

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Біотехнологічний факультет

Спеціальність 207 Водні біоресурси та аквакультура

Другий (магістерський) рівень вищої освіти

Допускається до захисту:

Завідувач кафедри

водних біоресурсів та аквакультури

д. б. н., проф. _____ Роман НОВІЦЬКИЙ

« ____ » _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти Магістр на тему:

ДИНАМІКА ФІЗІОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

МОЛОДІ КОРОПА ЗВИЧАЙНОГО (*CYPRINUS CARPIO*)

ЗА ВИКОРИСТАННЯ МІКРОВОДОРОСТІ *CHLORELA VULGARIS*

Здобувач

другого (магістерського)

рівня вищої освіти

_____ Юрій КОКІН

Керівниця кваліфікаційної роботи,

к. б. н., доцент

_____ Марина ГОРІЛА

Дніпро – 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Біотехнологічний факультет
Кафедра водних біоресурсів та аквакультури
Спеціальність 207 Водні біоресурси та аквакультура

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри,

д. б. н, проф. _____ Роман НОВІЦЬКИЙ

« ____ » _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Юрію Олександровичу КОКІНУ

НА ТЕМУ «Динаміка фізіологічних показників молоді коропа звичайного (*Cyprinus carpio*) за використання мікроводорості *Chlorella vulgaris*»

Затверджена наказом ректора університету від 05.11.2025 р. № 3317

1. Термін здачі здобувачем закінченої роботи до: 12.12.2025 р.

2. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: Кваліфікаційна робота містить 52 сторінки машинописного тексту, вміщує 12 рисунків, складається з розділів: вступу, огляду літератури, матеріалу та методики досліджень, результатів власних досліджень («Аналіз змін фізіологічного стану молоді коропа звичайного *Cyprinus carpio* у культуральному середовищі *Chlorella vulgaris*»), заходів з охорони навколишнього середовища, охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях, висновків та рекомендацій, списку використаної літератури (81 джерело, з яких 36 англомовних).

3. Перелік питань, що розробляються в роботі: дослідити експериментально зміни фізіологічного стану молоді коропа звичайного *Cyprinus carpio* у культуральному середовищі *Chlorella vulgaris*.

Консультанти з роботи із зазначенням розділів роботи:

| Розділ 5. | Консультант | Підпис | Дата |
|---|-------------|-------------------|---------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях | | | |

Дата видачі завдання: « ____ » _____ 20 ____ р.

Керівник _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи | Термін виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|---|--------------------------------|----------|
| 1. | Мета і завдання роботи | Серпень 2025 р. | |
| 2. | Матеріал і методика досліджень | Серпень 2025 р. | |
| 3. | Робота з літературними джерелами для написання огляду літератури | Вересень 2025 р. | |
| 4. | Здійснення експериментальних досліджень (постановка дослідів). Інтерпретація результатів. | Вересень-листопад 2025 р. | |
| 5. | Написання кваліфікаційної роботи відповідно до встановлених вимог | Вересень-грудень 2025 р. | |
| 6. | Підготовка та оформлення доповіді на захист | Грудень 2025 р. | |
| 7. | Попередній захист на кафедрі | Грудень 2025 р. | |

Студент-дипломник _____

Юрій КОКІН

Керівниця _____

Марина ГОРІЛА

АНОТАЦІЯ

кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти Магістр студента II курсу навчання кафедри водних біоресурсів та аквакультури заочної форми навчання біотехнологічного факультету ДДАЕУ

Юрія Олександровича КОКІНА

«Динаміка фізіологічних показників молоді коропа звичайного (*Cyprinus carpio*) за використання мікродорості *Chlorella vulgaris*»

Магістерська кваліфікаційна робота присвячена вивченню динаміки фізіологічних показників молоді коропа звичайного (*Cyprinus carpio*), який утримується в культуральному середовищі зеленої мікродорості *Chlorella vulgaris*. Актуальність теми зумовлена зростаючим у світі попитом на культивування водорості, яка крім харчових для риб властивостей, може мати позитивний вплив на здоров'я риб, темпи їх росту, покращення захисних характеристик шкіри тощо.

Метою роботи є вивчення динаміки фізіологічних показників молоді коропа звичайного (*Cyprinus carpio*) за використання мікродорості *Chlorella vulgaris*.

Для досягнення поставленої мети необхідно було виконати наступні завдання:

- здійснити аналіз вітчизняної та зарубіжної літератури з питань технологій культивування зелених водоростей (на прикладі *Chlorella vulgaris*), утримання та годівлі риб в акваріумальних умовах;

- здійснити експериментальне дослідження з утримання молоді коропових риб в акваріумальних умовах, оцінити динаміку їх фізіологічних показників в контролі та експериментальних умовах за застосування культури *Chlorella vulgaris*;

- оцінити вплив культури зеленої водорості хлорели на темпи росту молоді коропа звичайного, реакції шкірного покриву риб у культурі *Chlorella vulgaris*;

-здійснити аналіз та узагальнення отриманих даних, підготувати кваліфікаційну дипломну роботу.

Кваліфікаційна робота містить 52 сторінки машинописного тексту, вміщує 12 рисунків, складається з розділів: вступу, огляду літератури, матеріалу та методики досліджень, результатів власних досліджень («Аналіз змін фізіологічного стану молоді коропа звичайного *Cyprinus carpio* у культуральному середовищі *Chlorella vulgaris*»), заходів з охорони навколишнього середовища, охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях, висновків та рекомендацій, списку використаної літератури (81 джерело, з яких 36 англомовних).

Ключові слова: хлорела *Chlorella vulgaris*, короп звичайний, молодь риб, експеримент, утримання, акваріумальні умови.

ЗМІСТ

| | |
|---|-----------|
| ВСТУП..... | 7 |
| РОЗДІЛ 1 ЗЕЛЕНІ МІКРОВОДОРОСТІ (<i>CHLOROPHYTA</i>), ЇХ ЕКОЛОГІЧНА ТА ГОСПОДАРСЬКА ХАРАКТЕРИСТИКА (огляд літератури)..... | 9 |
| 1.1 Загальна характеристика зелених мікрободоростей..... | 9 |
| 1.2 Мікрободорість <i>Chlorella vulgaris</i> та чинники, які впливають на її життєдіяльність..... | 11 |
| 1.3 Сучасне використання мікрободоростей <i>Chlorophyta</i> | 15 |
| РОЗДІЛ 2 МАТЕРІАЛ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ..... | 21 |
| РОЗДІЛ 3 ВЛАСНІ ДОСЛІДЖЕННЯ. АНАЛІЗ ЗМІН ФІЗІОЛОГІЧНОГО СТАНУ МОЛОДІ КОРОПА ЗВИЧАЙНОГО <i>CYPRINUS CARPIO</i> У КУЛЬТУРАЛЬНОМУ СЕРЕДОВИЩІ <i>CHLORELLA VULGARIS</i>..... | 25 |
| 3.1 Вплив культурального середовища <i>Chlorella vulgaris</i> на фізіологічний стан молоді коропа звичайного..... | 25 |
| 3.2 Вплив культури мікрободорості <i>Chlorella vulgaris</i> на регенерацію шкірного покриву коропа звичайного..... | 30 |
| РОЗДІЛ 4 ЗАХОДИ З ОХОРОНИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА..... | 37 |
| РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ..... | 39 |
| ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ..... | 43 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ..... | 45 |

ВСТУП

На сьогодні мікроводорості є перспективними об'єктами для здійснення різних наукових досліджень в галузі біохімії, генетики, біофізики, космічної біології. Вони активно культивуються в десятках країн світу, перш за все у Китаї, Філіпінах, Тайвані, В'єтнамі, Японії, США, Чехії, Франції, Італії, Болгарії та інших країнах. Зелені водорості (*Chlorophyta*) – найчисленніша група водоростей, які характеризуються значною мінливістю форм, розмірів та забарвлення [68]. Ще у середині ХХ століття, на базі досліджень учених США, Китаю та Німеччини, були запропоновані методики масового культивування (розведення) таких водоростей. На початку 1960-х років у Японії розпочали отримувати культивовану хлорелу *Chlorella vulgaris*, яка швидко «знайшла» свою нішу у тваринництві, фармацевтичній промисловості, екологічних заходах з очищення природних та штучних водойм [50].

Численними дослідженнями науковців світу [13, 48, 73, 78, 79 та ін.] доведено корисність *Chlorella vulgaris* для підтримання якості прісних водойм, для рибництва, виробництва препаратів, біопалива, медицини та косметології. За вмістом поживних речовин ця мікроводорість перевершує пшеницю і майже тотожна м'ясу тварин. Саме тому хлорела – один з важливих інгредієнтів системи дотримання здорового способу життя [60, 79 та ін.].

Метою роботи є вивчення динаміки фізіологічних показників молоді коропа звичайного (*Cyprinus carpio*) за використання мікроводорості *Chlorella vulgaris*.

Об'єктами досліджень є молодь коропа звичайного *Cyprinus carpio*, зелена водорість *Chlorella vulgaris*.

Предметом досліджень є фізіологічний стан *Cyprinus carpio* у культурі *Chlorella vulgaris*.

Для досягнення поставленої мети необхідно було виконати наступні завдання:

- здійснити аналіз вітчизняної та зарубіжної літератури з питань технологій культивування зелених водоростей (на прикладі *Chlorella vulgaris*), утримання та годівлі риб в акваріумальних умовах;

- здійснити експериментальне дослідження з утримання молоді коропових риб в акваріумальних умовах, оцінити динаміку їх фізіологічних показників в контролі та експериментальних умовах за застосування культури *Chlorella vulgaris*;

- оцінити вплив культури зеленої водорості хлорели на темпи росту молоді коропа звичайного, реакції шкірного покриву риб у культурі *Chlorella vulgaris*;

- здійснити аналіз та узагальнення отриманих даних, підготувати кваліфікаційну дипломну роботу.

РОЗДІЛ 1 ЗЕЛЕНІ МІКРОВОДОРОСТІ (*CHLOROPHYTA*), ЇХ ЕКОЛОГІЧНА ТА ГОСПОДАРСЬКА ХАРАКТЕРИСТИКА

(огляд літератури)

Зелені водорості *Chlorophyta* є широко поширеною групою як у водних, так і в наземних умовах. Різні види цих мікрowodоростей мають вражаюче розмаїття форм, розмірів, забарвлення [68]. Наприклад, клітинна різноманітність представлена видовженими, яйцеподібними, півмісяцевими, прямокутними формами. Вони можуть мати різноманітні вирости і шипи [71, 72], морфологічно бути у вигляді монад або кокоїдного типу.

