA спостерігається переважно в баштових системах із використанням спеціального заповнювач. Високий показник BSA, зумовлений типом середовища, що є однією з ключових переваг. П'ятифутова крапельна башта здатна забезпечити приблизно 45 м² BSA у своєму наповнювачі. Для порівняння, система глибоководної культури (DWC) без додаткового біофільтру дає лише близько 2 м² BSA у тому ж об'ємі.

Покращена доступність кисню: у системах DWC коренева система рослин повністю занурена у воду, що обмежує вибір культур, які можна там вирощувати. Потрібне додаткове насичення киснем за допомогою аератора, а його надходження до рослин обмежується кисневою ємністю води, яка при 15°C складає близько 10 ppm.

У крапельних баштах коріння розвивається у пористому матеріалі, крізь який повільно протікає вода. Замість занурення у воду, коріння має прямий контакт з повітрям, отримуючи таким чином необхідний кисень з атмосфери. Баштові системи забезпечують самоаерацію завдяки інтенсивному обміну повітря/води під час просочування рідини крізь наповнювач.

Спрощений робочий процес: хоча робота з обома типами систем стає простою після певного періоду адаптації, існує значна різниця. У системі DWC усі рослини розташовані на приблизно однаковій висоті (близько 30 см над рівнем підлоги). У баштовій системі, використовуючи 1,5-м вежі, висота розташування рослин варіюється від 30 см до 1,8 м, до того ж, башти можна легко переміщувати.

1.5. Світло в аквапонічних системах.

У сучасних аквапонічних системах освітлення є одним із ключових факторів, що визначають ефективність симбіозу між рибами, мікроорганізмами та рослинами. На відміну від класичного рослинництва, у аквапоніці світло має бути максимально точним, щоб стимулювати ріст біомаси, не спричиняючи

перегріву водного розчину та не провокуючи розмноження небажаних водоростей.

1. Спектральний склад та фотоморфогенез

Для аквапонічних культур (переважно листової зелені: латуку, базиліку, м'яти) критично важливим є спектральний склад випромінювання. Сучасні дослідження підтверджують ефективність зміщення спектра у синю область.

- співвідношення синій:червоний (B:R): оптимальним вважається діапазон від 1:3 до 1:4. Синій спектр (400–500 нм) стимулює відкриття продихів, що прискорює транспірацію. Це, у свою чергу, посилює поглинання азотистих сполук з води, що є першочерговим завданням для очищення середовища життєдіяльності риб.

- повноспектральне випромінювання (CRI): додавання білих світлодіодів дозволяє оперативно проводити візуальний моніторинг дефіциту поживних речовин (наприклад, залізистого хлорозу), що часто зустрічається в замкнених системах.

2. Фотоперіод та інтегральний потік (DLI)

Для наукового обґрунтування дипломної роботи необхідно оперувати показником DLI (Daily Light Integral) – загальною кількістю фотонів, отриманих рослиною за добу.

3. Термічний режим та кисневий баланс

Використання спеціального світлодіодного (LED) освітлення в аквапоніці має перевагу перед лампами ДНаТ завдяки низькому інфрачервоному випромінюванню. Надмірне нагрівання поверхні води (вище 25–28°C) призводить до різкого зниження концентрації розчиненого кисню (O₂), що створює критичне навантаження на кореневу систему рослин та здоров'я риб. LED-технології дозволяють підтримувати стабільну температуру розчину, що є необхідною умовою для виживання нітрифікуючих бактерій.

4. Контроль альгофлори (водоростей)

Специфічним аспектом досліджень в аквапоніці є ізоляція зон відкритої води від активного світла. Спектр у межах 430–470 нм найбільш активно провокує ріст зелених водоростей у біофільтрах та резервуарах з рибою. Академічні рекомендації наголошують на важливості світлоізоляції кореневої зони та баків, щоб уникнути конкуренції за поживні речовини між водоростями та цільовими культурами.

5. Енергетична ефективність (PPE)

В економічній частині дослідження варто враховувати параметр PPE (*Photosynthetic Photon Efficacy*) – ефективність перетворення електричної енергії на корисні для фотосинтезу фотони. Сучасні професійні системи досягають показників 2,8–3,0, що суттєво знижує собівартість продукції в індустріальних аквапонних комплексах.

Роль спектру. Світло для рослин у системі аквапоніки є не лише джерелом енергії для фотосинтезу, а й складним сигнальним механізмом, що керує їхнім розвитком (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1

Вплив спектру світла на ріст та розвиток рослин в акпонічній системі

Тип випромінювання	Довжина хвилі (нм)	Біологічна роль для рослин
Ультрафіолет	315–400	Стимулює синтез антоціанів та захисних сполук. Покращує смак та аромат
Синій	400–500	Регулює фотоморфогенез, стимулює відкриття продихів. Перешкоджає витягуванню стебел.
Зелений	500–600	Глибоко проникає в тканини листка та щільні насадження. Важливий для нижніх ярусів.
Червоний	600–700	Основний спектр для фотосинтезу. Стимулює приріст

		біомаси, цвітіння та розвиток плодів.
Дальній червоний	700–800	Викликає «реакцію уникнення тіні». Збільшує площу листя та довжину черешків.

Кожна ділянка спектра фотосинтетично активної радіації (PAR) має специфічний вплив на фізіологічні процеси:

- короткохвильове випромінювання (УФ та синій спектр) відіграє роль «регулятора» архітектури рослини. Сині фотони активують криптохроми, які стримують надмірне видовження стебел, роблячи рослину компактною та міцною. У контексті аквапоніки цей спектр є критично важливим, оскільки він стимулює відкриття продихів листя, що безпосередньо посилює транспірацію та прискорює поглинання розчинених у воді поживних речовин (азотистих сполук).

- середньохвильовий діапазон (зелений спектр) довгий час вважався малоефективним, проте сучасні дослідження доводять його здатність проникати крізь верхній шар листя («канопі»), забезпечуючи енергією нижні яруси рослин у щільних насадженнях.

- довгохвильове випромінювання (червоний та дальній червоний спектр) є основним «паливом» для нарощування біомаси. Червоне світло максимально ефективно поглинається хлорофілом, стимулюючи процеси ділення клітин, цвітіння та плодоношення. Співвідношення червоного до дальнього червоного світла дозволяє рослині «відчувати» конкуренцію з сусідами, що можна використовувати для маніпулювання розміром листової пластини.

