

**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 рибного господарства з вирощування товарної
продукції осетрових риб на базі технології РАС потужністю 100 тонн»**

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**

д. с-г. н., професор _____

Віталій БЕХ

Виконав _____

Ярослав ВОЛКОВ

КИЇВ – 2026

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет (ННІ) Тваринництва та водних біоресурсів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри аквакультури

БЕХ В.В.

“ ___ ” _____ 20_ р.

ЗАВДАННЯ

**на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи
студенту**

Волкову Ярославу Олександровичу

Спеціальність 207 Водні біоресурси та аквакультура
Освітня програма Водні біоресурси та аквакультура

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи: «Проект рибного господарства з вирощування товарної продукції осетрових риб на базі технології РАС потужністю 100 тонн»

Затверджена наказом ректора НУБіП України від № 2627 «С» від 31.10.2025

Термін подання завершеної роботи (проекту) на кафедру 2026.05.15

Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи

Об'єкт культивування – ленський осетр

Тип господарства – басейнове, товарне, РАС

Ключові аспекти розробки:

- виробничий цикл від молоді до товарної риби
- годівля повноцінними гранульованими комбікормами
- басейнова рециркуляційна аквакультурна система (РАС)
- річний обсяг виробництва товарної риби (не менше): 100 тонн

Перелік питань, які потрібно розробити:

Теоретична частина:

- рибницько-біологічна характеристика і господарська цінність ленського осетра;
- аналіз технологій товарного вирощування ленського осетра в басейнах;
- стан і перспективи розвитку ринку товарного ленського осетра в Україні.

Практична частина:

- обґрунтування вибору місця будівництва господарства;
- схема і детальне описання технології товарного басейнового вирощування ленського осетра в РАС;
- розрахунки потреби у виробничій площі, технологічному обладнанні, басейнах та їх характеристиках, біологічному матеріалі, рибних кормах під задану потужність.

Економічна ефективність виробництва товарної продукції ленського осетра на проєктному господарстві.

Перелік графічних документів (за потреби)

Таблиці: «Показники якості води для вирощування ленського осетра»
«Рибницько-біологічні нормативи вирощування ленського осетра», «Потреба в сировині, матеріалах, технологічному обладнанні», «Економічні показники роботи проєктованого рибного господарства», «схема господарства» тощо.

Дата видачі завдання “ _____ ” _____ 20__р.

**Керівник бакалаврської
кваліфікаційної роботи**

Бех В. В

Завдання прийняв до виконання

Волков Я. О.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	6
ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1	11
ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	11
1.1 Обсяги вирощування осетрових в світі	11
1.2 Рибницько-біологічна характеристика ленського осетра.....	13
1.3 Технології вирощування ленського осетра та детальний опис басейнової РАС технології	17
1.4. Організація годівлі на проєктованому господарстві.....	27
1.5. Висновки за оглядом літератури	29
РОЗДІЛ 2	31
ХАРАКТЕРИСТИКА МІСЦЯ РОЗТАШУВАННЯ ГОСПОДАРСТВА.....	31
2.1. Географічна характеристика та критерії вибору місця будівництва.....	31
2.2. Гідрологічна та гідрохімічна характеристика джерела водопостачання	32
2.3. Обґрунтування вибору земельної ділянки та її логістична характеристика	35
РОЗДІЛ 3	37
МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	37
РОЗДІЛ 4	39
РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА.....	39
4.1. Розрахунок необхідних об'ємів рибоводних ємностей, виробничих площ.....	39
4.2. Розрахунок потреби підприємства у заплідненій ікрі, інкубаційних апаратах.....	41
4.3 Розрахунок потреби в кормах	44
4.4. Розрахунок потужності біологічного фільтра.....	45
4.5. Розрахунок балансу кисню у системі.....	48
4.6. Потреба у водопостачанні проєктованої системи	49

РОЗДІЛ 5	52
ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	52
5.1. Розрахунок витрат на формування стада та закупівлю ікри	52
5.2. Розрахунок витрат на корми	52
5.3. Формування штатного розпису та розрахунок фонду оплати праці	53
5.4. Розрахунок амортизаційних витрат	55
5.5. Розрахунок витрат на електроенергію	55
5.6. Зведена структура витрат та фінальна собівартість продукції	56
ВИСНОВКИ.....	59
ПРОПОЗИЦІЇ ГОСПОДАРСТВУ	61
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	62

РЕФЕРАТ

Відомості про обсяги роботи: Бакалаврська робота викладена на 67 сторінках друкованого тексту, містить 9 рисунків та 4 таблиці. Список використаних літературних джерел налічує 37 найменувань, які включають в себе сучасні монографії, наукові статті, науково-технічну документацію та фахові інтернет ресурси, посібники.

Проєкт присвячено обґрунтуванню створення сучасного індустріального комплексу для вирощування осетрових видів риб, що є особливо актуальним в умовах скорочення природних популяцій, великого попиту на делікатесну продукцію осетрівництва. Використання РАС дає змогу мінімізувати вплив зовнішніх факторів на виробництва та забезпечити його екологічність, відповідно до європейських стандартів.

Мета роботи: розробка комплексного біологічно-технологічного обґрунтування створення господарства з вирощування товарної продукції осетрових видів риб потужністю 100 тон на рік на базі технології РАС.

Об'єкт дослідження: процес культивування ленського осетра в індустріальних контрольованих умовах рециркуляційних систем.

Предмет дослідження: біотехніка вирощування, технологічні параметри та засади проектування осетрового господарства з економічної точки зору.

Методи дослідження: у роботі було застосовано комплексний підхід з використанням декількох методів: загальнонаукові методи, такі як аналіз науково-технічної літератури, синтез та узагальнення для створення біолого-технологічного обґрунтування, спеціальні рибоводні – розрахунки потреб у сировині, матеріалах, водопостачанні виконувалися за зворотним методом рибоводних розрахунків. Для проведення економічних, технологічних обчислень, а також обробки цифрової інформації використовувалися

статистичні методи з застосуванням програмного забезпечення Microsoft Excel.

Результати роботи: Під час дослідження проведено аналіз науково-технологічної бази щодо інтенсивного вирощування осетрових видів риби. Обґрунтовано вибір виробничої бази та розроблено технологічну схему безперервного циклу вирощування осетрових риби. Здійснено детальні розрахунки потреби проєктованого об'єкту в рибопосадковому матеріалі, водних ресурсах, кормах високої продуктивності та спеціалізованому обладнанні. Також, визначено ключові фактори інтенсифікації виробництва. Засновуючись на проведених розрахунках доведено високу економічну ефективність проєктованого господарства, що підтверджується розрахованим строком окупності та показниками рентабельності. Запропонована модель є придатною для практичного впровадження в роботу.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: РАС, УЗВ, ІНДУСТРІАЛЬНА АКВАКУЛЬТУРА, БАСЕЙНОВИЙ МЕТОД, ТОВАРНА ПРОДУКЦІЯ, ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА.

ВСТУП

Актуальність теми: Осетрові риби є одним з найбільш цінних представників світової іхтіофауни, їхні природні популяції на сьогодні перебувають у критичній ситуації через надмірний промисел, зарегулювання річок та браконьєрство. Через що більшість осетрових видів занесено до Червоної книги України та міжнародних охоронних списків. Звертаючи на це увагу, розвиток індустріальної аквакультури є саме тим напрямком, що включає в себе завдання збереження диких популяцій шляхом задоволення стабільно високого попиту на делікатесне м'ясо та ікру.

Проектоване господарство є повносистемним індустріальним комплексом на базі рециркуляційної аквакультурної системи (РАС), що дозволяє повністю контролювати параметри водного середовища та адаптувати їх під потреби риби в будь-який час. Оскільки ця технологія забезпечує оптимальний температурний режим протягом всього року, та рециркуляцію води на рівні до 96%, вона якнайкраще підходить для вирощування Ленського Осетра (*Acipenser baerii*), що гарно переходить на живлення штучними екструдованими кормами та є менш хворобливим в порівнянні з декількома іншими видами осетрових. Це, як правило, дає змогу утримувати рибу з високими щільностями посадки, що також позитивно вплине на економічну ефективність проекрованої системи потужністю 100 тонн.

Ленський осетр є популярним об'єктом вирощування через свою високу продуктивність та виживаність. Продукція сибірського осетра, до якого і відноситься *Acipenser baerii*, визнається споживачами у ЄС та користується попитом за розмір ікринок та їх смакові якості.

Метою роботи є розробка комплексного біолого-технологічного обґрунтування створення індустріального рибного господарства з

вирощування товарної продукції осетрових риб (на прикладі ленського осетра) потужністю 100 тонн на рік на базі технології РАС.

Відповідно до поставленої мети, для роботи визначено наступні завдання:

- Провести детальний аналіз науково-технологічної літератури за темою роботи та обґрунтувати вибір інтенсивної технології культивування осетрових;
- Визначити та обґрунтувати вибір місця будівництва та облаштування виробничої бази проектного підприємства;
- Розробити технологічну схему вирощування, провести розрахунки потреби підприємства у сировині, посадковому матеріалі, обладнанні, матеріалах;
- Проаналізувати основні фактори інтенсифікації та умови їх повноцінного впровадження в виробничий цикл;
- Зробити економічний аналіз виробництва товарної продукції в сучасних умовах господарювання;

Об'єком дослідження є процес індустріального вирощування різновікової молоді та товарної риби ленського осетра в контрольованих умовах рециркуляційних систем.

Предметом дослідження є біотехніка культивування, технологічні параметри та економічні засади до проектування осетрового господарства в умовах РАС.

Методи дослідження: Під час виконання роботи використано комплексний підхід із використанням таких методів: загальнонаукові методи – аналіз науково-технічної інформації, синтез та узагальнення для створення біолого-технологічного обґрунтування; спеціальні рибоводні – розрахунки потреб у сировині, водопостачанні, матеріалах проводилися за використання зворотнього методу рибоводних розрахунків. Для проведення технологічних

та економічних розрахунків, опрацювання великого масиву цифрової інформації використовувалися економіко-статистичні методи та застосовувалися програмні продукти корпорації Microsoft, а саме MS Excel.

Практична значимість одержаних результатів

Спираючись на сучасні технологічні параметри роботи басейнових господарств, запропонована в дипломній роботі технологічна модель може бути безпосередньо використана як основа для будівництва діючого підприємства. Розрахунки потреби в ресурсах та економічне обґрунтування дають змогу оцінити рентабельність створення комплексу РАС потужністю 100 тонн для інвесторів та інших зацікавлених осіб. Реалізація такого проекту має високий потенціал для імпортозаміщення, стабільного насичення ринку України якісною рибною продукцією, укріплення культури споживання риби населенням та загального розвитку інтенсивної державної аквакультури з урахуванням сучасних екологічних стандартів.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Обсяги вирощування осетрових в світі

Протягом останніх десятиліть обсяги вирощування осетрових за допомогою індустріальних аквакультурних підприємств продемонстрували стрімке зростання. Дикі популяції зазнали критичного скорочення через надмірний вилов та браконьєрство, що призвело до суворих заборон у рамках міжнародних конвенцій, таких як CITES. Це призвело до становлення аквакультури як основним, так і фактично єдиним джерелом отримання ікри та м'яса цих видів на сучасному ринку продукції. Якщо ще у 1984 році на аквакультурних фермах було вирощено 150 тонн, то станом на 2020 рік світове виробництво пододало позначку в приблизно 123 476 тонн.

Варто відзначити також історичну динаміку розвитку галузі. Порівнюючи з 2002 роком, коли світове виробництво становило лише 4100 тонн, з яких половина припадала на Росію, а інша на ЄС, вже в 2003 році ситуація кардинально змінилася, і світове виробництво зросло утричі після звіту Китаю про вирощування 9000 тонн. Станом на 2020 рік Китай є безперечним світовим лідером, на якого припадає 84% глобального виробництва, що становить близько 104280 тонн. Саме через володіння величезними виробничими потужностями, Китай є головним світовим експортером та виробником як ікри, так і товарного м'яса осетрових. До інших провідних країн належать Росія, з 4% світового виробництва та Вірменія з показником в 3% (Рис. 1.1). Цікавим є те що Вірменія експортує мало ікри, оскільки вирощує осетрових переважно для м'ясної продукції внутрішнього ринку. Важливими для зазначення обсягами виробництва також володіють Іран з 2640 тонн, В'єтнам з 2410 тонн та США з 1166 тонн.

Стосовно Європейського Союзу, то в 2020 році загальний обсяг вирощування осетрових у країнах ЄС-27 склав 3081 тонну. Найбільшим ж виробником у цьому регіоні залишається Італія з показником вирощування на рівні 1051 тонна. Друге та третє місця серед саме європейських виробників займають Польща та Болгарія з показниками на рівні 450 та 376 тонн відповідно. Вагомим гравцем вважається і Франція, з обсягами вирощування близько 400 тонн.

