

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Біотехнологічний факультет

Спеціальність 207 Водні біоресурси та аквакультура
Перший (бакалаврський) рівень вищої освіти

Допускається до захисту:

Завідувач кафедри

водних біоресурсів та аквакультури

д. б. н., проф. _____ Новіцький Р.О.

«_____» _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти бакалавр на тему:

АНАЛІЗ БІОТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СУДАКА ЗВИЧАЙНОГО
(*SANDER LUCIOPERCA*) В УМОВАХ ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «ДНІПРОВСЬКА ХВИЛЯ» КРЕМЕНЧУЦЬКОГО
РАЙОНУ, ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Здобувачка першого (бакалаврського)
рівня вищої освіти _____

Микола ВЕРГЕЛЮК

Керівник дипломної роботи,
к. с.–г. наук, доцентка _____

Анна ГОРЧАНОК

Дніпро, 2025

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Біотехнологічний факультет

Спеціальність 207 Водні біоресурси та аквакультура

Другий (магістерський) рівень вищої освіти

Кафедра водних біоресурсів та аквакультури

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри, д. б. н.,

проф. _____ Роман НОВІЦЬКИЙ

“ 15 ” жовтня 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на здобуття ступеня вищої освіти бакалавр кваліфікаційну роботу здобувачу вищої освіти

Миколі ВЕРГЕЛЮКУ

1. Тема роботи: **АНАЛІЗ БІОТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ СУДАКА ЗВИЧАЙНОГО (*SANDER LUCIOPERCA*) В УМОВАХ ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «ДНІПРОВСЬКА ХВИЛЯ» КРЕМЕНЧУЦЬКОГО РАЙОНУ, ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

Затверджена наказом по університету від “ 25 ” 04 2024 р. № 847

2. Термін здачі здобувачем завершеної роботи 13 червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: дослідження проводилися з аналізу біотехнології вирощування судака звичайного (*Sander lucioperca*) в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «Дніпровська хвиля» Кременчуцького району, Полтавської області

4. Короткий зміст роботи - перелік питань, що розробляються в роботі: вступ, огляду літератури, матеріал, умови та методики виконання роботи, результати власних досліджень, вирощування звичайного судака, висновки та пропозиції, список літературних джерел.

5. Перелік графічного матеріалу: таблиць – 11; рисунків – 5.

6. Консультанти по проекту (роботі), із зазначенням розділів проекту, що їх стосуються

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Проведення наукового досліджу. Економічна ефективність вирощування товарного коропа	доцентка Анна ГОРЧАНОК		

7. Дата видачі завдання: “ _____ ” _____ 2024 р.

Керівник _____
(підпис)

Завдання прийняв(ла) до виконання _____
(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Етапи дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Визначення теми дипломної роботи. Отримання завдання	Жовтень 2024 р.	Виконано
2.	Виконання теоретичної частини роботи: робота з зарубіжними і вітчизняними джерелами, опрацювання посилань.	Листопад - грудень 2024 р.	Виконано
3.	Постановка експериментальної частини роботи.	Жовтень – квітень 2024-2025 р.	Виконано
4.	Опрацювання результатів експериментальної частини роботи.	Квітень 2025 р.	Виконано
5.	Узагальнення результатів, підготовка розрахунків і текстової частини	Травень 2025 р.	Виконано
6.	Робота з науковим керівником, опрацювання матеріалу	Жовтень 2024 р. Червень 2025 р.	Виконано
7.	Підготовка чистового варіанта дипломної роботи	Травень 2025 р.	Виконано
8.	Підготовка презентації. Попередній захист дипломної роботи	Червень 2025 р.	Виконано
9.	Захист кваліфікаційної роботи	Червень 2024 р.	Виконано

Здобувач вищої освіти _____ Микола ВЕРГЕЛЮК
(підпис)

Керівник роботи _____ Анна ГОРЧАНОК
(підпис)

АНОТАЦІЯ

*Кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня бакалавр здобувача
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
кафедри водних біоресурсів та аквакультури денної форми навчання
біотехнологічного факультету ДДАЕУ*

Миколи ВЕРГЕЛЮКА

**на тему: Аналіз біотехнології вирощування судака звичайного
(*Sander lucioperca*) в умовах товариства з обмеженою відповідальністю
«Дніпровська хвиля» Кременчуцького району, Полтавської області**

Досліджено біотехнологічні аспекти вирощування судака звичайного (*Sander lucioperca*) в умовах замкнутої системи водопостачання (УЗВ) на підприємстві товариства з обмеженою відповідальністю «Дніпровська хвиля» Кременчуцького району, Полтавської області. У процесі дослідження особлива увага приділялася оптимізації годівлі, щільності посадки, а також умовам утримання для підвищення ефективності вирощування риби до товарних розмірів.

Використано методики дослідження темпів росту, показників виживаності, а також ефективності кормової бази, що включала три види штучних гранульованих кормів різної рецептури. Крім того, були застосовані методи постійного моніторингу фізико-хімічних параметрів водного середовища для забезпечення оптимальних умов зростання та розвитку судака.

Встановлено, що щільність посадки та розмір гранул корму суттєво впливають на інтенсивність росту і загальний фізіологічний стан риби. У дослідженні також було виявлено, що більш інтенсивні темпи зростання спостерігалися в риби із меншою щільністю посадки та за умови регулярного сортування.

Результати дослідження свідчать про важливість адаптивного підходу до щоденного нормування корму залежно від маси риби та температури води.

Зроблено висновок, що вирощування судака в умовах УЗВ з

використанням сучасних підходів до годівлі, контролю параметрів водного середовища та регулювання щільності посадки може забезпечити високу продуктивність та якість кінцевої продукції.

Одержані результати можуть бути використані для оптимізації виробничих процесів у галузі аквакультури, що включає індустріальне вирощування судака звичайного, а також для розробки рекомендацій з удосконалення біотехнології вирощування інших видів риб у замкнутих системах.

Кваліфікаційна робота бакалавра містить 65 сторінок, 11 таблиць, 5 рисунків, список використаних джерел із 50 найменувань.

Ключові слова: судак звичайний, ТОВ «Дніпровська хвиля», УЗВ, середньодобовий приріст, меристичні ознаки, пластичні ознаки.

ANNOTATION

Qualifying work for a bachelor's degree of first (bachelor's) higher education level

Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture of full -time training of the Faculty of Biotechnology

Mykola Verguluk

On the topic: Analysis of biotechnology of raising pike perch ordinary (Sander Lucioperca) in the conditions of Limited Liability Company "Dniprovska wave" of Kremenchug district, Poltava region

The biotechnological aspects of the cultivation of the pike perch (Sander Lucioperca) in the conditions of closed water supply system (UZV) at the enterprise of the Dniprovska wave of Kremenchug district, Poltava region at the enterprise of the Dniprovska wave of Dniprovska wave. In the course of the study, special attention was paid to optimization of feeding, planting density, as well as the conditions of retention to improve the efficiency of fish growing to product sizes.

Methods of studying growth rates, survival rates, as well as the efficiency of the feed base, which included three types of artificial granular feeds of different recipes. In addition, methods of continuous monitoring of the physicochemical parameters of the aquatic environment were applied to ensure optimal conditions for the growth and development of walleye.

It is established that planting density and the size of feed granules significantly affect the intensity of growth and the overall physiological state of fish. The study also found that more intense growth rates were observed in fishes with lower planting density and provided regular sorting. The results of the study indicate the importance of an adaptive approach to daily normalization of feed depending on the mass of fish and water temperature.

It is concluded that growing walleye in the conditions of UZS using modern approaches to feeding, control of the parameters of the aquatic environment and

regulation of planting density can ensure high productivity and quality of final products.

The results can be used to optimize production processes in the aquaculture, including industrial cultivation of ordinary pike perch, as well as to develop recommendations for improving biotechnology of cultivation of other fish in closed systems.

The bachelor's qualification work contains 65 pages, 11 tables, 5 figures, a list of sources used from 50 names.

Keywords: ordinary walleye, Dniprovskaya wave LLC, UZV, average daily increase, merits, plastic features.

ЗМІСТ

	стор
ВСТУП	8
1.1 Актуальність теми	9
1.2 Мета та завдання	11
РОЗДІЛ 2 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ СУДАКА (<i>SANDER LUCIOPERCA</i>)	6
2.1. Біологічні та екологічні особливості судака (<i>Sander lucioperca</i>)	10
2.2. Вирощування судака (<i>Sander lucioperca</i>) в установках замкнутого водопостачання (УЗВ)	17
РОЗДІЛ 3 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ	22
3.1 Мета, матеріали та методи дослідження	22
3.2 Умови проведення досліджень	26
РОЗДІЛ 4 ВЛАСНІ ДОСЛІДЖЕННЯ. ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ СУДАКА ЗВИЧАЙНОГО (<i>SANDER LUCIOPERCA</i>) В УЗВ ТОВ «ДНІПРОВСЬКА ХВИЛЯ»	30
4.1 Дослідження гідрохімічних умов вирощування судака звичайного	30
4.2 Вивчення статевого диморфізму судака звичайного (<i>Sander lucioperca</i>)	35
4.3 Дослідження впливу щільності посадки личинок та малька судака звичайного на показники росту	39
4.4 Вплив корму на показники росту личинок звичайного судака при вирощуванні	42
РОЗДІЛ 5 ЕКОЛОГІЧНІ ЗАХОДИ	52
5.1 Екологічні заходи при вирощуванні судака звичайного (<i>Sander lucioperca</i>) у рибному господарстві ТОВ «Дніпровська хвиля»	52
ВИСНОВОК	56
ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ	58
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	60

ВСТУП

Для підвищення ефективності роботи рибних господарств важливим є запровадження нових видів для розведення або диверсифікація використання традиційних риб. Судак звичайний (*Sander lucioperca*), велика хижа риба з родини Окуневих ряду Окунеподібних, часто розглядається як перспективний об'єкт для вирощування в коропових ставках або для пасовищної аквакультури. Цей вид характеризується швидким ростом і високою адаптивністю до змін зовнішнього середовища, хоча він вимогливий до якості води та рівня розчиненого кисню [1, 2, 6]. У природних і штучних водоймах судак виконує роль біологічного меліоратора, ефективно регулюючи чисельність низько цінних видів риб.

Світовий ринок демонструє зростаючий попит на дієтичну білу рибу, що відповідає сучасним тенденціям здорового харчування та створює значний споживчий сегмент. Оптова вартість продукції судака досягла рівня, який забезпечує рентабельність його вирощування навіть у системах із замкненим водопостачанням (УЗВ), попри високі операційні витрати. Таким чином, судак звичайний привертає дедалі більшу увагу рибоводів і вважається перспективним видом для індустріальної аквакультури [24, 26, 43, 47].

Однак однією з основних перешкод у вирощуванні товарного судака є зниження собівартості виробництва та підвищення економічної ефективності досягнення товарної маси. Забезпечення якісним посадковим матеріалом (молоддю судака) залишається складним етапом технологічного циклу комерційного розведення [41, 45, 51, 59]. Це підкреслює актуальність наукових досліджень, спрямованих на створення рибоводно-біологічних стандартів, які враховуватимуть фізіологічні та біологічні особливості виду, сприяючи оптимізації виробництва та підвищенню його ефективності [54, 56, 58, 60].

1.1 Актуальність теми

На сучасному етапі розвитку аграрного сектору України ставкове рибництво займає провідне місце серед напрямів виробництва рибної продукції, оскільки забезпечення населення країни прісноводною рибою є надзвичайно актуальним завданням. Згідно з встановленими нормами, середньорічне споживання рибної продукції на душу населення має становити 17,5 кг, з яких 30–35 % припадає на прісноводну рибу. Однак в Україні цей показник становить лише 14 кг, а частка продукції прісноводної аквакультури не перевищує 2,5 %. При цьому країна має значний потенціал для розвитку рибництва, адже на кожного жителя припадає в середньому 0,20 га придатних для рибогосподарського використання водойм [2].

Дефіцит рибної продукції в Україні зумовлений низкою причин. Однією з ключових є переважання традиційних підходів у технологічному процесі, спрямованих на збільшення продуктивності з одиниці площі водойми. Такі методи часто не забезпечують бажаного результату та призводять до зростання собівартості кінцевої продукції [4].

Впровадження високоефективних і ресурсозберігаючих технологій, зокрема на прикладі вирощування коропа, демонструє значний невикористаний потенціал для підвищення рибопроductивності та зниження витрат. Рибоводні характеристики водойм і застосування рибогосподарських меліоративних заходів відіграють важливу роль у розвитку ставкового рибництва. Завдяки можливості штучного регулювання багатьох факторів, що впливають на кінцеву продуктивність водойм (наприклад, гідрохімічний склад води, аерація, контроль рослинності), цей напрям стає економічно привабливим у різних кліматичних зонах України.

Незважаючи на наявний потенціал, середня рибопроductивність українських ставкових господарств залишається недостатньою для задоволення потреб населення у прісноводній рибі. Більшість підприємств демонструють низьку ефективність виробництва, що, разом із високою

собівартістю риби та обмеженим попитом на внутрішньому ринку, стримує розвиток галузі. Високі витрати на корми, енергоносії, утримання водойм і робочу силу, а також застарілі технології є основними бар'єрами для зростання.

Для подолання цих викликів необхідно розробляти та впроваджувати інноваційні методи вирощування риби, вдосконалювати існуючі технологічні процеси або адаптувати нові підходи, які забезпечать підвищення рентабельності галузі за мінімальних фінансових і матеріальних затрат. Наприклад: використання збалансованих комбікормів із високим вмістом білка (30–35 %) та зниженим рівнем витрат на сировину може підвищити швидкість росту риби та зменшити собівартість.

Проведення меліоративних заходів, таких як очищення дна від мулу, вапнування, контроль водоростей і забезпечення аерації (вміст кисню 5–8 мг/л), сприяє створенню оптимальних умов для вирощування.

Комбіноване вирощування коропа з іншими видами, такими як судак чи білиний амур, дозволяє ефективніше використовувати кормову базу та підвищувати продуктивність ставків.

Застосування сучасних систем моніторингу гідрохімічних параметрів (рН, аміак, нітрити) і температури води) та автоматизованих систем годівлі знижує трудозатрати та покращує контроль над виробництвом.

Розвиток ставкового рибництва може сприяти не лише забезпеченню продовольчої безпеки, але й створенню нових робочих місць у сільських регіонах, а також розвитку експортного потенціалу. Наприклад, продукція коропа має попит у країнах Східної Європи.

Ставкове рибництво є більш екологічно стійким порівняно з промисловими методами рибальства, оскільки дозволяє мінімізувати вплив на природні водні екосистеми. Проте для цього необхідне раціональне використання водних ресурсів і контроль забруднення водойм.