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для проведення технологічних та економічних розрахунків в межах дипломного проектування застосовувалися методи системного моделювання та нормативного планування. В якості базових матеріалів дослідження використовувалися біологічні нормативи утримання та годівлі досліджуваних гідробіонтів, фізіологічні вимоги рослинних культур до поживного середовища вирощування, а також технологічні аспекти експлуатації аквапонічних систем у комплексі з УЗВ. Оскільки стабільність функціонування таких комплексів цілком залежить від балансу між біологічним навантаженням на систему та потужністю водоочистки, всі етапи проектування базувалися на чітко заданих виробничих показниках, що визначають архітектуру проектного господарства. Для отримання інформації використовувався метод класичного аналізу та узагальнення інформації з наукових джерел.

Отже, розробка проекту аквапонічного підприємства є актуальним завданням, що відповідає сучасним викликам та потребам розвитку агропромислового комплексу України, забезпечуючи поєднання економічної ефективності та екологічної стійкості.

Технологія реалізується за принципом повносистемного аквапонічного господарства, що передбачає замкнений цикл водопостачання та поєднання аквакультури з гідропонікою.

Проектна потужність проектного господарства – 30 т товарної рибної продукції та 250 кг рослинної продукції.

Вирощуваний об'єкт – африканський кларієвий сом (*Clarias gariepinus*).

Вирощувані рослини – базилік, полуниця, листя салату.

Товарна маса кларієвого сома – 1,0 – 1,2 кг; цикл вирощування 5–6 міс.

Годівля здійснюється високобілковими екструдованими кормами, де норматив може коригуватися залежно від темпів росту, але в середньому складає

3–5% від біомаси на етапі нагулу. Вміст сирого протеїну 42 % для старший вікових груп та 55% – для малька.

Утримання маточного поголів'я здійснюється у спеціалізованих резервуарах із щільністю посадки самиць та самців по 15 та 10 екземплярів на відповідні сектори маточного блоку.

Проектна структура передбачає роздільне утримання плідників до моменту відбору статевих продуктів та спільне вирощування товарної риби в інтенсивних басейнах.

Загальна площа системи – 1,7 га. Площа басейну для ремонтно-маточного матеріалу – 15 м²; площа інкубаційного та нерестового цеху – 60 м², площа вирощувального цеху та рослинних теплиць – 1,6 га.

Отримання статевих продуктів базується на методі гормональної стимуляції, після чого ікра інкубується в лоткових апаратах протягом 24–30 год.

Підрощування личинок триває до 14 діб у стартових ємностях, після чого молодь переводиться у вирощувальний цех.

Аквапонічний компонент забезпечує біологічну фільтрацію води рослинними культурами, що дозволяє підтримувати стабільні гідрохімічні показники та отримувати додаткову продукцію у вигляді овочів або зелені. Даний підхід дозволяє вийти на планову потужність у 30 тонн значно швидше порівняно з пасовищним вирощуванням за рахунок контрольованого мікроклімату та високої інтенсивності живлення сома. Параметри води контролюються за допомогою автоматизованих систем з застосуванням оксиметрів, термометрів, рН метрів.

Економічна частина роботи розраховувалася прямим методом.

РОЗДІЛ 3

РОЗРАХУНКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Стратегічні параметри розміщення підприємства

Для успішного функціонування господарства на площі 1,7 га необхідно враховувати наступні територіальні чинники. По-перше, ділянка повинна мати безперебійне підключення до електричних мереж високої потужності, оскільки циркуляційні насоси та системи аерації мають працювати в режимі 24/7. Рекомендується вибирати регіони з помірним кліматом, де кількість сонячних днів дозволяє максимізувати природне освітлення в теплицях, що позитивно впливає на вегетацію рослин у зимовий період (таблиця 3.1.1).

Таблиця 3.1.1

Рекомендації по вибору локації для будівництва

Тип рекомендованої локації	Обґрунтування вигоди та логістичний потенціал
Приміська зона (радіус 30км від великого міста)	Забезпечує прямий доступ до найбільших ринків збуту. Це критично для реалізації продукції з коротким терміном зберігання (зелень, полуниця), оскільки дозволяє доставляти товар від «грядки до прилавка» за кілька годин без втрати якості та великих витрат на рефрижератори.
Промислова зона з надлишковим теплом	Розміщення поблизу ТЕЦ, біогазових станцій або підприємств із високим енерговиділенням. Оскільки аквапоніка вимагає підтримки

	стабільно високої температури води протягом року, використання скидного тепла є ключовим фактором зниження собівартості енергії.
Агроклатери з доступом до артезіанських джерел	Гарантує стабільну хімічну чистоту води, що є основою замкненої екосистеми. Наявність скважини з великим дебітом дозволяє незалежно керувати водним балансом системи та уникати ризиків, пов'язаних із централізованим водопостачанням.

Логістична інфраструктура має включати якісні під'їзні шляхи для вантажного транспорту, що забезпечить стабільне постачання кормів та вивезення готової продукції. Розташування у зонах із пільговим оподаткуванням для сільськогосподарських виробників або на територіях індустріальних парків може надати додаткові економічні переваги на етапі капітального будівництва. Вибір локації також має базуватися на аналізі локального ринку праці, оскільки обслуговування технологічного обладнання та збір врожаю рослинної продукції потребують наявності кваліфікованого персоналу в безпосередній близькості до об'єкта.

3.2. Обґрунтування місця проєктованого господарства

Як джерело водопостачання було взято р. Псел, що знаходиться біля ТЕЦ-5, м. Суми.

Розміщення аквапонічного підприємства в зоні впливу Сумської ТЕЦ біля річки Псел є доцільним з огляду на поєднання природних ресурсів, енергетичної інфраструктури та логістичних переваг. Передусім, сама ТЕЦ виступає стабільним джерелом теплової енергії, що є ключовим фактором для

функціонування аквапонічних систем у помірному кліматі. Відомо, що станція забезпечує теплом значну частину міста, охоплюючи близько 75% споживачів, що свідчить про її потужність і безперервність роботи. Це означає можливість використання вторинного тепла або теплових потоків для підтримання оптимальної температури води в установках УЗВ та теплицях, що значно знижує витрати на енергію.

Не менш важливим є фактор наявності водного ресурсу. Річка Псел виступає природним гідрологічним елементом, який може використовуватись як джерело води або як елемент системи теплообміну. Дослідження якості води показують, що в окремі періоди вона відповідає санітарним нормам, що дозволяє використовувати її після відповідної підготовки у технологічних процесах. Крім того, розташування біля річки забезпечує стабільний рівень ґрунтових вод, що значно спрощує буріння артезіанських свердловин і гарантує доступ до незалежного водопостачання – критично важливого для аквапоніки.