1.1 Загальна характеристика зелених мікрowodоростей

Відомо, що переважна більшість видів зелених водоростей (понад 90%) мешкає у воді, але трапляються види, які знаходяться на камені, скелях, в ґрунтах, навіть зустрічаються на корі дерев [7, 11, 15] або рослин. Описані випадки, коли зелені водорості мешкали всередині інших живих організмів [6]. Наявність значної кількості цих водоростей призводить до яскравого забарвлення снігу, ґрунту, води, кори дерев, каміння – зеленого або червоного кольору [13].

Науковці відзначають, що певна кількість видів *Chlorophyta* пристосувались до екстремальних середовищ існування: гіперсалінові (пересолені) середовища, пустелі, морські глибокі води, арктичні умови, глибоководні гідротермальні ділянки водойм, які піддані надзвичайним впливам змін солоності, температури й світла [64, 65].

Наукові дослідження видів роду *Chlorella* показало, що температурний оптимум для хлорели *Chlorella vulgaris* знаходиться в межах 25–28 °C [51]. Підвищення температури середовища до +30 °C спричиняє зниження вмісту ліпідів в клітині водорості у 2,5 рази [55], але збільшення тривалості темного періоду сприяє росту зелених водоростей [66].

Загалом доведено, що співвідношення світлого та темного періодів у циклі культивування мікроводоростей є вирішальним для їхнього росту [54, 67]. Зазвичай, при вирощуванні зелених мікроводоростей в штучних умовах найчастіше використовують фотоперіоди тривалістю 12 годин світла : 12 годин темряви, або відповідно – 16:8 та 18:6 год (світло : темрява). Для *Chlorella vulgaris* експериментальним шляхом встановлений оптимальний фотоперіод – 16 годин світла : 8 годин темряви [62].

Звичайно, оптимальна інтенсивність освітлення для росту зелених мікроводоростей (у т. ч. й для хлорели) суттєво залежить від умов культивування, зокрема, в оптимальному діапазоні температур та за наявності необхідного вмісту поживних речовин її рівень підвищується. Цікаво, що для покращення темпів росту мікроводоростей розроблені спеціальні лампи, що мають збільшену частку спектру (у синьому – 400–500 нм та червоному – 600–700 нм), який краще поглинається хлорофілом *a* і *b*. Наприклад, процес фотосинтезу *Chlorella vulgaris* пришвидшується при використанні саме червоного спектру в технології культивування [59].

Для росту та метаболізму клітин зелених мікроводоростей головними біогенними елементами є мінеральні форми фосфору та азоту. В сухій біомасі мікроводоростей їхній вміст варіює в межах 2–15 %. Мінімальні значення у клітинах водоростей спостерігаються при їх нестачі у середовищі, а максимальні – зі збільшенням вмісту біогенних елементів [13].

Мікроводорість *Chlorella vulgaris* не вибаглива до умов навколишнього середовища, здатна досить інтенсивно розмножуватися, тому дуже широко поширена у різних водоймах і зустрічається практично повсюдно. У водоймах – це типова планктонна водорість, але зустрічається вона і бентосі, а також на наземних субстратах і в ґрунті [9].

1.2 Мікроводорість *Chlorella vulgaris* та чинники, які впливають на її життєдіяльність

Систематичне положення зеленої мікроводорості *Chlorella vulgaris* представлено наступним чином:

домен *Eukaryota* → царство *Protista* → відділ *Chlorophyta* → порядку *Chlorellales* → родини *Chlorellaceae* → рід *Chlorella* → вид *Chlorella vulgaris* [7, 73].

Крім відомої для широкого загалу хлорели у однойменному роді *Chlorella* описані такі види як *C. prothotecooides*, *C. pyrenoidosa*, *C. thermophila*, *C. fusca*, *C. kessleri*, *C. marina*.

Морфологія *Chlorella vulgaris*. Молоді клітини *Chlorella vulgaris* мають еліпсоїдну форму, розміром 1,5–2,0 мкм, зрілі клітини – шароподібні, діаметром 6–9 мкм. Зовні клітини вкриті твердою двоконтурною оболонкою целюлозної природи, яка забезпечує цілісність клітини і захист від паразитів і умов навколишнього середовища [73].

Ця зелена мікроводорість належить до фотоавтотрофів, отже здатна до фотосинтезу, у результаті якого утворюється кисень. Хлорела активно насичує водойму цим киснем, який є необхідним для дихання, росту й розвитку всіх живих організмів, у тому числі й самої хлорели [79]. Ця мікроводорість також здатна знищувати шкідливі бактерії за допомогою хлорофілу, якого в клітині *Chlorella vulgaris* доволі багато [7, 13].

Клітинна оболонка змінює свій хімічний склад і товщину відповідно до кожної фази росту та умов навколишнього середовища. Жорсткість клітинної стінки обумовлена хітозанопоподібним шаром, що складається з глюкозаміну. Крім того, деякі дослідження пояснюють жорсткість клітинної стінки наявністю так званого спорополеніну – надзвичайно стійкого полімеризованого каротиноїда, який входить до складу клітинних стінок спор та пилку вищих рослин [7, 79].

Chlorella vulgaris містить такі органели як ядро, мітохондрії, вакуолі, один хлоропласт і тільця Гольджі. Клітини одноядерні, містять лише одну мітохондрію; розмір ядра близько 1 мкм [47].

Єдиний спосіб розмноження *C. vulgaris* – безстатевий, причому кожна гаплоїдна клітина мітотично ділиться двічі або тричі з утворенням відповідно чотирьох або восьми автоспор, які ще всередині материнської клітини покриваються власними оболонками. Після дозрівання автоспор відбувається розрив материнської клітинної стінки, дочірні клітини виходять назовні і можуть використати для живлення залишки материнської клітини.

Процес розмноження інтенсивний. Поділ клітин відбувається один раз на добу, але деякі штами хлорели в умовах інтенсивного культивування здатні до більш інтенсивного розмноження. За оптимальних умов за короткий час можна отримати приріст біомаси *C. vulgaris* в 200 разів більший, ніж у вищих рослин [9, 42, 43].

Хімічний склад *Chlorella vulgaris*. Використання *C. vulgaris* засноване на дуже високому вмісті в ній біологічно цінних речовин (понад 60 мікроелементів, концентрація яких значно вище, ніж у наземних рослин) [5, 9]. Суха біомаса *Ch. vulgaris* містить понад 45–50% білків, включаючи незамінні амінокислоти; 30–35% вуглеводів, включаючи в основному крохмаль, целюлозу, геміцелюлозу і розчинні цукру; 5–10% ліпідів. У молодих клітинах, що активно розмножуються, у відсотковому співвідношенні білки переважають вуглеводи, але при досягненні клітин стаціонарної фази, в них переважають вуглеводи. Ліпіди, як важливі запасні речовини мікрородоростей, також в основному синтезуються під час стаціонарної фази росту. Їх застосовують для отримання нутрицевтичних речовин, таких як омега-3 і омега-6 поліненасичених жирних кислоти (ПНЖК), які в свою чергу корисно використовувати в раціоні харчування людини і тварин; і нейтральних ліпідів, які перспективні для виробництва біодизелю [13].

Науковці зазначають [42, 43], що при зміні абіотичних факторів (освітленості, температури середовища) можна спрямувати метаболізм мікроводоростей на синтез деяких речовин, тобто можна отримати біомасу з різним вмістом ліпідів, білків та вуглеводів.

У складі зеленої клітини містяться незамінні амінокислоти: аргінін ($\approx 15\%$), лізин ($\approx 10\%$), лейцин ($\approx 6\%$), валін ($\approx 5\%$), гістидин ($\approx 3\%$), ізолейцин ($\approx 3\%$), триптофан ($\approx 2\%$), фенілаланін ($\approx 2\%$), треонін ($\approx 2\%$), метіонін ($\approx 1\%$).

На частку вітамінів в біомасі *Chlorella vulgaris* припадають вітаміни груп В, Е, С, РР, каротин. Також в цій мікроводорості містяться необхідні для нормального функціонування організму людини і тварин макро- та мікроелементи: купрум, ферум, манган, цинк, кобальт, молібден, бор, силіцій тощо [46, 60, 78].

Мікроводорості виробляють широкий спектр хімічно активних вторинних метаболітів в якості хімічного захисту від хижаків, травоядних тварин, в умовах екологічного стресу і конкуренції за простір. *Chlorella vulgaris* синтезує природний антибіотик «хлорелін», який ефективно знищує патогенних мікроорганізмів, таких як стрептококи, стафілококи, кишкова паличка [73].

Чинники, які впливають на життєдіяльність *C. vulgaris*. Температура впливає на систему клітинної мембрани та ферментативні реакції. *Chlorella vulgaris* добре росте при високих температурах (у діапазоні $+26-30\text{ }^{\circ}\text{C}$); погано росте або ж зовсім не росте при $+5-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. ТУ (технічними умовами) при культивуванні хлорели рекомендується змінний температурний режим $+26-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, який є більш сприятливим для росту хлорели, ніж постійні температури $+26\text{ }^{\circ}\text{C}$ або $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Тому при культивуванні хлорели допускається коливання температури в межах $+4-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ [37, 79].

Температура буде також впливати на хімічні процеси в культуральному середовищі. Так, буде посилюватися гідроліз солей, зокрема Na_2S : оскільки даний процес ендотермічний, то відповідно до принципу Ле Шательє при підвищенні температури рівновага ендотермічних процесів зміщується в бік

утворення продуктів, отже в культуральному розчині буде збільшуватися концентрація сірководню, який є інгібітором. Отже, вплив температури на ріст *Chlorella vulgaris* має неоднозначний характер.

Показник рН – важливий параметр для життя хлорели, оскільки він впливає на утворення комплексів різної розчинності і токсичності, на сорбцію металів на стінках клітин, на продуктивність фотосинтезу. З іншого боку, параметр рН може впливати на ріст хлорели через збільшення абсорбції неорганічних газів.

Оптимум рН для росту *C. vulgaris* знаходиться в нейтральному та слаболужному діапазоні – 7,5–8,0. Кислотні (3,0–6,2) і лужні (8,3–9,0) значення рН уповільнюють ріст цієї мікроводорості. Для підтримки внутрішньоклітинного нейтрального рН в кислому середовищі потрібні додаткові витрати енергії для відкачування протонів з клітини, що може бути причиною нестачі АТФ для компенсації енергетичних потреб організму [76, 80].