В Україні активно проводяться дослідження з розробки нових технологій вирощування риби, зокрема в Дніпровському державному

аграрно-економічному університеті, де вивчаються біотехнологічні аспекти аквакультури. Ці дослідження спрямовані на підвищення продуктивності та зниження витрат.

Ставкове рибництво в Україні має значний потенціал для вирішення проблеми дефіциту прісноводної рибної продукції, але потребує модернізації та впровадження інноваційних підходів. Низька рибопродуктивність, висока собівартість і обмежений попит стримують розвиток галузі. Для підвищення рентабельності необхідно розробляти ресурсозберігаючі технології, оптимізувати кормові раціони, проводити меліоративні заходи та впроваджувати автоматизовані системи. Такі кроки дозволять не лише збільшити обсяги виробництва, але й забезпечити населення доступною та якісною рибною продукцією, зміцнюючи продовольчу безпеку країни.

1.2 Мета та завдання

Мета дослідження полягала у вивченні біотехнологічних принципів формування та утримання ремонтного стада і вирощування товарного судака (*Sander lucioperca*), а також у аналізі рибоводно-біологічних характеристик його росту й розвитку в умовах УЗВ.

Завдання дослідження:

- Ознайомитися з літературними джерелами за темою кваліфікаційної роботи;
- Вивчити характеристики водного фонду ТОВ «Дніпровська хвиля»;
- Проаналізувати утримання ремонтного стада і вирощування товарного судака (*Sander lucioperca*);
- Проаналізувати специфіку годівлі звичайного судака;
- Зробити аналіз рибоводно-біологічної характеристики його росту й розвитку в умовах УЗВ;
- Визначити економічну доцільність застосування рибогосподарських меліоративних заходів у виробничих умовах;
- Зробити висновки;
- Надати пропозиції виробництву.

2. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ СУДАКА (*SANDER LUCIOPERCA*)

2.1 Біологічні та екологічні особливості судака (*Sander lucioperca*)

Судак звичайний (*Sander lucioperca*) є найбільшим представником родини Окуневих [7, 8].

Його довжина може варіювати від 50 до 130 см, а маса – від 8 до 12 кг, у виняткових випадках досягаючи 20 кг. У промисловому вилові найпоширеніші особини мають довжину 60–70 см і вагу 2–4 кг. У риб одного віку середня довжина самців і самок не відрізняється, однак із шестирічного віку маса самок перевищує масу самців через розвиток гонад, які під час нересту становлять приблизно 12% від загальної маси тіла (рис. 1).



Рис. 1 Судак звичайний (*Sander lucioperca*)

Sander lucioperca здатний існувати як у прісних, так і в солонуватих водах, але його міграційний інстинкт для нересту ще не остаточно сформувався на генетичному рівні в процесі еволюції. Це підтверджується втратою цього інстинкту молоддю, яка вирощується в нерестово-виросних господарствах. Дослідники зазначають, що напівпрохідні форми судака успішно адаптуються до розведення в ставах і водосховищах [12, 15, 21].

Раніше вважалося, що напівпрохідні популяції судака не придатні для вселення у проточні прісноводні водосховища, але сучасні дані спростовують

цю гіпотезу. Успішність акліматизації залежить переважно від достатньої кормової бази та правильного часу інтродукції, а не від біологічної форми виду [6, 7, 34].

Природний ареал судака охоплює великі водні басейни Європи, західної Азії та частково Північної Америки, зокрема екосистеми Балтійського, Чорного, Каспійського й Аральського морів [31, 32, 33]. Завдяки цілеспрямованим акліматизаційним заходам ареал виду продовжує розширюватися.

Тривалість життя судака різниться за статтю: самці живуть у середньому 6–7 років, тоді як самки – 8–9 років, із максимальним віком до 14–18 років. Темпи росту в природних водоймах залежать від умов середовища, причому житлові популяції зазвичай ростуть повільніше, ніж мігруючі.

Статева зрілість у *Sander lucioperca* настає у віці 3–4 роки, залежно від регіону проживання. Судак демонструє високу екологічну пластичність у виборі субстрату для нересту, що дозволяє йому розмножуватися в різноманітних умовах. Однак за відсутності відповідного субстрату (наприклад, піщаного чи кам'янистого дна) судак може відкладати ікру на глинисте дно, що часто спричиняє значну втрату ікри через несприятливі умови [10, 11].

Ембріональний розвиток судака залежить від температури води і триває від 3 до 11 діб, із оптимальним діапазоном 12–15 °C. За даними досліджень, судак переходить до змішаного типу живлення ще до повного розсмоктування жовткового мішка. Хоча розмір жовткового мішка поступово зменшується, жирова крапля зберігається незмінною, забезпечуючи енергією ранні стадії розвитку.

У природних водоймах перехід личинок судака звичайного (*Sander lucioperca*) до зовнішнього живлення відбувається нерівномірно, і критично важливо, щоб у цей період разом із використанням залишків жовткового

мішка личинки мали доступ до зовнішньої їжі. Для цього у водоймі має бути достатня кількість кормових організмів відповідного розміру.

Харчовий раціон, інтенсивність і динаміка живлення судака на різних етапах розвитку значно варіюють залежно від гідробіологічних і фізико-хімічних характеристик водойми, а також від доступності кормової бази. Аналіз вмісту шлунково-кишкового тракту судака дозволяє виділити два основні етапи харчування. На першому етапі, пов'язаному з початком активного живлення, рання молодь споживає переважно зоопланктон [20, 21].

На початкових стадіях зовнішнього живлення личинки судака живляться дрібними планктонними організмами, такими як коловертки та босміни (розміром 0,3–0,4 мм), рідше – фітопланктоном. Після досягнення довжини 10 мм личинки переходять до споживання більших і поживніших зоопланктонних організмів, зокрема дафній і циклопів. Раціон молоді судака залежить від якісного та кількісного складу кормової бази, що призводить до значних відмінностей у харчуванні в різних водоймах. На другому етапі молодь починає споживати більших ракоподібних, личинок комах і дрібну рибу. Із зростанням розмірів судака частка зоопланктону в раціоні зменшується, а бентосні організми та мальки риб стають домінуючими [23, 24].

Хижацький спосіб життя судака може проявлятися вже на ранніх стадіях, коли довжина тіла становить лише 10–14 мм, але зазвичай перехід до рибного живлення відбувається при довжині 3,5 см (у діапазоні 1–5 см). Успішність цього переходу залежить від наявності достатньої кормової бази. Якщо водойма багата на безхребетних, ранній перехід на рибу не є обов'язковим [26, 27, 30].

Дорослий судак є типовим хижаком, основою раціону якого є дрібні риби, такі як уклейка, снеток, плотва, піскар, ялець і окунь. Через відносно вузьку горлянку судак не здатний полювати на велику рибу, на відміну від щуки, і уникає зарослих ділянок водойм, де може стати жертвою. Ця

особливість робить його цінним біологічним меліоратором, який ефективно контролює чисельність низькоцінних риб у рибогосподарських водоймах. Харчова активність судака характеризується чіткими добовими та сезонними ритмами [30].

Інтенсивність живлення личинок судака в ставкових умовах варіює протягом доби залежно від активності та домінування різних груп безхребетних у водоймі, що впливає на склад їхнього раціону. Характерною особливістю молоді судака, як у південних, так і в помірних регіонах, є зниження харчової активності між 4–5 годинами ранку. Дорослі особини найбільш активно живляться у сутінковий час – на світанку та ввечері.

Сезонна динаміка живлення також відіграє важливу роль. Найвища харчова активність судака спостерігається в теплий період із травня по жовтень, тоді як узимку та під час нересту вона значно знижується. Раціон молоді та дорослих особин часто різниться і залежить від сезону. Судак висуває високі вимоги до температурного режиму під час нересту, розвитку ікри, личинок і молоді [31, 32, 33, 34].

Дослідження вказують, що при поступовому підвищенні температури води з 18 °C до 25 °C активність личинок судака звичайного (*Sander lucioperca*) знижується, їхні рухи стають повільнішими, а при 26 °C настає передшокковий стан, який може спричинити загибель частини особин. Температура 30 °C викликає шок у всіх досліджуваних личинок, а при 32 °C спостерігається масова загибель. Таким чином, верхня температурна межа для личинок, що щойно вилупилися, становить 30–32 °C, але вже при 26 °C їхня активність значно обмежується, що свідчить про критичний стан [36, 37].

Раптові зміни температури суттєво впливають на поведінку личинок. Наприклад, різкий стрибок із 18 °C до 25–26 °C викликає судомні рухи та втрату рівноваги, які тривають 10–20 секунд, після чого личинки відновлюють координацію і повільно продовжують рух. Однак при підвищенні температури до 30–32 °C порушення координації стає

критичним: личинки лягають на бік, перевертаються черевом догори і гинуть протягом 40–45 секунд [30].

Різке зниження температури також негативно позначається на личинках. При падінні з 17 °С до 14 °С (різниця 3 °С) активність личинок тимчасово зменшується, а їхні рухи сповільнюються. Якщо температура знижується з 17 °С до 8 °С (різниця 9 °С), виникають судоми та шоківий стан. Нижня летальна межа для личинок становить 6,0–6,5 °С, а при 7–8 °С різке охолодження призводить до їхньої загибелі.

Оптимальний температурний діапазон для розвитку личинок судака становить 14–23 °С, за якого протягом перших семи діб життя не спостерігається відхилень у поведінці. Молодь завдовжки 12–30 мм нормально розвивається у водоймах рибницьких господарств при температурах від 14 °С до 26 °С, але підвищення до 30 °С спричиняє їхню загибель.

Для успішного вирощування *Sander lucioperca* необхідно забезпечувати стабільний температурний режим у водоймах і вирощувальних системах, уникаючи різких коливань, які можуть негативно вплинути на розвиток виду. Глибина водойми безпосередньо не впливає на розвиток ікри та молоді, але визначає такі ключові параметри, як температура, вміст розчиненого кисню та прозорість води, які є критичними для популяції судака [1, 2, 3].

Глибина водойм формує гідрологічний і біологічний режим, що впливає на вибір судаком місць для нересту. Розподіл личинок і молоді залежить від сукупності цих факторів, тому підтримання оптимальних глибин у нерестових і вирощувальних водоймах є важливим для ефективного розмноження та росту популяцій [5–8].

Sander lucioperca демонструє високу екологічну пластичність, адаптуючись до нересту на різних глибинах. Вибір нерестових ділянок залежить від комплексу умов, зокрема гідрологічних характеристик, температури та рівня кисню.

Дорослі судаки переважно мешкають у пелагіалі, обираючи глибини залежно від наявності кормових ресурсів, температури води та концентрації кисню. Вид має високі вимоги до кисневого режиму: для ікри на різних етапах розвитку необхідна концентрація кисню 0,7–0,86 мг/л, для личинок і молоді завдовжки 4,7–37 мм – від 1,37 до 3,1 мг/л. Дуже чутливими є мальки довжиною 10–12 мм, які гинуть при рівні кисню нижче 3,15 мг/л [11, 15, 16].

Судак відчуває дефіцит кисню задовго до досягнення летальної концентрації, що підтверджується спостереженнями у рибницьких господарствах. Молодь концентрується в зонах із вмістом кисню 6,2–9,7 мг/л, що є оптимальним для її розвитку.

Отже, для ефективного розведення судака необхідно ретельно контролювати екологічні параметри, такі як температура, рівень кисню та глибина водойми, які відіграють вирішальну роль у виживанні та розвитку цього виду.

2.2 Вирощування судака (*Sander lucioperca*) в установках замкнутого водопостачання (УЗВ)

Сьогодні частка світової аквакультури (без урахування виробництва водоростей) перевищує 40 %, що становить близько 60 мільйонів тон рибної продукції щорічно. Зі зростанням глобального попиту на морепродукти розвиток ефективної та екологічно стійкої аквакультури стає дедалі важливішим. Проте частка штучно вирощеного судака (*Sander lucioperca*) у світовому виробництві залишається незначною порівняно з іншими комерційними видами риб, що підтверджується статистичними даними та науковими дослідженнями [20, 21, 35, 37].

В Україні судак традиційно асоціюється з природними водоймами, такими як річки, водосховища та слабосолоні морські акваторії. Технології його вирощування в установках замкнутого водопостачання (УЗВ)

перебувають на початковому етапі розвитку, потребуючи подальших досліджень і впровадження інноваційних підходів.

У Європі застосовуються різні методи культивування судака, включаючи екстенсивні (пасовищна аквакультура), напівінтенсивні та інтенсивні технології. Останні, що базуються на використанні УЗВ, набули популярності в країнах ЄС завдяки високій продуктивності. Перспективність вирощування судака в УЗВ зумовлена його високими смаковими якостями, швидким ростом і зростаючою ринковою вартістю. Незважаючи на значні експлуатаційні витрати, пов'язані з підтриманням УЗВ, оптова ціна на продукцію судака забезпечує економічну доцільність таких проєктів [20].

Досвід країн, таких як Польща та Чехія, демонструє успішний перехід від традиційного ставкового господарства до використання УЗВ для вирощування судака. Ці досягнення підкріплені науковими дослідженнями, які підтверджують ефективність таких технологій [9, 12, 17].

Лідером у вирощуванні судака в УЗВ є данська компанія Aquarpi AS (Фредеріксверк, Данія), яка завдяки передовим технологіям скоротила цикл вирощування товарного судака від посадкового матеріалу до 15 місяців. У 2016 році підприємство відкрило сучасний завод із річною продуктивністю 400–500 тон, із планами збільшення до 700 тон до 2024 року, що зробить його найбільшим у світі виробником судака. Для порівняння, нідерландська компанія Excellence Fish bv. (Метерік, Нідерланди) виробляє 100 тон на рік, але є важливим постачальником якісного посадкового матеріалу в Західній Європі [20, 23, 26].

Ще одна нідерландська компанія, NESY Aquaculture bv., відома як світовий лідер у розробці та будівництві рибоводних ферм, створила власну запатентовану технологію вирощування судака в УЗВ. Однак висока вартість патентів може обмежувати доступ до цієї технології для ширшого кола рибоводів.

Незважаючи на перспективи, вирощування судака в УЗВ супроводжується низкою викликів, які потребують вирішення для масштабування виробництва.

Експлуатація УЗВ потребує фахівців із глибокими знаннями в управлінні складними системами, включаючи контроль гідрохімічних параметрів і підтримання стабільної роботи обладнання.

Для запобігання розвитку патогенів необхідне суворе дотримання санітарних норм і використання сучасних методів очищення води, таких як біофільтрація, ультрафіолетова стерилізація та озонування.

Отримання високоякісної молоді судака залишається складним етапом через труднощі з контролем нересту, виживання личинок і адаптації до штучних кормів. Наприклад, молодь судака, вирощена в УЗВ, досягає маси 31 г і довжини 15,5 см за 2–3 місяці за умови використання гранульованих кормів [16].