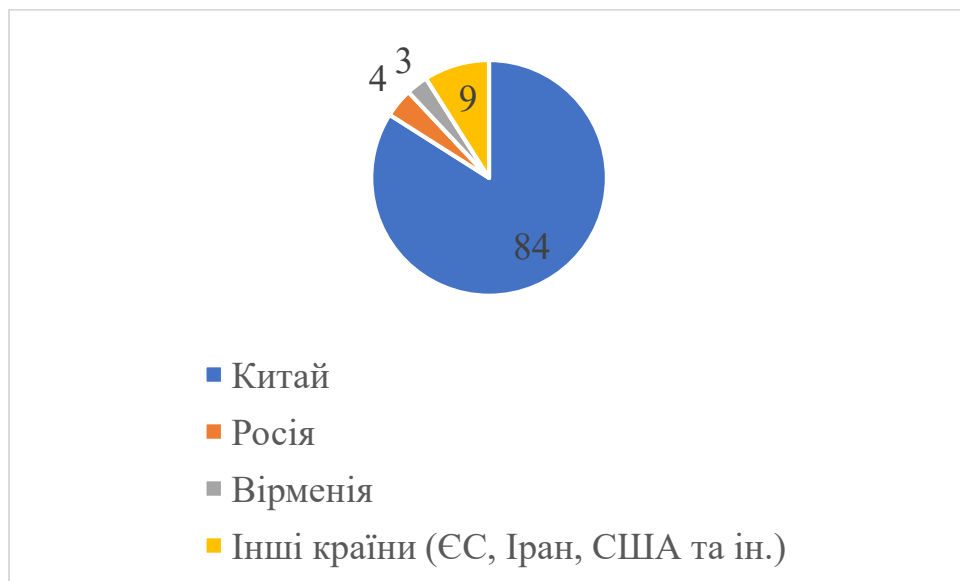


Рис. 1.1.1 Частка провідних країн у світовому виробництві осетрових риб станом на 2020 р, %;

Спираючись на наведену статистику, економічне благополуччя сучасних ферм по вирощуванню осетра залежить не тільки від виробництва дороговартісної ікри, але й від гарантованого збуту м'яса. Як правило, на кожну тонну виробленої чорної ікри припадає близько 20 тонн виробленого м'яса осетрових риб, що дає змогу комплексно підходити до переробки та реалізації обох видів продукції, що і є запорукою високих показників рентабельності проєктованих підприємств з індустріальними циклами вирощування [1, 2].

1.2 Рибницько-біологічна характеристика ленського осетра

Сибірський осетер (*Acipenser baerii*) є представником родини осетрових (*Acipenseridae*), що належать до ряду осетроподібних (*Acipenseriformes*) [3]. Природний ареал цього виду охоплює майже всі великі річкові басейни Сибіру, розпочинаючись від систем Обі та Іртиша на заході та простягаючись до річки Коліма на сході, включаючи великі водні артерії – Єнісей, Хатанга, Индигірка та Лена, зустрічаючись також в озері Байкал. В межах цього широкого ареалу науковці виділяють декілька підвидів, серед яких наявний ленський підвид (*Acipenser baerii stenorrhynchus*), що має важливе значення для світової індустріальної аквакультури. Історично Ленський осетер населяє саме річку Лена та прилеглі притоки [3, 4]. При аналізуванні морфологічних особливостей та будови тіла (Рис. 1.2.1), варто звернути увагу на характерну видовжену форму тіла з субконічним рилом, наявним бризкальцем (дихальний отвір за оком) та ротом на нижній частині голови. Нижня губа має розрив посередині, перед ротовим отвором розташовані чотири гладкі вусики. Довжина рила є мінливою і становить від 33,3% до 61% загальної довжини голови [4]. Тіло не вкрите лускою, наявні п'ять повздовжніх рядів кісткових жучок: 10-12 спинних, 32-62 бічних та 7-16 черевних [5]. Спинний плавець налічує від 30 до 56 променів, тоді як в анальному – від 17 до 33 променів. Молоді особини мають шипи на жучках, що з віком розгладжуються, між рядами жучок розкидані численні кісткові пластинки у формі зірок. Забарвлення тіла, в свою чергу, також є мінливим: спина та бока риби можуть набувати світло-сірого та темніти до коричневого відтінку, черевна частина варіюється забарвленням від білого до жовтого кольору. Зяброві тичинки, кількість яких складає від 20 до 49 штук, мають віялоподібну форму та на закінченнях мають горбики, що є важливою систематичною ознакою [4, 5].



Рис.1.2.1 Зовнішній вигляд сибірського (ленського) осетра – *Acipenser baerii* [8]

Дивлячись з боку екологічних вимог, варто зазначити що сибірський осетр демонструє високі показники витривалості та адаптивності до гідрохімії води. Вид є повністю прісноводним, але при цьому здатен витримувати і підсолені води естуаріїв, демонструє витривалість і при коливаннях водневого показника - рН, оптимальні межі якого від 7,0 до 7,5, а загальна жорсткість має складати до 20 dH [5]. Осетер також здатен виживати при значних коливаннях діапазону температур: від 1 °С під час заморозків та до 25 °С у літній період. Отже, вид є пластичним стосовно умов середовища, і ідеально підходить для басейнового вирощування в рециркуляційних аквакультурних системах, своєю пластичністю спрощуючи пошук відповідного джерела водопостачання для будівництва господарства. Сказане раніше також підкріплюється досягненнями рибоводів в вирощуванні Ленського осетра, за умов постійного внесення додаткового кисню у воду було досягнуто позначок щільності посадки в 80 кг/м². Обраний вид також не є вибагливим до освітлення, і віддає перевагу затемненим ділянкам, уникаючи інтенсивного світлового впливу, що також може знизити затрати на електроенергію та лампи для освітлення басейнів [4, 5].

Еволюційно сформовані особливості живлення ленського осетра роблять його типовим бентофагом. У природному середовищі існування основну частину раціону складає бентос: личинки хірономід, річкові

амфіподи, ізоподи, поліхети. Унікальною рисою сибірського осетра є його здатність продовжувати активне живлення навіть під час нерестових міграцій, що сприяє збереженню маси тіла та кращому формуванню статевих продуктів на відміну від прохідних осетрових. В умовах сучасних рибницьких господарств харчова поведінка виду демонструє успішну адаптацію до інтенсивних технологій годівлі. Для ефективного вирощування використовуються спеціалізовані комерційні гранульовані корми з високим вмістом протеїну, схожі за складом до форелевих кормів. Добова норма годівлі дорослих особин у західноєвропейських господарствах зазвичай знаходиться в межах 1-1,5% від загальної біомаси, для прискореного росту використовуються дозування до 4% [4].

Темпи росту та потенціал накопичення маси коливаються в залежності від умов середовища, але зазвичай відмічаються як високі. Дикі популяції зазнають пригнічених темпів росту в порівнянні з індустріальними умовами вирощування через стабільно низькі температури Сибіру. Однак, генетичний потенціал виду дає рибі змогу досягти максимальної довжини в 2 метри та рекордних показників ваги на рівні 210 кілограм, середня вага складає 65 кілограм при максимальній тривалості життя в 60-63 роки. Підрощування личинок при оптимальних температурах в 17-18 °C сприяє досягненню мальком маси в 0,5 грам вже на 4 тиждень екзогенного живлення. Виходячи з цього, вирощування сибірського осетра в РАС зі стабільним температурним режимом дозволяє досягти товарної маси в індустріальних установках в кілька разів швидше за природні показники. Високий вміст білка та щільна текстура м'яса роблять ленського осетра привабливим в галузі аквакультури. За хімічним складом філе сибірського осетра класифікують як високобілковий, середньожирний продукт, що має в своєму складі близько 17,6% протеїну та 5,6% ліпідів, 75,5% вологи та 1,3% золи. Збалансований вміст жиру робить м'ясо осетра гарним вибором для процесів глибокої переробки, зокрема копчення та консервування. М'ясо має унікальний ліпідний профіль:

ненасичені жирні кислоти переважають над насиченими, серед яких частка мононенасичених жирних кислот складає 45,5%, де домінує олеїнова кислота – 37,%%. М'ясо є джерелом цінних омега-3 кислот: докозагексаєнової (7,3%) та ейкозапентаєвої (3,9%) щ важливі для функціонування організму людини [2, 4, 3, 6].

Процес статевого дозрівання ленського осетра є одним з найбільш критичних біологічних факторів з тих що впливають безпосередньо на планування рентабельності аквакультурних підприємств. У природному середовищі річки Лена самці підвиду сибірського осетра вперше стають статевозрілими у віці 9-10 років, у порівнянні з іншими видами, які досягають зрілості в 15-24 роки, що робить ленського осетра більш привабливим як об'єкт культивування. Самки в природі досягають статевої зрілості у віці 10-12 років. Проте, в сприятливих умовах теплих вод індустріальних господарств статеве дозрівання настає значно раніше: самиці готові до нересту вже в 7 років, самці – в 6 років. Складним для планування рентабельності також є факт що сибірський осетер не нерестує кожного року. Здорова самка здатна продукувати від 10 до 20 % ікри від маси тіла, що в середньому дорівнює 5-8 кг харчового продукту від однієї дорослої особини [2, 3]. Ікра сибірського осетра визнана одним з найбільш вишуканих делікатесів. Цінується вона також і за схожість з ікрою руського осетра, через що ікра набуває попиту в країнах ЄС. Вона має середній розмір та трохи солонуватий присмак [1]. Окрім ікри цінується також і м'ясо вибракуваних самців, яких вибраковують у віці близько 3 років за допомогою технології УЗД, через відсутність статевого диморфізму у осетрових. Всі перелічені вище факти затверджують ленського осетра як один з найбільш перспективних об'єктів індустріальної аквакультури [2, 4].

1.3 Технології вирощування ленського осетра та детальний опис басейнової РАС технології

Оскільки традиційні екстенсивні методи вирощування осетрових риб у відкритих земляних ставах чи в плаваючих садках мають суттєві технологічні та екологічні недоліки, галузь аквакультури все частіше здійснює перехід до замкнених систем. Головними проблемами відкритих водойм є їх повна залежність від мінливості кліматичних умов, вразливість до забруднень навколишнього середовища, ризику евтрофікації та нестабільності показників гідрохімічних параметрів. Рециркуляційні аквакультурні системи – РАС пропонують більш технологічний підхід, що дає змогу майже повністю ізолювати виробничі потужності від негативного впливу зовнішнього середовища, оптимізувати використання природних ресурсів. Зазначається, що рівень повторного використання води в РАС становить від 80% до 99% в залежності від обраних технологічних рішень [17]. Крім того, використання РАС технологій дає змогу економити земельні ресурси: для виробництва 45 тонн риби достатньо закритого приміщення площею близько 464 квадратних метри, в той час як для традиційних умов утримання риби для такої продуктивності знадобився б ставок площею 8 га [15].

Біобезпека в РАС системах (Рис. 1.2.2) знаходиться на дуже високому рівні, через ізоляцію від навколишнього середовища, риба піддається меншому впливу стресів та швидше росте за оптимальних умов утримання. Оптимальна температура води для росту осетрових стабільно утримується за допомогою обігріву приміщення чи самої води за допомогою теплоносіїв. Для проведення експериментів з вирощуванням *Acipenser gueldenstaedtii* науковці протягом всього циклу вирощування підтримували температуру в межах 16-20 °С, зазначаючи що у ставах температура може виходити за межі оптимуму влітку, підіймаючись до 28-30 °С [10].