Ще одним аргументом є можливість інтеграції підприємства в існуючу інфраструктуру міста. Суми є обласним центром, що означає наявність транспортної мережі, ринку збуту та робочої сили. Близькість до споживача дозволяє мінімізувати витрати на логістику та швидко реалізовувати продукцію (зелень, полуницю, рибу), що особливо важливо для швидкопсувних товарів. Водночас, на відміну від великих мегаполісів, тут нижча вартість землі та менше регуляторних обмежень.

З інженерної точки зору, поєднання ТЕЦ і річки створює ідеальні умови для реалізації принципів індустріальної симбіозу. Надлишкове тепло електростанції може використовуватись для обігріву теплиць, тоді як вода – для охолодження або циркуляції в системах. Це дозволяє значно підвищити енергоефективність виробництва і знизити собівартість продукції. Фактично, підприємство може стати частиною замкненого циклу: енергія - тепло - рослини і риба - мінімізація втрат. Водночас важливо враховувати і певні екологічні аспекти. Зокрема, в регіоні фіксуються випадки локального забруднення річки,

що вимагає впровадження систем водопідготовки та контролю якості води. Однак це не є критичним обмеженням, оскільки сучасні УЗВ і аквапонічні системи передбачають багаторівневу фільтрацію та замкнений цикл води.

Місце, яке було вибрано для будівництва господарства, позначено на рисунку 3.2.1.

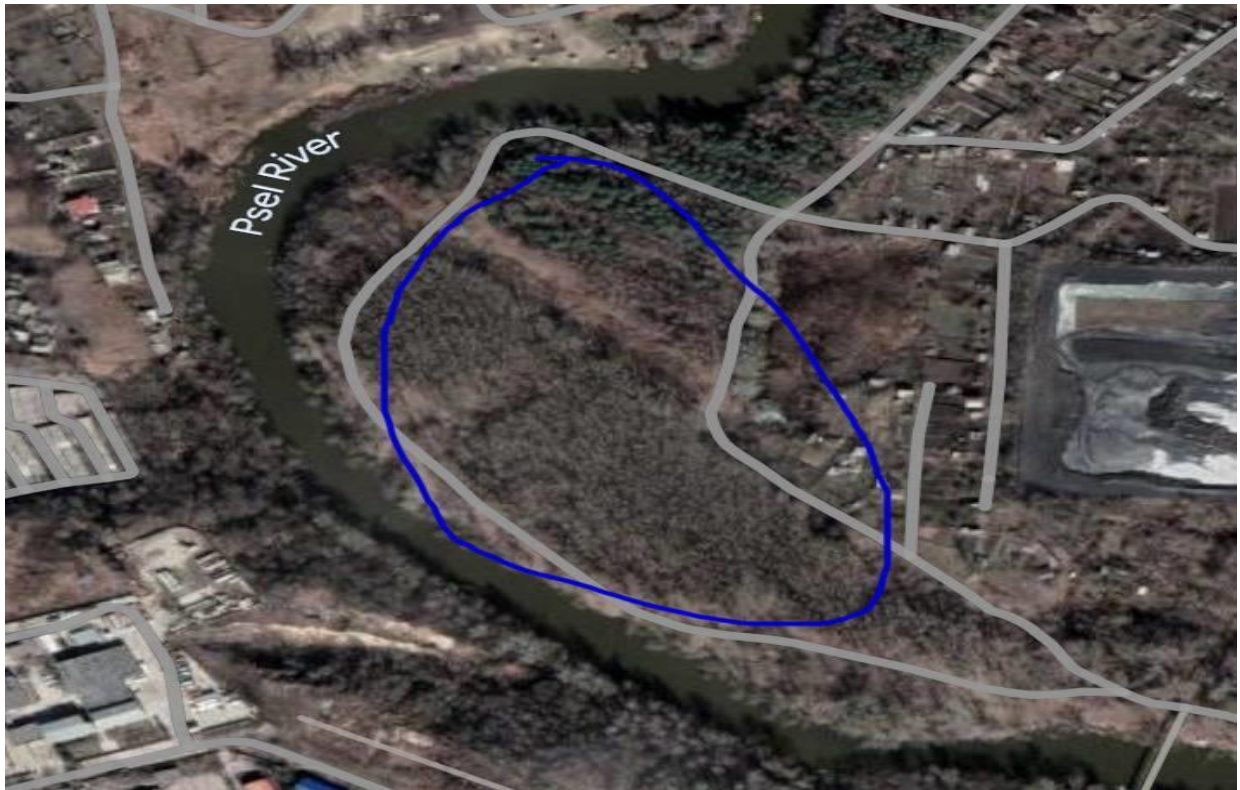


Рис. 3.2.2. Майбутнє місце розташування господарства

Ця точка знаходиться на північному сході м. Суми трішки вище ТЕЦ-5, та ідеально підходить по тим пунктам , які були наведені вище.

3.3 Характеристика складових аквапонічного господарства.

При проектуванні аквапонічної системи були враховані та виконані такі вимоги:

– система водопостачання забезпечує безперервну циркуляцію води між усіма елементами господарства (резервуарами для риби та блоками вирощування рослин);

– гідравлічні параметри трубопроводів і ємностей підібрані таким чином, щоб уникнути застою води, засмічення та надмірного накопичення органічних залишків;

– мінімізовані втрати води за рахунок випаровування та витоків;

– рівень води та тиск у системі підтримуються стабільними для ефективного функціонування всіх компонентів.

Водопостачальна система складається з резервуарів для риби, біофільтрів, гідропонічних модулів, трубопроводів, насосного обладнання та аераційних пристроїв. Насоси забезпечують постійний рух води, а трубопроводи та лотки з'єднують усі елементи в єдину замкнену систему.

Прибуткова частина системи визначається об'ємом води, що циркулює, та її якісними показниками (вміст кисню, температура, рівень рН). Розподіл ресурсів залежить від біологічних потреб риби та рослин у різні періоди їх розвитку. Розхідна частина включає витрати води на випаровування, обслуговування системи, очищення, а також втрати при технічних операціях.

Основу функціонування аквапоніки становить процес нітрифікація. Відходи життєдіяльності риби, що містять аміак, надходять у біофільтр, де за участю корисних бактерій перетворюються на нітрати – доступну форму поживних речовин для рослин. Таким чином забезпечується природне очищення води.

Рибні резервуари функціонують протягом усього циклу вирощування. Після завершення виробничого періоду проводиться часткова або повна заміна води, очищення ємностей та підготовка системи до нового циклу.