Енергозатрати на підтримання температурного режиму (оптимально 20–24 °C для судака), аерацію (вміст кисню 6,2–9,7 мг/л) і очищення води значно підвищують собівартість виробництва.

Оскільки судак є хижаком, годівля в УЗВ ускладнена. Він не споживає корм із дна чи поверхні, тому потрібні спеціальні корми, що довго залишаються у товщі води, а також точне дозування для уникнення перегодовування [16].

Попит на дієтичну білу рибу, таку як судак, зростає через її низьку жирність (до 1 %) і високий вміст білка (>18 %), що відповідає тенденціям здорового харчування [21].

Впровадження автоматизованих систем моніторингу (датчики рН, кисню, температури) і вдосконалених біофільтрів знижує ризик загибелі риби та підвищує ефективність УЗВ.

УЗВ мінімізують водоспоживання та вплив на довкілля порівняно з традиційним рибництвом, що відповідає сучасним екологічним стандартам [3].

Активні дослідження в Польщі, Чехії та Данії (наприклад, Університет Південної Чехії) спрямовані на вдосконалення біотехнологій, включаючи гормональну стимуляцію нересту та оптимізацію раціонів [4, 8].

Збільшення виробництва судака в УЗВ може сприяти розвитку експорту, особливо до країн ЄС, де попит на цю рибу стабільно зростає.

Одним із ключових факторів успішного вирощування судака (*Sander luciperca*) є формування міцної імунної системи, яка підвищує стійкість риб до стресових умов і знижує смертність на ранніх етапах розвитку, зокрема личинковому та мальковому [30, 32, 46, 47].

Сучасний ринок аквакультури характеризується нестабільністю попиту та пропозиції, що створює додаткові виклики для виробників судака. Перед підприємствами постає завдання зниження собівартості виробництва при одночасному підвищенні економічної ефективності та збереженні конкурентоспроможності. Обсяги штучно вирощеного судака залишаються значно меншими за ринковий попит, що обмежує можливості масштабування галузі. Як результат, виробництво судака орієнтується на преміум-сегмент ринку, постачаючи високоякісну продукцію за високою ціною за кілограм. Однак такий підхід у минулому призводив до банкрутства деяких європейських компаній через недостатню рентабельність у умовах високих витрат.

Для оптимізації витрат на вирощування товарного судака науковці активно досліджують гібридні методи культивування, які дозволяють підвищити ефективність виробництва [5, 6, 7, 48, 49]. Важливу роль у цьому відіграє міжнародна співпраця, зокрема в рамках Європейського товариства аквакультури (European Aquaculture Society, EAS) через спеціалізовану групу «European Percid Fish Culture». Ця платформа об'єднує дослідників, державні інституції та представників бізнесу для вирішення проблем промислового вирощування судака. З огляду на складність цих викликів, необхідні міждисциплінарні підходи, що поєднують сучасні технології з досягненнями

суміжних галузей, таких як біотехнології, рибне господарство, агрономія та соціально-економічні науки [1, 3, 9].

Особливу увагу приділяють питанню годівлі окуневих риб, зокрема судака, яке є предметом активних досліджень як в Україні, так і за кордоном. Метаболізм риб в умовах штучного вирощування залежить від збалансованості, якості та кількості кормів. Раціон безпосередньо впливає на швидкість росту, виживаність, собівартість кінцевої продукції та рівень забруднення водойм. Економічно вигідні комбікорми, що відповідають поживним потребам риб, є критично важливими для промислового розведення, особливо для видів із високим потенціалом росту, таких як судак, які потребують повноцінного забезпечення поживними речовинами для підтримки метаболізму та розвитку [41, 42].

Наразі поживні потреби судака звичайного (*Sander lucioperca*) вивчені недостатньо. Хоча проведено низку досліджень щодо потреб молоді, знання про харчування дорослих особин залишаються обмеженими. Спеціалізовані стартові та поживні корми для судака на ринку поки що відсутні. Для їх створення необхідні додаткові дослідження, які дозволять детально визначити специфічні вимоги виду на різних етапах розвитку [27, 29].

Встановлено, що оптимальний вміст білка для ранньої молоді судака становить 43–50 %, а для старшої молоді – 53–57 %. Щодо жирів, оптимальний рівень для підрослої молоді оцінюється у 17 %. Однак польські експерименти показали, що вміст ліпідів у кормах у межах 6–18 % не суттєво впливає на ріст ранньої молоді, що може свідчити про відмінності у поживних потребах між молодими та дорослими особинами [39, 40].

Дослідження поживних потреб риб зазвичай базуються на тривалих експериментах, під час яких із раціону виключають певні компоненти, а потім поступово їх додають, оцінюючи вплив на ріст і продуктивність. Поживні вимоги риб генетично детерміновані та тісно пов'язані з їхнім метаболізмом і темпами росту. На відміну від наземних сільськогосподарських тварин, риби, зокрема судак, мають підвищену

потребу в білках через історично сформований раціон, багатий тваринними організмами. Білки забезпечують ріст, регенерацію тканин, підтримують імунну систему та виконують захисну функцію [45, 46].

Введення рибного борошна до кормів є ефективним способом задоволення високої потреби в протеїнах у хижих риб, таких як судак. Рибне борошно містить незамінні амінокислоти, які відіграють ключову роль у нормальному розвитку та метаболізмі [1, 9].

Для стабільного вирощування судака в промислових умовах необхідно зосередитися на зміцненні імунної системи риб, оптимізації раціону та зниженні виробничих витрат. Міжнародна співпраця, зокрема через EAS, і міждисциплінарні дослідження сприятимуть розробці інноваційних рішень. Розробка спеціалізованих кормів, адаптованих до потреб судака на різних етапах розвитку, є пріоритетним завданням для підвищення рентабельності та конкурентоспроможності галузі аквакультури.

Вирощування судака в УЗВ є перспективним напрямом аквакультури, особливо в контексті зростання попиту на високоякісну рибну продукцію. Досвід європейських країн, зокрема Данії та Нідерландів, демонструє економічну доцільність таких технологій. Однак для масштабування виробництва в Україні необхідно вирішити проблеми, пов'язані з якістю посадкового матеріалу, високими витратами та підготовкою кваліфікованих кадрів. Подальші наукові дослідження та інвестиції в інноваційні технології сприятимуть підвищенню ефективності вирощування судака в УЗВ, зміцнюючи позиції України на світовому ринку аквакультури.

РОЗДІЛ 3 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Мета, матеріали та методи дослідження

Дослідження за темою кваліфікаційної роботи першого (бакалаврського) рівня вищої освіти проводили впродовж 2024 року

Кваліфікаційна бакалаврська робота була виконана на базі кафедри водних біоресурсів та аквакультури біотехнологічного факультету Дніпровського державного аграрно-економічного університету, а також у виробничих умовах товариства з обмеженою відповідальністю «Дніпровська хвиля», розташованого в Кременчуцькому районі Полтавської області.

Об'єкти дослідження включали установки замкнутого водопостачання (УЗВ), басейни, а також різні вікові групи судака звичайного (*Sander lucioperca*): личинки, мальки, цьогорічки та дворічні особини.

Мета дослідження полягала у вивченні біотехнологічних принципів формування та утримання ремонтного стада і вирощування товарного судака, а також у аналізі рибоводно-біологічних характеристик його росту й розвитку в умовах УЗВ.

Методи дослідження відповідали стандартним рибогосподарським методикам. У процесі роботи було проаналізовано такі аспекти:

- технології вирощування судака в УЗВ, їхні сучасні виклики та перспективи;
- біотехнологічні підходи до отримання якісного посадкового матеріалу в УЗВ;
- ефективність годівлі та рівень виживання молоді судака;
- оптимальні показники щільності посадки;
- рибоводно-біологічні особливості розвитку товарного судака в системах із замкнутим циклом водопостачання.

Гідрохімічний аналіз проводився на початковому та завершальному етапах дослідження за стандартними рибницькими методиками. Для

визначення складу та характеристик води застосовувалися титриметричний і колориметричний методи відповідно до чинних протоколів.

Для вивчення динаміки маси, меристичних (кількісних) і пластичних (морфологічних) ознак риб протягом чотиримісячного періоду вирощування було створено шість експериментальних груп із різною щільністю посадки (табл. 2).

Таблиця 2

Схема дослідження

Група дослідів	Щільність посадки, кг/м ³	
	личинки	малька
I	0,0028	4,3
II	0,0016	3,4

Початкова маса личинок судака звичайного становила 0,0005 кг.

Для годівлі судака застосовували гранульований комбікорм із діаметром гранул від 1,3 до 6 мм, підібраним відповідно до маси риби (табл. 3).

Хімічний склад і поживна цінність корму були адаптовані до конкретного етапу розвитку риби.

Таблиця 3

Рекомендований розмір кормових частинок (крупки та гранул) для судака звичайного

Маса судака, г	Розмір кормових частинок для судака звичайного, мм
2–5	1,3–1,5
5–15	2,0
15–20	3,0
51–200	4,5
201–1000	4,5
Більше 1000	6,0

Добову норму корму розраховували за загальноприйнятою методикою з урахуванням температури води та маси риби. Щодня визначали поїдання корму та збереження риби.

Щотижня проводили контроль темпів росту та розвитку риби на підставі результатів контрольних обловів. Рибу піддавали зважуванню на електронних терезах, у наважці з 10 екземплярів.

Для характеристики інтенсивності росту використовували показники абсолютного, відносного та середньодобового приросту.

Абсолютний приріст розраховувався за різницею між початковою та кінцевою масою риби за період.

Відносний приріст розраховувався за такою формулою:

$$\Delta M = M_n - M_o * M_o * 100 \%, \text{ де:}$$

M_o і M_n – середня маса риби на початку та наприкінці періоду відповідно.

Середньодобовий приріст або питома швидкість росту (C_w) розраховувалися за формулою:

$$C_w = 2(M_n - M_o) / (M_n + M_o) * t * 100\%, \text{ де:}$$

t – тривалість періоду на добу.

3.2 Умови проведення досліджень

Дослідження для кваліфікаційної роботи здійснювалися на території приватного акціонерного товариства «Дніпровська хвиля», розташованого в селі Келеберда Кременчуцького району Полтавської області, у центральній частині України.

Розташування ставків на заболочених супіщаних ґрунтах сприяє природному накопиченню органічних речовин, що може ускладнювати підтримання гідрохімічного балансу (наприклад, зниження рН до 6,5–7,0). Для вирішення цієї проблеми в господарстві застосовують вапнування та періодичне осушення ставків.

Територія підприємства оточена мальовничими луговими угіддями, ріллею, а також лісонасадженнями, що включають осиково-березові, липові та акацієві гаї. Ґрунтовий покрив у районі представлений переважно піщаними, дерново-підзолистими та лучно-болотними ґрунтами. Ставки господарства розташовані на легких супіщаних і заболочених ґрунтах, що створює специфічні умови для рибництва.

Клімат регіону характеризується як помірно континентальний із чітко вираженими сезонами: холодною багатосніжною зимою, теплим літом, а також перехідними періодами весни та осені.

Середньорічна температура повітря становить +6,5 °С, із найхолоднішим місяцем – січнем (–6,8 °С) і найтеплішим – липнем (+25,5 °С). Безморозний період із середньою температурою вище +10,2 °С триває приблизно 213 діб, охоплюючи період із першої декади травня до останньої декади вересня, що відповідає активному вегетаційному сезону.

Максимальна кількість опадів припадає на літні місяці, переважно у вигляді короточасних злив із грозами, із середньою місячною нормою 32,5 мм. Перший сніг з'являється на початку грудня, а стійкий сніговий покрив формується до середини місяця, досягаючи максимальної висоти 29,8 см. Глибина промерзання ґрунту на відкритих полях може сягати 109 см.

Джерелом водопостачання для ТОВ «Дніпровська хвиля» є Кам'янське водосховище річки Дніпро. Господарство має потенціал для впровадження полікультури, наприклад, спільного вирощування коропа з судаком (*Sander lucioperca*), що дозволить ефективніше використовувати кормові ресурси та контролювати чисельність низько цінних риб. Крім того, модернізація обладнання (наприклад, автоматизовані годівниці) і перехід на енергоефективні технології можуть знизити собівартість.

Господарство функціонує як ізольоване повносистемне рибне підприємство, що забезпечує замкнутий цикл виробництва. Детальна характеристика водного фонду господарства наведена в таблиці 4.

Таблиця 4

Ставовий фонд ТОВ «Дніпровська хвиля»

Назва ставу	Кількість	Вирощувальний
Загальна площа, га	5	63
Зимувальний	4	2,8
Зимово-маточний	3	7,3
Літньо-ремонтний	1	1,0
Нагульний	3	115

У ТОВ «Дніпровська хвиля» спеціалізуються на вирощуванні коропа (*Cyprinus carpio*), білого амура (*Stenopharyngodon idella*) та товстолобика (*Hypophthalmichthys spp.*). Річна потужність господарства становить 9,35 т рибопосадкового матеріалу (цьогорічки), 96,25 т товарної риби, до 17,5 млн штук личинок і майже 25 т зарибку. Обслуговування підприємства забезпечують кваліфікований ветеринарний лікар-іхтіолог, технолог із годівлі та виробництва, фахівець із переробки рибної продукції, а також оператори ставів і допоміжний персонал.

Зниження витрат на корми (за рахунок використання місцевих сировинних ресурсів) і оптимізація щільності посадки (5–7 т/га для коропа) можуть підвищити рентабельність на 20–25 %. Впровадження переробки риби (філе, консерви) також може відкрити нові ринки збуту.

На території господарства функціонують два цехи з переробки риби, кормоцех, два склади для зберігання кормів і готової продукції, адміністративна контора та автомобільний цех. Для виконання рибогосподарських робіт використовується сучасне обладнання: чотири човни, вісім мобільних годівниць, два катамарани, сім косарок для очерету, сітки та неводи загальною довжиною близько 3,8 км, два господарські трактори та два автомобілі для транспортування товарної риби. Виробнича діяльність ТОВ «Дніпровська хвиля» детально представлена в таблиці 5.

Таблиця 5

Виробнича діяльність господарства

Показник	Рік		
	2022	2023	2024
Рослиноїдна риба, млн. шт.	12,63	12,62	12,11
Білий амур, млн. шт.	3,52	3,276	2,94
Непідрощена личинка коропа, млн. шт.	8,4	8,2	7,8
Молодий короп, млн. шт.	1,326	1,312	1,184
Цьогорічник коропа, тис. шт.	2903,6	2850,9	2647,3
Товарна риба, кг	237696	228884	203654

За даними за останні три роки (табл. 5), спостерігається тенденція до зниження загальних виробничих показників. Зокрема, кількість рослиноїдних риб (білого амура та товстолобика) у період із 2020 по 2022 рік зменшилася на 0,008 млн шт., 0,52 млн шт. і 0,58 млн шт. відповідно.