Чинники мінерального живлення. Серед факторів, які визначають продуктивність культур мікроводоростей, значну роль відіграють умови мінерального живлення, від яких залежить не тільки інтенсивність росту, але й напрямок біосинтезу культури [76]. Для культивування хлорели необхідно включити в склад поживного середовища наступні мінеральні елементи, які можна поділити на дві групи:

1) макроелементи: К, N, P, K, S, Mg;

2) основні фізіологічно необхідні мікроелементи: Zn, Fe, Mn, Cu, Co, Mo, В.

Нітроген входить до складу амінокислот, білків, протеїнів, ферментів тощо. Забезпеченість клітин цим елементом визначає процеси біосинтезу [79].

Сульфур входить до складу сірковмісних амінокислот, а, отже, й до таких життєво важливих сполук як білки, ферменти тощо. При нестачі Сульфору відбувається збільшення розмірів клітин та руйнування хлорофілу [73].

За участю фосфору відбувається азотний та вуглеводний обмін в клітинах. *фосфор* входить до складу таких важливих компонентів клітини, як нуклеїнові кислоти, фосфоліпіди, АТФ. При нестачі фосфору клітини характеризуються збільшенням частки вуглеводів та ліпідів, погіршуються процеси асиміляції [73].

Калій необхідний для нормального синтезу білків, вуглеводів та ліпідів [60].

Магній входить до складу хлорофілу, бере участь в багатьох ферментативних процесах. Вважається, що його дефіцит сповільнює синтез білку та порушується обмін нуклеїнових кислот [57].

При нестачі *натрію* пригнічується ріст мікроводоростей, знижується концентрація хлорофілу та вміст органічного азоту в клітинах [57].

Манган безпосередньо впливає на ріст та розвиток мікроводоростей, а також бере участь у фотохімічних процесах. Його нестача не тільки гальмує ріст, але й змінює морфологію зелених клітин.

Мідь бере участь в процесах фотосинтезу, впливає на фоторедукцію та входить до складу цитохромоксидази.

Цинк, як і *залізо*, входить до складу багатьох ферментів, що регулюють білковий, фосфорний, вуглеводний, обміни, інтенсивність фотосинтезу, біосинтез нуклеїнових кислот та окисно-відновний потенціал у клітинах.

Молибден необхідний для фіксації атмосферного азоту та відновлення нітратів.

Кобальт входить до складу вітаміну В12, кобаламідних коензимів.

Бор збільшує число клітин та вихід біомаси, здійснюючи помітний вплив на ріст клітин після поділу [73].

1.3 Сучасне використання мікроводоростей *Chlorophyta*

Хлорела – це складний живий комплекс з понад 650 речовин (жирів, незамінних амінокислот, вітамінів, макро- і мікроелементів) у легкозасвоюваному вигляді. Відгодівля кормами на основі хлорели значно

підвищує імунітет риби, зменшує до мінімуму захворюваність та відхід молодняку [2, 14, 26, 27].

Мікроводорості можуть забезпечувати високу ефективність при лікуванні захворювань, викликаних порушенням роботи ендокринної та імунної систем, а глікопротеїди пригнічують ріст злоякісних пухлин [9, 13]. Каротиноїди зеленої клітини пригнічують утворення вільних радикалів, тому вони можуть виступати як антиоксиданти.

Серед пігментів мікроводоростей особливу увагу заслуговують фікобіліпротеїни, які застосовують в якості компонентів протизапальних засобів. Також використання цих пігментів практикують в імунофлуоресцентній діагностиці, де вони виступають в якості міток [76, 79].

Терапевтична активність хлорели включає такі біологічно активні речовини як:

- ентеросорбуючі альгінати;
- фікоціанін, що запобігає або сповільнює розвиток злоякісних пухлин, має імуномодулювальні властивості, активізує лімфоцитоз;
- вітамін F, бета-ліноленова кислота, яка сприяє утворенню простагландину, гамма-ліноленова кислота (попередник простагландинів), впливає на розвиток тканин мозку;
- полісахариди імуліни, здатні активізувати моноцити і макрофаги людини, підвищувати синтез РНК β-інтерлейкіну і чинника некрозу пухлин;
- вітамін E, що стимулює імунну систему, регулює активність ферментів;
- сірчаноокислий цефалотин — антиген у боротьбі зі AIDS;
- сульфоліпід, який активізує імунну систему;
- холінестераза;
- манітол;
- ферменти поліози — протидія радіаційним ушкодженням клітин; оксиддисмутаза, здатна поглинати вільні радикали;
- нуклеїн;
- фолацин;

- сидерохроми, антиоксидантні та інші речовини.

Хлорела має бактерицидні властивості і здатна нейтралізувати дію отруйних речовин. Продукти переробки хлорели використовують також в косметології в якості барвників, кремів, емульгаторів, гелеутворювачів і миючих засобів [57].

На сьогодні у світі альгобіотехнологія (промислове виробництво мікроводоростей) стрімко розвивається. Найбільші потужності зосереджені у Китаї, США, Японії, Індії, Таїланді, Німеччині, Австралії, Ізраїлі. Всесвітньо відомими постачальниками біопродукції мікроводоростей є компанії AlgaeBioFuels і Solazyme (США), Royal та DutchShell (Гавайські острови), Mitsubishi (Японія), Aquaflo Bionomic Corporation (Нова Зеландія), Ingrepro B.V. (Голандія) [63].

Відомо, що на острові Тайвань в процесі промислового виробництва щорічно одержують не менше 1,5 тис. т сухої біомаси зелених водоростей. Понад 500 т зелених водоростей сукупно вирощують для харчових потреб Філіппіни і Малайзія.

Біомаса мікроводоростей, яку отримують сотні тисяч компаній у світі, все частіше стає важливим додатковим джерелом цінної природної сировини для харчового, технічного, кормового, косметичного, лікувально-профілактичного та фармакологічного застосування [5, 9, 27, 28, 48, 74], у дієтичному харчуванні, лікувальній косметології, у виробництві біологічно активних добавок [69, 74].

У деяких видів мікроводоростей учені виявили регенеративні властивості, тому продукцію з них використовують для лікування ран та опіків. Наприклад, в Інституті гідробіології НАН України (ІГБ НАНУ) розроблено спосіб одержання з мікроводоростей хлорофіл-каротинової пасти – основи лікувального препарату «Альгофін» – мазі з регенеративними та протизапальними властивостями [36].

Перевагами застосування мікроводоростей у тваринництві є використання екологічно безпечних харчових замінників та синтетичних

препаратів, що не становить суттєву небезпеку для живих організмів, що їх споживають. Звичайно, *Chlorella vulgaris* використовують для потреб тваринництва [58, 61, 77]. Ця водорість забезпечує збільшення продуктивності сільськогосподарських тварин за рахунок посилення імунітету, обумовлює зменшення витрат на ветпрепарати. Кормову біомасу водоростей можна збагачувати йодом, селеном або іншими необхідними елементами [5].

Перспективним є також вирощування мікрowodоростей як складової кормів для риб і безхребетних [2, 30], але собівартість водоростевої продукції поки залишається доволі високою, що відображається на низьких темпах її розповсюдження у рибницьких господарствах.

Значна кількість наукових досліджень стосується можливості використання біомаси водоростей для створення альтернативних видів палива – біоетанолу, біодизелю, водню, метану. З цієї точки зору інтерес становлять такі водорості як *Chlorella sp.*, *Neochloris oleoabundans*, *Nannochloropsis sp.*, *Botryococcus braunii*, *Dunaliella tertiolecta* [52].

Chlorella sp., *Neochloris oleoabundans*, *Nannochloropsis sp.*, *Botryococcus braunii*, *Dunaliella tertiolecta* можуть використовуватися як сировина для альтернативної біоенергетики завдяки високому вмісту ліпідів. Зелені водорості на сьогодні є перспективними об'єктами, які здатні продукувати водень, а вуглеводні сполуки у клітинах водоростей можуть бути використані як субстрат для одержання біоетанолу [40].

Мікрowodорості використовують також з метою біологічного очищення господарсько-побутових та промислових стічних вод [75]. Наукові дослідження [70] показують можливість використання зелених водоростей для відновлення водного середовища, підданого забрудненню нафтопродуктами та відходами целюлозно-паперових підприємств.

Культивування представників *Chlorophyta* на стоках тваринницьких комплексів дає змогу вилучати надлишок органіки, нормалізувати колір та запах. До речі, значна частина азоту накопичується у біомасі водоростей, які можна згодовувати сільськогосподарським тваринам [28, 56].

Популярним, але неоднозначним способом боротьби з евтрофікацією водойм, їх «цвітінням» внаслідок розвитку синьозелених водоростей є альголізація – внесення концентрату зелених мікр водоростей (насамперед, хлорели), які здатні конкурувати з ціанобактеріями за ресурсну базу азоту і фосфору і пригнічувати ріст інших водоростей [41] (рис. 1). Стосовно такого способу боротьби з «цвітінням» води є багато противників і наукових скептиків.



Рис. 1 Внесення суспензії *Chlorella vulgaris* у штучну водойму «озеро Момота» на ж/м Перемога, м. Дніпро

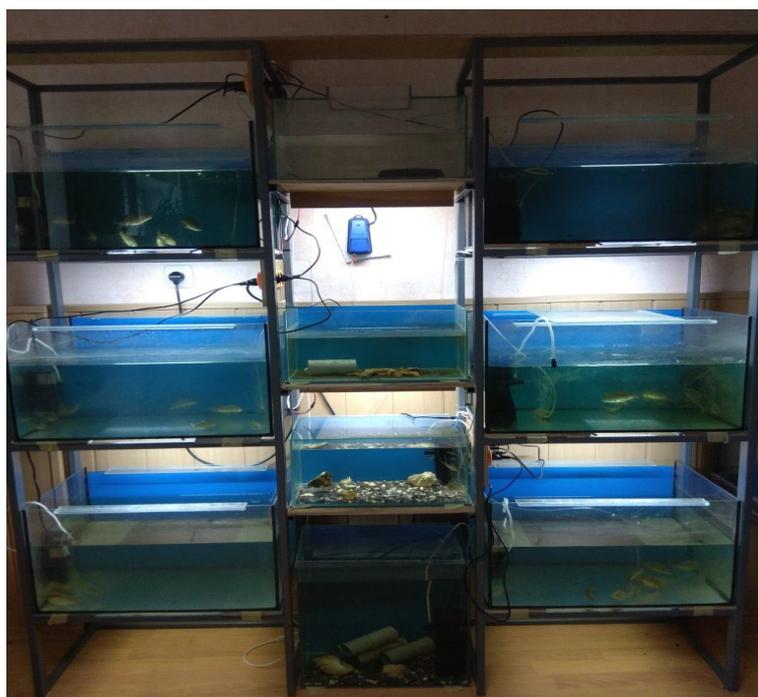
В Україні масове вирощування мікр водоростей почалося з 1970-х років. Тоді біомасу зелених водоростей перш за все почали використовувати у тваринництві [3, 27]. Наприклад, приватне підприємство «Хлорела Україна» (м. Біла Церква) пропонує однойменну зелену водорість для різноманітних потреб у вигляді суспензії, концентрату, пасти чи сухого порошку [34].