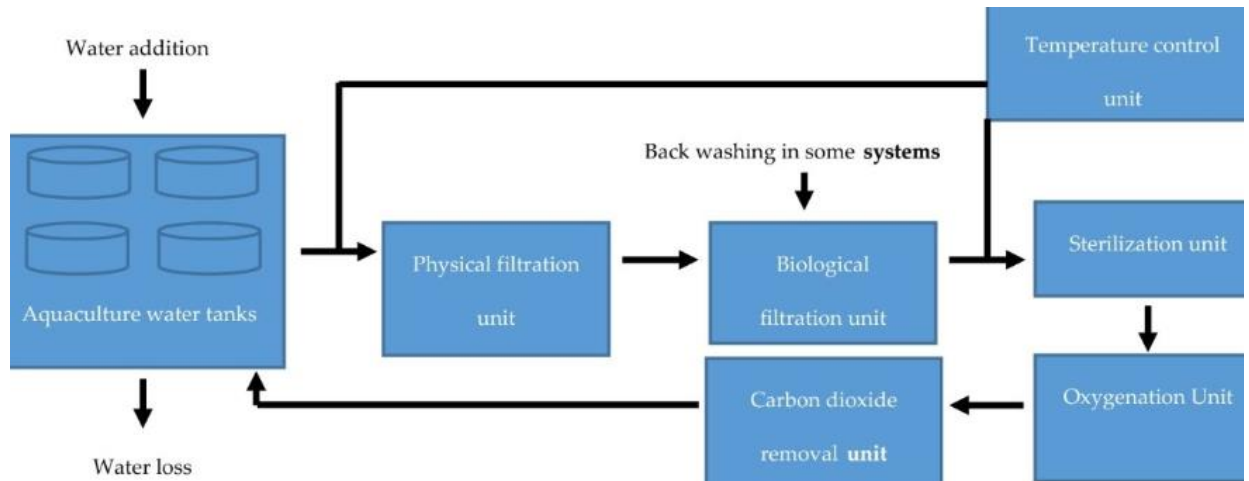


Рис. 1.3.1 Огляд усередненої схеми РАС [15]

При проектуванні рециркуляційної системи вирощування питання щодо необхідної площі приміщення постає на початку. Найбільшу площу в системах вирощування займають виробничі резервуари, тобто басейни. Вони можуть мати різну форму, від якої і залежить ефективність використання площі – найбільш ефективними є прямокутна форма, найменш ефективною – кругла. Оскільки осетрові харчуються переважно із дна, найбільш ефективними будуть резервуари з максимальною площею поверхні дна. В експериментах з вирощування молоді сибірського осетра в автономних модулях було використано як круглі басейни розміром 1,10 * 0,88 метра, так і прямокутні басейни розміром 1,97 * 0,46 * 0,43 метра, причому було доведено що форма резервуара статистично не впливала на кінцеву масу тіла риби [17, 4]. Гідродинаміка рибоводних басейнів теж відіграє вагомую роль у забезпеченні необхідних умов вирощування, особливо відносно глибини та розподілу потоків води. Дослідження проведені над близькоспорідними видами вказують на те, що резервуари занадто малого діаметру та малої глибини можуть мати вкрай негативний вплив на фізіологічний ріст та антиоксидантні процеси. Виходячи з цього, для осетрових риб рекомендовано використання басейнів діаметром понад 2,5 метра, глибиною не менше ніж 0,6 метра. Також, правильно забезпечена рециркуляція води забезпечує ефективне

транспортування відходів до зливних отворів, мінімізуючи вплив забруднень на рибу та стрес фактори [15]. В розроблюваній системі будуть використані прямокутні басейни з модифікованими кутами та центральним донним зливом. Зрізані кути дозволять оптимізувати гідродинаміку потоку води та нівелюють утворення застійних зон. Також обрана форма дає змогу покращити ефект самоочищення резервуару через наближеність до круглої форми.

Оскільки залишки корму та екскременти риб створюють велике органічне навантаження, механічна фільтрація виступає першим етапом очищення води. Механічна фільтрація, встановлена в систему виступає першим критично важливим вузлом очищення так як сприяє видаленню як органічного, так і неорганічного навантаження, що могло б пошкодити структуру зябрових пелюсток та спричинити засмічення біологічного фільтра, створюючи застійні зони, де може виникати сірководень. Для організації механічної фільтрації в РАС частіше за все використовуються барабанні фільтри, що мають в своїй конструкції мікросітки з розміром вічка від 40 до 100 мікрон (Рис. 1.3.2).

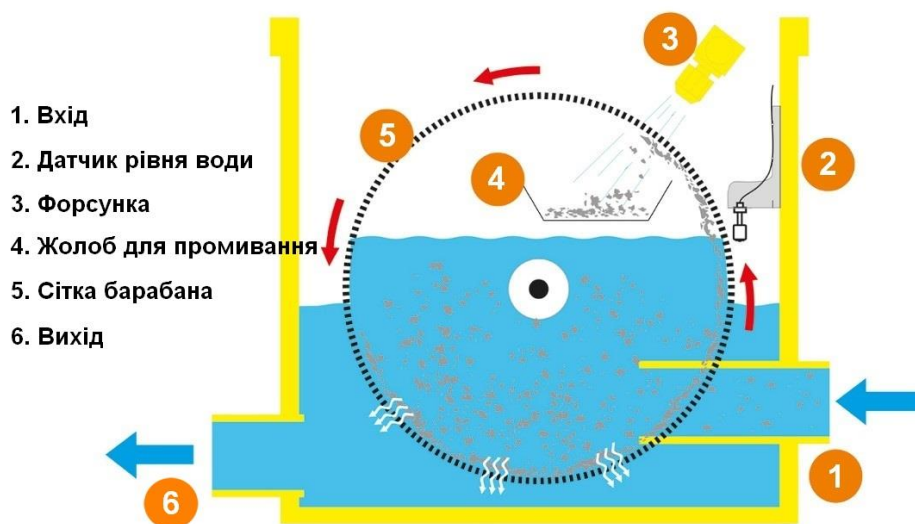


Рис. 1.3.2 Схема роботи барабанного фільтра [13]

Функціонування барабанного фільтра відбувається за таким алгоритмом:

1. Забруднена вода потрапляє в барабан фільтру.
2. Вода фільтрується протікаючи через мікросито. Вода рухається за рахунок різниці між рівнями поза та в барабані.
3. Сито на барабані повільно обертається, тим самим піднімаючи відфільтрований шлам на фільтраційних елементах, наближаючи його до зони зворотньої промивки.
4. Форсунки, розташовані в верхній частині фільтра, розпилюють підживлювальну чисту воду на сито, тим самим видаляючи органічні забруднення в ємність для шламу.
5. Емульсія зі шламу з водою самостійно спускається в систему очищення стоків [16].

Фільтрація за допомогою механічного фільтра має багато переваг, серед яких: підвищення прозорості води, покращення умов біологічного очищення, стабілізування становища в системі, зниження органічного навантаження на рибу та інші елементи системи. Проте, для цього вузла очищення необхідно забезпечити вірно обраний насос високого тиску.

Процес біохімічного очищення базується на метаболічних процесах автотрофних організмів, а саме – бактеріями родів *Nitrosomonas* та *Nitrobacter*. Ці бактерії полегшують окислення аміачного азоту та нітритів до відносно безпечних форм азотовмісних сполук – нітратів. Механічна фільтрація не може видалити найдрібніші частинки забруднень, так як і розчинені речовини. Вільна форма аміаку NH_3 найбільш токсична, і навіть в малих концентраціях викликає летальні випадки. Автотрофні бактерії біофільтру займаються окисленням органічних речовин, і при цьому для них є необхідною наявність достатньої кількості розчиненого кисню. Для біологічної фільтрації найбільш

критичними показниками є рівень рН та температура води. Проте, хоч ефективність роботи фільтра росте за вищих температур, для цього потребується і вища концентрація кисню на виході води з вирощувальних басейнів. Оптимальною температурою для біологічного фільтра вважається показник в 30 °С, проте температура завжди лімітується оптимумом для вирощуваного виду риб. На етапі запуску біофільтра нітрифікуючі бактерії розмножуються до високих щільностей протягом довгого часу, і потребують хоча б мінімального навантаження органічними речовинами в воді для життєдіяльності [16, 12]. Для заселення бактерій використовують субстрат – біозавантаження (Рис. 1.3.3). Площа поверхні кожного елемента рухомого шару завантаження має бути якнайбільшою по причині того що бактерії формують з себе біоплівку. Варто також зазначити, що половина об'єму резервуару біофільтра має бути займана завантаженням, а друга половина – водою. Течія води має забезпечувати оптимальне постачання кисню, щоб унеможливити утворення застійних зон. Для додаткового постачання кисню також використовують додаткове барботування води киснем, створюючи “бурхливий” шар завантаження. Бактерії гинуть з часом, що робить необхідним створення системи очистки біофільтра, що найчастіше створюється або додатковою подачею кисню, або додатковим потоком води, що зриває мертві частки плівки з завантаження, і виводить їх з системи з каналізаційними стоками.

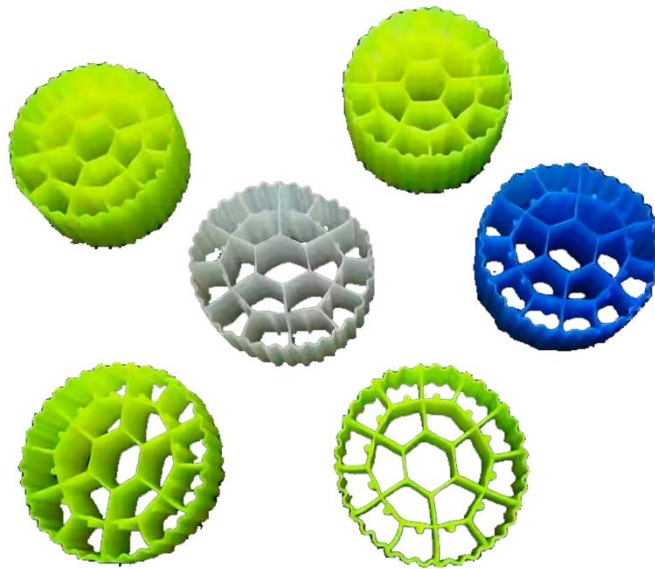


Рис. 1.3.3 Біозавантаження [18]

Для забезпечення виживання та нормального росту гідробіонтів концентрація загального аміачного азоту у системі категорично не має підійматись вище безпечної позначки в 1 мг/л, а нітрати для холодноводних риб мають складати менше ніж 1000 мг/л. Будь-яке перенавантаження цього модуля залишками корму призводить до накопичення аміаку до можливо летальних рівнів [15].

Насичення води киснем та ефективно видалення вуглекислого газу також є критично важливими процесами для підтримання можливості утримання великої біомаси риби в модулі з обмеженим об'ємом води. Риба сама по собі продукує CO_2 розчинений у воді за рахунок метаболічних процесів. Через те що висока кількість CO_2 викликає стрес у риби, у системах з високою щільністю посадки, а газ швидко накопичується до небезпечних рівнів за відсутності його видалення – необхідно використовувати модулі дегазації. У вигляді таких модулів можуть виступати вентильовані колони з великою площею контакту поверхні з повітрям. Належним чином спроектовані колони дегазації можуть видаляти до 60% розчиненої вугільної

кислоти з води РАС [14]. Скорегована робота оксигенаторів та дегазаторів гарантує підтримку рівнів розчиненого кисню на безпечному рівні та запобігати виникненню гіпоксії. Для осетрових видів риби мінімально допустимою концентрацією кисню є показник в 5 мг/л [10].

Технологічний етап збагачення води киснем базується на фундаментальних фізичних законах газообміну між водним та повітряним середовищем, працюючи за схожою до дегазації схемою. У звичайному стані показник становить рівно 100% насичення. Оскільки в умовах індустріальних господарств велика кількість гідробіонтів безперервно споживає розчинений кисень для аеробного дихання, його концентрація постійно знижується до показників в 70-80%, причому варто врахувати і виснаження кисневого буферу під час проходження води через системи біологічної очистки. Методи класичної аерації, як правило, дають змогу відновити вміст кисню в воді лише до 90%. Виходячи з цього, для гарантування максимальних темпів росту риби, вода що подається на вході до басейнів, має мати рівень насичення вище за 100%. Отже, для використання РАС безпосередньо вимагає впровадження спеціалізованих вузлів оксигенації, що працює за рахунок внесення технічно чистого кисню в воду.

Забезпечення підприємства чистим киснем може бути здійснений двома варіантами: завдяки автономному виробництву на підприємстві з використанням кисневих генераторів або завдяки постійному постачанню рідкого газу в балон-накопичувач у спеціальних резервуарах. Газ в великих концентраціях може розчинюватись у воді тільки за дії тиску, забезпечуючи насичення в 200-300%. Таким чином, в використанні себе зарекомендували високонапірні оксигенаційні конуси (Рис. 1.3.4) та платформи низького тиску (Рис. 1.3.5). За використання конусів, спеціально підібраний насос високого тиску створює тиск до декількох бар, збагачуючи киснем тільки ту партію води, що була ізольована в конусі і пройшла через подушку з кисню. Через таку механіку роботи конуси високого тиску є менш ефективними з точки зору

енерговитрат. Натомість низьконапірні системи оперують мінімальним тиском в межах 0,1 бара і через особливості конструкції можуть пропускати через себе весь основний потік води РАС. Оптимальним діапазоном насиченості води киснем для маточного стада ленського осетра є діапазон від 7 до 9 мг/л. Тиск в конусах зазвичай сягає 1,4 бара, але в залежності від обраних інженерних рішень може складати і >3 бар [16, 19].