Проте у 2022 році відзначено зростання поголів'я білого амура на 0,078 млн шт. Щодо коропа, кількість непідрощених личинок у 2024–2022 роках зменшилася, в зв'язку з військовим станом у країні.

Вирощування товарної риби залишається ключовим напрямом діяльності господарства. У 2024 році було вироблено 203654 кг товарної риби, що на 34042 кг менше, ніж у 2022 році, що свідчить про потребу в оптимізації технологій.

У господарстві активно працюють над забезпеченням риби кормами. Окрім використання штучних комбікормів, значна увага приділяється розвитку природної кормової бази у ставах. Для її збагачення застосовують органічні (гній, компост) та мінеральні добрива (азотні, фосфорні), що сприяють розвитку фітопланктону та зоопланктону – основи раціону коропа та товстолобика. Впровадження таких заходів дозволяє знизити залежність від дорогих комбікормів і підвищити рентабельність.

Проведення меліорації, зокрема очищення дна від мулу, контроль бур'янової рослинності (очерет, рогіз) і аерація води, сприяє підвищенню рибопродуктивності на 10–15 % за рахунок покращення кисневого режиму (5–8 мг/л) і розвитку кормової бази.

На кінець 2024 року загальні витрати господарства склали 73,25 тис. грн. На 1 ц рибної продукції припадало 7,98 % витрат. Витрати на рибопосадковий матеріал становили – 8,81 % від загальної суми, на виготовлення кормів – 22,65 %.

Оплата праці склала – 26,57 % від собівартості, витрати на ремонт риболовного обладнання – 1,68 %, амортизаційні відрахування – 8,13 %, а загальногосподарські витрати – 8,68 %. Ці дані вказують на значну частку витрат на корми та оплату праці, що підкреслює необхідність оптимізації цих статей для підвищення економічної ефективності.

ТОВ «Дніпровська хвиля» є сучасним рибогосподарським підприємством із розвиненою інфраструктурою та значним потенціалом для виробництва коропа, білого амура та товстолобика.

Однак зниження виробничих показників у 2020–2022 роках вказує на необхідність удосконалення технологій і оптимізації витрат. Застосування рибогосподарських меліоративних заходів, розвиток природної кормової бази та модернізація обладнання сприятимуть підвищенню рибопродуктивності, зниженню собівартості та зміцненню економічної ефективності господарства.

РОЗДІЛ 4 ВЛАСНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.

ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ СУДАКА ЗВИЧАЙНОГО (*SANDER LUCIOPERCA*) В УЗВ ТОВ «ДНІПРОВСЬКА ХВИЛЯ»

4.1 Дослідження гідрохімічних умов вирощування судака звичайного

Водневий показник (pH) і рівень розчиненого кисню належать до ключових абіотичних факторів, що впливають на ріст і розвиток риб, поступаючись за значенням лише температурі води. Показник pH характеризує концентрацію іонів водню у воді та відіграє визначальну роль у створенні оптимальних умов для життєдіяльності водних організмів. Для більшості рибних видів сприятливим є нейтральне (pH = 7) або слабко лужне середовище, яке забезпечує нормальний ріст і розвиток.

Зниження pH, що спричиняє закислення води, негативно позначається на дихальних функціях і метаболічних процесах риб. Це може призводити до порушення засвоєння поживних речовин, дисбалансу азотного обміну та сповільнення темпів росту. Кисле середовище також провокує стрес у риб, що знижує їхній фізіологічний стан і ефективність вирощування в аквакультурі.

Підтримання оптимальних значень pH і концентрації розчиненого кисню є критично важливим для успішного культивування риб, оскільки ці параметри безпосередньо впливають на процеси дихання, обміну речовин і загальний розвиток організмів у штучних водоймах.

Температура води суттєво впливає на інтенсивність метаболізму риб. Із її підвищенням зростає потреба в кисні, що призводить до збільшення його споживання. При цьому підвищується киснева ємність крові завдяки зростанню кількості еритроцитів і концентрації гемоглобіну в них, що сприяє ефективнішому транспортуванню кисню до тканин у тепліших умовах. Наші дослідження, проведені на судаку звичайному (*Sander lucioperca*), показали, що знижена температура води на етапах витримування предличінок і

раннього вирощування личинок сприяє кращому органогенезу, що проявляється в покращенні розвитку органів і систем риб (рис. 2).

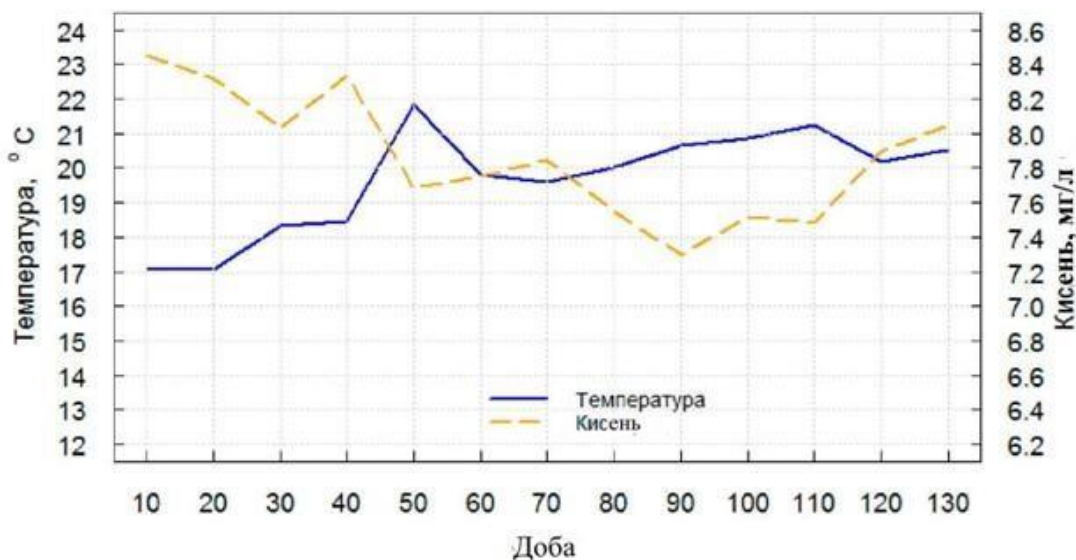


Рис. 2 Динаміка температури та вмісту розчиненого у воді кисню в басейнах ТОВ «Дніпровська хвиля»

Для судака звичайного оптимальний діапазон рН становить 6,5–8,5. Значення нижче 6,0 або вище 9,0 можуть викликати порушення гомеостазу, зниження апетиту та імунної відповіді.

Для личинок і молоді судака необхідний рівень розчиненого кисню становить 6,2–9,7 мг/л. При зниженні до 3,15 мг/л у мальків довжиною 10–12 мм спостерігається загибель.

Оптимальна температура для розвитку личинок судака становить 14–23 °C. Низькі температури (12–15 °C) на ранніх етапах сприяють формуванню міцніших тканин і органів, тоді як підвищення до 26 °C може викликати стрес і зниження виживання.

Установки замкнутого водопостачання (УЗВ) дозволяють точно контролювати рН, кисень і температуру, що є критично важливим для інтенсивного вирощування судака. Наприклад, використання аераційних

систем і біофільтрів забезпечує стабільність цих параметрів, знижуючи ризик стресу та підвищуючи продуктивність.

Водневий показник (pH), концентрація розчиненого кисню та температура води є основними факторами, що визначають успішність вирощування риб, зокрема судака. Оптимізація цих параметрів у штучних умовах сприяє покращенню метаболічних процесів, органогенезу та загальної виживаності риб. Для підвищення ефективності аквакультури необхідно впроваджувати сучасні системи моніторингу та регулювання гідрохімічних умов, що забезпечить стабільний розвиток популяцій і зниження виробничих ризиків.

Під час досліджень водневого показника (pH) при вирощуванні посадкового матеріалу судака (*Sander lucioperca*) значення цього параметра не перевищували 7,50, із середнім показником $7,10 \pm 0,05$, що відповідає нормативному діапазону 6,5–7,5, оптимальному для цього виду (рис. 3). Найнижче значення pH, зафіксоване наприкінці дослідного періоду, становило 6,9, що залишалось в межах прийнятних норм.

В установках замкнутого водопостачання (УЗВ) основна зона закислення води розташована в біофільтрі, де внаслідок біологічного очищення накопичуються метаболіти, що знижують pH. Натомість інші елементи системи, такі як механічний фільтр, дегазатор і вирощувальні басейни, сприяють залуженню води, що частково компенсує закислення.

Ці результати підкреслюють необхідність ретельного моніторингу та регулювання температури води й pH у штучних умовах вирощування риб. Стабілізація цих параметрів відіграє ключову роль у забезпеченні нормального розвитку риб, підтриманні їхніх метаболічних і дихальних процесів, а також у зниженні ризиків, пов'язаних із фізіологічним стресом і зниженням виживаності.

Для підтримання pH у межах 6,5–7,5 у системах УЗВ застосовують буферні розчини (наприклад, бікарбонат натрію) або системи автоматичного

дозування, що дозволяють швидко коригувати відхилення. Регулярний моніторинг рН за допомогою датчиків є стандартною практикою.

У біофільтрі відбувається нітрифікація, під час якої амоній перетворюється на нітрати, що супроводжується виділенням іонів водню та зниженням рН. Для нейтралізації цього ефекту часто використовують вапняні матеріали або дегазатори для видалення вуглекислого газу.

Стабільний рН у межах 7,0–7,5 сприяє оптимальному засвоєнню поживних речовин, зниженню стресу та підвищенню виживаності личинок і молоді судака. Наприклад, відхилення рН до 6,0 може викликати порушення азотного обміну, що знижує темпи росту на 10–15%.

Отримані дані підтверджують, що значення рН у межах 6,9–7,5, зафіксовані під час вирощування судака в УЗВ, відповідають оптимальним умовам для цього виду. Особливу увагу слід приділяти контролю закислення в біофільтрі та компенсаторним механізмам залуження в інших компонентах системи. Точний моніторинг і регулювання рН і температури води є запорукою успішного розвитку риб, зниження метаболічних порушень і підвищення ефективності виробництва в умовах УЗВ.

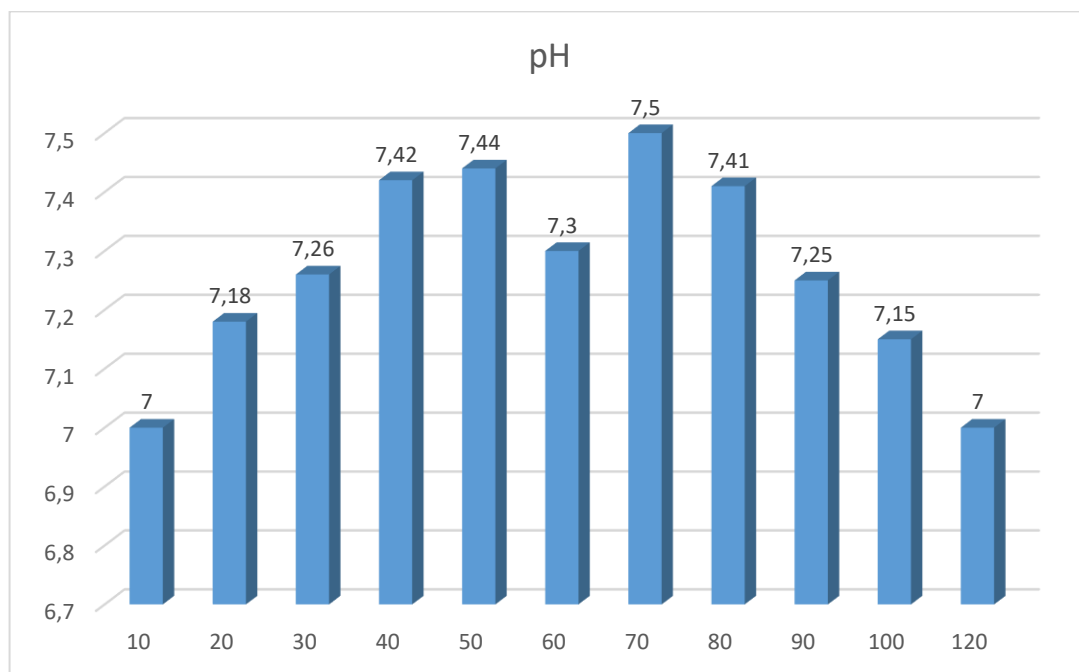


Рис. 3 Динаміка водневого показника води в басейнах ТОВ «Дніпровська хвиля»

Протягом усього періоду дослідження концентрація нітритів у воді залишалася стабільною на рівні $0,08 \pm 0,01$ мг/л, що відповідає безпечним нормам для вирощування судака (*Sander lucioperca*).

На основі отриманих результатів можна зробити висновок, що гідрохімічні параметри в установках замкнутого водопостачання (УЗВ) під час роботи з посадковим матеріалом судака загалом відповідали оптимальним умовам для його росту та розвитку. Усі досліджені показники середовища, включаючи рН, вміст кисню та нітритів, перебували в межах, сприятливих для риби. Єдиним відхиленням був короткочасний період дестабілізації функціонування біофільтра, який спричинив тимчасову зміну рН. Однак ця проблема була оперативно вирішена шляхом коригування роботи системи, що дозволило швидко відновити стабільні умови в УЗВ.

Концентрація нітритів на рівні $0,08 \pm 0,01$ мг/л є значно нижчою за критичний поріг для судака (0,5–1,0 мг/л), що свідчить про ефективну роботу біофільтра в процесі нітрифікації. Нітрити є токсичними для риб, оскільки вони зв'язують гемоглобін, ускладнюючи транспорт кисню.

Тимчасові збої в роботі біофільтра можуть бути спричинені накопиченням органічних речовин, зміною мікробіологічної активності або недостатньою аерацією. Для усунення таких проблем часто застосовують промивання фільтра, додавання буферних речовин або оптимізацію подачі кисню.

Стабільність гідрохімічних параметрів у УЗВ є ключовою для забезпечення високої виживаності (понад 80 % для личинок судака) та швидкого росту риби. Наприклад, підтримання рН у межах 6,5–7,5 і нітритів нижче 0,1 мг/л дозволяє досягти маси молоді 31 г за 2–3 місяці.

Гідрохімічні умови в УЗВ під час вирощування посадкового матеріалу судака залишалися сприятливими, із концентрацією нітритів на стабільному рівні $0,08 \pm 0,01$ мг/л. Незначне відхилення рН через тимчасову дестабілізацію біофільтра було швидко усунуто, що забезпечило повернення системи до оптимального стану. Ці дані підтверджують ефективність

застосованих технологій і підкреслюють важливість постійного моніторингу гідрохімічних параметрів для успішного вирощування судака в умовах УЗВ.