Аналіз досягнень альгобіотехнології переконливо свідчить про доцільність створення в Україні повноцінної галузі сільського господарства, яка б ефективно вирішувати різнопланові технологічні завдання: одержання натуральних збалансованих кормів для тварин, риби та птиці, очищення стічних вод, отримання сировини для подальшої переробки та застосування (виробництво біогазу, біоетанолу та біодизелю, біологічно цінних сполук) [63].

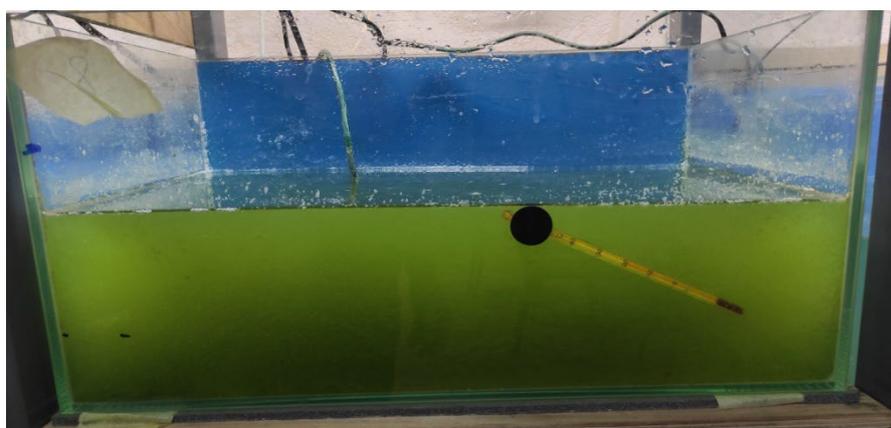
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводили впродовж серпня-листопада 2025 року на базі Науково-дослідного центру «Водні біоресурси та аквакультура» (НДЦ «ВБА») Дніпровського державного аграрно-економічного університету.

Відбір матеріалу і умови експерименту. В камеральних дослідженнях використовували акваріумальний комплекс НДЦ «ВБА» (рис. 1). Для дослідів з хлорелою підібрані однотипні акваріуми місткістю 70 літрів кожний.



А



Б

Рис. 2 Акваріумальний комплекс Науково-дослідного центру «Водні біоресурси та аквакультура» (А) для експериментальної роботи з суспензією хлорели (Б)

Для проведення лабораторних дослідів були відібрані 2 групи молоді коропа звичайного *Cyprinus carpio* (віком 1+ (дволітки)) по 10 особин кожна. Одна група риб була поміщена у акваріум з відстояною водопровідною водою, друга – у акваріум з відстояною водою, куди щоденно додавали культуру *Chlorella*.

Культуру *Ch. vulgaris* отримували у біореакторі (в НДЦ «Водні біоресурси та аквакультура») з дотриманням загальноприйнятої методики культивування мікроводоростей [12, 17, 27, 29, 37, 80] (рис. 3). Дослідження за вимогами наукових методик тривало 21 добу.



А



Б

Рис. 3 Культивування хлорели у ємностях в умовах НДЦ «Водні біоресурси та аквакультура»: А – культура хлорели у скляній банці з поживним середовищем; Б – суспензія хлорели (отримана біомаса)

Всі експериментальні та контрольні акваріуми були устатковані термометрами для спостереження за температурою води впродовж експерименту, компресорами, які забезпечували неперервне перемішування води.

Щоденно вимірювали рН середовища (рН-метром), температуру води, кількість кисню, розчиненого у воді (за допомогою оксиметра).

На початку експерименту обидві групи коропа звичайного *Cyprinus carpio* зважували на лабораторних вагах 2-го класу точності ТВЕ-500 (0,01 г) для отримання усередненої ваги (рис. 4). Після 21 доби експерименту обидві групи риб зважували повторно. Індивідуальне зважування кожної особини коропа звичайного не проводили, щоб не травмувати молодь риб (відповідно до рекомендацій S. A. Bonar, W. A. Hubert [49]), а також, щоб усереднити індивідуальні показники неоднакових за розмірами та вагою риб.



А



Б

Рис. 4 Експериментальна група молоді коропа звичайного *Cyprinus carpio* в культуральному середовищі хлорели (А); зважування риб після експерименту (Б)

Обидві групи риб (експериментальну та контрольну) годували 1 раз на добу плаваючими гранулами корму AquaFeed (Німеччина) для молоді риб. Порції корму для кожної групи були однаковими (по 15 г).

Видові назви риб та мікрородості представлені відповідно до сучасних довідників [4, 7, 19, 44]. У лабораторних умовах у молоді риб визначали вік, довжину тіла, середню вагу особин. Риб вимірювали з точністю до 1,0 мм. Роботи здійснювали відповідно до загальноприйнятих в іхтіології методик [16, 22-25, 32, 49].

Науково-дослідні (експериментальні) роботи у лабораторії виконували з дотриманням правил біоетики відповідно до Європейської Конвенції «Про гуманне ставлення до лабораторних тварин», «Загальних принципів експериментів на тваринах» та згідно з «Положенням про використання тварин в біомедичних експериментах» [33, 45, 53].

Обробку і аналіз результатів експерименту, узагальнення даних проводили з використанням статистичних методів [81] і пакетів прикладних програм Microsoft Excel for Windows на кафедрі водних біоресурсів та аквакультури ДДАЕУ (НДЦ «Водні біоресурси та аквакультура»).

РОЗДІЛ 3. ВЛАСНІ ДОСЛІДЖЕННЯ
АНАЛІЗ ЗМІН ФІЗІОЛОГІЧНОГО СТАНУ МОЛОДІ КОРОПА
ЗВИЧАЙНОГО *CYPRINUS CARPIO* У КУЛЬТУРАЛЬНОМУ
СЕРЕДОВИЩІ *CHLORELLA VULGARIS*

Із загального акваріума, де мешкали понад 50 особин молоді коропа *Cyprinus carpio* (дволіток, 1+), відібрали 20 екземплярів риб і сформували дві групи по 10 особин (експериментальну № 1 і контроль № 2). Відбір здійснювали таким чином: всі особини повинні були бути приблизно однакової довжини і ваги, не мати пошкоджень, бути активними.

3.1. Вплив культурального середовища *Chlorella vulgaris* на фізіологічний стан молоді коропа звичайного

Кожну групу (експериментальну № 1 і контроль № 2) зважували на лабораторних вагах 2-го класу точності ТВЕ-500 (0,01 г) для отримання усередненої ваги групи. Індивідуальне зважування кожної особини коропа звичайного не проводили, щоб не травмувати риб, а також, щоб усереднити індивідуальні показники неоднакових за розмірами та вагою риб (різниця у масі окремих особин не перевищувала 1–1,7 г).

В результаті зважування всіх особин коропа перед експериментом отримали такі результати: загальна маса риб в групі № 1 була **309,2 г**, в групі № 2 – **293,4 г**, тобто різниця у масі двох груп не перевищувала 8%, тобто не була статистично значущою.

Після зважування риб розмістили у двох акваріумах (кожен по 70 л). Молодь коропа із групи № 2 утримували в акваріумі у звичайній відстояній воді. Молодь з групи № 1 утримували в аналогічному акваріумі в культурі хлорели *C. vulgaris* (1 л на 70 л води). Для підтримання тотожності всі акваріуми мали однакову температуру води і освітленість, були устатковані однаковими аераторами води. Всі інші умови (температура, освітленість, годівля, аерація) для риб з різних акваріумів були однаковими.

Подальший 21-добовий експеримент здійснювали за схемою (рис. 5).