Для відведення надлишкових твердих частинок і забезпечення ефективної циркуляції води застосовуються механічні фільтри та системи осадження. Розташування трубопроводів і фільтраційних елементів залежить від конфігурації системи. У більшості випадків використовуються лінійні або модульні схеми, що забезпечують рівномірний розподіл води.

Для вирощування кларієвого сома ми будемо використовувати: 2 інкубаційні басейни (по 1 м³), 5 малькових (по 2м³), 16 підрощувальні (по 10м³), 6 нагульних (23 м³) та 2 маточних (по 15 м³).

3.4 Боротьба із хворобами кларієвого сома за інтенсивного вирощування.

Боротьба з хворобами кларієвого сома (*Clarias gariepinus*) при інтенсивному вирощуванні, зокрема в системах аквапоніки або УЗВ, базується на принципі «профілактика важливіша за лікування». Через високу щільність посадки хвороби поширюються блискавично, тому контроль має бути системним.

1. Бактеріальні інфекції (аеромоноз та флексибактеріоз): проявляються виникненням червоних плям, язв на шкірі та біля плавців, набряком черевця або гниттям плавців, які стають білими та обтріпанними. Можлива поява білого нальоту навколо рота.

2. Сапролегніоз (грибкове захворювання): виникає через травми або холод. На тілі та голові з'являються білі або сірі утворення, що візуально нагадують клаптики брудної вати.

3. Паразитарні хвороби (іхтіофтиріоз та триходиноз): при «манці» тіло вкривається дрібними білими цятками, а при триходинозі з'являється суцільний сіруватий наліт і каламутна слизь, риба починає неспокійно тертися об стінки.

4. Газова емболія: викликана надлишком кисню або азоту. Характеризується появою дрібних бульбашок повітря на шкірі, плавцях та в очах, що змушує рибу плавати на боці.

5. Аліментарні порушення: наслідок неякісного корму. Проявляються деформацією скелета, здуттям або надмірним виснаженням, а також помітним уповільненням росту.

6. Ознаки поганої води: якщо вуса сома починають біліти, вкорочуватися або руйнуватися – це перша ознака бактеріальної атаки та критичного стану

середовища. В аквапоніці лікування проводять лише в окремому карантинному цеху, щоб не пошкодити біофільтр та рослини.

Для того, щоб позбутися паразитарних хвороб, таких як іхтіофтіріоз (манка) та триходиоз, краще використовувати сольові ванни (сіль повинна бути без йоду) з розрахунку 2–5 г/л або використовувати спеціальні препарати (метиленовий синій, малахітовий зелений), проте використання даних препаратів є неможливим, оскільки наша риба знаходиться в РАС системі з біофільтром та рослинами, як було сказано раніше. Тому для використання цього методу потрібна повний вилов зараженої риби та переселення її у карантинний басейн, який не контактує з основною системою рециркуляції води.

Якщо розглядати грибкові хвороби, то тут все трішки складніше, оскільки сапролегніоз, а точніше його спори, є в воді завжди. Частіше за все риба хворіє через стрес або травми після бійок, що притаманні даному виду. Тому для профілактики нам потрібно поставити УФ-фільтр та не допускати сильного зараження. Спосіб лікування такий самий як з паразитарним: сольові ванни та метиленовий синій, малахітовий зелений.

3.5. Схема проєктового господарства

На рисунку 3.5.1 представлено приблизний план господарства, призначеного для розведення африканського сома та вирощування рослин. Цей план демонструє усе необхідне, як планується звести для забезпечення безперебійної роботи повноцінного комплексу та досягнення запланованої продуктивності – 30 т. риби та 250 т. рослинної продукції.

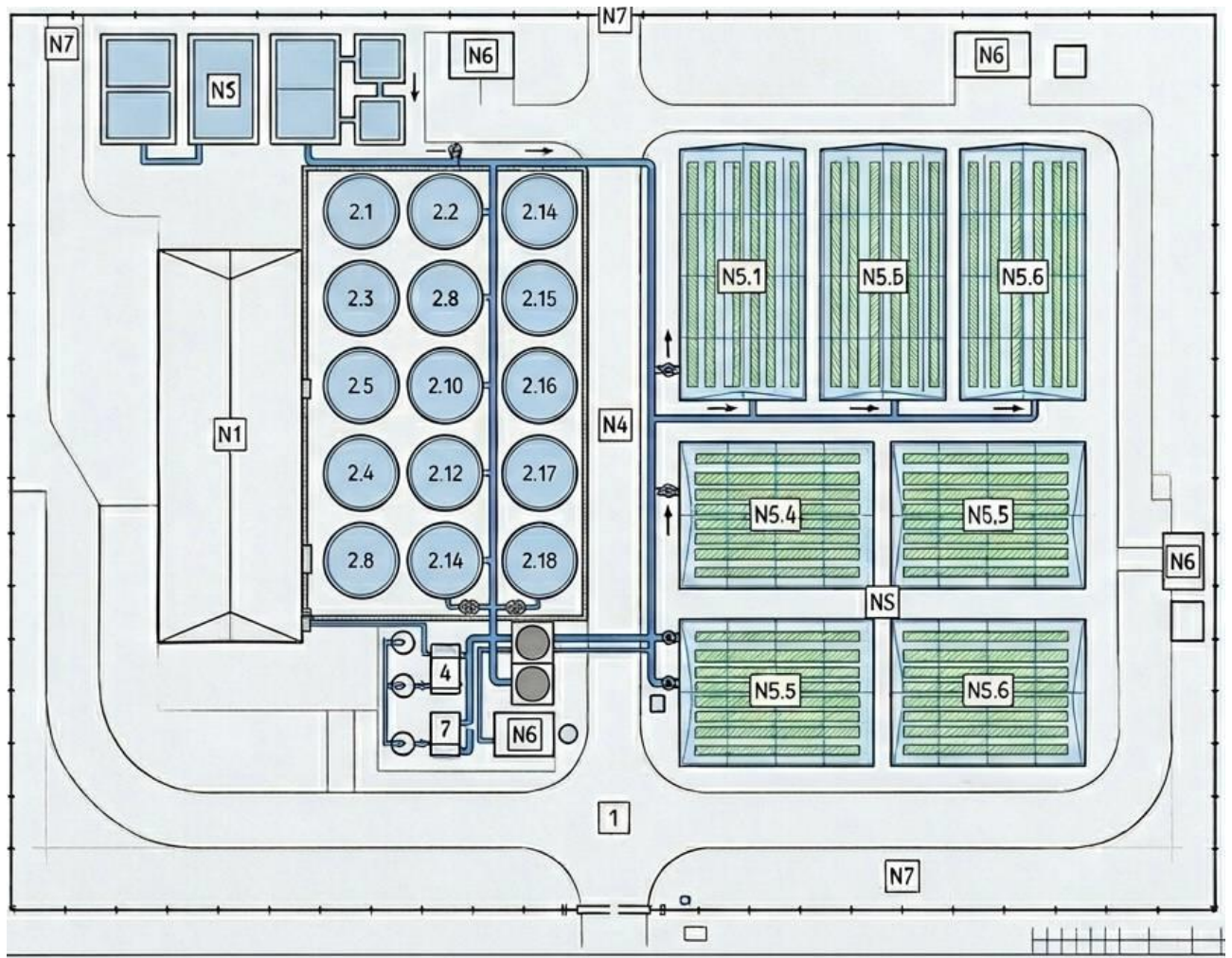


Рис. 3.5.1 Схема майбутнього господарства

На рисунку позначено:

1. Центральна будівля (цех рибиництва) (на кресленні позначена як N1).
2. Критий комплекс басейнів (УЗВ) – основна зона вирощування риби.
3. Система механічної фільтрації (на кресленні позначені як N3).
4. Система трубопроводів (на кресленні позначена як N4).
5. Теплиці – зона вирощування рослин (на кресленні позначена як NS).
6. Допоміжні приміщення (наприклад, насосна, склад) (на кресленні позначені як N6).
7. Зовнішня межа підприємства (на кресленні позначена як N7).
8. Всередині комплексів: зона басейнів (крилий комплекс): 2.1, 2.2 – інкубаційні басейни (по 1 м³); 2.3–2.7 – малькові басейни (по 2 м³); 2.8–2.23 –

підрощувальні басейни (по 10 м³); 2.24 – 2.29 – нагульні басейни (по 23 м³).
(Окремо виділені) – маточні басейни (по 15 м³).

Зона теплиць (NS):NS 5.1 – NS 5.6 – шість промислових активних теплиць

РОЗДІЛ 4

РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

4.1. Визначення потреби підприємства, що проєктується, у живих ресурсах та матеріально-технічному забезпеченні

Потужність господарства – 30000 кг.

Маса 1 екз. товарного сома становить 1,0–1,2 кг , планується реалізувати 30000 екз (середня маса 1,0 кг).

При отриманні товарної продукції кожні 6–8 міс циклу вирощування матимемо 19000 кг – 19000 екз.

19000 екз. кларієвого сома буде вирощено на 4 етапі вирощування.

- кількість молоді наприкінці третього етапу вирощування становитиме (виживаність 96%):

$$19000 : 0,96 = 19791 \text{ екз.}$$

- кількість молоді наприкінці другого етапу вирощування становитиме (виживаність 96%):

$$19791 : 0,96 = 20616 \text{ екз.}$$

- кількість молоді наприкінці першого етапу вирощування (виживаність 95%):

$$20616 : 0,95 = 21701 \text{ екз.}$$

- кількість молоді масою 1 г складатиме (виживаність 80%):

$$21701 : 0,8 = 27126 \text{ екз.}$$

- кількість личинок за розрахунками складатиме (виживаність 78%):

$$27126 : 0,78 = 34777 \text{ екз.}$$

- кількість постембріонів становитиме (виживаність 75%):

$$34777 : 0,75 = 46369 \text{ екз.}$$

- кількість заплідненої ікри (відсоток запліднення 70%):

$$46369 : 0,7 = 66242 \text{ екз.ікр.}$$

Загальна кількість ікри:

$$66242 : 0,91 = 72793 \text{ екз. ікр.}$$

Для функціонування господарства нам потрібно розрахувати потреби у різновікових групах (таблиця 4.1.1)

Таблиця 4.1.1

Загальна потреба господарства у різновікових групах кларієвого сома

Вид	Вікова група							
	1-3 тижд		1-3 місяця		4-5 місяців		Товарна маса	
	екз	кг	екз	кг	екг	кг	екз	кг
Клар. сом	46369	0.5	21701	3000	20616	9000	19000	19000

4.2. Розрахунок потреби в кормах

Корми для нульового етапу вирощування:

$$34777 \text{ екз.} * 0,00001 \text{ кг/екз.} * 1,5 = 52 \text{ кг}$$

Корми для першого етапу вирощування:

$$27126 \text{ екз.} * 0,005 \text{ кг/екз.} * 1,3 = 203 \text{ кг}$$

Корми для другого етапу вирощування:

$$21701 \text{ екз.} * 0,015 \text{ кг/екз.} * 1,1 = 358 \text{ кг}$$

Корми для третього етапу вирощування:

$$20616 \text{ екз.} * 0,03 \text{ кг/екз.} * 1,1 = 680 \text{ кг}$$

Корми для четвертого етапу вирощування:

$$19791 \text{ екз.} * 0,14 \text{ кг/екз.} * 1,1 = 3047 \text{ кг}$$

Загальні потреби у кормах становитимуть **45000 кг**.

4.3. Розрахунок витрат на господарство

Проводимо розрахунок витрат, що підуть на будівництво господарства. В першу чергу враховуємо будівельний матеріал – бетон. Враховано не тільки заливку під басейни, а й фундаментну стрічку для 6 теплиць та плиту під рибний цех (таблиця 4.3.1)

Таблиця 4.3.1

Витрати на початок будівництва

Найменування позиції	Кількість/об'єм	Ціна за одиницю (USD)	Загальна вартість (USD)
Блок 1: будівництво та інфраструктура	-	-	735,000
Промислові теплиці	6 шт.	85,000	510,000
Рибний цех	250 м ²	340 м ²	85,000
Проектування та інженерія	1 проєкт	45,000	45,000
Бетонні роботи	400 м ²	150 м ²	60,000
Дорога та парковка для транспорту	450 м ²	15 м ²	24,000

Розраховуємо витрати, що підуть на закупівлю обладнання (таблиця 4.3.2). для повноцінної роботи проєктованого господарства буде необхідне наступне обладнання:

- насоси: розраховано 8 потужних промислових одиниць (6 основних для циркуляції між теплицями та рибним цехом + 2 резервних для аварійного перемикання). Вартість \$3,500 за одиницю включає саму помпу та частотний перетворювач для економії електроенергії.

- басейни: ціна зростає не лінійно об'єму, оскільки великі басейни (23 м³) потребують товстішої стінки та складнішої логістики при доставці.

- фільтрація: оскільки площа теплиць велика (майже 1,7 га), навантаження на біофільтр буде значним через велику кількість рослин, тому закладено потужну систему рециркуляції.