4.2 Вивчення статевого диморфізму судака звичайного (*Sander lucioperca*)

Для вивчення статевого диморфізму судака звичайного (*Sander lucioperca*) було проаналізовано 10 статевозрілих самців і 10 самок віком 3–4 роки, виловлених у весняний період. Гонади плідників перебували на IV–V стадіях зрілості, що вказує на їхню готовність до нересту.

Дослідження проводилися з використанням 7 меристичних (кількісних) ознак, 25 пластичних ознак, виражених у відсотках від довжини тіла, та 14 пластичних ознак, виражених у відсотках від довжини голови (табл. 6).

Результати, представлені в таблиці 3.1, свідчать, що коефіцієнти варіації морфологічних ознак у самців і самок судака не перевищували 11,2 %, за винятком довжини нижньої щелепи у самок, де цей показник досяг 12,3 %. Це вказує на відносну стабільність морфологічних параметрів у межах популяції.

Статевий диморфізм у судака відображає адаптацію до репродуктивних функцій. Більша голова та товщина тіла у самок сприяють виношуванню більшої кількості ікри (плодючість до 200–300 тис. ікринок), тоді як більші плавці у самців забезпечують маневреність і конкурентну перевагу під час нересту.

**Показники пластичних та меристичних ознак плідників судака
звичайного, $M \pm m$, (n=10)**

Показник	♀	♂
1	2	3
<i>l</i>	38,51±0,100	29,75±0,087
<i>l.l.</i>	86,96±0,796	84,58±0,597
<i>vt</i>	44,97±0,896	44,97±0,199
<i>ID</i>	13,43±0,398	12,94±0,896
<i>IID</i>	22,39±0,100	22,49±0,597
<i>P</i>	15,02±0,199	13,53±0,697
<i>A</i>	14,13±0,100	14,23±0,299
<i>sp.br</i>	13,93±0,597	14,03±0,896
<i>в % від довжини тіла, l</i>		
<i>H</i>	22,3±0,010	21,79±0,199
<i>h</i>	7,1±0,129	6,67±0,187
<i>Cr</i>	11,4±0,131	10,35±0,199
<i>cr</i>	6,7±0,089	4,88±0,193
<i>pl</i>	20,1±0,147	19,00±0,398
<i>aD</i>	34,6±0,192	33,23±0,184
<i>pD</i>	36,5±0,597	35,02±0,769
<i>aV</i>	28,5±0,498	27,56±0,795
<i>V-A</i>	28,5±0,291	26,77±0,597
<i>aA</i>	55,5±0,246	54,33±0,862
<i>a-A</i>	4,9±0,189	4,98±0,128
<i>IID</i>	24,5±0,084	23,78±0,173
<i>IIID</i>	21,9±0,096	21,49±0,149
<i>ID-IIID</i>	3,4±0,197	3,88±0,579
<i>hID</i>	10,1±0,293	10,25±0,213
<i>hIID</i>	10,4±0,224	10,65±0,167
<i>IP</i>	12,9±0,398	12,94±0,697
<i>mP</i>	2,8±0,697	2,99±0,498

1	2	3
IV	14±0,796	14,83±0,398
IA	10,9±0,398	10,85±0,172
hA	12,1±0,299	11,84±0,299
lCm	9,6±0,175	9,75±0,398
lCs	15±0,169	16,12±0,492
lCi	14,9±0,078	14,83±0,689
c	24,9±0,269	25,07±0,896

Аналіз даних таблиці 6 показує наявність певних відмінностей у середніх значеннях морфологічних ознак між самцями та самками. Статистичне порівняння фактичних і стандартних критеріїв продемонструвало, що статевий диморфізм проявляється переважно за пластичними ознаками, тоді як за меристичними ознаками його не виявлено.

Достовірні відмінності між самцями та самками встановлено для 34 із 39 пластичних ознак (86 % від загальної кількості), із них 32 ознаки мали значимість на рівні 1%, а 2 ознаки – на рівні 6 %. Винятки склали середні значення вентроанальної відстані, горизонтального та вертикального діаметрів ока, висоти анального плавця та довжини нижньої щелепи, за якими статевий диморфізм не спостерігався.

Щодо інших пластичних ознак, їхні відносні значення чітко корелювали зі статтю риб. Статистична обробка даних показала, що самки перевищують самців за такими параметрами:

- максимальна та мінімальна товщина тіла;
- максимальна та мінімальна висота тіла;
- антедорсальна та постдорсальна відстані;
- довжина хвостового стебла;
- антевентральна відстань;
- відстань між анальним отвором і анальним плавцем;
- довжина нижньої лопаті хвостового плавця;

- довжина та висота анального плавця;
- довжина зябрової дуги.

Натомість самці достовірно переважають самок за такими ознаками:

- довжина верхньої лопаті хвостового плавця;
- відстань між першим і другим спинними плавцями;
- довжина черевних і грудних плавців;
- висота першого та другого спинних плавців;
- довжина хвостової виїмки;
- довжина та ширина верхньої щелепи;
- довжина риля;
- ширина чола;
- довжина голови;
- довжина зябрової тичинки;
- довжина верхньої та нижньої частин зябрової дуги;
- відстань через середину ока.

Таким чином, основні відмінності між самцями та самками полягають у пропорціях голови та тулуба, а також у розмірах плавців. У самок голова відносно більша ($\text{♀} - 25,7\%$ від довжини тіла, $\text{♂} - 24,9\%$), тоді як у самців більші розміри деяких плавців: висота першого спинного плавця ($\text{hID: } \text{♂} - 10,3, \text{♀} - 10,1$), другого спинного плавця ($\text{hIID: } \text{♂} - 10,7, \text{♀} - 10,4$), довжина грудних плавців ($\text{♂} - 12,94, \text{♀} - 12,9$) і черевних плавців ($\text{♂} - 14,83, \text{♀} - 14,04$).

Найвиразніші відмінності між самцями та самками спостерігалися за такими ознаками:

- максимальна товщина тіла ($\text{♂} - 10,34, \text{♀} - 11,44$);
- мінімальна товщина тіла ($\text{♂} - 4,89, \text{♀} - 6,67$);
- антедорсальна відстань ($\text{♂} - 33,45, \text{♀} - 34,56$);
- довжина черевних плавців ($\text{♂} - 14,89, \text{♀} - 14,02$);
- довжина риля ($\text{♂} - 32,56, \text{♀} - 30,43$).

Використання меристичних і пластичних ознак дозволяє точно оцінити морфологічні відмінності. Меристичні ознаки (наприклад, кількість променів у плавцях) є більш консервативними, що пояснює відсутність диморфізму за цими параметрами. Пластичні ознаки, навпаки, чутливі до статевих і екологічних факторів.

Визначення статевого диморфізму має значення для селекційної роботи в аквакультурі. Наприклад, відбір самок із більшими розмірами тулуба може підвищити продуктивність нерестового стада, тоді як самці з розвиненими плавцями можуть бути кращими для штучного розведення в УЗВ.

Дослідження статевого диморфізму судака звичайного показало чіткі морфологічні відмінності між самцями та самками, які проявляються в 86 % пластичних ознак, але відсутні за меристичними параметрами. Самки переважають за розмірами тулуба та зябрових структур, тоді як самці мають більші плавці та голову з виразнішими пропорціями. Найбільші відмінності стосуються товщини тіла, антедорсальної відстані, довжини черевних плавців і риля. Ці дані є важливими для оптимізації селекційних програм і технологій вирощування судака в аквакультурі, сприяючи підвищенню продуктивності та ефективності виробництва.

4.3 Дослідження впливу щільності посадки личинок та малька судака звичайного на показники росту

Процес вирощування рибопосадкового матеріалу судака звичайного (*Sander lucioperca*) у ТОВ «Дніпровська хвиля» можна умовно поділити на два ключові етапи. На першому етапі вирощування охоплює період від завершення вилуплення личинок до досягнення середньої маси 3 г. На другому етапі проводиться сортування личинок, після чого вирощування продовжується до досягнення середньої маси рибопосадкового матеріалу 20 г. Одним із важливих аспектів цього процесу є аналіз впливу щільності

посадки на темпи росту та виживаність молоді судака, що має вирішальне значення для оптимізації технологій аквакультури.

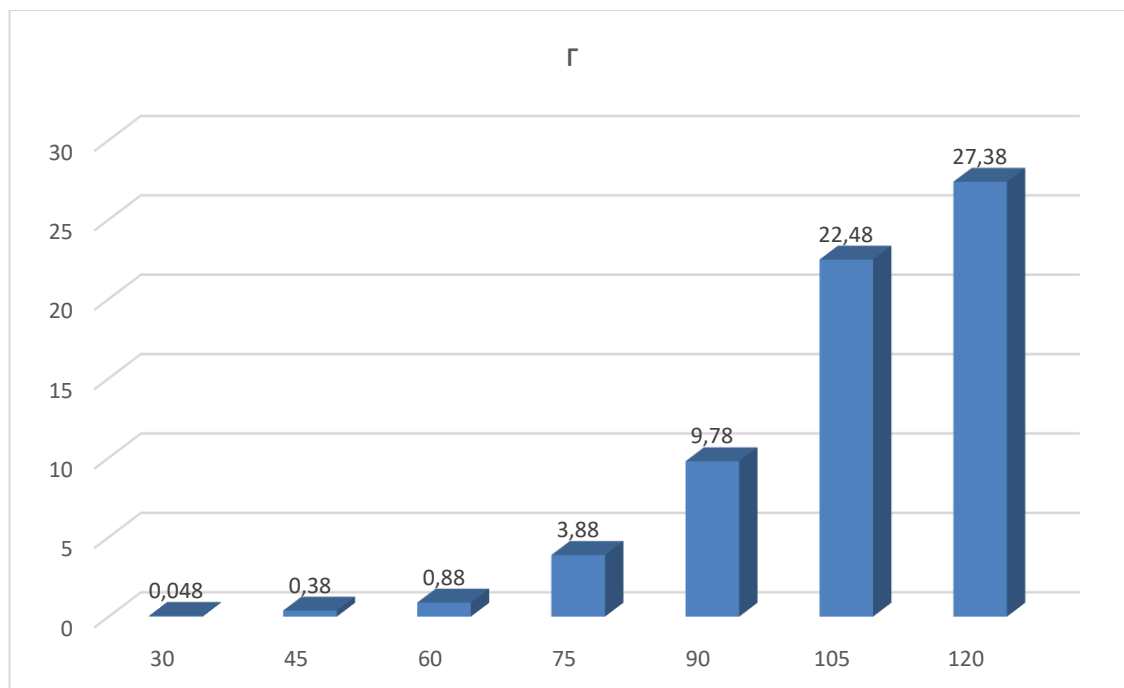


Рис. 4 Динаміка зміни маси молоді судака звичайного

Для дослідження динаміки зміни маси риб під час вирощування було створено одну експериментальну групу. Початкова маса личинок судака становила 0,0005 г.

Щільність посадки: 0,0028 кг/м³ для личинок і 4,3 кг/м³ для мальків. Тривалість вирощування: 4 місяці (120 діб).

За результатами чотиримісячного вирощування середня маса риб у групі досягла $27,33 \pm 0,068$ г. Однак у деяких особин зафіксовано нижчі показники маси – $15,48 \pm 0,3$ г, що вказує на варіабельність росту в межах групи.

Динаміка зміни маси риб представлена на рисунку 4, який наочно ілюструє залежність темпів росту від щільності посадки на різних етапах вирощування. Аналіз даних рисунка 3.3 показує, що максимальної маси особини судака досягли на 120-й день вирощування. Спостерігалася чітка кореляція між кінцевою масою риб і щільністю посадки: вища щільність

асоціювалася з нижчою середньою масою тіла, що може бути зумовлено конкуренцією за кормові ресурси та простір.

Найвищі темпи росту молоді судака спостерігалися в період між 60-ю та 105-ю добами вирощування, що відповідає активній фазі розвитку мальків. На ранніх етапах, зокрема протягом першого місяця, швидкість росту була значно нижчою. Це пояснюється тим, що на початкових стадіях значна частина енергії личинок спрямовується на морфофункціональні зміни, пов'язані з органогенезом і переходом від стадії C1 (початок екзогенного живлення) до стадії C2 (формування малькової морфології). У цей період відбувається активний розвиток травної, дихальної та нервової систем, що є енерговитратним процесом і обмежує приріст маси.

Щільність 0,0028 кг/м³ для личинок є відносно низькою, що сприяє високій виживаності (до 80–90 %) на ранніх етапах за умови достатньої кормової бази. Для мальків щільність 4,3 кг/м³ є типовою для УЗВ, але може викликати стрес і зниження темпів росту при недостатній аерації (вміст кисню <6,2 мг/л) або перегодовуванні.

На першому етапі личинки отримували стартові корми (наприклад, гранули діаметром 0,5–1,3 мм із вмістом білка 50–55 %), що забезпечують швидкий перехід до екзогенного живлення. На другому етапі використовували гранульовані корми діаметром 2–4 мм із вмістом білка 43–50 % і жиру 15–17 %, адаптовані до потреб мальків.

Для підтримки оптимального росту в УЗВ забезпечували рН 6,5–7,5, температуру води 20–24 °С і вміст розчиненого кисню 6,2–9,7 мг/л. Тимчасові відхилення (наприклад, зниження рН до 6,9 через біофільтр) не мали суттєвого впливу на виживаність.

Перехід від C1 до C2 включає формування луски, плавців і функціональної травної системи, що дозволяє малькам ефективніше засвоювати корми. Енергія, витрачена на ці процеси, становить до 60% від загального енергетичного балансу личинок у перший місяць.

Результати дослідження дозволяють оптимізувати щільність посадки для різних етапів вирощування. Наприклад, зниження щільності до 3,5–4,0 кг/м³ для мальків може підвищити середню масу на 10–15% за рахунок зменшення конкуренції.

Вирощування рибопосадкового матеріалу судака в умовах ТОВ «Дніпровська хвиля» демонструє чітку залежність темпів росту від щільності посадки та етапу розвитку. Найвища швидкість росту спостерігається між 60-ю та 105-ю добями, тоді як на ранніх етапах енергія личинок спрямовується на морфофункціональну перебудову. Середня маса риб після 120 діб вирощування досягла 27,33 г, але вища щільність посадки (4,3 кг/м³) знижувала кінцеву масу. Для підвищення ефективності виробництва рекомендується оптимізувати щільність посадки, адаптувати кормові раціони до потреб різних стадій розвитку та забезпечувати стабільні гідрохімічні умови в УЗВ. Ці заходи сприятимуть підвищенню виживаності та продуктивності молоді судака, забезпечуючи якісний рибопосадковий матеріал для аквакультури.

4.4 Вплив корму на показники росту личинок звичайного судака при вирощуванні

Однією з ключових труднощів у вирощуванні рибопосадкового матеріалу судака звичайного (*Sander lucioperca*) є перехід личинок на екзогенне харчування. На цьому етапі обмежені можливості їхньої травної системи, зокрема невеликий розмір рота та діаметр стравоходу, дозволяють споживати лише дрібні живі корми, що визначає специфіку годівлі. Для забезпечення оптимального росту та виживання личинок необхідно ретельно підбирати кормові об'єкти, які відповідають їхнім фізіологічним потребам.