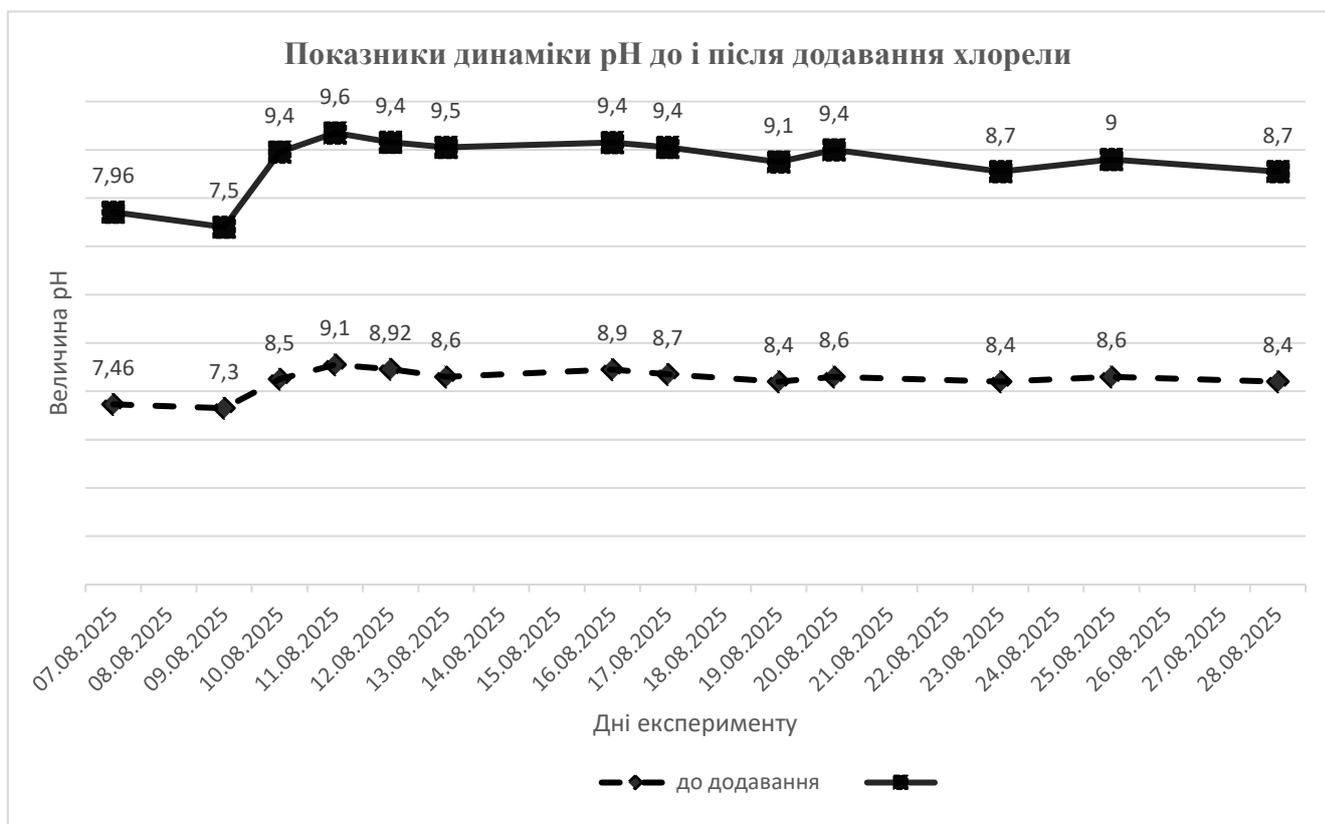
Рис. 5 Схема експерименту

Утримання і годівля коропа звичайного *Cyprinus carpio*. В ході експерименту, який тривав 21 добу (з 8 по 29 серпня 2025 р.), ми спостерігали за температурою води у акваріумах, за динамікою показників рН та вмісту кисню (рис. 6). Показники реакції середовища (рН) вимірювали за допомогою спеціальних тест-смужок і рН-метром. Щоденно вимірювали температуру води, кількість кисню, розчиненого у воді, за допомогою оксиметра.

Обидві групи риб (експериментальну та контрольну) годували 1 раз на добу плаваючими гранулами корму AquaFeed (Німеччина) для молоді риб.



А



Б

Рис. 6 Динаміка показників рН (А) та вмісту кисню (Б) в експерименті до та після внесення хлорели в акваріуми

Порції корму для кожної групи були однаковими (по 15 г), їх зважували на лабораторних вагах, після чого згодовували рибам. Кількість корму вираховували таким чином, щоб молодь коропів повністю споживала їжу за 15–20 хвилин.

Коли на дні в акваріумах накопичувалися екскременти і залишки неспожитої їжі, їх обережно видаляли за допомогою муловідсмоктувача.

Рівень води в обох акваріумах тримали однаковим, тому необхідну кількість води додавали до нанесених позначок.

В експериментальному акваріумі № 1 молодь коропа утримували в культурі хлорели *C. vulgaris* (із розрахунку 1 л культури мікроводорості на 70 л води).

Після видалення з акваріуму № 1 екскрементів і залишків неспожитої їжі коропів у воду додавали необхідну кількість культури хлорели (рис. 7).



Рис. 7 Загальний вигляд культури хлорели в експериментальному акваріумі № 1

Зміни фізіологічного стану коропа звичайного *Cyprinus carpio*. На 22 добу експерименту (28 серпня 2025 р.) всю рибу з обох акваріумів зважили (у цей день риб не годували).

У результаті після експерименту загальна маса молоді коропа в групі № 1 склала 335,59 г, в групі № 2 – 306,1 г.

Отже, приріст загальної маси в експериментальному акваріумі склав 26,39 г(+8,87%), в контролі – 12,7 г (+4,15%) (рис. 8).

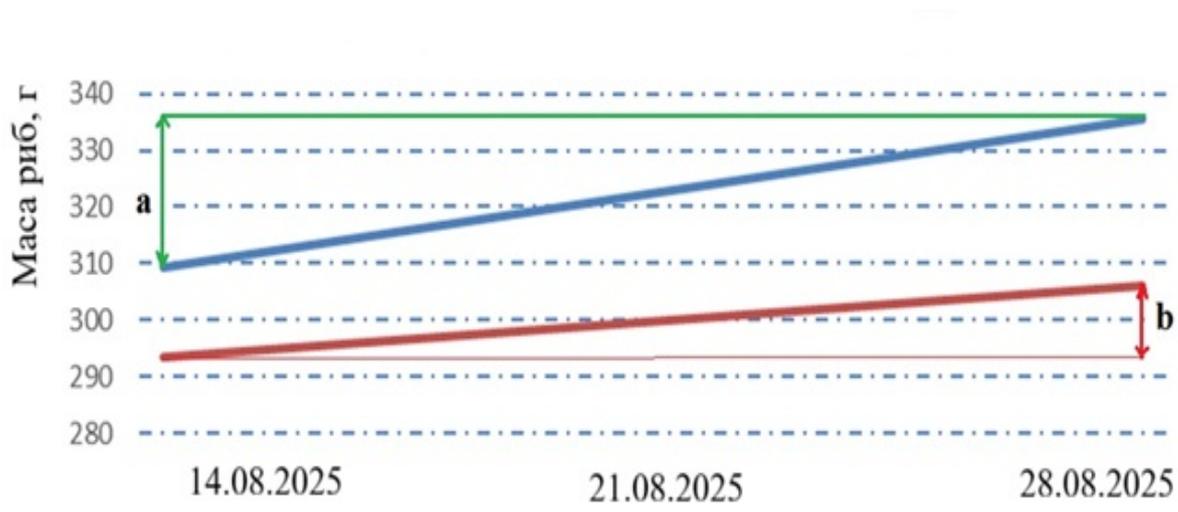


Рис. 8 Динаміка зростання маси риб в акваріумах:

№1 (синя лінія зверху) – експериментальний (з хлорелою); № 2 (червона лінія знизу) - контроль (без хлорели). а – приріст загальної маси групи № 1; б – приріст загальної маси групи № 2

Нами отримані дані, що при абсолютно рівних умовах утримання і догляду за молоддю коропа кращі фізіологічні показники відзначені для експериментального акваріума № 1 (з додаванням культури хлорели).

Відзначено також, що у «хлорельному» акваріумі № 1 риби споживали менше корму (більше залишків неперетравленої їжі на дні акваріуму порівняно з контрольною групою № 2). За нашими підрахунками, риби не спожили приблизно 7% від загальної кількості корму. Але, тим не менш, їх фізіологічні показники (зростання маси) виявилися кращими, ніж у акваріумі № 2 (контроль).

Тому, на нашу думку, експериментально доведено, що культура хлорели сприяє покращенню фізіологічних характеристик риб (росту маси) при акваріумальному утриманні.

3.2. Вплив культури мікроводорості *Chlorella vulgaris* на регенерацію шкірного покриву коропа звичайного

Матеріалом слугувала молодь коропа звичайного *Cyprinus carpio* віком 1+ (дволітка). Відбирали риб з пошкодженнями і травмами (після відлову із комплексу рибницьких водойм с. Мішурин Ріг) – по 10 особин приблизно однакового розміру і ваги для експерименту и контролю.

Для експериментальної роботи використовували 3 акваріуми, з яких один на 360 л (з основним стадом риб), два – по 60 л. Акваріум № 1 (60 л) – для контролю, акваріум № 2 (60 л) – експериментальний з культурою хлорели.

В акваріуми № 1–2 поміщали по 10 особин молоді коропа (віком 1+) вагою 25–32 г (у середньому $29,2 \pm 1,3$ г)(рис. 9).



Рис. 9. Дволітки коропа звичайного *Cyprinus carpio* (з пошкодженнями шкіри) в експерименті

У контрольному акваріумі (№ 1) якість води відповідала нормативам для води рибогосподарських підприємств.

У акваріум № 2 періодично додавали культуру хлорели *Chlorella vulgaris* з розрахунку 1 л суспензії на тиждень. В нього поміщали риб з пошкодженням шкірного покриву та лепідотрихій (променів і перетинок) на плавцях з основного акваріуму. Надлишок води (понад 60 л) перед внесенням культури вилучали.

Проводили етологічні спостереження за поведінкою (живленням, відпочинком, пошуком їжі тощо) риб в обох акваріумах.

Годівля риб відбувалася щоденно (внесення гранульованого корму для корокових AquaFeed). Очищення акваріуму від залишків корму та екскрементів проводили 1 раз на 3 дні.

Періодично (щотижнево) здійснювали гідрохімічний аналіз водного середовища згідно методик експрес-аналізу (з використанням тестів фірми Ptero, JBL). Лікувальні препарати не застосовували.

Дослід тривав 15 діб (з 15 до 30 листопада 2025 р.). Всіх особин з обох акваріумів вимірювали (загалом 2 рази – на початку і наприкінці дослідження), зважували на електронних лабораторних вагах 2-го класу точності ТВЕ-500 (0,01 г).

Результати досліджень фіксували в робочому журналі, в якому детально відмічали: номер кожного акваріуму з дослідними рибами, кількість особин, кількість доданої суспензії хлорели, перебіг ранозаживлення. Динаміку заживлення шкіри (регенерацію) фіксували фотосвітлинами.

Для утримання акваріумів та аквасистем в робочому стані використовували обігрівачі Resun SUNLIKE (на 150 Вт), компресори Resun AC-9603(270 л /год.).

Результати досліджень фіксували в робочому журналі, в якому детально відмічали перебіг ранозаживлення, фіксували його фотосвітлинами.

Тіло коропа вкрито лускою, яка захищає тіло від травм. Луска росте зі шкірних покривів (складається з епітеліальних і сполучнотканинних клітин), які поєднують два різні шари – дерма та епідерміс, які виконують захисні

функції тіла. Епідерміс складається з багатошарового епітелію, а дерма з сполучної тканини. Між пучками сполучної тканини розташовуються кровоносні судини, нервові волокна, слизові та пігментні клітини. Шкірний покрив виробляє слиз, який захищає рибу від інфекцій, допомагає в терморегуляції та зменшує тертя під час руху у воді [1, 10, 31].