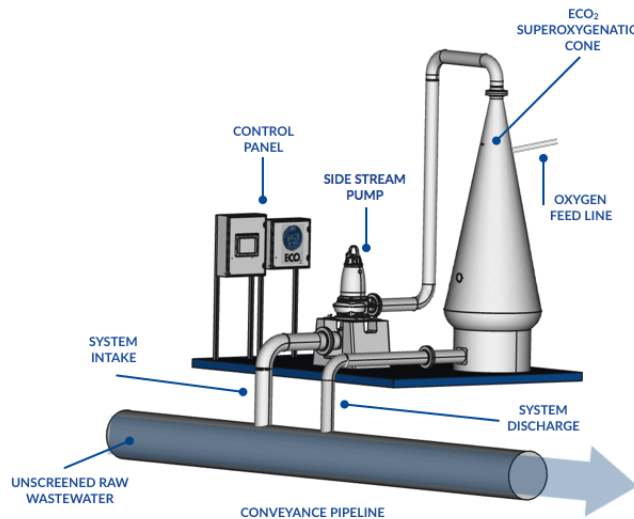


Рис. 1.3.4 Оксигенатор високого тиску [20]

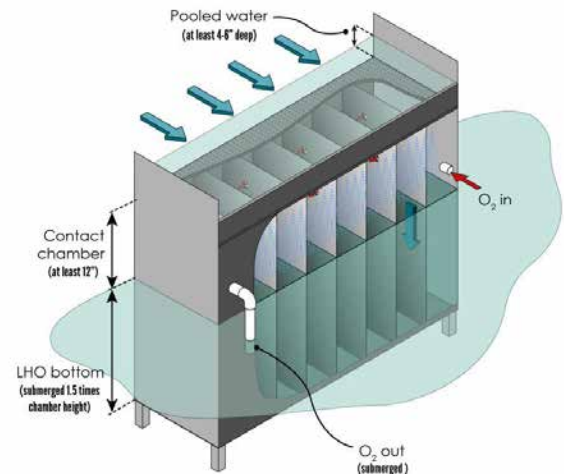


Рис. 1.3.5 Оксигенатор низького тиску [21]

Як правило, в умовах вирощування риби за високих щільностей посадки в РАС, контроль патогенів є важливою складовою біобезпеки, оскільки закритий цикл обертання води сприяє швидкому розноженню та накопиченню бактерій, наприклад *Vibrio*, та інших гетеротрофних мікроорганізмів. Також, постійне замкнене обертання води може бути привабливим місцем для розмноження ІНН та ІРН вірусів, паразитів [24]. Для боротьби з патогенами використовується ультрафіолетове (УФ) випромінювання, що фізично руйнує ДНК та РНК мікроорганізмів за допомогою фотонів з довжиною хвилі 254 нм. Використання УФ знезараження дає змогу зупинити розмноження патогенів

без зміни гідрохімічних параметрів води, чи то рН, чи солоність, чи вміст кисню [22].

Технологічні розрахунки вказують що необхідно встановлювати УФ-установки на головному контурі рециркуляції, тільки після вузлів механічної та біологічної фільтрації, та перед подачею збагаченої киснем води в рибоводні ємності. Завдяки такому розташуванню не страждають корисні нітрифікуючі автотрофні бактерії, та вода є чистою від механічних забруднень після проходження через механічний фільтр. Виходячи з цього, забезпечується максимальна прозорість води з коефіцієнтом пропускання УФ променів – UVT вищим за 85%, що є критичним для ефективної роботи ламп. Наявність домішок у воді сприяють погіршенню ступеня знезараження через перекривання частками мікроорганізмів [23, 24].

Ефективність знезараження також залежить від кількості застосованих доз УФ. Для нейтралізації основних загроз в рециркуляційних системах, таких як бактерії *Pseudomonas*, *Vibrio*, *Aeromonas* та вірусів IPN, паразитів *Ichthyophthirius* та грибків *Saprolegnia*, рекомендована доза коливається в межах від 25 до 40 мДЖ/см². Базовою є доза в 25 мДЖ/см² для прозорої води, а при підвищенні каламутності має бути збільшена до 40 мДЖ/см², при фіксації падіння прозорості нижче за показник в 85% UVT. В той же час, деякі академічні дослідження акцентують увагу на тому, що для повноцінної інактивації бактерій та грибків інколи необхідно застосовувати дози від 100 мДЖ/см², а для вірусів – від 250 мДЖ/см². Сальмоніди потребують опромінення від 75 до 1800 мВТ/см² [22, 23]. Практичне випробовування на діючій фермі з вирощування осетрових видів риби продемонструвало, що для резервуарів об'ємом в 300 м³ встановлення кварцових УФ-ламп сумарною потужністю 480 Вт з бактерицидним випромінюванням на рівні 180 Вт/м², дозволило стабільно підтримувати бактерицидну чистоту води, повністю знищуючи бактерії та збудники хвороб риби [23].

Автоматизація дозволяє вивести процеси вирощування осетрових на вищий рівень індустріалізації. Використання сучасних автоматичних систем годівлі суттєво підвищує ефективність управління біомасою та знижує трудові витрати персоналу, усуваючи проблему ручного обслуговування кожного басейну, виключаючи людський фактор. Для функціонування проєктованого господарства обрано шнекову централізовану систему подачі корму (Рис. 1.3.6), що дає змогу здійснювати точне дозування завдяки моделям росту риби, що спираються на енергетичну цінність кормів, температуру, рівень кисню. Годівниці розташовуються над кожним вирощувальним резервуаром, і корм подається за зазначеним графіком.



Рис. 1.3.6 Автоматична бункерна годівниця шнекового типу для РАС [28]

До конструкції шнекової системи годівлі зазвичай входять такі елементи як: накопичувальні бункери куди засипається екструдований корм; шнековий конвеєр у вигляді труби з гнучким чи жорстким металевим гвинтом, що обертаючись рухає гранули від бункера до басейнів; індивідуальні годівниці-бункери, в які всипається корм і скидають у воду розраховану кількість корму з точністю до 98%. Можлива подача до мікропорцій вагою 0,1 г, 0,3 г, 1,5 г і так далі [25, 27].

Управління кормами має безпосередній вплив на стабільність РАС. Нез'їдений корм створює додаткове навантаження на систему очищення води, а також знижує економічну ефективність господарства. Важливо зазначити, що під час годівлі необхідно уникати пошкодження та руйнування гранул

корму, що призводить до утворення пилу, оскільки він не може бути спожитий рибою і розчиняється у воді, погіршуючи її якість, негативно впливаючи на біофільтр. В воді що має велику кількість розчинених поживних речовин легше розмножуються гетеротрофні бактерії, що можуть скласти конкуренцію біофільтру. Високоякісні корми також впливають на утворення щільних екскрементів, що легко можуть бути вилученими за допомогою механічного фільтра. Виходячи з цього, високий рівень засвоєння гранул корму та мінімізація утворення пилу позитивно впливають на рівні аміаку що надходить у систему, зменшуючи навантаження на вузли очистки. Як наслідок, правильно налаштована програма годівлі оптимізує кормовий коефіцієнт (FCR), що сприяє підвищенню темпів росту риби, підвищуючи рентабельність проектованої установки [9, 25, 26, 16].

1.4. Організація годівлі на проектованому господарстві

Забезпечення високих темпів накопичення маси ленським осетром та підтримання стабільного гідрохімічного режиму залежать від кормів. Також, варто зазначити, що корми є найбільшою частиною собівартості продукції.

Для реалізації виробничої програми в 100 тонн на рік проектом передбачається використання екструдованих тонучих комбікормів данського виробника Aller Aqua. Рецептuru обраних кормів відповідає потребам осетрових, і включає в себе високий вміст білку. Годівля поділена на три фази: стартову, підрощувальну та продукційну.

Для годівлі личинок після переходу на активне живлення та раннього малька масою до 5 грам критично важливим є забезпечення максимально можливого рівня легкозасвоюваного білка. Обрано корм Sturgeon ALLER INFA EX GR, 0.1-0.4 мм у вигляді мікрогранул, що включає в себе високий рівень протеїну (64 %) та помірний вміст жиру (12 %). Енергетична цінність становить 20,8 МДж. Годівля має відбуватись у комбінації з живими кормами, а саме наупліями артемії для ефективного переходу личинки на штучні корми.

Для годівлі малька та молоді обрано корм Sturgeon ALLER FUTURA EX GR, 0.5-2.0 мм. Співвідношення протеїну та жиру в фракціях 0,5-1,0 мм та 0,9-1,6 мм складає 60 %/15 %, а найбільша фракція має змінені показники протеїну: 58 % та 17 % жиру. Збільшення частки ліпідів дає змогу використовувати жири як основне джерело енергії, спрямовуючи протеїн на приріст соматичної маси.

Для годівлі товарної риби економічно та біологічно доцільним є перехід на продукційний корм Sturgeon ALLER METABOLICA з розміром гранул від 3,0 до 8,0 мм. Співвідношення білків та жирів для всіх фракцій складає: 52 % протеїну до 15 % жиру. Рівень золи значно нижчий у порівнянні зі стартовими кормами, кількість вуглеводів зростає до 16 %. Характеристика кормів наведена у табл. 1.1 [34].

Таблиця 1.1.

Зведена таблиця характеристик обраних кормів

Назва корму	Призначення	Розмір гранул (мм)	Протеїн (%)	Жир (%)	Середній FCR*
ALLER INFA EX GR	Стартовий	0.1, 0.2, 0.4	64	12	0.65
ALLER FUTURA EX GR	Підрощувальний	0.5-1.0, 0.9-1.6	60	15	0.65
		1.3-2.0	58	17	0.80
ALLER METABOLICA	Вирощувальний	3.0, 4.5	52	15	0.95
		6.0, 8.0	52	15	1.15

1.5. Висновки за оглядом літератури

На основі проведеного аналізу науково-технічної літератури, тенденцій світового ринку та технологічних особливостей індустріальних аквакультурних систем можна зробити такі висновки:

- Обґрунтування об'єкта вирощування: Ленський осетр (*Acipenser baerii*) є одним з найбільш перспективних об'єктів для створення сучасних аквакультурних підприємств. Завдяки своїй високій екологічній пластичності – стійкості до коливань рівня рН та температур, швидким темпам росту в умовах тепловодних систем та ранньому статевому дозріванні, цей вид дає змогу досягти високих показників рентабельності при реалізації комплексу продукції. До комплексу продукції відноситься дороговартісне м'ясо та ікра.
- Переваги РАС технології: Традиційні методи вирощування поступаються місцем рециркуляційним аквакультурним системам (РАС). Ця технологія дозволяє повністю ізолювати виробничий процес від кліматичного впливу, економити більше 90% водних та земельних ресурсів за великих об'ємів виробництва. Також, перевагою є можливість утримувати гідробіонтів за екстремально високих щільностей посадки на рівні 80 кг/м² завдяки додатковому внесенню кисню.
- Критичність очищення води: Функціонування систем з високими щільностями посадки потребує технологічного ланцюга водоочищення. Ключовими етапами є механічна та біологічна фільтрація, за допомогою мікросітчастих барабанних фільтрів та автотрофних бактерій відповідно.
- Оксигенація та біобезпека: Для підтримання інтенсивного метаболізму в осетрових видів риби обов'язковим є використання систем дегазації для видалення надлишкового СО₂. Не менш важливим є система оксигенації, що слугує для досягнення гіперсатурації води чистим киснем до рівнів

вище за 100% насичення. Водночас, мікробіологічна безпека в замкненому контурі має гарантуватись втсановленням модулів ультрафіолетового знезараження з базовими робочими дозами випромінювання на рівні 25-40 мДж/см². Такий рівень випромінювання руйнує ДНК патогенів, не впливаючи на гідрохімію.

- Автоматизація процесів годівлі: Враховуючи природу осетрових риб, технологія вимагає використання спеціалізованих високопродуктивних тонучих кормів. Впровадження централізованих шнекових систем автоматичної годівлі дає змогу здійснювати точне дозування корму, мінімізує вплив на корми, що не дає їм перетворитись на кормовий пил, що є небезпечним для функціонування вузлу біофільтрації. Такі системи оптимізують FCR та суттєво знижують трудові витрати робочого персоналу.

Проведені теоретичні та технологічні дослідження формують надійну інженерно-наукову базу для проведення подальших рибницько-біологічних, гідрохімічних та гідравлічних розрахунків проєктованого господарства в наступних розділах.

РОЗДІЛ 2

ХАРАКТЕРИСТИКА МІСЦЯ РОЗТАШУВАННЯ ГОСПОДАРСТВА

2.1. Географічна характеристика та критерії вибору місця будівництва

Проектування сучасних індустріальних господарств вимагає проведення комплексного просторового аналізу. Основним фактором для будівництва є наявність води належної якості та реєстрації земельної ділянки під сільське господарство. Отже, вибір географічного розташування для РАС з виробництва ленського осетра базується на багатофакторній оптимізації виробництва, що має враховувати інженерні, логістичні та екологічні критерії:

- Гідрогеологічний потенціал, імператив біобезпеки: Фундаментальною вимогою індустріальної аквакультури є повна ізоляція системи від поверхневих вод, які є джерелом патогенної мікрофлори, паразитів та сезонних коливань фізичних та хімічних показників якості води. Спираючись на вищезазначене, обрана ділянка повинна забезпечувати прямий доступ до глибоководних артезіанських горизонтів. Використання підземних вод гарантує стабільність хімічного складу, відсутність контамінації та стабільність температури, що є критичним для оптимізації виробництва та цілорічного температурного контролю.
- Екологічні та санітарно-захисні норми: ділянка для будівництва повинна мати відповідне цільове призначення та дозволяти законне облаштування систем водоочистки, полів фільтрації та утилізації органічного шламу.
- Інженерно-технічний супровід та кадровий потенціал: Високотехнологічний об'єкт як РАС потребує регулярного сервісного обслуговування барабанних фільтрів, насосних груп, оксигенаторів, озонаторів. Розташування поблизу великих промислових або обласних

центрів забезпечує доступ до кваліфікованих бригад, ринків закупівлі складових частин обладнання, а також дозволяє залучити кваліфікований персонал для праці на проєктованому об'єкті.