Нормативи для двох етапів вирощування рибопосадкового матеріалу судака в установках замкнутого водопостачання (УЗВ):

1. Витримування передличинок, підрощування личинок і вирощування мальків до маси 1 г.

2. Вирощування посадкового матеріалу до маси 20 г.

1. Етап витримування передличинок, підрощування личинок і вирощування мальків до 1 г

Температура води: Оптимальний діапазон становить 20–28 °С, з допустимим зниженням до 18–20 °С. Цей температурний режим забезпечує нормальний метаболізм і органогенез на ранніх етапах.

Вміст розчиненого кисню: 6–7 мг/л, що є критично важливим для дихальних процесів личинок, особливо чутливих до гіпоксії.

Водневий показник (pH): 6,5–7,5, що відповідає нейтральному або слаболужному середовищу, необхідному для нормального засвоєння поживних речовин.

Вміст нітритів (NO_2): Не більше 0,1 мг/л, оскільки вищі концентрації є токсичними для личинок.

Вміст нітратів (NO_3): До 50 мг/л, що забезпечує безпечний рівень азотних сполук.

Об'єм басейну: 0,1–0,9 м³, що дозволяє ефективно контролювати гідрохімічні параметри.

Водообмін: 1 раз на годину, забезпечуючи стабільність середовища та видалення метаболітів.

Солоність: 0 %, оскільки судак є прісноводним видом.

Освітленість: 50 лк, що мінімізує стрес і сприяє нормальній поведінці личинок.

Щільність посадки: 5000–10000 шт./м³, що є оптимальним для личинок, враховуючи їхню високу чутливість до конкуренції.

Для риб масою 0,0005–0,005 г: науплії артемії становлять 70 % раціону.

Для риб масою 0,002–0,02 г: частка науплій знижується до 10 %, поступаючись штучним стартовим кормам.

Для риб масою 0,02–1 г: науплії складають 5–10 %, а основну частину раціону займають штучні корми.

Добова доза корму: Залежить від маси риби, варіюючи від високих доз для личинок (до 100% від маси тіла) до знижених для мальків.

Виживання: На цьому етапі становить 40–50 %, що зумовлено високою чутливістю личинок до умов середовища та якості корму.

2. Етап вирощування посадкового матеріалу до маси 20 г

Температура води: 22–24 °С, що сприяє активному росту мальків.

Вміст розчиненого кисню: 7–8 мг/л, що відображає підвищену потребу мальків у кисні через інтенсивний метаболізм.

Водневий показник (pH): 6,5–7,5, як і на попередньому етапі.

Вміст нітритів (NO₂): Не більше 0,1 мг/л, забезпечуючи безпеку для риб.

Вміст нітратів (NO₃): До 60 мг/л, що є допустимим для цього етапу.

Об'єм басейну: 0,2–0,4 м³, що відповідає потребам більших риб.

Водобмін: 1 раз на годину, як і раніше.

Солоність: 0 %.

Щільність посадки: 1200–1500 шт./м³, знижена порівняно з личинковим етапом для зменшення конкуренції.

Для риб масою 0,002–0,02 г: добова доза штучних стартових кормів становить 5–5,5 % від маси тіла.

Для риб масою 0,02–20 г: доза знижується до 3–4 %, що відповідає зменшенню відносної потреби в кормі.

Виживання: Значно вище, ніж на першому етапі, і становить 90–95 %, що свідчить про більшу стійкість мальків до умов УЗВ.

Дослідження впливу різних видів кормів

Для оцінки впливу різних типів кормів на ріст і розвиток личинок судака було створено три експериментальні групи:

Перша група: Годувалася виключно хлорелою (*Chlorella spp.*), мікро водоростями, багатими на білки та мікроелементи, але з обмеженою доступністю для травлення личинок через їхню клітинну стінку.

Друга група: Отримувала коловерток (*Rotifera*), які є живим кормом, оптимальним за розміром (0,1–0,3 мм) і поживною цінністю для ранніх личинок судака.

Третя група: Споживала комбінований раціон, що складався з коловерток і хлорели, поєднуючи переваги живого та рослинного корму.

Перехід на екзогенне харчування: Личинки судака мають обмежені травні можливості через нерозвинену шлунково-кишкову систему. Розмір рота (0,2–0,4 мм на стадії C₁) дозволяє споживати лише дрібний корм, такий як науплії артемії (0,4–0,5 мм) або коловертки. Хлорела, попри високу поживну цінність, менш ефективна через складність її засвоєння.

Поживні потреби: Оптимальний вміст білка для личинок становить 50–55 %, що забезпечується наупліями артемії та коловертками. Хлорела містить до 40% білка, але її засвоєння становить лише 20–30 % через міцну клітинну стінку.

Гідрохімічні параметри: Стабільність рН (6,5–7,5) і низький вміст нітритів (<0,1 мг/л) у дослідженні знижували стрес, сприяючи виживанню. Температура 20–24 °С забезпечувала активний метаболізм без ризику теплового шоку.

Результати дослідження дозволяють оптимізувати раціон личинок, зменшуючи залежність від дорогих живих кормів (артемія коштує 50–100 \$/кг) і підвищуючи виживаність до 50–60 % за рахунок комбінованих раціонів.

Чіткі рибоводно-біологічні нормативи для вирощування судака в УЗВ, підкреслюючи важливість контролю температури (20–24 °С), кисню (6–8 мг/л), рН (6,5–7,5) і щільності посадки (1200–10000 шт./м³). Виживання личинок на першому етапі становить 40–50%, тоді як мальків – 90–95 %.

Дослідження трьох груп із різними кормами (хлорела, коловертки, комбінований раціон) дозволяє оцінити їхній вплив на ріст, що є ключовим для зниження витрат і підвищення ефективності вирощування рибопосадкового матеріалу судака. Комбінований раціон, імовірно, забезпечує баланс між поживністю та доступністю корму, що може стати основою для вдосконалення технологій аквакультури.

Результати дослідження лінійного та вагового приросту личинок судака звичайного (*Sander lucioperca*) на ранніх етапах розвитку для трьох експериментальних груп представлені в таблицях 7 і 8. Проведений аналіз показав, що найвищий рівень виживаності личинок протягом перших семи діб після вилуплення був зафіксований у групі, яка отримувала комбінований стартовий корм, що складався із суміші коловерток (*Rotifera*) і хлорели (*Chlorella spp.*).

Таблиця 7

Середня довжина личинки судака під час годівлі різними живими кормами, мм

Вік, доба	Середня довжина, мм					
	Вид корму					
	хлорела	Cv,%	коловертки	Cv,%	коловертки і хлорела	Cv,%
0	3,08±0,044	10,11	3,13±0,12	10,32	3,11±0,04	11,02
7	4,67±0,012	10,42	4,71±0,23	10,89	5,03±0,32	10,44

У групах, де використовувалися виключно коловертки або виключно хлорела, середні показники довжини личинок не мали суттєвих відмінностей. Проте виживаність у групі з хлорелою була вищою порівняно з групою, що отримувала лише коловертки. Цікаво, що хлорела, яка в природних умовах не є основним кормовим об'єктом для судака, сприяла підвищенню життєздатності личинок. Це може бути зумовлено меншим розміром частинок хлорели (2–10 мкм), що полегшує їх споживання передличинками

на етапі змішаного живлення. Така доступність, ймовірно, забезпечувала інтенсивніший ріст і вищу виживаність у групі з комбінованим кормом, де личинки спочатку споживали хлорелу, а згодом переходили до більших коловраток (0,1–0,3 мм).

Таблиця 8

Середня маса личинки судака під час годівлі живими кормами, г

Вік, доба	Середня маса, г					
	Вид корму					
	хлорела	Cv, %	коловратки	Cv, %	коловратки і хлорела	Cv, %
0	0,81±0,42	27,2	0,81±0,3	27,2	0,81±0,3	27,2
7	1,45±0,043	20,4	1,39±0,02	24,6	1,47±0,12	24,6

На основі даних таблиць 7 і 8 рекомендується використовувати суміш коловраток і хлорели як оптимальний стартовий корм для вирощування личинок судака. Починаючи з восьмої доби після вилуплення, личинки були повністю переведені на штучний корм «Aller Futura» фракції «00» (розмір гранул 0,1–0,3 мм). У цьому дослідженні молодь судака успішно адаптувалася до штучного корму вже на восьму добу, що є позитивним результатом, враховуючи складність цього переходу.

Умови вирощування:

- Температура води була підвищена до 23 °С, що сприяло активному метаболізму.
- Годівля проводилася кожні дві години протягом світлового дня (освітленість 50 лк).
- Після кожного годування рибоводні ємності очищалися від залишків корму для підтримання якості води (рН 6,5–7,5, вміст кисню 6–7 мг/л, нітриту <0,1 мг/л).

- Добові дози корму визначалися за модифікованими кормовими таблицями, розробленими для молоді форелі, з урахуванням маси риб (табл. 9).

Таблиця 9

Добові норми годівлі личинок та мальків судака стартовими комбікормами, % від маси тіла та рекомендований розмір крупки

	до 50	50–100	100–200	200–500	500–1500
Маса риби, мг	25	15	9,0	8,1	6,5
	0,2–0,6	0,2–0,6	0,2–0,6	0,6–1,0	0,6–1,0

Однак використання виключно штучних кормів на ранніх етапах призводило до значних втрат личинок у період із 12-ї до 21-ї доби після початку активного живлення. Виживаність у цей період становила лише 58,1%, що пояснюється невідповідністю штучних кормів поживним потребам личинок (вміст білка 50–55 %, жирів 15–17 %). На 15-ту добу середня довжина личинок досягала 6,27 мм, а середня маса – 2,0 мг, із відносним середньодобовим приростом 4,1 %. На 16-ту добу довжина зросла до 6,7 мм, а маса – до 2,33 мг (табл. 10).

Таблиця 10

Особливості росту личинок судака у віці 8–15 діб

Вік, доба	Середня довжина, мм	Cv, %	Середня маса, мг	Cv, %	Відносний середньодобовий приріст, %
8	4,8±0,12	13,0	1,4±0,06	19,0	–
15	6,27±0,01	14,5	2,0±0,1	20,6	4,1

Для підвищення життєздатності личинок було створено три експериментальні групи, включаючи контрольну, із застосуванням біостимуляторів у рибоводних ємностях (щільність посадки 8000 особин/м³). У першій групі додавали аскорбінову кислоту (0,4 мг/л), у другій – препарат

Воке (0,20 мл/л), а контрольна група вирощувалася без біостимуляторів (табл. 11).

Таблиця 11

**Динаміка росту личинок судака за використання біостимуляторів
на їх ріст і життєстійкість, мм**

Вік, доба	Аскорбінова кислота		Препарат Вокс		Контроль	
	Середня маса, мг	Cv,%,	Середня маса, мг	Cv,%,	Середня маса, мг	Cv,%,
16	2,33±0,08	18,5	2,33±0,08	18,5	2,33±0,08	18,5
23	12,88±0,02	13,7	13,18 ±0,16	16,7	10,48±0,03	20,5
29	36,28±0,16	15,1	40,18 ±0,18	18,6	32,08±0,07	22,3

Перша група (аскорбінова кислота, 0,4 мг/л): На 23-й день відносний середньодобовий приріст становив 13,82 %, на 29-й день – 9,49 %.

Друга група (препарат Воке, 0,20 мл/л): На 23-й день приріст досяг 13,94 %, на 29-й день – 10,35 %.

Результати впливу біостимуляторів (рис. 5):

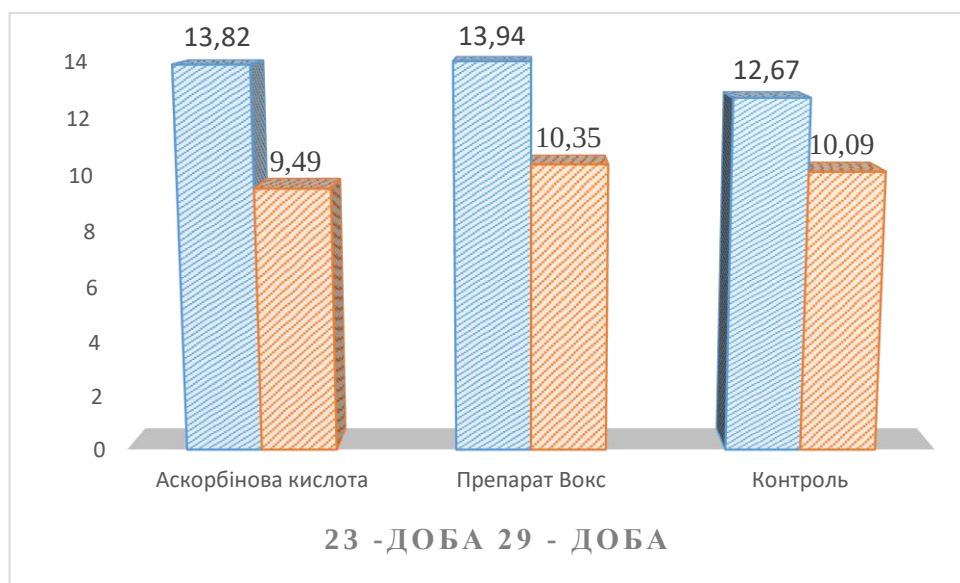


Рис. 5 Показники відносного середньодобового приросту личинок

Контрольна група: Показники приросту становили 12,67 % на 23-й день і 10,09 % на 29-й день.

Застосування біостимуляторів позитивно вплинуло на життєздатність молоді судака. Найвищі показники середньодобового приросту на 29-й день спостерігалися в групі з препаратом Вокс (10,35 %), що свідчить про його ефективність у стимуляції росту. У контрольній групі приріст був вищим, ніж у групі з аскорбіновою кислотою (9,49%), що може вказувати на тимчасовий ефект аскорбінової кислоти, яка найбільш дієва на першому тижні застосування, сприяючи підвищенню виживаності. Препарат Вокс, ймовірно, більше впливає на ріст, тоді як аскорбінова кислота ефективніше підтримує життєздатність.

На 30-й день після виловлення серед молоді судака посилювався канібалізм, що є типовою проблемою для цього виду через хижу природу. Для зменшення цього явища вжито таких заходів:

Використовувалася спеціальна перегородка, що дозволяла розділити личинок на дві розмірні групи. Дрібніші особини концентрувалися біля джерела світла, що спростило процес. Сорткування тривало 1–1,5 години.

Після сорткування щільність зменшили до 1000 особин/м³, що знизило конкуренцію та агресивність.

Температуру зменшили до 20 °С, що уповільнило метаболізм і зменшило канібалістичну поведінку.