Зазвичай, лусковий покрив коропа є міцним (особливо це стосується лускатої форми коропа). Втрата луски може відбуватися під час травмувань, внаслідок необережного поводження з трофеєм рибалок-любителів, при перевозці зарибку для подальшого зариблення водою. Втрата кількох лусочок у дорослої особини, зазвичай, не є критичним чинником, але тільки якщо риба не виснажена. У молодих особин або виснажених риб у місці травм (після ударів), при втраті луски на значній площі тіла (від 5–10%) порушується цілісність шкірного покриву. Це дає змогу потрапляти у рану хвороботворним бактеріям та грибкам. Можуть розвиватися різні хвороби, наприклад, сапролегніоз (захворювання сапролегнією – «білий грибок»).

В нашому експерименті дві групи риб-дволіток коропа звичайного з пошкодженнями цілісності лускового покриву (втрата луски, легкі подряпини шкіри) ми помістили в різні акваріуми (№ 2 – «хлорельний» та № 1 – «звичайний»). У акваріум № 2 періодично додавали культуру хлорели *Chlorella vulgaris* з розрахунку 1 л суспензії на тиждень. Надлишок води (із загального вмісту понад 60 л) перед внесенням культури вилучали (щоб витримати однакову концентрацію культури хлорели в акваріумі).

В акваріумі № 1 риби утримувалися у звичайній відстояній воді без додавань ліків чи ветеринарних препаратів (рис. 10).

Годівля риб відбувалася щоденно в один і той же час (зазвичай об 11.00). Як і в дослідженні впливу хлорели на ріст риб, в кожному акваріум вносили гранульований плаваючий корм для коропових AquaFeed (виробництво Німеччини). Кожна щоденна порція їжі не перевищувала 15 г. При годівлі спостерігали, щоб корм виїдався за 15 хвилин, не спожиті кормові гранули

вилучали з акваріумів. Це ми робили, щоб не забруднювати середовище мешкання риб.



Рис. 10 Молодь коропа звичайного *Cyprinus carpio* віком 1+ в акваріумі № 1 (звичайна вода)

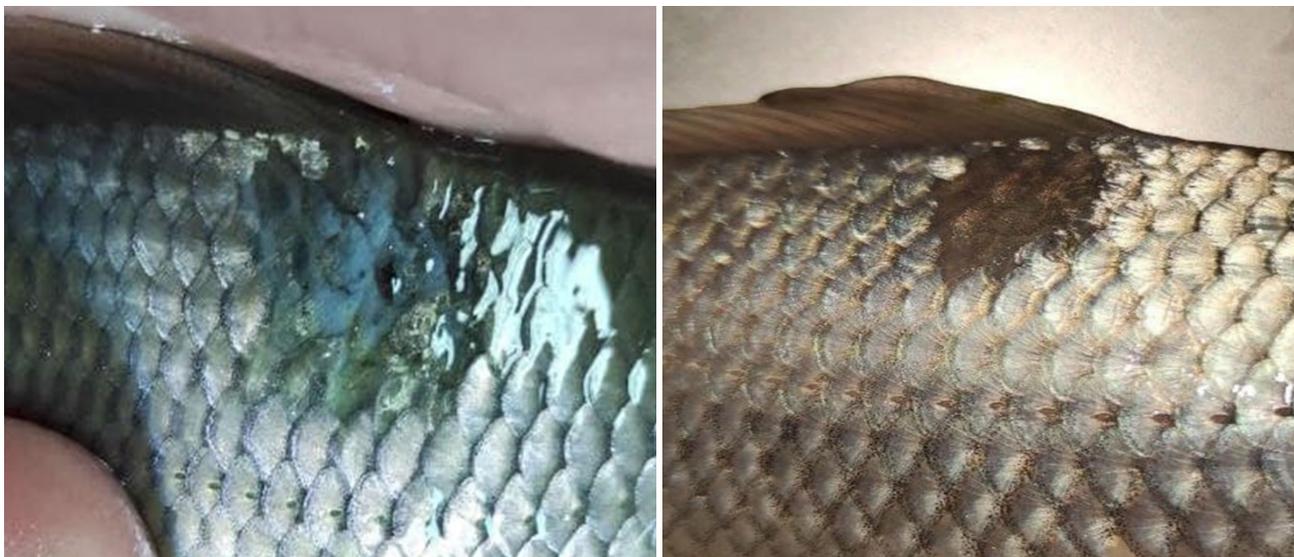
Очищення акваріуму від залишків корму та екскрементів проводили 1 раз на 3 дні.

Температура середовища (води) під час експерименту коливалася від +15,5 до +18,0 °С.

Проводили етологічні спостереження за поведінкою (живленням, відпочинком, пошуком їжі тощо) риб в обох акваріумах. Зазначимо, що після стресу внаслідок відбору риб, їх зважування і переселення в інші акваріуми гідробіонти вели себе стривожено 3 доби, хаотично переміщувалися по ємностям, нервово реагували на приближення спостерігачів. На 4 добу риби заспокоїлися, активно реагували на приближення людини і початок годування, активно годувалися.

Під час експерименту жодна особина коропа звичайного з 20 не загинула.

На 15 добу експерименту всіх коропів обережно вилучили із акваріумів, зважили і перевірили динаміку заживлення пошкоджень. Результати представлені на рис. 11.



А

Б

Рис. 11 Загоювання поверхневих пошкоджень у молоді коропових риб:

А – у звичайній відстояній воді; **Б** – у культурі хлорели

За літературними даними [1, 31], розрізняють 3 фази заживлення шкірного пошкодження.

1 етап: фаза очищення. Після зупинки кровотечі білі кров'яні тільця (лейкоцити) проникають через стінки капілярів і концентруються в області пошкодження. Їх завдання: очистити рану і захистити її від інфекції. Пріоритет на цьому етапі – видалення некротизованої тканини, бактерій і токсинів, які можуть уповільнити загоєння пошкодження/рани.

2 етап: фаза грануляції. У разі глибоких пошкоджень рана не може відразу затягнутися, тому що внутрішня порожнина рани заповнюється новими тканинами. Грануляція описується як заповнення рани тимчасовою судинною тканиною. На цій стадії загоєння важливо захистити рану від пересихання і загибелі верхнього шару клітин. Для швидкого загоєння ран у

наземних тварин, наприклад, необхідно підтримувати оптимальний рівень вологості у зоні рани, для чого використовують перев'язки.

3 етап: фаза епітелізації. Остання фаза загоєння, коли функції шкіри відновлюються якнайкраще за своїми можливостями (часто повна регенерація не можлива). Метою поверхневих клітин є досягнення остаточного закриття рани. Однак вони все ще піддаються негативному впливу навколишнього середовища, їх шар тонкий і може бути порушений механічно (під час ударів, стикань із сородичами тощо).

За нашими спостереженнями, у риб з експериментального акваріуму № 2 (з культурою хлорели) пошкоджені ділянки у 8 особин з 10 (80,0%) повністю загоїлися (див. рис. 11, Б); у двох особин ще спостерігалися процеси фази грануляції (наявності «шкірочки» з тимчасової судинної тканини, яка закриває рану).

У групі риб з акваріуму № 1 (звичайна вода без хлорели) повне заживлення шкірних пошкоджень спостерігали тільки у 3 особин (30%), а інші 7 риб ще мали пошкодження на фазі грануляції, або навіть очищення (див. рис. 11, А). Повне загоєння шкіри для усіх риб з контрольної групи відбулося на 17–19-у добу (вже після експерименту).

Ефективність загоювання шкірних пошкоджень у риб з різних груп представлено на рис. 12.

Отже, при абсолютно рівних умовах утримання риб в акваріумах (годівлі, газовому режимі, аерації, освітленості) швидше і якісніше процес регенерації шкірних пошкоджень відбувався в експериментальному акваріумі з культурою хлорели (№ 2).

На сьогодні нагальним недослідженим для нас залишається питання про регенерацію шкіри риб після більш значущих уражень і глибоких ран, пошкоджень м'язових тканин. Це питання потребує подальших цілеспрямованих досліджень.



Рис. 12 Ефективність загоювання ран у молоді коропа: Група А – експериментальна (з культурою хлорели); Група Б – контроль (у звичайній воді, без додавання хлорели).

Отримані результати можна використовувати у навчально-науковому процесі (для моделювання практичних дослідів в акваріумальних умовах), у прикладному декоративному рибництві (для підвищення якості молоді риби за короткий термін), у аквакультурі (в УЗВ чи РАС при вирощуванні коропових видів риби), при лікуванні риби після травм. На нашу думку, можна рекомендувати поміщати поранених риби на кілька діб (до 10–15) у воду з додаванням суспензії хлорели.

РОЗДІЛ 4. ЗАХОДИ З ОХОРОНИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

На сьогодні добробут довкілля є нагальною проблемою, з якою так чи інакше пов'язаний кожен мешканець планети. Саме від людини залежить екологічна безпека навколишнього середовища. Її значимість для суспільства підтверджує ряд законопроектів, які регламентують природоохоронні заходи на підприємстві будь-якого профілю. Зневага щодо екологічних норм і правил може спричинити для підприємця цілу низку штрафних санкцій: від грошових компенсаційних виплат до повного припинення діяльності підприємства.

Щоб наукова діяльність не спричиняла шкоду навколишньому середовищу, важливо дотримуватись правил екологічно безпечної діяльності в сфері декоративного рибництва (акваріумістики).

Діяльність науково-дослідного центру «Водні біоресурси та аквакультура» Дніпровського державного аграрно-економічного університету не несе загрози для навколишнього середовища. Аудиторії № 404 та 402 кафедри водних біоресурсів та аквакультури, де відбувалися експерименти з молоддю коропа звичайного, обладнані вентиляцією, каналізацією, освітленням, а також забезпечена холодною водою і водонагрівачем. Співробітники кафедри і лаборант дотримуються встановлених норм і режимів водовикористання, запобігають забрудненню водних джерел.

До системи водовідведення підприємства не зливається небезпечних речовин. Суворо дотримуються правил зберігання й використання хімічних препаратів, лікарських засобів. На кафедрі не використовують прекурсори.

У всіх аудиторіях кафедри і НДЦ «Водні біоресурси та аквакультура» систематично проводиться вологе прибирання.

Всі акваріуми та аквасистеми, обладнання, системи фільтрації, утримуються в чистоті, ретельно очищаються, миються і періодично дезінфікуються. Весь інвентар зберігається в призначеному для нього місці, після використання промивається, за потребою дезінфікується.

Всі корми зберігаються в окремій шафі у щільно закритій упаковці, заморожені корми зберігаються в морозильному ларі (ауд. 404).