- Оптимізація транспортно-логістичних ланцюгів: Рентабельність вирощування осетрових, так як і будь-яких інших риб залежить від логістичного сполучення. Наближеність до магістральних автошляхів міжнародного або державного значення дає змогу вирішити три головні завдання: безперебійне постачання екструдованих кормів в необхідних об'ємах, регулярне підвезення необхідних складових обладнання, запасних елементах, та швидко, безпечно доставку охолодженої продукції ікри та м'яса на ринки збуту.

Основним критерієм, що визначає кінцеву доцільність розміщення РАС на обраній території, є здатність місцевого джерела водопостачання задовільнити біологічні потреби осетрових видів риб. Проєктування рециркуляційних систем вимагає не тільки достатнього дебіту води, а і її максимальної відповідності екологічним та фізіологічним потребам гідробіонтів. Це також є важливим, адже будь-які критичні відхилення у воді що подається в систему вимагають впровадження в систему часто дорого вартісних вузлів водопідготовки. Прикладом таких станій є станції знезалізнення, або деманганації, що через свою ціну та потребу в специфічних запчастинах негативно впливає на рентабельність та собівартість продукції.

2.2. Гідрологічна та гідрохімічна характеристика джерела водопостачання

У геологічній будові Варвинського родовища, що розташоване у межах Дніпровсько-Донецької западини, ключовим горизонтом для водопостачання проєктованого підприємства є сеноман-нижньокрейдовий водоносний комплекс. Він представлений експлуатаційними свердловинами з глибинами від 490 до 663 метрів. Вода залягає між горизонтами що представлені різнозернистими пісками та прошарками алевритів, пісковиків, глин. Високий

рівень захищеності від антропогенного забруднення забезпечується наявністю товщі мергельно-крейдяних відкладів верхньої крейди, товщина шару якої в обраному районі складає близько 240 метрів. Оскільки комплекс є артезіанським, через що має напір в 449-454 метри, рівні води підіймаються високо над покрівлею горизонту. Колосальний тиск у комбінації з потужним шаром глин та мергелів слугує природним бар'єром, що унеможливорює інфільтрацію забруднених поверхневих вод в необхідний для господарства цільовий пласт води.

Оцінка потенційної ділянки базується на порівнянні фактичного гідрохімічного складу підземних вод з галузевими стандартами для вирощування осетрових видів. Невідповідність цих показників може викликати стрес та негативно впливати темпи росту, також важливо враховувати показники води для роботи біологічних вузлів очищення. Оптимальні показники якості води для осетрових видів в УЗВ наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Якість води при вирощуванні осетрових видів риби в УЗВ [29]

Найменування норм	Норма	Водопостачання	Басейни
Водневий показник	7,8-8,0	7,9-8,1	8,0-8,4
Вільна вуглекислота, мг/дм ³	до 10	3-5	5-6
Аміак, мг/дм ³	0,01 – 0,07	0,01-0,03	0,01- 0,06
Перманганатна окиснюваність, мгО ₂ /дм ³	До 10	5-8	8,2-14,5
Жорсткість, мг-екв./дм ³	5,0 – 8,0	5,0-7,0	6,0-8,0
Азот амонійний, мг/дм ³	До 0,1-0,5	0,01	0,01
Азот нітратний, мг/дм ³	0,05-0,1	0,07-0,1	0,6-0,84

Продовження таблиці 2.1

Азот нітритний, мг/дм ³	0,01-0,02	0,001-0,01	0,01-0,11
Фосфати, мг/дм ³	0,2 – 0,3	0,09-0,139	0,06
Сульфати, мг/дм ³	100	80-130	122,5
Хлориди, мг/дм ³	100	50-120	122
Залізо, мг/дм ³	Не більш 0,1	До 0,1	0,072

Гідрохімічний аналіз води сеноман-нижньокрейдового комплексу Варвинської локації демонструє частковий збіг з фізіологічними потребами сибірського осетра, але також виявляє параметри, що необхідно коректувати. До показників, що є відповідними, відноситься загальна жорсткість (6,69-7,91 ммоль/дм³) та мінералізація (1052-1104 мг/дм³), що забезпечує буферну ємність середовища. Водночас виявлено два відхилення від необхідних рівнів показників. По-перше, фактичний водневий показник є підвищеним і становить 8,33-8,59, що потребує пониження за рахунок внесення реагентів. По-друге, вміст заліза досягає значень 1,0-1,16 мг/дм³, що перевищує норму в 0,1 мг/дм³, робить попередню обробку води необхідною.

Отже, враховуючи надлишок заліза, для облаштування господарства в обраному місці обов'язковим є встановлення вузла водопідготовки. Найбільш раціональним рішенням буде встановлення аераційної колони в поєднанні з механічними піщаними фільтрами. Інтенсивне внесення кисню у воду провокує перехід розчиненого двовалентного заліза у нерозчинний тривалентний осад, що буде затриманий піщаними фільтрами. В той самий час

дегазація при внесенні повітря в систему може позитивно вплинути на водневий показник [19, 30, 31].

2.3. Обґрунтування вибору земельної ділянки та її логістична характеристика

Спираючись на результати гідрогеологічного аналізу, для розміщення індустріальної установки обрано земельну ділянку на околицях смт Варва Чернігівської області. Географічні координати ділянки: 50.505884 пн. ш., 32.744067 сх. д. Вибір саме цього місця базується на комплексі економічних та технічних, логістичних критеріїв:

1. Розташування ділянки дозволяє організувати зручні під'їзні шляхи та підключити ділянку до існуючих мереж селища. Зокрема, доступ до ліній електропередач необхідної потужності є критичним фактором для забезпечення безперебійної роботи системи.
2. Ділянка знаходиться в зоні залягання сеноман-нижньокрейдового водоносного горизонту. Рівнинний рельєф місцевості зводить до мінімуму можливі затрати на облаштування площі під забудівлю.

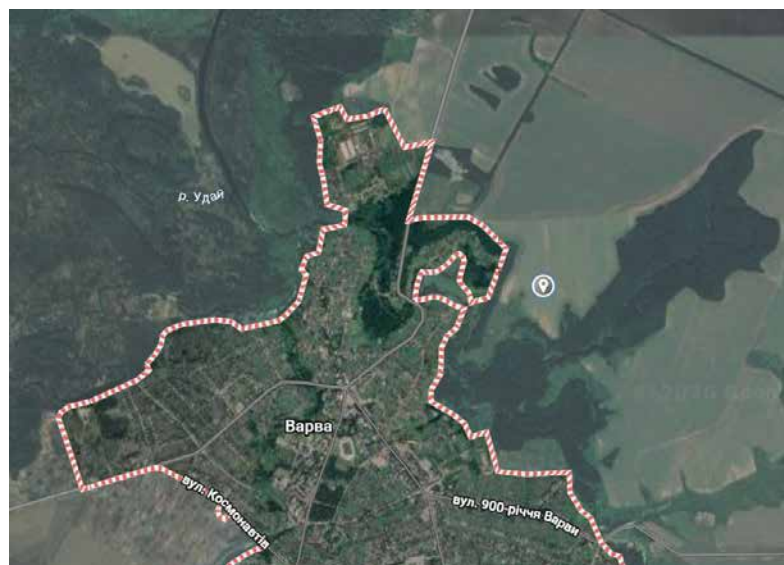


Рис.2.3.1 Обране місце розташування господарства

3. Продукція аквакультури вимагає швидкого доступу до великих ринків збуту – столичного сегменту HORECA, що включає в себе ресторани, готелі, кафе. Обране місце має вихід до регіональних шляхів зі сполученням до міжнародної магістралі М03 Київ-Харків. Це дає змогу здійснювати транспортування живої риби в спеціалізованих живорибних машинах до Києва протягом близько 3 годин, що мінімізує стрес гідробіонтів від транспортування та витрати на логістику. Також, наближеність до великої траси створює можливість економії при закупівлі партій кормів з складів, та обладнання з найбільших мереж столиці.
4. Розташування на відстані від щільної забудови дозволяє без проблем притримуватись вимог держави щодо будівельних норм (ДБН), та облаштувати санітарно-захисну зону з системою водоочистки відпрацьованої води для утилізації органічних відходів що утворюються в великих об'ємах в результаті функціонування РАС.

РОЗДІЛ 3

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Кваліфікаційна робота орієнтована на розробку високорентабельної індустріальної моделі вирощування цінних осетрових риб. Головною метою дослідження є розробка комплексного проєкту повносистемної рециркуляційної аквакультурної системи для вирощування товарного ленського осетра, що базується на системах оптимізації показників води та актуальних рибоводних нормативах.

Для реалізації поставлених завдань та підготовки проєкту застосовувалися загальноприйняті наукові методи. На початковому етапі використовувався метод теоретичного аналізу та узагальнення науково-технічної інформації, що дало змогу обґрунтувати вибір об'єкта культивування в системі, підібрати оптимальне місце розташування РАС та визначити надійне джерело водопостачання для її функціонування.

Визначення потреб проєктованого підприємства у виробничих площах, басейнах, об'ємах води та в кількості біологічного матеріалу здійснювалося з використанням методу зворотних рибоводних розрахунків. Цей метод є класичним, широко поширеним в індустріальній аквакультурі та базується на проведенні обчислень від кінцевої планової потужності виробництва до початкового етапу зариблення, з обов'язковим врахуванням нормативних показників. Оцінка планових результатів виробництва господарства проводилася з застосуванням розрахунково-конструктивного методу, методу техніко-економічного аналізу, що дозволило оптимізувати витрати на корми, електроенергію, логістику.

Проєктна потужність розробленого повносистемного господарства становить 100 тонн товарної продукції сибірського осетра на рік.

Технологічний цикл розпочинається з закупівлі зрілих самиць та самців, чи самиць та консервованої сперми ленського осетра. Транспортування плідників буде проводитись в живорибних машинах з подачею кисню, для закупівлі обов'язково необхідно перевірити наявність сертифікату походження риби.

Безпосереднє вирощування риби буде проводитись у бетонних басейнах прямокутної форми різних розмірів для різних вікових груп риби. Для контролю за якістю середовища в проєкті закладено використання методів інструментального аналізу за допомогою багатофункціональних приладів: оксиметрів, рН-метри, термометри. Контроль за темпом росту буде проводитись кожних 10 діб методом випадкової вибірки та контрольного зважування.

При проведенні нересту використовується метод біопсії чи УЗІ діагностики для відбору плідників. Для отримання статевих продуктів використовують метод підрізання яйцепроводів за допомогою скальпелю специфічної форми. Осіменіння ікри проводиться напівсухим методом.

З метою досягнення високих темпів росту ленського осетра проєктом передбачено використання тонучих екструдованих комбікормів з розміром гранул від 2,0 до 6,0 мм в залежності від розмірної групи риби. Годівля організовується автоматичним методом за розрахованими добовими нормами, що коригуються за допомогою математичного та статистичного метода комп'ютерною програмою що враховує темпи росту, біомасу та температуру води. Контроль за якістю споживання корму проводиться протягом години після внесення корму шляхом візуального аналізу. Для забезпечення однорідності стада та зниження харчової конкуренції технологічною картою передбачається проведення регулярних сортувань, а саме, сортування має проводитись не менше 1 разу на місяць.

РОЗДІЛ 4

РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

4.1. Розрахунок необхідних об'ємів рибоводних ємностей, виробничих площ

Основним показником що необхідно розрахувати для повноцінного функціонування РАС системи є необхідний об'єм води для утримання гідробіонтів без порушення їх фізіологічних потреб. Розрахунки кількості та об'єму рибоводних басейнів здійснюється з врахуванням максимальної біомаси риби на кожному з технологічних етапів. Загальна маса товарної риби в рік – 100 тонн. Також, необхідно врахувати допустимі щільності посадки риби в кілограмах на метр кубічний [33].

Загальна максимальна біомаса риби визначається за формулою:

$$B_{\text{макс}} = N * W \quad (4.1)$$

Де $B_{\text{макс}}$ – загальна максимальна біомаса риби на кінець певного етапу вирощування, кг/м³;

N – кількість особин на кінець етапу вирощування, екз;

W – кінцева середня маса однієї особини на даному етапі, кг.

Розрахуємо кількість особин спираючись на середню масу товарного ленського осетра в 1,5 кілограми, при максимальній біомасі в 100 тонн на рік.

Розрахунок кількості риби для отримання 100 тонн товарної продукції на рік:

$$100\ 000 = N * 1,5$$

$$N = \frac{100000}{1,5} == 66\ 667 \text{ екз.}$$

Отже, знадобиться 66 667 особин ленського осетра вагою 1,5 кг.