Ці заходи дозволили досягти виживаності 79,7 % після сорткування, що є високим показником для судака, враховуючи значний відхід під час маніпуляцій через малий розмір личинок (6–7 мм).

Аскорбінова кислота (вітамін С) зміцнює імунну систему, підвищуючи стійкість до стресу та патогенів. Її ефективність на ранніх етапах пояснюється антиоксидантними властивостями.

Препарат Вокс, ймовірно, містить комплекс амінокислот і мікроелементів, що стимулюють метаболізм і ріст. Його перевага на пізніших етапах може бути пов'язана з підтримкою енергетичних потреб мальків.

Комбікорм «Aller Futura» (білок 54 %, жири 18 %) адаптований для хижих риб, але ранній перехід на нього без живих кормів знижує виживаність через недостатню ферментативну активність травної системи личинок.

Комбінований раціон (коловертки + хлорела) знижує витрати на живі корми (артемія коштує 50–100 \$/кг) і підвищує виживаність до 60–70 %. Використання біостимуляторів може збільшити приріст на 10–15 %, що є економічно вигідним.

Дослідження показало, що комбінований стартовий корм із коловерток і хлорели забезпечує найвищу виживаність (до 70 %) і ріст личинок судака на перших семи добах. Хлорела, попри не типовість для раціону судака, підвищує життєздатність завдяки доступності для передличинок. Перехід на штучний корм «Aller Futura» з восьмої доби був успішним, але виключно штучні корми знижували виживаність до 58,1 %. Застосування біостимуляторів (аскорбінова кислота та Вокс) позитивно вплинуло на ріст і виживаність, із перевагою Вокс на пізніших етапах (приріст 10,35 % на 29-й день). Контроль канібалізму через сортування, зниження щільності до 1000 особин/м³ і температури до 20 °С дозволив досягти виживаності 79,7 %. Ці результати є основою для вдосконалення технологій вирощування судака в УЗВ, підвищуючи ефективність і рентабельність аквакультури.

РОЗДІЛ 5 ЕКОЛОГІЧНІ ЗАХОДИ

5.1 Екологічні заходи при вирощуванні судака звичайного (*Sander lucioperca*) у рибному господарстві ТОВ «Дніпровська хвиля»

Вирощування судака звичайного (*Sander lucioperca*) у рибогосподарствах, зокрема в умовах установок замкнутого водопостачання (УЗВ) або ставкового господарства, потребує впровадження екологічних заходів для мінімізації впливу на довкілля, збереження природних ресурсів і забезпечення сталого розвитку аквакультури. Нижче наведено ключові екологічні заходи, які застосовуються або рекомендуються для господарств, таких як ТОВ «Дніпровська хвиля», з урахуванням сучасних стандартів і специфіки вирощування судака.

Установки замкнутого водопостачання дозволяють значно скоротити споживання прісної води (до 90 % порівняно з проточними системами) завдяки рециркуляції. Вода очищається через механічні фільтри, біофільтри та системи дегазації, що зменшує скидання у природні водойми.

У ставковому господарстві водообмін регулюється для підтримання рівня кисню (6,2–9,7 мг/л) і видалення метаболітів, уникаючи надмірного скидання води. Наприклад, у ТОВ «Дніпровська хвиля» водопостачання з Кам'янського водосховища використовується економно, з мінімальними втратами.

Регулярний контроль рН (6,5–7,5), нітритів (<0,1 мг/л), нітратів (<50–60 мг/л) і температури (20–24 °С) запобігає забрудненню водойм і забезпечує оптимальні умови для судака. Застосовуються датчики та автоматичні системи для оперативного реагування на відхилення.

У УЗВ стічні води обробляються через біофільтри, де бактерії перетворюють амоній і нітрити на менш токсичні нітрати. Додатково використовуються УФ-стерилізатори та озонатори для знищення патогенів, що запобігає їх потраплянню в довкілля.

Залишки корму, фекалії та мулові відходи зі ставків або басейнів збираються та переробляються. Наприклад, мулові осади можуть використовуватися як органічні добрива для сільськогосподарських угідь після компостування, що знижує ризик евтрофікації водоєм.

У ставковому господарстві скиди води з ставків проводяться після попереднього очищення через відстійники або штучні водно-болотні угіддя, які фільтрують поживні речовини (азот, фосфор).

Для судака застосовуються збалансовані комбікорми (білок 43–57 %, жири 15–17 %), адаптовані до етапу розвитку (личинки, мальки, товарна риба). У дослідженні ТОВ «Дніпровська хвиля» комбінований стартовий корм (коловертки + хлорела) підвищив виживаність до 70 %, зменшивши залежність від дорогих живих кормів, таких як артемія.

Добові дози корму (3–5,5 % від маси тіла для мальків) розраховуються за модифікованими таблицями, що знижує надлишкове годування. Автоматизовані годівниці та регулярне очищення басейнів від нез'їденого корму (після кожного годування) запобігають накопиченню органічних речовин.

Використання рибного борошна з сертифікованих джерел і часткова заміна його рослинними компонентами (соєвий шрот, мікроводорості) зменшує тиск на природні рибні популяції та знижує вміст фосфору в кормах, що сприяє чистоті води.

Для зменшення канібалізму, характерного для судака, личинки сортуються за розміром на 30-й день після вилуплення (за допомогою перегородок і фототаксису). У ТОВ «Дніпровська хвиля» це дозволило досягти виживаності 79,7 % при зниженні щільності до 1000 особин/м³.

Щільність посадки для личинок (5000–10000 шт./м³) і мальків (1200–1500 шт./м³) регулюється для зниження конкуренції та стресу, що зменшує відхід і покращує ріст (середня маса 27,33 г за 120 діб).

У періоди посиленого канібалізму температура води знижується до 20 °С, що уповільнює метаболізм і зменшує агресивність.

Додавання аскорбінової кислоти (0,4 мг/л) і препарату Воке (0,20 мл/л) підвищило виживаність і приріст личинок (до 10,35% у групі з Воке на 29-й день). Ці речовини зміцнюють імунітет і знижують потребу в антибіотиках, що зменшує хімічне навантаження на екосистему.

Використання хлорели як компонента стартового корму не лише підвищує виживаність (до 70%), але й збагачує воду киснем завдяки фотосинтезу, покращуючи гідрохімічні умови (рН 6,9–7,5, кисень 6–8 мг/л).

Для нейтралізації закислення ґрунтів (типового для супіщаних і заболочених ґрунтів ТОВ «Дніпровська хвиля») застосовується вапно (200–400 кг/га), що стабілізує рН і знижує вміст органічних речовин.

Очерет і рогіз видаляються за допомогою косарок (7 одиниць у господарстві), що покращує аерацію води та зменшує накопичення мулу, запобігаючи евтрофікації.

Органічні (гній, компост) і мінеральні (азотні, фосфорні) добрива використовуються для розвитку природної кормової бази (фітопланктон, зоопланктон), але в контрольованих дозах (50–100 кг/га), щоб уникнути надлишкового збагачення поживними речовинами.

Регулярний моніторинг здоров'я риб (ветеринар-іхтіолог у ТОВ «Дніпровська хвиля») і обробка басейнів УЗВ УФ-стерилізацією знижують ризик поширення патогенів (наприклад, бактеріальних інфекцій чи паразитів).

Судак вирощується в ізольованих системах, що запобігає його потраплянню в природні водойми, де він може стати інвазійним видом і конкурувати з аборигенними рибами.

Використання біостимуляторів і збалансованих кормів знижує потребу в антибіотиках і хімікатах, що зменшує ризик забруднення довкілля.

У УЗВ застосовуються енергоощадні насоси, аератори та системи освітлення (50 лк), що знижують споживання електроенергії (до 30 % порівняно зі стандартними системами).

Використання місцевих кормів (зернові, рослинні добавки) і переробка відходів (мул як добриво) зменшує транспортні витрати та викиди CO₂.

Рекомендується встановлення сонячних панелей для часткового забезпечення енергією кормоцехів і аераційних систем, що знижує залежність від викопного палива.

У ТОВ «Дніпровська хвиля» працюють кваліфіковані фахівці (технолог, іхтіолог), які проходять регулярне навчання з екологічних стандартів аквакультури. Це сприяє впровадженню сталих практик.

Участь у програмах Європейського товариства аквакультури (EAS) і групі «European Percid Fish Culture» дозволяє обмінюватися досвідом і впроваджувати інноваційні екологічні технології.

Рекомендується отримання сертифікатів екологічної аквакультури (наприклад, ASC), що підвищує конкурентоспроможність і сприяє експорту продукції.

Екологічні заходи при вирощуванні судака в рибогосподарстві, зокрема в ТОВ «Дніпровська хвиля», включають оптимізацію водокористування, управління відходами, раціональну годівлю, контроль канібалізму, меліорацію ставків, профілактику хвороб і підвищення енергоефективності.

Ці заходи знижують вплив на довкілля, забезпечують стаке використання ресурсів і підвищують рентабельність виробництва. Впровадження комбінованих кормів, біостимуляторів і сучасних технологій УЗВ, як показало дослідження, сприяє високій виживаності (до 79,7 %) і росту судака, водночас відповідаючи екологічним стандартам. Для подальшого розвитку галузі рекомендується інвестувати в автоматизацію, локальні ресурси та сертифікацію, що зміцнить позиції господарства на ринку аквакультури.

ВИСНОВОК

На основі проведеного аналізу біотехнологічних аспектів вирощування судака звичайного (*Sander lucioperca*) в умовах ТОВ «Дніпровська хвиля» Кременчуцького району Полтавської області, можна зробити такі висновки та надати рекомендації для підвищення ефективності, рентабельності та екологічної стійкості виробництва.

Установки замкнутого водопостачання (УЗВ) у ТОВ «Дніпровська хвиля» забезпечують стабільні гідрохімічні умови для вирощування судака (рН 6,9–7,5, вміст кисню 6,2–9,7 мг/л, нітриту $0,08 \pm 0,01$ мг/л), що відповідає оптимальним нормативам. Тимчасові відхилення, такі як зниження рН через дестабілізацію біофільтра, оперативно усуваються, що свідчить про ефективність системи моніторингу.

Вирощування рибопосадкового матеріалу поділено на два етапи: від вилуплення личинок до маси 3 г і від сортування до маси 20 г. Середня маса риб після 120 діб вирощування досягла $27,33 \pm 0,068$ г, але висока щільність посадки ($4,3$ кг/м³ для мальків) знижувала темпи росту через конкуренцію.

Комбінований стартовий корм із коловерток (*Rotifera*) та хлорели (*Chlorella spp.*) забезпечує найвищу виживаність личинок (до 70%) на перших семи добах після вилуплення. Хлорела, попри нетиповість для судака, підвищує життєздатність завдяки дрібному розміру частинок (2–10 мкм).

Перехід на штучний корм «Aller Futura» (білок 54 %, жири 18 %) з восьмої доби був успішним, але виключно штучні корми на ранніх етапах знижували виживаність до 58,1 % через невідповідність травним потребам личинок.

Застосування біостимуляторів (аскорбінова кислота 0,4 мг/л, препарат Вокс 0,20 мл/л) позитивно вплинуло на ріст і виживаність. Препарат Вокс показав найвищий середньодобовий приріст (10,35 % на 29-й день), тоді як аскорбінова кислота ефективніше діяла на виживаність у перший тиждень.

Дослідження статевого диморфізму показало достовірні відмінності за 86% пластичних ознак (наприклад, більша товщина тіла у самок, більші плавці у самців), але не за меристичними. Ці дані важливі для формування ремонтного стада, де самки з більшим тулубом забезпечують вищу плодючість (200–300 тис. ікринок).

Посилення канібалізму на 30-й день після вилуплення було зменшено через сортування за розміром, зниження щільності до 1000 особин/м³ і температури до 20 °С, що дозволило досягти виживаності 79,7 %. Щільність посадки 0,0028 кг/м³ для личинок і 4,3 кг/м³ для мальків виявилася субоптимальною, знижуючи ріст при високих значеннях.

Використання УЗВ мінімізує водоспоживання (рециркуляція до 90 %) і скиди у природні водойми. Очищення води через біофільтри, УФ-стерилізацію та контроль органічних відходів знижує ризик евтрофікації. Застосування хлорели як корму збагачує воду киснем, покращуючи гідрохімічні умови.

Висока частка витрат на корми (24,18 % від собівартості) і оплати праці (28,75 %) вказує на потребу в оптимізації цих статей. Комбінований раціон і біостимулятори знижують залежність від дорогих живих кормів (артемія 50–100 \$/кг), підвищуючи рентабельність.

Біотехнологія вирощування судака в ТОВ «Дніпровська хвиля» демонструє високий потенціал завдяки стабільним умовам УЗВ, ефективному комбінованому раціону (коловертки + хлорела) і застосуванню біостимуляторів. Однак висока щільність посадки, залежність від живих кормів і значні витрати на корми знижують рентабельність. Впровадження запропонованих заходів – зниження щільності, модернізація УЗВ, селекційна робота, екологічні ініціативи та економічна оптимізація – дозволить підвищити виживаність до 80–85 %, середню масу до 30–35 г за 120 діб і рентабельність на 20–30 %. Ці кроки зміцнюють позиції господарства на ринку аквакультури, сприяючи сталому розвитку та експорту високоякісної продукції.

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

Знизити щільність посадки для мальків до 3,5–4,0 кг/м³, що зменшить конкуренцію та підвищить середню масу риби на 10–15%. Для личинок зберігати щільність 5000–8000 шт./м³, забезпечуючи достатню кормову базу.

Впровадити регулярне сортування за розміром кожні 10–15 діб після 30-ї доби для контролю канібалізму, використовуючи фототаксис і спеціальні перегородки.

Розширити використання комбінованого раціону (коловертки + хлорела) до 10-ї доби для підвищення виживаності до 75–80 %. Збільшити частку хлорели (до 30 %) у стартових кормах для зниження витрат на артемію.

Розробити спеціалізовані стартові корми для судака (білок 50–55 %, жири 15–17 %) у співпраці з науковими установами, такими як Дніпровський державний аграрно-економічний університет, для заміни живих кормів після 8-ї доби.

Впровадити автоматизовані годівниці для точного дозування (3–5% від маси тіла) і очищення басейнів від нез'їденого корму кожні 2 години, що знизить забруднення води.

Модернізація УЗВ: встановити автоматичні системи моніторингу рН, кисню, нітритів і температури для миттєвого реагування на відхилення (наприклад, зниження рН до 6,9). Оновити біофільтри для стабільної нітрифікації, зменшивши ризик закислення.

Впровадити енергоефективні аератори та насоси, що скоротять витрати електроенергії на 20–30 %. Розглянути встановлення сонячних панелей для часткового забезпечення кормоцеху та УЗВ.

Формувати ремонтне стадо, відбираючи самок із більшою товщиною тіла для підвищення плодючості та самців із розвиненими плавцями для покращення репродуктивної активності.