Таблиця 4.3.2

Потреби в обладнанні

Найменування позиції	Кількість/об'єм	Ціна за одиницю (USD)	Загальна вартість(USD)
Блок:2 Басейни та УЗВ			280,000
Інкубаційні басейни (1/м ³)	2 шт	1,200	2,400
Малькові басейни (2 м ³)	5 шт	1,800	9,000
Підрощувальні басейни (10 м ³)	16 шт	4,500	72,000
Нагульні басейни	6 шт	6,200	37,200
Маточні басейни	3 шт	5,000	15,000
Механічні фільтри	2 комплекси	22,000	44,000
Біофільтри та завантаження	1 система	51,000	51,000
Насосна група (основані та резерв)	8 шт	3,500	28,000
Система аерації	1 компл.	21,400	21,400

Розраховуємо витрати, що будуть потрібні для початку робіт.

Потрібно розрахувати витрати на закупку об'єктів розведення. По актуальним цінам для початку роботи підприємства (таблиця 4.3.3).

Таблиця 4.3.3

Розрахунок витрат для початку роботи

Найменування позиції	Кількість/об'єм	Ціна за одиницю (USD)	Загальна вартість(USD)
Блок 3: старт та біоактиви			13,500

Перша партія риби та рослин(ікра, мальок)	1 лот	1,300	1,300
Стартовий корм	10 т	2,000	10,000
Розсада та насіння	2 мішка та 300 шт р.	1,200	1,200
Біопрепарати та солі	1 лот	1,000	1,000

Таблиця 4.3.4

Розрахунок витрат на будівництва та старт виробництва

Показник	Ціна в USD(американський долар)
Блок 1: будівництво та інфраструктура	735 000
Блок:2 Басейни та УЗВ	280 000
Блок 3: старт та біоактиви	13 500
Разом без резерву	1 028 500
Резерв 10%	102 850
Разом	1 131 450

Дана сума обумовлена високою технологічністю системи, що включає автоматизовані вузли керування параметрами водного середовища, системи біофільтрації, світлодіодне освітлення для рослин та енергоефективні насосні установки.

4.4. Щомісячні витрати на господарство та дохід

Одним із ключових етапів економічного аналізу проєкту є розрахунок заробітної плати, оскільки він безпосередньо впливає на визначення фінансової життєздатності проєкту. Заробітна плата виробничого персоналу є важливою складовою прямих витрат. Без неї неможливо точно порахувати, скільки насправді коштує виростити 1 кг риби або 1 кг рослин в системі аквапоніки.

Розрахунки заробітної плати для поточного проєкту наведені у таблиці 4.4.1.

Таблиця 4.4.1

Розрахунок заробітної плати

Посада	Термін роботи (місяців)	Посадовий оклад USD (в місяць)	Загальний фонд заробітної плати
Директор	12	2 000	24 000
Головний рибовод	12	1 800	21 600
Рибовод 1	12	600	7 200
Рибовод 2	12	600	7 200
Охоронець 1	12	500	6 000
Охоронець 2	12	500	6 000
Агроном	9	1 800	16 200
Помічники агронома(5 осіб)	9	600	27 000
всього	-	9 000	115 200
ПДФО, 18%	-	1 620	20 736
Військовий збір, 1,5%	-	135	1 728
ЄСВ, 22%	-	1 980	25 344
Разом	-	12 735	163 008

Таким чином, загальний фонд заробітної плати для даного проєкту становить 163 008 USD. Варто наголосити, що в майбутньому планується розширення господарства та створення нових робочих місць із гідною оплатою праці є важливим показником соціальної значущості даного проєкту.

Розраховуємо помісячні витрати, що необхідні для повноцінного функціонування проєктованого господарства (таблиця 4.4.2).

Таблиця 4.4.2

Розрахунок витрат на місяць

Стаття витрат	Розрахунок	Сума в місяць в USD
Корм для риби	Високобілковий корм	4,500
Закупівля малька /ікри	Щомісячне оновлення	1,200
Електроенергія	Робота насосів, аерація та світло для рослин	2,800
Насіння та субстрат	Насіння базилику та салату, саджанці полуниці	600
Оплата праці	4 робітники + рибовод	4,500
Ремонт та запас	Заміна фільтрів , ламп	600
Маркетинг та логістика	Пакування , доставка	1,100
Заробітня плата працівникам	12 працівників	12.735
Всього		28.035

Проводимо розрахунок потенційного прибутку проєктованого господарства (таблиця 4.4.3).

Таблиця 4.4.3

Розрахунок прибутку в місяць

Продукт	Орієнтований вихід в місяць	Ціна реалізації (USD)	Дохід у місяць
Африканський сом	5,000 кг	4,50 кг	22 500
Базилік	800 кг	12,00 кг	9 500
Листя салату	4,000 горщиків	1,20 шт	4 800
Полуниця	1 200	6,50 кг	7 800
Разом	-	-	44 700
ПДВ 20%	-	-	8 940
Прибуток без ПДВ	-	-	35 760

Розрахунок окупності. Тепер проаналізуємо, як швидко інвестиції окупляться, враховуючи, що:

- валовий дохід на місяць: \$35 760
- операційні витрати на місяць: \$28 035
- чистий прибуток на місяць: \$35 760 – \$28 035 = \$7 725
- чистий прибуток на рік: \$7 725 × 12 = \$92 700

Термін окупності:

$$\$1\,131\,450 \text{ (вкладені гроші)} / \$92\,700 \text{ (річний прибуток)} \approx 8 \text{ років}$$

Таким чином, за поточних даних термін окупності даного проєкту становитиме 8 років.

Аналізуємо потенційні ризики:

- Перші 6–8 місяців прибуток буде мінімальним, поки риба не набере товарну вагу. Це називається «інвестиційною ямою».

- Енергонезалежність: якщо зникне світло і не спрацює генератор, сом може вижити (він дихає атмосферним повітрям), але біофільтр виснажить за 2–3 год, що зупинить ріст рослин.

Саме тому, в даному випадку актуальним буде наявність потенційного джерела живлення: генератора або ж краще наявність сонячних батарей, які забезпечуватимуть господарство електроенергією в критичні моменти.

Розрахунок економічної ефективності

$$R = \frac{П_{\text{чистий}}}{B} \times 100\%, \text{ де}$$

$П_{\text{чистий}}$ – чистий прибуток господарства, USD.

B – витрати на вирощування, USD.