Розрахунок загального об'єму води необхідного для утримання риби розраховується з врахуванням щільностей посадки ленського осетра та біомаси. Формула 4.2:

$$V_{\text{загальна}} = \frac{B_{\text{макс}}}{\text{ЩП}} \quad (4.2)$$

Де $V_{\text{загальна}}$ – загальний об'єм води в басейнах для утримання біомаси риби, м³;

$B_{\text{макс}}$ – максимальна біомаса риби в системі, кг;

ЩП – нормативна щільність посадки риби для даної стадії онтогенезу, кг/м³.

Розрахуємо за цією формулою об'єм води в басейнах для утримання осетрів, враховуючи що щільність посадки складатиме 80 кг/м³:

$$V_{\text{загальна}} = \frac{B_{\text{макс}}}{\text{ЩП}} = \frac{100000}{80} = 1\,250 \text{ м}^3$$

Визначено необхідний об'єм води в басейнах – 1250 м³.

В літературі описано рекомендовану площу басейнів для вирощування ленського осетра – 40 м² [19]. Отже, спираючись на цю цифру, проектом передбачено використання басейнів з довжиною (L) – 10,5 м, шириною (W) – 4,0 м, а довжина катета зрізаного кута складатиме (с) – 1,0 м. Робочий рівень води в басейні (h) прийнято на позначці 1,2 м. Площа такого басейна визначається як площа прямокутника що зменшена на площу чотирьох прямокутних трикутників (4.3):

$$S = (L * W) - 4 * \left(\frac{1}{2} * c^2\right) = L * W - 2c^2 \quad (4.3)$$

Де S – корисна площа дна прямокутного басейну з зрізаними кутами, м²;

W – загальна ширина басейну, м;

L – загальна довжина басейну, м;

c – довжина катета зрізаного кута, м.

$$S = (10,5 * 4,0) - 2 * 1,0^2 = 40 \text{ м}^2$$

Площа резервуару вираховується за формулою 4.4:

$$V_1 = S * h \quad (4.4)$$

$$V_1 = 40 * 1,2 = 48,0 \text{ м}^3$$

Наступним кроком є розрахунок кількості басейнів за формулою 4.5:

$$N_{\text{басейнів}} = \frac{V_{\text{заг}}}{V_1} \quad (4.5)$$

Де $N_{\text{басейнів}}$ – необхідна кількість басейнів, од;

V_1 – об'єм одного басейну.

$$N_{\text{басейнів}} = \frac{1250}{48} = 26,04 = 27 \text{ шт.}$$

Доходимо до висновку що для забезпечення річної потужності в 100 тонн товарної продукції необхідно побудувати 27 басейнів прямокутної форми зі зрізаними кутами місткістю 48 м³ кожен басейн.

4.2. Розрахунок потреби підприємства у заплідненій ікрі, інкубаційних апаратах

Оцінка потреби підприємства потужністю 100 тонн в ікрі здійснюється засновуючись на методі зворотних багатоступеневих розрахунків. Вхідними даними для них є планова річна потужність $W_{\text{планова}} = 100000$ кг та цільова маса однієї товарної особини $m_{\text{кінцева}} = 1,5$ кг. Також, розрахунки необхідної кількості ікри виконуються відповідно з нормативами виживання сибірського осетра на різних стадіях розвитку:

- Від 0,8 до 1,5 кг – 95%;
- Від 0,2 кг до 0,8 кг – 95%;
- Від 3 г до 200 г – 90 %;
- Від личинки на активному живленні до 3 г – 50 %;
- Від вільного ембріона до личинки на активному живленні – 60%;
- Від заплідненої ікри до вільного ембріона – 80%;
- Відсоток запліднення ікри – 80% [19].

В минулому підпункті було розраховано, що для виконання планової потужності господарству необхідно виростити 66 667 екземплярів ленського осетра вагою 1,5 кг. Отже, враховуючи цю цифру проводимо розрахунок наступних етапів вирощування за формулою 4.6:

$$N_{\text{вага риби}} = \frac{W * 100}{V} \quad (4.6)$$

Де $N_{\text{вага риби}}$ – етап вирощування риби;

W – кількість риби на попередньому етапі вирощування, шт;

V – відсоток виживаності за нормативами, %.

1. Потреба в рибі масою 0,8 кг за виживаністю 95 %

$$N_{0,8 \text{ кг}} = \frac{(66667 * 100)}{95} = 70176 \text{ екз.}$$

2. Потреба у молоді масою 0,2 кг за виживаності 95%

$$N_{0,2 \text{ кг}} = \frac{(70176 * 100)}{95} = 73870 \text{ екз.}$$

3. Потреба у мальках масою 3 г за виживаності 90%

$$N_{0,03 \text{ кг}} = \frac{(73870 * 100)}{90} = 82078 \text{ екз.}$$

4. Потреба у личинках, що вже перейшли на активне живлення за виживаності 50%

$$N_{\text{личинка}} = \frac{(82078 * 100)}{50} = 164156 \text{ екз.}$$

5. Потреба у вільних ембріонах за виживаності 60 %

$$N_{\text{ембріони}} = \frac{(164156 * 100)}{60} = 273594 \text{ екз.}$$

6. Потреба в заплідненій ікрі для закладки на інкубацію за виживаності 80%

$$N_{\text{запл.ікра}} = \frac{(273594 * 100)}{80} = 341993 \text{ шт.}$$

7. Підрахунок кількості незаплідненої ікри за нормативу 80% запліднення

$$N_{\text{заг.ікра}} = \frac{(341993 * 100)}{80} = 427492 \text{ шт.}$$

Для переведення розрахункової кількості ікри у одиниці маси використано середній показник ікринок в одному грамі маси, а саме 40 штук. Отже, порахуємо скільки кілограм заплідненої ікри буде отримано [33]:

$$M_{\text{ікри}} = \frac{341993}{40} = 8549,82 = 8,55 \text{ кілограм}$$

Виходячи з цієї цифри можна розрахувати необхідну кількість інкубаційних апаратів Вейса, спираючись на те що в 1 апарат доцільно закладати до 800 грам ікри:

$$N_{\text{ап.вейса}} = \frac{(\text{вага ікри})}{\text{об'єм завантаження одного апарату}} = \frac{8550}{800} = 10,68$$

= 11 апаратів

4.3 Розрахунок потреби в кормах

Для визначення потреби в кормі на кожному технологічному етапі базову методику розрахунку адаптовано:

$$K_i = (m_{\text{кінцева}} - m_{\text{початкова}}) * N * KK \quad (4.7)$$

Де K_i – потреба в комбікормах для обраного етапу, кг;

$m_{\text{кінцева}}$ – кінцева маса риби під час обраного етапу вирощування, кг;

$m_{\text{початкова}}$ – початкова маса риби на обраному етапі вирощування, кг;

N – кінцева кількість вирощеної риби на даному етапі вирощування, екз;

KK – кормовий коефіцієнт обраного корму для відповідного етапу.

1. Личинковий та мальковий етап

Стартовий корм Aller INFA EX GR

Кількість личинки на старті: 164 156 екз.

Розмірний ряд: від 0,05 г до 5 г

Приріст маси однієї особини $0,005 - 0,00005 = 0,00495$ кг.

Кормовий коефіцієнт (KK): 0,65

Розрахунок потреби в стартових кормах:

$$K_1 = 0,00495 * 164\ 156 * 0,65 = 528,2 \text{ кг.}$$

2. Необхідна кількість підрощувального корму

Підрощувальний корм Aller FUTURA EX GR

На цей етап переходять особини, що вижили після малькового періоду вирощування і досягли маси в 3 грами.

Кількість особин на старті: 82 078 екз.

Приріст маси: $0,050 - 0,005 = 0,045$ кг

Кормовий коефіцієнт: 0,7 [34]

$$K_2 = 0,045 * 82078 * 0,70 = 2585,5 \text{ кг}$$

3. Необхідна кількість вирощувального корму для товарної риби

Риба наважкою 50-100 грам остаточно переходить на живення продукційними кормами. Для розрахунку використовується кількість особин що досягла ваги 200 грам. Обрано корм Aller METABOLICA, і для розрахунку використані такі показники:

Кількість особин на старті етапу годування вагою в 200 грам: 73 870 екз.

Приріст маси: $1,5 \text{ кг} - 0,05 \text{ кг} = 1,45 \text{ кг}$

КК: 1,05

$$K_3 = 1,45 * 73870 * 1,05 = 112467,1 \text{ кг.}$$

Отже, разом комбікорму для вирощування риби протягом року знадобиться:

$$528,2 + 2585,5 + 112467,1 = 115 580,8 \text{ кг} = 115,6 \text{ тонн}$$

4.4. Розрахунок потужності біологічного фільтра

1. Розрахунок добової норми годівлі

Обраною температурою для вирощування товарного ленського осетра в проєктованій установці є 22-23 °С. Враховуючи цей показник та вагу товарної риби в 1,5 кілограми з рекомендацій виробника корму визначено норму годівлі в 0,9% на добу [33].

Отже, визначимо пікову кількість кому що буде вноситись в систему використовуючи біомасу та норму годівлі:

$$M_{\text{корму}} = 100000 \text{ кг} * 0,9 \% = 900 \text{ кг}.$$

2. Визначення маси загального амонійного азоту (M_{TAN})

Вміст протеїну в обраному кормі перевищує показник в 30%, а саме 52%. Враховуючи це, використаємо формулу 4.8:

$$M_{TAN} = M_k * C_p * 0,092 \quad (4.8)$$

Де M_{TAN} – добова маса виділеного загального амонійного азоту, кг TAN/доба або г TAN/доба;

M_k – маса скормленого за добу корму, кг;

C_p – частка сирого протеїну в комбікормі, %/100;

$$M_{TAN} = 900 * 0,52 * 0,092 = 43,056 \text{ кг TAN/доба}$$

3. Загальна площа поверхні субстрату (S)

Для облаштування системи біофільтрації обрано рухому технологію біозавантаження, оскільки він є найбільш ефективним для систем з великими об'ємами виробництва. Коефіцієнт площі поверхні завантаження ($S_{\text{пс}}$) для переробки 1 граму азоту складає 5 м²/г TAN. Спираючись на розраховані показники за формулою 4.9 розрахуємо загальну площу субстрату [33]:

$$S = M_{TAN} * S_{\text{пс}}$$

Отже:

$$S = 43056 \text{ г} * 5 \frac{\text{м}^2}{\text{г}} = 215\,280 \text{ м}^2$$

4. Розрахунок об'єму заповнювача (V_H)

Для розрахунку обрано біозавантаження що доступне для покупки в Україні та має площу поверхні $955 \text{ м}^2/\text{м}^3$. Також необхідно врахувати запас в 30 % від об'єму для попередження можливих коливань рівню азоту в системі. Таким чином, розрахуємо необхідний для підприємства об'єм заповнювача за формулою 4.9 [33]:

$$V_{\text{наповнювача}} = \frac{S * 1,3}{\text{ПП}} \quad (4.9)$$

Де $V_{\text{наповнювача}}$ – об'єм заповнювача для біофільтра, м^3 ;

ПП – питома площа поверхні обраної моделі субстрату, $\text{м}^2/\text{м}^3$;

1,3 – коефіцієнт для врахування 30 % резерву наповнювача

Таким чином:

$$V_{\text{наповнювача}} = \frac{215280 * 1,3}{955} = 293,05 \text{ м}^3$$

5. Розрахунок загального об'єму камер біофільтру ($V_{\text{бф}}$)

Для забезпечення оптимального рівня аерації шару біозавантаження та його рівномірного руху в потоці води, об'єм резервуара має складати в два рази більший об'єм за об'єм самого завантаження. Розрахунок цього показника виконується за формулою 4.10 [33]:

$$V_{\text{бф}} = 2 * V_{\text{н}} \quad (4.10)$$

Де $V_{\text{бф}}$ – об'єм резервуару відведеного під блок біофільтрації, м^3

$V_{\text{н}}$ - об'єм наповнювача, м^3

$$V_{\text{бф}} = 2 * 293,05 = 586,1 \text{ м}^3$$

Отже, при виробничій потужності 100 тонн ленського осетра та нормі годівлі 0,9%, система потребує біофільтр з об'ємом робочих камер $586,1 \text{ м}^3$, що заповнені вискоєфективним субстратом в об'ємі $293,05 \text{ м}^3$ з питомою

площею поверхні $955 \text{ м}^2/\text{м}^3$ для нейтралізації та розкладання 43 кг амонійного азоту що виділиться з корму протягом доби.

4.5. Розрахунок балансу кисню у системі

1. Розрахунок потреби в кисні для дихання риб (PO_2)

Для початку проводиться розрахунок кількості кисню що споживається всією біомасою риби в системі за одну годину під час пікового навантаження. Цей показник напряму залежить від температури води та фізіології осетрових. Розрахунок проводиться за формулою 4.11 [33]:

$$\text{PO}_2 = M_{\text{тр}} * \text{PCO}_2$$

Де PO_2 – потреба у кисні для забезпечення дихання всієї маси риб в РАС, $\text{кг}/\text{год}$;

$M_{\text{тр}}$ – планова потужність системи, кг ;

PCO_2 – питома споживання кисню на одиницю маси риби протягом години, $\text{кг}/\text{кг} * \text{год}$.