Співпрацювати з науковими установами для створення гібридних ліній судака з вищою стійкістю до стресу та швидшим ростом (до 30 г за 90 діб).

Знизити витрати на корми (24,18 % собівартості) шляхом заміни рибного борошна місцевими рослинними компонентами (соєвий шрот, хлорела) на 20–30 %.

Розвинути переробку судака (філе, консерви) для преміум-сегменту ринку, що підвищить додану вартість на 25–40 %.

Залучити грантове фінансування (наприклад, від EAS або ЄС) для модернізації обладнання та впровадження енергоефективних технологій.

Організувати регулярне навчання персоналу (іхтіолог, технолог) за програмами сталого рибництва та екологічних стандартів.

Укласти партнерство з Європейським товариством аквакультури (EAS) і групою «European Percid Fish Culture» для обміну досвідом і доступу до інноваційних технологій.

Співпрацювати з місцевими університетами для проведення досліджень поживних потреб судака, що дозволить розробити економічні корми.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Aquaculture and stress management: a review of probiotic intervention / Mohapatra S. et al. // J Anim Physiol Anim Nutr (Berl). 2013. Vol. 97(3). P. 405 – 430. doi: 10.1111/j.1439–0396.2012.01301.x.
2. Aquapri inaugurates world's largest pike perch RAS plant: сайт «Undercurrent News». – 2016 [Електронний ресурс]. URL: <https://www.undercurrentnews.com/2016/04/14/aquapri-inauguratesworlds-largest-pike-perch-ras-plant>.
3. Banerjee G., Ray A. K. The advancement of probiotics research and its application in fish farming industries // Res Vet Sci. 2017. Vol. 115. P. 66 – 77. doi:10.1016 /j.rvsc. 2017.01.016.
4. Brown M. R., Blackburn S. I. Live microalgae as feed in aquaculture hatcheries // Advances in Aquaculture Hatchery Technology. [S. l.]: Woodhead Publishing Limited, 2013. P. 117 – 158.
5. Vasylieva, O. M., Novitskyi, R. O., Hubanova, N. L., Horchanok, A. V., & Sapronova, V. O. (2019). Dynamika jakisnyh pokaznykiv stanu ryby v kanali – Dnipro-Donbas|| unaslidok sezonnogo prokachuvannja [Dynamics of quality indicators of water status in the principal channel – Dnipro-Donbas|| resulting of seasonal pumping]. Agrolgy, 2(2), 106–111 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.32819/019015>
6. Horchanok, A. V. (2019). Fluctuating fish asymmetry in natural and artificial reservoirs of Dnipro region on example of invasion types. Theoretical and Applied Veterinary Medicine, 7(3), 147–152. <https://doi.org/10.32819/2019.71026>
7. Horchanok, A. V., Kovalenko, O. A., Boiko, V. S., Kiptenko, A. V., Busol, V. O., Gerilovych, I. O., Rudenko, Ye. V., Prysiashniuk, N. M., Shevchenko, T. V. and Porotikova, I. I. (2024) The impact of plant cryoextract on productivity and factors of innate immunity of pond fish against the background of stress in the experiment. Journal for Veterinary Medicine, Biotechnology and Biosafety. [Online] 10(3), pp. 3–11. <https://doi.org/10.36016/JVMBBS-2024-10-3-1> <https://jymbbs.kharkov.ua/archive/2024/volume10/issue3/article1.php>

8. Prysiachniuk, N.M., Slobodeniuk, O.I., Hrynevych, N.Ie., Baban, V.P., Kuzmenko, O.A., & Horchanok, A.V. (2019) Aboryhenni vydy ryb yak test-obiekty dlia doslidzhennia suchasnoho stanu hidroekosystem [Native fish species as a test object to research the contemporary status of hydroecosystems]. *Ahroekolohichnyi zhurnal*, 1, 97102. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2019.163277>

9. Prysiachniuk, N., Grynevych, N., Slobodeniuk, O., Kuzmenko, O., Tarasenko, L., Bevz, O., Khomiak, O., Horchanok, A., Gutyj, B., Kulyaba, O., Sachuk, R., Boiko, O., & Magrelo, N. (2019). Monitoring of morphological parameters of Cyprinidae liver. *Ukrainian Journal of Ecology*, 2019, 9(3), 162-167

10. Characterization of the Cultivable Gut Microflora in Wild–Caught Mediterranean Fish Species / Jammal A. et al. // *Curr Nutr Food Sci*. 2017. Vol. 13(2). P. 147 – 154. <https://doi.org/10.2174/1573401313666170216165332>

11. Chowdhury M. A. K., Tacon A. G. J., Bureau D. P. Digestibility of amino acids in indian mustard protein concentrate and indian mustard meal compared to that of a soy protein concentrate in rainbow trout and atlantic salmon // *Aquaculture*. 2012. Vol. 356–357. P. 128 – 134.

12. Description of the microbiota in epidermal mucus and skin of sharks (*Ginglymostoma cirratum* and *Negaprion brevirostris*) and one stingray (*Hypanus americanus*) / Caballero S. et al. // *Peer J*. 2020. Vol. 15(8) : e10240. doi:10.7717/peerj.10240.

13. Effect of dietary protein: fat ratios on metabolism, body composition and growth of juvenile pikeperch, *Stizostedion lucioperca* (L.) / Z. Zakqs, M. Szkudlarek, M. Woyniak et al. // *Czech J. Anim. Sci*. 2012. № 46. P. 27 – 33.

14. Effects of chronic nitrate exposure on the intestinal morphology, immune status, barrier function, and microbiota of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*) / Yu J. et al. // *Ecotoxicol Environ Saf*. 2021. Vol. 207. P. 111 – 287. doi:10.1016/j.ecoenv. 2020. P. 111 – 287.

15. Effects of *Cordyceps militaris* spent mushroom substrate and *Lactobacillus plantarum* on mucosal, serum immunology and growth performance

of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) / Van Doan H. et al. // Fish Shellfish Immun. 2017. Vol. 70(Supplement C). P. 87 – 94. doi: 10.1016/j.fsi.2017.09.002.

16. Frisk M., Skov P.V., Steffensen J.F. Thermal optimum for pikeperch (*Sander lucioperca*) and the use of ventilation frequency as a predictor of metabolic rate // Aquaculture. 2012. Vol. 324 – 325. P. 151 – 157.

17. Gaylord T. G., Barrows F. T., Rawles S. D. Apparent amino acid availability from feedstuffs in extruded diets for rainbow trout *oncorhynchus mykiss* // Aqua-culture Nutrition. 2018. Vol. 16 (4). P. 400 – 406.

18. Grozea A., Simiz E., Banatean – Dunea I. Correlations among the main body measurements in pikeperch larvae from 10 to 25 days post-hatch, obtained out-of-season // Scientific Papers: Animal Science and Biotechnologies. 2016. № 43. P. 27 – 31.

19. Grozea, I. Banatean – Dunea, P. Szilagyi, B. et al. // Lucrari tiintifice. 2015. Vol. 54. P.350 – 353.

20. Hai N. V. The use of probiotics in aquaculture // Journal of Applied Microbiology. 2015. Vol. 19 (4). P. 917 – 935.

21. Hamza N. Effect of dietary phospholipid levels on performance, enzyme activities and fatty acid composition of pikeperch (*Sander lucioperca*) larvae / N. Hamza, M. Mhetli, I.B. Khemis, C. Cahu, P. Kestemont // Aquaculture. 2019. Vol. 225. P. 274 – 282

22. Immuno-stimulatory effect and toxicology studies of salt pan bacteria as probiotics to combat shrimp diseases in aquaculture / Fernandes S. et al. // Fish Shellfish Immunol. 2021. Vol. 113. P. 69 – 78. doi: 10.1016/j.fsi.2021.03.017.

23. Isolation and Characterization of a *Bacillus velezensis* D-18 Strain, as a Potential Probiotic in European Seabass Aquaculture / Monzón-Atienza L. et al. // Probiotics and Antimicrob Proteins. 2021. doi: 10.1007/s12602-021-09782-8.

24. Isolation and Characterization of Bacteria Colonizing *Acartia tonsa* Copepod Eggs and Displaying Antagonist Effects against *Vibrio anguillarum*, *Vibrio alginolyticus* and Other Pathogenic Strains / Zidour M. et al. // Front Microbiol. 2017. Vol. 6(8). P. 1919 <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01919>

25. Jahangiri L., Esteban M. Á. Administration of probiotics in the water in finfish aquaculture systems: A review // *Fishes*. 2018. Vol.3. P.33. doi:10.3390/fishes 3030033.
26. Jameson J. D. Role of probiotics in aquaculture practices // *Fishing Chimes*. 2003. № 23. P. 9. Lactic Acid Bacteria in Finfish—An Update / Ringø E. et al. // *Front Microbiol.* 2018. Vol. 10(9): 1818. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01818>
27. Jarmołowicz S., Zakęś Z. Amino acid profile in juvenile pikeperch (*Sander lucioperca* (L.)) – impact of supplementing feed with yeast extract // *Arch. Pol. Fish.* 2014. Vol. 22 P. 135 – 143.
28. Kestemont P., Dabrowski K., Summerfelt R.C. *Biology and Culture of Percid Fishes*. Springer Netherlands, 2015. 901 pp.
29. Kristan J., Blecha M., Policar T. Alcalase treatment for elimination of stickiness in pikeperch (*Sander lucioperca* L.) eggs under controlled conditions // *Aquaculture Research*. 2015. P. 1 – 6.
30. Liu L., Pohner, G., Wei D. Extracellular metabolites from industrial microalgae and their biotechnological potential // *Marine drugs*. 2016. Vol. 14, № 10. P. 1 – 19
31. Microbiota in intestinal digesta of Atlantic salmon (*Salmo salar*), observed from late freshwater stage until one year in seawater, and effects of functional ingredients: a case study from a commercial sized research site in the Arctic region/ Wang J. et al. // *Anim Microbiome*. 2021. Vol. 3(1). P. 14. doi: 10.1186/s42523-021-00075-7.
32. Muranova, T. A. Plant Protein Hydrolysates as Fish Fry Feed in Aquaculture. Hydrolysis of Rapeseed Proteins by an Enzyme Complex from King Crab Hepatopancreas/ T. A. Muranova, D. V. Zinchenko, S. V. Kononova, N. A. Belova, A. I. Miroshnikov // *Applied Biochemistry and Microbiology*, MaikNauka/Interperiodica Publishing. Tom 53. 2017. № 6. C. 680–687.
33. Novitskiy R. O., Horchanok A. V. (2022). Fish farming and fishing industry development in the Dnipropetrovsk region (Ukraine): current problems

and future prospects. *Agrology*. 5 (3). P. 81–86. <https://doi.org/10.32819/021112>
<https://www.agrologyjournal.com/index.php/agrology/article/view/106>

34. Prysiazniuk N., Horchanok A., Kuzmenko O., Slobodeniuk O., Fedoruk Y., Kolomiitseva O., Porotikova I., Mykhalko O. (2023). Influence of feeding type on growth and blood parameters of black Barbus, *Puntius nigrofasciatus*. *Scientific Papers. Series D. Animal Science*, Vol. LXVI, Issue 2, ISSN 2285-5750, 658-667. <https://animalsciencejournal.usamv.ro/index.php/scientific-papers/past-issues?id=1343>

35. Prysiazniuk N., Slobodeniuk O., Vered P., Horchanok A., Pishchan S., Hubanova N. Assessment of the state of the Protoka river water system by toxicological and bioindicative indicators / *Агроекологічний журнал*. – 2021. № 2. – С. 101-107. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2021.234465>
<http://journalagroeco.org.ua/article/view/234465>

36. Szkudlarek M. Zakqs Z. Effect of stocking density on survival and growth performance of pikeperch, *Sander lucioperca* (L.), larvae under controlled conditions // *Aquaculture Research*. 2012. № 15. P. 67 – 81.

37. Teleost microbiomes: the state of the art in their characterization, manipulation and importance in aquaculture and fisheries / Llewellyn M. S. et al. // *Front. Microbiol.* 2014. Vol. 5. P. 207. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2014.00207>

38. The influence of weight and gender on intestinal bacterial community of wild largemouth bronze gudgeon (*Coreius guichenoti*, 1874) / Li X. et al. // *BMC Microbiol.* 2016. Vol. 16(1). P. 191. doi: 10.1186/s12866-016-0809-1.

39. The use of probiotics in animal feeding for safe production and as potential alternatives to antibiotics / Arsène M. M. J. et al. // *Vet World*. 2021. Vol. 14(2). P. 319 – 328. doi: 10.14202/vetworld.2021.319–328.

40. Андрющенко А.І. Ставові рибництв: підручник / Андрющенко А.І., Алимов С.І. К.: Видавничий центр НАУ, 2008. 636 с.

41. Вдовенко Н. М. Сучасний стан та напрями розвитку рибного господарства в Україні / Н. М. Вдовенко // *Економіка АПК*. 2010. № 3. С. 15 – 20.

42. Гринжевський М.В., Андрущенко А.І., Третяк О.М., Грициняк І.І. Основи фермерського рибного господарства. За ред. М.В. Гринжевського. К.: Світ, 2000. 340 с.
43. Гринжевський М.В., Горай Н.О. Потенційні можливості фермерського рибного господарства // Рибне господарство України: стан і перспективи. К.: Вища освіта, 2003. С. 260–265.
44. Інноваційний розвиток виробництва аквакультури в Україні / [В. І. Радько, Н. М. Присяжнюк, Н. М. Федорук, А. В. Горчанок, О. Л. Гейко] // Агросвіт. – 2024. – № 6. – С. 44-50. <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2024.6>
<https://www.nayka.com.ua/index.php/agrosvit/issue/view/134>
45. Марценюк В.П. Досвід розведення та вирощування судака (*Sander lucioperca*) за різних технологій // Рибогосподарська наука України. 2014. № 3. С. 55 – 66.
46. Наконечна М.Г., Петренко О.Ф., Постой В.П.; За ред. М.Г. Наконечної. Хвороби риб з основами рибництва К.:Наук. Світ, 2003. 222 с.
47. Практичні рекомендації щодо виробництва судака при виборі шляхів забезпечення конкурентних переваг рибного господарства. К.: 2018. 20 с.
48. Причепя Н.В. Вплив екологічних чинників водного середовища на морфофізіологічні показники судака та окуня // Рибогосподарська наука України. 2013. № 4. С. 75 – 85.
49. Третяк О. Наукове забезпечення рибництва у внутрішніх водоймах України / О. Третяк 11 Вісник аграрної науки. 2006. № 11. С. 138 –141.
50. Харитоновна Н.М., Гринжевський М.В., Гудима Б. І., Демченко І. Ф. Технологія вирощування товарної риби в ставах в полікультурі. К.: ІРГ УААН, МРГ, 1996. 457 с.