Співробітники кафедри дотримуються всіх санітарно-ветеринарних вимог та дотримуються правил розведення, утримання та перевезення риб. При загибелі дрібної риби тушки згодовуються червоновухим черепахам, які утримуються у ауд. 404. Тушки крупної риби утилізуються згідно загальноприйнятими правилами.

Всі побутові та відпрацьовані відходи підприємства утилізуються комунальними службами міста. Використана забруднена вода, що зливається до міського водовідведення, не представляє небезпеки навколишньому середовищу.

Кафедра водних біоресурсів та аквакультури не здійснює небезпечні для навколишнього середовища викиди у повітря.

Кафедра водних біоресурсів та аквакультури не призводить до значного шумового забруднення навколишнього середовища і не доставляє незручностей оточуючим. Рівень шуму у приміщеннях не перевищує встановлені законодавчі норми.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Аудиторія, в якій відбувалися дослідні роботи (експеримент), розташована в будівлі Дніпровського державного аграрно-економічного університету, біотехнологічний факультет, вул. Космічна, 7, четвертий поверх, кімната № 404. Загальний об'єм кабінету 32,5 м³.

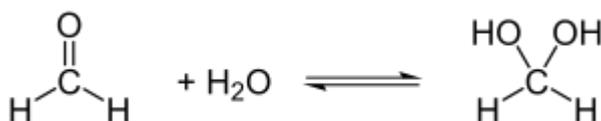
Освітлення штучне: 2 світильника із загальним світловим потоком 20 Вт (2000 Лм, Ra 93); природне – вікна загальною площею 2,03 м². Природне та штучне освітлення відповідає санітарно-гігієнічним нормам (СНиП II-4-79 та ДБН-И.2.5-28-2016).

Наявність заземлення: обладнання заземлене.

При виконанні дипломної роботи застосовували реагент – формалін.

Формалін – це водометанольний розчин формальдегіду, безбарвна прозора рідина з різким подразнюючим запахом, що використовується як засіб для дезинфекції, фіксації, дублення тощо. Технічний формалін зберігають у емкостях, які обігріваються, і виготовлені з матеріалів, що забезпечують зберігання якості продукту за температури +10–25°C. У пакуванні виготовлювача – у складських приміщеннях, що опалюються, за температури +10 – 25 °C. Гарантійний термін зберігання – три місяці з дня виготовлення.

Формула формальдегіду:



ГДК формальдегіду = 0,5 мг/м³ (ГОСТ ССБТ 12.1.005-88 Санітарно-гігієнічні вимоги до повітря у робочій зоні).

Формальдегід є канцерогеном. Він висушує слизову оболонку, а при попаданні в очі провокує появу катаракти. При попаданні на слизову оболонку носоглотки викликає ураження дихального епітелію, блокує проведення нервових імпульсів, порушує діяльність дихальних центрів; це все викликає напади задухи, спазм серцевого м'язу, стан парезів (шоковий стан).

Відновлення чутливості нюхових клітин епітелію стається не менше ніж за три доби. В експедиційних умовах найбільш небезпечним є використання формаліну в якості добавки до фіксуючих рідин, тому що є вірогідність того, що учасники експедиції не знатимуть про це. Таке незнання призводить до серйозних отруєнь.

Попередження отруєння при виконанні дослідів в лабораторії. Всі склянки з розчином і банки з реактивами, що є в лабораторії, мають чіткі надписи з вказівкою найменування або хімічної формули реактиву.

Всі операції, пов'язані з виділенням отруйних газів, парів і диму, проводяться тільки під витяжкою або у добре провітрюваних приміщеннях.

Всі що є в лабораторії склянки з розчином і банки з реактивами повинні мати чіткі надписи з вказівкою найменування або хімічної формули реактиву. Всі отруйні речовини зберігаються в добре закупорених посудих з позначенням «Отрута!».

Під час роботи з отрутою категорично забороняється прийняття їжі.

Пропалювання осадів в тиглях проводити в муфелі, встановленому під тягою.

Комп'ютерна безпека. Якщо робоче місце комп'ютеризоване, воно потребує дотримання додаткових вимог, що регулюються «Методичними рекомендаціями з організації гігієнічних та ергономічних умов організації робочих місць» [18], Шведським стандартом MPR-II та Міжнародним стандартом ISO 9241, відповідність яким сприятиме збереженню здоров'я та працездатності.

Слід купувати тільки сертифіковану техніку. Найчастіше зниження цін зумовлюється застарілістю апаратури, що має високий рівень випромінювання.

Слід спланувати службове приміщення, дотримуючись загальноприйнятих санітарно-гігієнічних норм. Для розміщення одного комп'ютера необхідна площа не менш 4,5–6 м². Працюючи за екраном монітора, працівник повинен знаходитися на відстані 50 см від екрана

комп'ютера та щонайменше 1,5–2 м від задніх та бокових стінок сусідніх моніторів. Тому робочі місця організують таким чином, щоб кожний працівник, окрім комп'ютеризованого робочого місця, був забезпечений робочим місцем, де він може виконувати роботи, не пов'язані з комп'ютерною технікою.

Обираючи приміщення для комп'ютеризованого робочого місця, необхідно враховувати, щоб вікна приміщення були розташовані лише на одній стіні й при цьому зорієнтовані на північ, північний схід або північний захід.

Загальна площа приміщення має бути такою, щоб забезпечувалися комфортні умови роботи за комп'ютером, правила техніки безпеки, розміри проходів між робочими місцями відповідно до норм пожежної безпеки. Крім того, слід подбати про правильне оформлення інтер'єру службового приміщення. Для регулювання світлового потоку застосовують віконні штори, жалюзі, що мають бути виготовлені з повітропроникного матеріалу, неясковими, неблискучими, однотонними, з коефіцієнтом відображення 0,5.

Освітлення робочого місця повинно бути змішаним (природним та штучним). Доцільно, щоб орієнтація світлових отворів для приміщення з ВДТ була на північ. Природне освітлення повинно бути у вигляді бічного освітлення.

Необхідно використовувати сонцезахисні (світловідбивні) засоби, що знижують перепади яскравостей між природним світлом та свіченням екрана комп'ютера. На прозорі вікна треба наклеювати плівки з металізованим покриттям, або вішати жалюзі з вертикальними ламелями, що регулюються.

Електробезпека – це система організаційних та технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливого та небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля і статичної електрики. Правила електробезпеки регламентуються правовими і технічними документами, нормативно-технічною базою.

Біологічний вплив електромагнітного поля характеризується тепловим впливом (підвищення температури тіла чи окремих його частин під час

загального чи локального опромінення) і нетепловим ефектом (молекулярно резонансне виснаження, фотохімічна реакція тощо). Чим менше енергія електромагнітного випромінювання, тим вище тепловий ефект, який вона здійснює.

Вплив електромагнітного поля на організм залежить від фізичних параметрів: довжина хвилі, інтенсивність випромінювання, режим випромінювання (безперервний та переривчастий), а також від тривалості впливу на організм, комбінованої дії з іншими виробничими чинниками.

Вимоги безпеки праці в аварійних ситуаціях. Якщо під час роботи чи досліджень використовується відкритий вогонь, необхідно подбати про відповідні заходи пожежо-, вибухобезпеки.

У разі виявлення витоку газу треба припинити роботу, обов'язково попередити керівника робіт (завідувача кафедри, лаборанта), повідомити аварійну службу. За можливістю, треба застосувати заходи щодо унеможливлення загорання чи вибуху.

Якщо під час тривоги є постраждалі, які не у змозі пересуватися, їх треба негайно евакуювати з місця роботи з наданням першої долікарської допомоги.

За необхідності не зволікайте з викликом швидкої допомоги або служби з надзвичайних ситуацій, Національної поліції.

Якщо на робочому місці виявлені несправності інструментів, приборів та пристроїв, а також при аварії обладнання, порушенні норм безпеки, травмуванні, отруєнні, пораненні працівників, початку пожежі, необхідно терміново повідомити керівника робіт, а також застосувати заходи щодо усунення недоліків.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Досліджували дві групи молоді коропа (дволіток) *Suprinus carpio* по 10 особин (експериментальну № 1 і контроль № 2). Контрольна група утримувалася в типових умовах (звичайна відстояна вода). Експериментальна група мешкала в акваріумі, куди додавали суспензію хлорели *C. vulgaris*. Всі інші умови (температура, освітленість, годівля, аерація) для риб з різних акваріумів були однаковими.

2. Зважування риб в групі № 1 перед експериментом показало загальну масу 309,2 г, загальну масу у групі № 2 – 293,4 г.

3. Експеримент тривав 21 добу. На 22 добу всю рибу з обох акваріумів зважили і отримали результати: загальна маса молоді коропа в групі № 1 склала 335,59 г, в групі № 2 – 306,1 г. Приріст загальної маси риб в експериментальному акваріумі склав 26,39 г (+8,87%), в контролі – 12,7 г (+4,15%).

4. При абсолютно рівних умовах утримання і годівлі молоді коропа кращі фізіологічні показники у риб відзначені для акваріума № 1 (з додаванням культури хлорели).

5. У експериментальному акваріумі № 1 риби споживали менше корму (на 7% від загальної кількості корму) порівняно з контрольною групою № 2. Тим не менш, їх показники зростання маси виявилися кращими, ніж у акваріумі № 2 (контроль).

6. Під час експерименту з загоюванням пошкодженої шкіри риб в культуральному середовищі хлорели доведено, що у риб з експериментального акваріуму № 2 (з культурою хлорели) пошкоджені ділянки шкіри у 8 особин з 10 (80,0%) повністю загоїлися за 15 діб.

7. У групі риб з акваріуму № 1 (звичайна вода без хлорели) повне заживлення шкірних пошкоджень спостерігали тільки у 3 особин (30,%). Повне загоєння шкіри для усіх риб з контрольної групи відбулося на 17–19-у добу.

8. При абсолютно рівних умовах утримання риб в акваріумах (годівлі, газовому режимі, аерації, освітленості) швидше і ефективніше процес регенерації шкірних пошкоджень відбувався в експериментальному акваріумі з культурою хлорели (№ 2). Використання *Chlorella vulgaris* як компонента водного середовища для молоді коропових риб пришвидшує загоювання рани на 20%.

9. Доведено, що акваріумальне утримання коропових риб у культурі хлорели сприяє покращенню фізіологічних характеристик *Cyprinus carpio*: більш швидкому приросту маси тіла і більш ефективному процесу регенерації шкірних пошкоджень.