За результатами дослідження швидкості споживання кисню сибірським осетром за температурних умов в $24 \text{ }^\circ\text{C}$ було визначено, що стандартного рівня метаболізму риби і її повного спокою було спожито $149,24 \text{ мг}/\text{кг} * \text{год}$ кисню, а при пікових навантаженнях, стресі, плаванні молодь сибірського осетра споживала $385,04 \text{ мг}/\text{кг} * \text{год}$ [32]. В умовах інтенсивного вирощування риба не перебуває в стресі та повному спокої, тому для інженерних розрахунків обрано середнє значення між двома показниками отриманими під час дослідження. Для розрахунків прийнято показник $250 \text{ мгO}_2 / \text{кг} * \text{год}$. Отже, розрахуємо:

$$\text{PO}_2 = 100000 \text{ кг} * 0,00025 \frac{\text{кг}}{\text{кг}} * \text{год} = 25 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$$

2. Розрахунок загальної потреби системи у кисні від оксигенації (OO_2)

Кисень, що подається в вирощувальні ємності не може бути повністю спожитий рибою. У воді, що виходить з басейнів та спрямовується на систему біологічної фільтрації має залишатись достатня для нітрифікації кількість кисню. Така концентрація кисню має бути не нижчою за 4-5 мг/л. Спираючись на це розрахуємо загальну потребу у кисні за формулою 4.11:

$$OO_2 = PO_2 + \left(1 + \frac{C_2}{C_1}\right) \quad (4.11)$$

Де OO_2 – загальна потреба системи в оксигенації води, кг/год;

PO_2 – потреба у кисні для дихання риб, кг/год

C_2 – мінімально припустима концентрація кисню у воді на виході з басейнів з рибою, мг/л;

C_1 – концентрація кисню у воді що надходить в басейни з оксигенаторної установки, мг/л.

Так як в установці передбачено використання конусного оксигенатора, що забезпечують найвищий рівень насичення, C_1 доцільно прийняти на рівні 15 мг/л при насиченні води близько на 200% киснем за температури води 24 °С, а C_2 на рівні 6 мг/л для роботи біофільтра в повноцінному обсязі.

$$OO_2 = 25 \frac{\text{кг}}{\text{год}} * \left(1 + \frac{6}{15}\right) = 35 \text{ кг/год}$$

Відповідно до отриманих даних, для забезпечення РАС потужністю 100 тонн знадобиться підібрати оксигенатори що здатні стабільно видавати близько 35 кг чистого кисню в воду за годину.

4.6. Потреба у водопостачанні проектованої системи

Водопостачання та об'єми води що необхідні для принесення кисню розраховуються за рахунок рівняння кисневого балансу. Формула 4.12:

$$ПВ = \frac{q_k * M_p}{C_1 - C_2} \quad (4.12)$$

Де ПВ – потреба у водопостачанні басейнів з рибою, л/год;

q_k – питоме споживання кисню рибою;

M_p – загальна маса риби у басейнах, кг;

C_1 – концентрація кисню в воді після системи водопідготовки, мг/л;

C_2 – мінімально припустима концентрація кисню на виході, мг/л.

Розрахунок:

$$ПВ = \frac{(250 * 100000)}{15 - 6} = 2777777,8 \frac{\text{л}}{\text{год}} = 2777,778 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

2. Інтенсивність заміни води в басейнах (КВ)

Розрахунок проводиться за формулою 4.13:

$$КВ = \frac{ПВ}{V} \quad (4.13)$$

Де КВ – кратність водообміну, раз/год;

ПВ – розрахована потреба в водопостачанні, м³/год;

V – об'єм усіх рибоводних басейнів з рибою, м³.

Розрахуємо:

$$КВ = \frac{2777,778}{1250} = 2,22 \frac{\text{раз}}{\text{год}}$$

Отже, для підтримки оптимального кисневого режиму та забезпечення життєдіяльності риби обсягом 100 тонн, циркуляційні насоси в проектованій системі мають забезпечувати сумарну подачу води на рівні 2777,8 м³/год. При

цьому повний водообмін в рибницьких вирощувальних ємностях має відбуватись 2,22 рази на годину [33].

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1. Розрахунок витрат на формування стада та закупівлю ікри

Для розрахунку витрат необхідно використати вже розрахований вище показник кількості ікри для закупівлі. Для першого інкубування буде використано запліднену ікру на стадії вічка у кількості 341993 шт. Як зазначалося вище, в одному грамі ікри ленського осетра знаходиться приблизно 40 ікринок, отже дізнаємось загальну масу ікри що необхідна для закупівлі:

$$\frac{341993}{40} = 8\,549,825 \text{ г} = 8,5 \text{ кг}$$

Виходячи з цього, розрахуємо витрати на закупівлю ікри для першого циклу вирощування на господарстві, враховуючи ціну в приблизно 2200 € за 1 кілограм [35]:

$$8,5 \text{ кг} * 2200 \text{ €} * 51,53 \text{ грн} = 963\,611 \text{ грн}$$

5.2. Розрахунок витрат на корми

Технологія повносистемного вирощування осетра в РАС вимагає використання різних кормів під час різних етапів розвитку риби.

1. Стартове живлення личинки та молоді

Для успішного переходу на екзогенне живлення застосовується мікрогранульований корм Aller Infa EX GR. Розрахована раніше технологічна потреба за цикл вирощування складає 528,2 кг, а вартість в середньому сягає 400 грн/кг. Витрати складуть:

$$528,2 \text{ кг} * 400 \text{ грн} = 211\,280 \text{ грн.}$$

2. Підрощування молоді:

Загальна потреба в кормі Aller FUTURA EX GR складає 2585,5 кг, ціна якого складає 245 грн/кг. Тоді витрати:

$$2585,5 \text{ кг} * 245 \text{ грн} = 633\,447 \text{ грн.}$$

3. Продукційне вирощування товарної риби

Для досягнення цільової маси в 1,5 кг застосовується спеціалізована лінійка Sturgeon ALLER METABOLICA, потреба в цьому кормі складає 125 000 кг за гуртової вартості 170 грн за кілограм. Тоді витрати на цей корм складуть:

$$125\,000 \text{ кг} * 170 \frac{\text{грн}}{\text{кг}} = 21\,250\,000 \text{ грн.}$$

Загальний бюджет на забезпечення кормової бази за один виробничий цикл становитиме:

$$211\,280 + 633\,447 + 21\,250\,000 = 22\,094\,727 \text{ грн.}$$

5.3. Формування штатного розпису та розрахунок фонду оплати праці

Експлуатація РАС вимагає безперервного цілодобового контролю параметрів водного середовища, процесів годівлі та технологічного обладнання. Для цього в структурі підприємства передбачено наявність висококваліфікованого персоналу. Загальне оперативне управління та організацію збуту продукції покладено на директора комплексу. Біологічний контроль проводиться головним іхтіологом-рибоводом, відповідальний за інкубацію та зариблення, а також чотири змінні оператори-рибоводи що здійснюють нагляд за гідрохімічними показниками. За безперебійну роботу

насосних груп блоків очищення, систем оксигенації відповідає інженер-електромеханік, безпека об'єкта має підтримуватись двома контролерами-охоронцями (табл. 5.1).

Таблиця 5.1.

Розрахунок витрат на оплату праці персоналу

Посада	Кількість осіб	Місячний оклад, грн	Річний фонд (без ЄСВ), грн
Директор комплексу	1	50000	600000
Головний іхтіолог-рибовод	1	45000	540000
Оператор-рибовод (змінний)	4	25000	1200000
Інженер-електромеханік РАС	1	30000	360000
Охоронець-контролер	2	18000	432000
Разом за штатним розписом	9	-	3132000

Крім оплати базових окладів працівників, підприємство несе втрати на оплату Єдиного соціального внеску, що наразі становить 22 % від загального фонду оплати праці за чинним законодавством України. Сума податкових відрахувань має бути розрахована наступним чином:

$$F_{\text{ЄСВ}} = 3132000 * 0,22 = 689040 \text{ грн.}$$

Отже, загальний річний фонд оплати праці підприємства складається з суми базових окладів та ЄСВ:

$$F_{\text{заг}} = 3132000 + 6821040 = 3821040 \text{ грн}$$

Відповідно, загальні витрати на оплату праці складуть 3 821 040 грн на рік.

5.4. Розрахунок амортизаційних витрат

Амортизаційні відрахування відображають собою поступове перенесення вартості основних засобів на вартість готової продукції через їх моральний та фізичний знос. Знос є природним для будь-якого обладнання і є однією з ключових витрат рибоводних підприємств через постійний контакт агресивним водним середовищем. Розрахунок проведено за використання прямолінійного методу, що передбачає рівномірне списання вартості активів на протязом усього терміну їх використання за нормативом.

Вихідна вартість інубаційних апаратів, басейнів, систем біологічного та механічного очищення становить близько 35 000 000 грн. Приймаючи терміни експлуатації комплексу рівними 10 рокам, річна норма амортизації має становити 10%. Річна ж сума амортизаційних відрахувань (А) визначається за формулою:

$$A = 35\,000\,000 * 0,10 = 3\,500\,000 \text{ грн}$$

Таким чином, щорічно сума в розмірі 3 500 000 грн має акумулюватися в спеціальному фонді підприємства для забезпечення подальшої планової модернізації чи повної заміни зношених вузлів системи.

5.5. Розрахунок витрат на електроенергію

Функціонування індустріальної установки РАС характеризується високою енергоємністю. Безперервність технологічних процесів потребує цілодобової роботи циркуляційних насосів, систем аерації, оксигенації, біологічної та механічної очистки води, УФ стерилізаторів. Також, значна кількість електроенергії витрачається на підтримку оптимальних температурних режимів, освітлення. Для забезпечення виробництва 100 тонн

осетра на рік розрахунок електроспоживання базується на сучасних галузевих нормативах для комерційних індустріальних господарств. Згідно з дослідженнями енергоспоживання діючих ферм, питоме споживання електроенергії сягає 6,8 кВт-год на 1 кг вирощеної риби [36].

Виходячи з цього, річне споживання електроенергії (E) розраховується як добуток планового обсягу виробництва на питомий показник енергоспоживання:

$$E = 100\,000 * 6,8 = 680\,000 \text{ кВт}$$

Тобто, розрахункове річне споживання електроенергії становить 680 000 кВт-год.

Для розрахунку фінансових витрат використовується чинний тариф на активну електроенергію для промислових споживачів, який у рамках даного проекту приймається на рівні 4,32 грн за 1 кВт-год. За формулою проводяться розрахунки витрат на річне споживання електроенергії ($C_{ел}$):

$$C_{ел} = 680\,000 * 4,32 = 2\,937\,600 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$$

5.6. Зведена структура витрат та фінальна собівартість продукції

Для обґрунтування загальної економічної доцільності проекту усі проведені раніше розрахунки операційних витрат об'єднано у загальну суму. До неї включено як витрати на придбання ікри, закупівлю кормів так і витрати на спожиту електроенергію, річний фонд оплати праці з податками та витратами на амортизацію. Також, в загальну структуру виклад закладено витрати на дрібні операційні потреби (табл. 5.2).

Таблиця 5.2.

Зведена таблиця витрат РАС потужністю 100 тонн

Стаття витрат	Сума, грн	Питома вага, %
Запліднена ікра (8,5 кг)	963611	2,8
Корми Aller Aqua (усі етапи)	22094727	64
Електроенергія (832 200 кВт-год)	3595104	10,4
Фонд оплати праці з ЄСВ	3821040	11,1
Амортизаційні відрахування	3500000	10,1
Інші операційні витрати (3%)	557045	1,6
ПОВНА СОБІВАРТІСТЬ ЦИКЛУ	34531527	100

Спираючись на дані зведеної таблиці, визначено ключові економічні показники ефективності спроектованого господарства. Зокрема, питома собівартість вирощування 1 кг товарного осетра (S) розрахована з використанням даних повної собівартості що ділиться на повний обсяг вирощеної продукції:

$$S = \frac{33874023}{100000} = 338,74 \frac{\text{грн}}{\text{кг}}$$

Підсумовуючи, прогнозований валовий дохід підприємства (D) за умови повної реалізації 100 тонн продукції за середньою оптовою ціною в 450 грн/кг складе:

$$D = 100000 * 450 = 45000000 \text{ грн}$$

Відповідно, чистий операційний прибуток до оподаткування (P) розраховується як різниця між отриманим валовим показником доходу та повною собівартістю виробництва:

$$P = 45000000 - 33874023 = 11125977 \text{ грн}$$

Завершальним індикатором є рентабельність виробництва (R) яка виражається у відсотках і розраховується як відношення операційного прибутку до загальних витрат:

$$R = \frac{11125977}{33874023} * 100\% = 32,8 \%$$

Отриманий рівень рентабельності підтверджує високу інвестиційну привабливість та економічну стійкість розробленої моделі вирощування сибірського осетра в установках замкненого водопостачання [37].