Таким чином, маємо:

$$R = \$7\,725 \div \$28\,035 \times 100\% = 27,5\%$$

Загальні економічні показники діяльності проєктованого господарства наведені у таблиці 4.4.4

Таблиця 4.4.4

Показники економічної ефективності

Показник	Одиниця виміру	Значення
Виручка від продажу	USD	35 760
Витрати на господарство	USD	28 035
Прибуток	USD	7 725
Рентабельність	%	27,5

Таким чином, даний проєкт є прибутковим, оскільки виручка від продажу (\$35 760) перевищує загальні витрати на господарство (\$28 035), що забезпечує чистий прибуток у розмірі \$7 725. Показник рентабельності на рівні 27,5% свідчить про високу ефективність використання ресурсів. З огляду на капітальні витрати проєкту (\$1 131 450), зафіксована рентабельність у 27,5% підтверджує правильність обраної стратегії ціноутворення та технологічної моделі. Це створює надійну базу для подальшої окупності вкладених коштів.

РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Основні закони та нормативні акти з охорони праці

1. Закон України «Про охорону праці» – основний закон, що регулює відносини між роботодавцем і працівником.
2. Кодекс законів про працю України (КЗпП) – регулює загальні питання трудових відносин та безпеки.
3. Стаття 153 КЗпП України – «Належне утримання робочих місць, обладнання та організація праці».
4. Стаття 163 КЗпП України – «Видача спеціального одягу та інших засобів індивідуального захисту (ЗІЗ)».
5. НПАОП 0.00-1.71-13 – Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання (важливо для обслуговування важких басейнів).
6. НПАОП 0.00-1.81-18 – Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском (насоси, кисневі установки).
7. НПАОП 40.1-1.21-98 – Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів (надважливо через високу вологість у цехах).
8. НПАОП 0.00-4.12-05 – Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці.
9. НПАОП 05.0-1.01-02 – Правила охорони праці в рибному господарстві.
10. НПАОП 01.41-1.01-01 – Правила охорони праці в сільськогосподарському виробництві (для теплиць).
11. ГОСТ 12.1.003-83 – Система стандартів безпеки праці. Шум. Загальні вимоги безпеки (робота насосних станцій).
12. ДБН В.2.5-28:2018 – Природне і штучне освітлення (норми для роботи в теплицях та рибних цехах).

13. Постанова КМУ №1232 – Порядок проведення розслідування та ведення обліку нещасних випадків на виробництві.

14. Наказ МОЗ №246 – Порядок проведення медичних оглядів працівників певних категорій.

15. ДСанПіН 3.3.6.042-99 – Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

16. НПАОП 0.00-1.76-15 – Правила безпечної експлуатації інструментів та пристроїв.

17. Закон України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення».

18. Правила пожежної безпеки в Україні (затвержені наказом МВС №1417) — обов'язкові для теплиць та складів корму.

19. НПАОП 0.00-5.03-95 – Типове положення про роботу уповноважених найманими працівниками осіб з питань охорони праці.

20. ДСТУ EN ISO 12100:2016 – Безпека машин. Загальні принципи розрахунку та оцінки ризиків.

21. Закон України «Про об'єкти підвищеної небезпеки» – актуально через великі обсяги систем фільтрації та хімічних засобів очищення.

22. НПАОП 0.00-1.75-15 – Правила охорони праці під час вантажно-розвантажувальних робіт (важливо для логістики кормів та готової продукції).

23. НПАОП 01.0-1.02-18 – Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві (специфіка роботи в закритому ґрунті/теплицях).

24. Стаття 160 КЗпП України – «Обов'язок власника щодо створення належних умов праці».

25. Стаття 169 КЗпП України – «Обов'язкові медичні огляди працівників певних категорій» (робота у вологому середовищі).

26. НПАОП 0.00-1.15-07 – Правила охорони праці під час виконання робіт на висоті (обслуговування даху теплиць та верхніх частин біофільтрів).

27. НПАОП 0.00-6.03-93 – Порядок оплати витрат на проведення державної експертизи умов праці.

28. НПАОП 24.0-1.01-07 – Правила охорони праці під час роботи з мінеральними добривами та пестицидами (використовується в аквапоніці для корекції складу води).

29. ДСанПіН 2.2.4-171-10 – Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною (контроль якості води на підприємстві).

30. НПАОП 0.00-1.30-01 – Правила безпечної роботи з інструментом та пристроями.

31. Постанова КМУ №1631 – Про затвердження Порядку видачі дозволів на виконання робіт підвищеної небезпеки.

32. Наказ МНС №537 – Про затвердження Правил експлуатації вогнегасників.

33. ДСТУ EN 60204-1:2015 – Безпека машин. Електрообладнання машин (стосується автоматики ваших 8 насосів).

34. НПАОП 0.00-1.83-18 – Правила охорони праці під час експлуатації навантажувачів (якщо плануєте використовувати кари на території 1,7 га).

35. ДСТУ 7238:2011 – Засоби індивідуального захисту. Одяг спеціальний для захисту від води (критично для персоналу в рибному цеху).

36. Наказ Держгірпромнагляду №62 – Про затвердження Правил охорони праці під час роботи в холодну пору року на відкритому повітрі (для персоналу, що обслуговує територію та дорогу).

37. ДСТУ ISO 3864-1:2005 – Графічні символи. Кольори та знаки безпеки (маркування небезпечних зон біля басейнів).

38. НПАОП 0.00-1.07-94 – Правила будови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском (системи аерації та балони з киснем).

39. Закон України «Про пожежну безпеку».

40. Стаття 17 Закону України «Про охорону праці» – Організація медичних оглядів працівників роботодавцем.

ВИСНОВКИ

Таким чином, за результатами виконаного дипломного проєктування можна зробити наступні висновки:

1. Аквапоніка –це перспективний напрям, який має довгу історію розвитку. Сучасного вигляду система отримала у ХХ столітті внаслідок інтеграції аквакультури та гідропоніки, пройшовши шлях від стародавніх практик ацтеків і країн Азії до сучасних технологій комплексного вирощування риби та рослин. Завдяки фундаментальним працям Дж. Ракозі та розробкам доктора МакМартрі, сьогодні аквапоніка є ефективним та ресурсощадним рішенням для глобального забезпечення продовольством, особливо в регіонах із дефіцитом води.

2. За результатами аналізу логістичних та економічних чинників, для розгортання господарства обрано майданчик у м. Суми біля річки Псел. Локація забезпечує суттєві конкурентні переваги завдяки сусідству з ТЕЦ, що дозволяє оптимізувати витрати через використання скидних теплих вод та пряме підключення до електромережі в точці генерації. Додатковим фактором зниження капітальних витрат є низька вартість земельних ресурсів у регіоні порівняно з Київською областю, що підвищує загальну економічну ефективність проєкту.