ВИСНОВКИ

Спираючись на проведені дослідження, аналіз наукових робіт та технологічне проектування системи на 100 тонн ленського осетра в рециркуляційній аквакультурній системі можна зробити такі висновки:

1. На основі аналізу науково-технологічної літератури обґрунтовано вибір інтенсивної технології вирощування ленського осетра в РАС. Доведено, що цілорічне підтримання оптимального температурного режиму в 23-25 °С та необхідних для даного виду хімічних показників дозволяє максимально ефективно використати фізіологічний потенціал виду, скоротити терміни вирощування від викльову до товарної маси в 1,5 кг.
2. Визначено та розраховано параметри виробничої бази. Для досягнення планової потужності у 100 тонн товарного ленського осетра на рік (66 667 екз.) необхідно закупити близько 8,5 кг заплідненої ікри або 342 000 ікринок. Для закладання даної кількості ікри на інкубування необхідно встановити 11 інкубаційних апаратів Вейса. Товарний цех складатиметься з 27 бетонних басейнів прямокутної форми зі зрізаними кутами, що дасть змогу отримати корисну площу в 40 м² та об'єм 48 м³. Це дозволить утримувати максимальну рибу в об'ємі води 1250 м³ при нормативних щільностях посадки – 80 кг/м³.
3. Розроблено технологічну схему, розраховано потребу в ресурсах. Загальна річна потреба у спеціалізованих кормах виробника Aller Aqua становить 115,6 тонн. Для нейтралізації 43,1 кг загального амонійного азоту, що утворюється з корму кожної доби, спроектовано біофільтр з робочим об'ємом камер 586,1 м³. Він має заповнюватись обраним завантаженням з питомою площею поверхні 955 м²/м³.
4. Проаналізовано фактори інтенсифікації – кисневий баланс та водообмін. Встановлено, що для забезпечення дихання риби та процесів нітрифікації, що відбуваються у біофільтрі та на стінках басейнів,

необхідно забезпечити систему в 35,0 кг/год чистого кисню від оксигенаторів. Для оптимального рознесення такої кількості кисню по рибоводним ємностям необхідно забезпечити сумарну подачу води на рівні 2777,8 м³/год, що відповідає кратності водообміну 2,22 рази на годину.

5. Здійснено економічний аналіз виробництва, який підтвердив фінансову життєздатність проєктованого господарства. При питомому споживанні електроенергії 6,8 кВт-год/кг, розрахункова собівартість 1 кг продукції становить 338,74 грн. За умови реалізації осетра за ціною 450 грн/кг, річний чистий прибуток до оподаткування складе 11,13 млн грн, а рівень рентабельності сягне 32,8 %.

ПРОПОЗИЦІЇ ГОСПОДАРСТВУ

1. Рекомендується впровадження інтелектуальної системи моніторингу параметрів води на основі технологій “Інтернету речей”. Наприклад, використання датчиків з предиктивною аналітикою що дадуть змогу фіксувати поточні відхилення та прогнозувати пікові навантаження амонійним азотом. Пропонується також синхронізувати цю систему з системою автоматичної годівлі, тим самим створивши алгоритм аварійного відключення годівлі при відхиленнях від норми, і тим самим підвищити виживаність риби при аварійних ситуаціях.
2. Робота баабанних фільтрів генеруватиме значні обсяги органічних відходів, тому пропонується встановити систему зневоднення шламу для реалізації відходів як органічного добрива. Це створить додаткову статтю доходу та надасть підприємству статус безвідходного виробництва.
3. Пропонується використання пробіотичних препаратів для зменшення ризиків інфекцій за високих щільностей посадки риби.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Dudu A., Georgescu S. E. Exploring the Multifaceted Potential of Endangered Sturgeon: Caviar, Meat and By-Product Benefits. *Animals*. 2024. Vol. 14. P. 2425. DOI: 10.3390/ani14162425.
2. Sturgeon meat and other by-products of caviar production, trade, and consumption in and outside the EU / European Market Observatory for Fisheries and Aquaculture Products (EUMOFA). Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2023. URL: www.eumofa.eu. DOI: 10.2771/18974.
3. Siberian Sturgeon (*Acipenser baerii*). CITES Animals Committee (Sixteenth meeting of the Animals Committee). Doc. AC.16.7.2. 2000. P. 3–14.
4. Cultured aquatic species fact sheets. *Acipenser baerii* (Brandt, 1869) / Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2009. URL: https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/aquaculture/a0845t/weben/common/html/fao/fact/en/fact_sheet_acipenser_baerii_en.htm (дата звернення: 02.04.2026).
5. *Acipenser baerii* Brandt, 1869. Siberian sturgeon. FishBase. URL: <https://fishbase.se/summary/Acipenser-baerii.html> (дата звернення: 02.04.2026).
6. Lopez A., Vasconi M., Bellagamba F., Mentasti T., Moretti V. M. Sturgeon Meat and Caviar Quality from Different Cultured Species. *Fishes*. 2020. Vol. 5. P. 9.
7. Fopp-Bayat D., Ciemniowski T., Cejko B. I. Embryonic Development and Survival of Siberian Sturgeon × Russian Sturgeon (*Acipenser baerii* × *Acipenser gueldenstaedtii*) Hybrids Cultured in a RAS System. *Animals*. 2023. Vol. 13. P. 42. DOI: 10.3390/ani13010042.
8. Siberian Sturgeon (*Acipenser baerii*). Sturgeon Web. URL: <https://www.sturgeon-web.co.uk/siberian-sturgeon-acipenser-baerii> (дата звернення: 04.04.2026).

9. Bădălan C., Băcanu M. G., Bărbulescu M., Oprea D., Bocioc E., Oprea L., Cristea V., Patriche N. Breeding of the Siberian sturgeon (*Acipenser baerii* Brandt, 1869), in a recirculating aquaculture system, with different stocking densities. Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară Iași. URL: https://www.uaiasi.ro/firaa/Pdf/Pdf_Vol_54/Corina_Badalan.pdf (дата звернення: 04.04.2026).
10. Elhetawy A. I. G., Vasilyeva L. M., Lotfy A. M., Emelianova N., Abdel-Rahim M. M., Helal A. M., Sudakova N. V. Effects of the rearing system of the Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii*) on growth, maturity, and the quality of produced caviar. *AAACL Bioflux*. 2020. Vol. 13, Iss. 6. P. 3798–3809.
11. Sergaliev N. K., Kakishev M. G., Ginayatov N. S., Nurzhanova F. K., Andronov E. E. Microbiome structure in a recirculating aquaculture system and its connection to infections in sturgeon fish. *Veterinary World*. 2021. Vol. 14, No. 3. P. 661–668. DOI: 10.14202/vetworld.2021.661-668.
12. Bartelme R. P., Smith M. C., Sepulveda-Villet O. J., Newton R. J. Component Microenvironments and System Biogeography Structure Microorganism Distributions in Recirculating Aquaculture and Aquaponic Systems. *mSphere*. 2019. DOI: 10.1128/mSphere.00143-19.
13. Барабанні фільтри для ставків і УЗВ. *VodaPlus*. URL: <https://vodaplus.com.ua/vse-dlia-vodojomov/filtry-dlja-produv/barabannye-filtra-dlja-prudov-i-uzv/> (дата звернення: 07.04.2026).
14. Bailey L., Vinci B. Performance characterization of a diffused aeration basin for carbon dioxide removal in RAS. *Aquaculture 2022: World Aquaculture Society Meeting* (San Diego, California, February 28 – March 4, 2022). 2022. URL: <https://was.org/Meeting/Program/PaperDetail/158234> (дата звернення: 04.04.2026).

15. Mugwanya M., Dawood M. A. O., Kimera F., Sewilam H. A review on recirculating aquaculture system: influence of stocking density on fish and crustacean behavior, growth performance, and immunity. *Annals of Animal Science*. 2022. Vol. 22, No. 3. P. 873–884. DOI: 10.2478/aoas-2022-0014.
16. Bregnballe J. A guide to recirculation aquaculture: An introduction to the new environmentally friendly and highly productive closed fish farming systems. Rome: FAO and Eurofish International Organisation, 2022. DOI: 10.4060/cc2390en.
17. Piotrowska I., Kozłowski M. Preliminary rearing outcomes of Siberian sturgeon, *Acipenser baerii* Brandt, juveniles in autonomous hatching and rearing modules. *Fisheries & Aquatic Life*. 2024. Vol. 32. P. 26–33.
18. Біозавантаження. УЗВ Маркет. URL: <https://uzvmarket.com.ua/biozavantazhennia/> (дата звернення: 07.04.2026).
19. Андрющенко А. І., Вовк Н. І. Аквакультура штучних водойм. Ч. 2. Індустріальна аквакультура : підручник / за заг. ред. А. І. Андрющенка. Київ, 2014. 586 с.
20. ECO2 Technology (Speece Cone). ECO2 SuperOxygenation. URL: <https://eco2tech.com/technology/> (дата звернення: 09.04.2026).
21. Low Head Oxygenators (LHOs) can efficiently dissolve oxygen... [Допис у LinkedIn] / The Conservation Fund Freshwater Institute. LinkedIn. 2021. URL: https://www.linkedin.com/posts/freshwater-institute_low-head-oxygenators-lhos-can-efficiently-activity-6755151776141389825-gYB2 (дата звернення: 09.04.2026).
22. Aquaculture. Nuvonic. URL: <https://www.nuvonic.com/industries/aquaculture/> (дата звернення: 13.04.2026).

23. Semenov A., Semenova K. Ultraviolet disinfection of water in recirculating aquaculture system: a case study at sturgeon caviar fish farm. *Acta Agriculturae Slovenica*. 2022. Vol. 118, No. 3. P. 1–4. DOI: 10.14720/aas.2022.118.3.2488.
24. Recirculating Aquaculture System (RAS) UVC LED Disinfectors Empowering the New Future of Aquaculture. Massphoton. URL: <https://www.massphoton.com/Recirculating-Aquaculture-System-RAS-UVC-LED-Disinfectors-Empowering-the-New-Future-of-Aquaculture-id41285075.html> (дата звернення: 13.04.2026).
25. Arvo-Tec Professional Feeding Solutions : product brochure. Huutokoski, Finland : Arvo-Tec Oy, 2017. 8 p. URL: <http://www.arvotec.fi> (дата звернення: 16.04.2026).
26. Sturgeon species tool. Helmond, The Netherlands : Alltech Coppens, 2022. 12 p. URL: <https://www.alltechcoppens.com> (дата звернення: 16.04.2026).
27. Screw conveyor. KUKLA. URL: <https://kukla.co.at/en/products/screw-conveyor/> (дата звернення: 16.04.2026).
28. Automatic fish feeder / screw SENECT. AgriExpo. URL: <https://www.agriexpo.online/prod/senect/product-187957-140848.html> (дата звернення: 16.04.2026).
29. Куліш М. М., Пілюшенкова Ю. А. Технологія вирощування осетрових риб в установках із замкненим водопостачанням.. Миколаїв : МНАУ, .
30. Звіт з оцінки впливу на довкілля. Промислова розробка Варвинського родовища питних підземних вод КП «ГОСПОДАР» в с/т Варва Варвинського району Чернігівської області (реєстр. № 201910104647) / ТОВ «КЕГ "ЕКОКОМПАНІ"». Варва, 2019. 129 с.

- 31`. Проект Плану управління суббасейном Середнього Дніпра. Частина 1 (2025–2030) / Держ. агентство водних ресурсів України. URL: https://davr.gov.ua/fls18/Dnipro/S_Dnipro.pdf (дата звернення: 22.04.2026).
32. Yuan X., Cai L., Johnson D. M., Tu Z., Huang Y. Oxygen consumption and swimming behavior of juvenile Siberian sturgeon *Acipenser baerii* during stepped velocity tests. *Aquatic Biology*. 2016. Vol. 24. P. 211–217. <https://doi.org/10.3354/ab00649>
33. Коваленко В. О., Охріменко О. В. Лабораторна робота 6.3. Планування робіт з вирощування товарної риби у рециркуляційних системах аквакультури. Аквакультура штучних водойм. Ч. 2 : електронний навчальний курс. Навчальний портал НУБіП України. URL: <https://elearn.nubip.edu.ua/mod/assign/view.php?id=122601> (дата звернення: 20.05.2024).
34. Sturgeon. Aller Aqua : офіційний вебсайт компанії. URL: <https://www.aller-aqua.com/vn/species/sturgeon/> (дата звернення: 28.04.2026).
35. Ікра осетра запліднена. OLX.ua : сервіс оголошень. URL: <https://www.olx.ua/d/uk/obyavlenie/kra-osetra-zaplidnena-IDXaQfT.html> (дата звернення: 28.04.2026).
36. Producing one kilogram of fish in RAS can require up to 40 times more electricity depending on system design. *misPeces* : інформаційний портал. 2026. 17 берез. URL: <https://www.mispeces.com/en/news/Producing-one-kilogram-of-fish-in-RAS-can-require-up-to-40-times-more-electricity-depending-on-system-design/> (дата звернення: 29.04.2026).
37. Вдовенко Н. М. Економіка рибогосподарських підприємств : підручник. Київ : Видавничий дім «Кондор», 2017. 212 с.