3. У межах роботи розроблено проєкт комплексної аквапонічної системи із замкненим циклом водовикористання, що забезпечує скорочення витрат води на 90–95% порівняно з традиційним землеробством. Конструкція охоплює всі ключові виробничі блоки: рибоводний сектор на базі УЗВ, гідропонну частину для вирощування базиліку, листя салату й полуниці, а також багаторівневу систему очищення, де механічна фільтрація (барабанні або відстійні фільтри) поєднується з біофільтрацією для ефективної нітрифікації амонію. Стабільність функціонування розробленої агроєкосистеми підтримується інтегрованими модулями аерації, обігріву та автоматизованого

моніторингу критичних параметрів середовища (рН, температура, рівень розчиненого кисню та концентрація нітратів).

4. Проведене техніко-економічне обґрунтування проєкту підтверджує його інвестиційну привабливість, попри певні ризики. Сформована структура капітальних інвестицій (БМР, обладнання, матеріал) та операційних витрат (енергоносії, корми, ФОП, ТО) забезпечує прогнозовану рентабельність виробництва на рівні 27,5% за умови стабільного збуту продукції аквакультури та гідропоніки. Водночас розрахований за оптимістичним сценарієм термін окупності, що становить 8 років, є тривалим для агропромислового сектору, що вказує на необхідність оптимізації витратної частини або пошуку додаткових каналів збуту для підвищення фінансової ефективності підприємства.

ПРОПОЗИЦІЇ ПО ВИРОБНИЦТВУ

Для потенційного подальшого розширення господарства рекомендовано:

1. Розширення асортименту рослин для підвищення коефіцієнту рентабельності потрібно додати ще декілька видів:

- 1) мікрозелень – дає швидкий обіг капіталу (7–15 днів);
- 2) медична конопля – великий ринок збуту та нова ніша в Україні;

2. Побудувати нові цехи:

- 1) цех по виробництву джему (маємо полуницю цілий практично цілий рік)
- 2) цех копчення риби та переробки риби (копчений сом з прямими травами, як на приклад)

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Aquaponic Gardening: A Step-by-Step Guide to Raising Vegetables and Fish Together Paperback – October 1, 2011
2. Recirculating Aquaculture 4th Edition Hardcover – June 4, 2018
3. Hydroponic Food Production: A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower, Seventh Edition 7th Edition
4. Aquaponic Design Plans and Everything You Need to Know: From Backyard to Profitable Business Paperback – November 4, 2017
5. Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 р. № 2694 XII. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу:<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>
6. Закон України «Про аквакультуру» від 18.09.2012 р. № 5293- VI. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5293-17>
7. Власенко В.В. Хвороби риб : навч. посіб. для вузів / В. Власенко, Ю.Д. Темніханов. – Вінниця : Балюк І.Б., 2012. 523с
8. Aquaponics: The Ultimate Guide to Growing Vegetables and Raising Fish with Aquaponics Gardening (aquaponics gardening, aquaponics system, aquaponics fish, ... for beginners, aquaponics farming)
9. FAO (2014): «Small-scale aquaponic food production»
10. Aquaponics Food Production Systems» (2019)
11. Aquaponics 101: The Easy Beginner's Guide to Aquaponic Gardening: How To Build Your Own Backyard Aquaponics System and Grow Organic Vegetables With Hydroponics And Fish
12. Aquaponics Easy Aquaponic Systems Guide by Korniiichuk Serhii
13. Aquaponics Fish - Best Fish Species For Aquaponic Gardening
by Timothy Tripp

14. The Aquaponics Answers Book - How To Raise Tilapia & Grow Tasty Vegetables by Rebecca D. Powers
15. Palm, H. et al. (2018). Commercial African Catfish (*Clarias gariepinus*) Recirculating Aquaculture Systems: Assessment of Element and Energy Pathways
16. Pfeifer, J. et al. (2021). Economic Analysis and Improvement Opportunities of African Catfish (*Clarias gariepinus*) Aquaculture in Northern Germany
17. Tibihika, P.D.L. et al. (2025). Delineating African Catfish (*Clarias gariepinus*) Populations Through Molecular Genetic Approaches. *Journal of Applied Ichthyology*.
18. arsembayeva, N. et al. (2025). Enhancing the nutritional profile of African sharptooth catfish (*Clarias gariepinus*) through dietary supplementation with natural minerals and probiotic *Escherichia coli* 39-SN.
19. FAO (2015). African catfish (*Clarias gariepinus*, Burchell 1822) production with special reference to temperate zones: a manual. Peteri, A., Moth-Poulsen, T., Kovacs, E., Toth, I. & Woynarovich, A. Rome, FAO. 93 pp.
20. FAO – AFFRIS (Aquaculture Feed and Fertilizer Resources Information System). North African catfish — Nutritional Requirements.
21. Hecht, T. (2013). A review of on-farm feed management practices for North African catfish (*Clarias gariepinus*) in sub-Saharan Africa. B: Hasan, M.R. & New, M.B. (ред.), *On-farm Feeding and Feed Management in Aquaculture*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 583. Rome, FAO. pp. 463–479.
22. FAO – AFFRIS. North African Catfish – Cultured Aquatic Species Profile
23. De Graaf, G. & Janssen, H. (1996). Artificial Reproduction and Pond Rearing of the African Catfish *Clarias gariepinus* in Sub-Saharan Africa – A Handbook. FAO Fisheries Technical Paper No. 362. Rome, FAO. 73 pp.
24. Державна служба статистики України. Виробництво риби та продукції аквакультури в Україні за 2024 рік. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ukrstat.gov.ua>

25. Кононенко Р.В., Шевченко П.Г., Кондратюк В.М., Кононенко І.С. Інтенсивні технології в аквакультурі. Навчальний посібник. «Центр учбової літератури» Київ. 2016. 412с.
26. Іванов П. "Особливості годівлі аквакультурних видів у РАС." — Науковий журнал рибництва, 2021.
27. Worch, E. (2015). Hydrochemistry: Basic Concepts and Exercises. De Gruyter Textbook. Berlin/Boston: De Gruyter.
28. Boyd, C.E. (2019). Water Quality: An Introduction (3rd ed.). Springer.
29. Kozai, T., Fujiwara, K. & Runkle, E.S. (Eds.) (2016). LED Lighting for Urban Agriculture.
30. Björn, L.O. (Ed.) (2015). Photobiology: The Science of Light and Life (3rd ed.)