Отримані результати можна використовувати у навчально-науковому процесі (для моделювання практичних дослідів), у прикладному декоративному рибництві (для підвищення якості молоді риб за короткий термін), у аквакультурі (в УЗВ при вирощуванні коропових видів риб). Рекомендується поміщати риб з незначними шкірними пошкодженнями (втрата луски, подряпини) на 10–15 діб у воду з додаванням суспензії хлорели.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Атаман О. В. Патолофізіологія: підруч. для студ. вищ. мед. навч. закл. Т. 1 : Загальна патологія. Вінниця: Нова книга, 2012. 592 с.
2. Байдак Л. А., Новіцький Р. О. Про використання мікроводоростей для очищення стічних вод і оздоровлення водойм // Проблеми природокористування, сталого розвитку та техногенної безпеки регіонів: тези ІХ Міжнар. науково-практ. конф. (м. Дніпро, 6–7 жовтня 2021 р.). Дніпро: ІППЕ НАН України, 2021. С. 21–23.
3. Бакай С. М., Шелест В. П., Волох В. Н. Использование хлореллы в рационе свиней. *Свиноводство: Республиканский межведомственный тематический научный сборник*. 1966. Вып. 2. С. 63–67.
4. Біологічне різноманіття України. Дніпропетровська область. Круглороті (Cyclostomata). Риби (Pisces) // В. Л. Булахов, Р. О. Новіцький, О. Є. Пахомов, О. О. Христов. Д.: Вид-во ДНУ, 2008. 304 с.
5. Боднар О. І. Біотехнологічні перспективи використання мікроводоростей: основні напрями (огляд). *Наукові записки Тернопільського національного пед. університету. Серія: Біологія*. 2017. № 1 (68). С. 138–146.
6. Бойко М. Ф. Ботаніка. Систематика несудинних рослин. Київ: Ліра-К, 2016. 250 с.
7. Вассер С. П., Кондратьева Н. В. и др. Водоросли. Справочник. К.: Наукова думка, 1989. 608 с.
8. Голуб Н. Б., Бунча В. Ю. Вплив іонів лужних металів на приріст біомаси та накопичення ліпідів (метаболізм) у *Chlorella vulgaris* // Наукові вісті НТУУ «КПІ». 2012. № 3. С. 12–17.
9. Золотарьова О. К. Перспективи використання мікроводоростей у біотехнології: монографія. Київ: Альтерпрес, 2008. 235 с.
10. Зоологія хордових: навч. посібник / В. Л. Булахов, Р. О. Новіцький, В. Я. Гассо, О. Є. Пахомов. Д.: ДНУ, 2009. 108 с.

11. Костіков І. Ю. та ін. Водорості ґрунтів України (історія та методи дослідження, система, конспект флори). Київ: Фітосоціоцентр, 2001. 300с.
12. Культивирование микроводоросли с целью получения биомассы в лабораторных условиях / Жумадилова Ж. Ш. и др. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2015. № 10. С. 838–839.
13. Леонтьєва Т. О. Адаптивний потенціал зелених мікрроводоростей (*Chlorophyta*) при вирощуванні в штучних умовах // Дис... на здобуття наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 091 «Біологія». Інститут гідробіології НАН України, Київ, 2022. 163 с.
14. Макарова С. В., Новіцький Р. О. Аспекти впливу мікрроводорості хлорела (*Chlorella*) на фізіологічний стан гідробіонтів // Наука, технології та інновації в контексті розвитку суспільства: мат-ли науково-практ. конф. (м. Чернівці, 29–30 жовтня 2021 р.). Херсон: Вид-во «Молодий вчений», 2021. С. 95–98.
15. Масюк Н. П., Костіков І. Ю. Водорості в системі органічного світу. Київ: Академперіодика, 2002. 180 с
16. Методика збору і обробки іхтіологічних та гідробіологічних матеріалів. К.: ІРГ НААН, 1998. 67 с.
17. Методичні рекомендації щодо застосування культури хлорели в рибництві / авт.-упоряд. Григоренко Т. В., Савенко Н. М., Чужма Н. П., Базаєва А. М. Київ: Інститут рибного господарства НААН, 2020. 16 с.
18. Методичні рекомендації щодо визначення робочих місць // Протокол Міністерства праці України № 4 від 21.06.1995 р. № v0004205-95
19. Мовчан Ю. В. Риби України (визначник-довідник). К.: Золоті ворота, 2011. 444 с.
20. Незбрицька І. М. Особливості функціонування представників *Chlorophyta* та *Cyanoprokaryota* за умов підвищення водного середовища: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня к.б.н.: 03.00.17. Київ, 2017. 23 с.

21. Новицкий Р. А., Кочет В. Н., Христов О. А., Ущеповский И. П. Экзотические рыбы на водоемах Днепропетровской области. *Рыбное хозяйство Украины*. 2002, № 3–4. С. 16.
22. Новіцький Р. О. Інвазії чужорідних видів риби у дніпровські водосховища: монографія. Дніпро: ЛІРА, 2021. 280 с.
23. Новіцький Р. О. Іхтіологія (загальна): навчальний посібник. Дніпро: ЛІРА, 2023. 190 с.
24. Новіцький Р. О. Методичні рекомендації по вивченню основ іхтіології та організації іхтіологічних досліджень на водоймах Дніпропетровської області. Дніпро: ОЕНЦДУМ, 2019. 144 с.
25. Новіцький Р. О. Основи іхтіології (конспект лекцій зі спецкурсу). Дніпропетровськ: Свидлер, 2011. 80 с.
26. Новіцький Р. О., Байдак Л. А., Сапронова В. О. Ретроспективні та сучасні дослідження хлорели (*Chlorella vulgaris*) у тваринництві та рибництві // Сучасні проблеми раціонального використання водних біоресурсів: матеріали III Міжнар. науково-практ. конф. (м. Київ, 25–27.10.2021 р.). С. 52–54.
27. Онищенко О. М. Розробка технології виробництва суспензії мікроводоростей як екологічно чистого джерела мікронутрієнтів для забезпечення потреб птахівництва: автореф... дис. к.с.-г.н. ДДАЕУ. Дніпро: ТОВ "Барвікс", 2018. 20 с.
28. Онищенко О. М., Дворецький А. І. Мікроводорості як відновлювальний біологічний ресурс для потреб сільського господарства. *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*. 2013. № 2 (32). С. 48–50.
29. ООО «Европолитест»: тест-объекты - Хлорелла (*Chlorella vulgaris*). URL: http://europolytest.com/information/testobjekts/testobjekts-1_18.html
30. Особливості та перспективи використання мікроводоростей роду *Chlorella* в осетрівництві // О. М. Бернакевич, Х. Я. Солопова, Г. В. Качай та ін. / Сучасні проблеми раціонального використання водних біоресурсів:

- тези VII Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Київ, 30-31 жовтня 2025 р.). Київ: ПРО ФОРМАТ, 2025. С. 23–24.
31. Патологічна фізіологія / А. І. Березнякова, В. М. Кузнєцова, Н. І. Філімонова та ін. Харків: НФаУ : Золоті сторінки, 2003. 424 с.
 32. Пилипенко Ю. В., Шевченко П. Г., Цедик В. В., Корнієнко В. О. Методи іхтіологічних досліджень: навч. Посібник. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2017. 432 с.
 33. Положення про Комітет з питань етики (біоетики) // Наказ Міністерства освіти, науки, молоді та спорту України від 19.11.2012 № 1287. <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v1287736-12#Text>
 34. *ПП "Хлорелла Україна"*: веб сайт. URL: <https://hlorella.jimdo.com/> (дата звернення 01.09.2022).
 35. Робочий зошит юного натураліста (ботаніка, еколога, зоолога та іхтіолога) // Укладачі В. В. Бригадиренко та ін. Дніпро: ОЕНЦДУМ, 2019. 180 с.
 36. Спосіб одержання хлорофіло-каротинової пасти з репаративно-регенеративними властивостями: пат. 13945 України: МПК: А61К 36/05; опубл. 24.04.97.
 37. Суспензія хлорели. Технічні умови. ТУ У 03.0-37613791-001:2017. Дата надання чинності з 24.04.2017 р. Чинні до 24.04.2027 р.
 38. Сухаренко О В., Недзвецький В. С., Новіцький Р. О. Спосіб визначення стану риб в умовах техногенного забруднення // Патент України № 106443. Опубл. 26.08.2014, бюл. № 15.
 39. Сухаренко О. В., Недзвецький В. С., Новіцький Р. О. Спосіб визначення стану популяцій риб в умовах забруднення середовища іонами металів // Патент України № 106145. Опубл. 25.07.2014, бюл. № 14.
 40. Тимощук О. М. Альтернативне біопаливо. *Сільськогосподарські машини*. 2013. Вип. 24. С. 359–362.
 41. Триліс В. В., Серєда Т. М. Досвід боротьби з «цвітінням» природних водойм за допомогою внесення концентрату хлорелли (*Chlorella vulgaris*

- beijer.). *Чиста вода. Фундаментальні, прикладні та промислові аспекти*: мат. VI Міжнар. наук.-практ. конф. Київ, 2019. С. 198–200.
42. Шарило Ю. Є., Деренько О. О., Дюдяєва О. А. Використання водоростей виду *Chlorophyta* як біологічний метод очищення водою. *Водні біоресурси та аквакультура*. 2020. № 1. С. 88–102.
43. Шарило Ю., Деренько О. Хлорела – органічний метод очищення рибогосподарських водою // https://kv.darg.gov.ua/hlorela_organichnij_metod00010991.html
44. Щербуха А. Я. Риби України. Київ: Видавництво Раєвського, 2013. 256 с.
45. Хендель Н. В. Регламентация проведения экспериментов над тваринами: міжнародні та національні правові стандарти. *Український часопис міжнародного права*. Спецвипуск: Міжнародно-правові стандарти поводження з тваринами та їх захисту і практика України. 2013. С. 71–74. <https://hdl.handle.net/11300/24273>
46. Albaqami N. M. *Chlorella vulgaris* as unconventional protein source in fish feed: A review. *Aquaculture*. Vol. 594, 2025, 741404. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2024.741404>
47. Alondra A. Cortés, Sebastián Sánchez-Fortún. Effects of pH on the growth rate exhibited of the wild-type and Cd-resistant *Dictyosphaerium chlorelloides* strains. *Limnetica*. 2018. № 37(2). С. 229–238.
48. Becker E. W. Microalgae for human and animal nutrition. Handbook of Microalgal Culture. Oxford, UK, 2013. P. 461–503.
49. Bonar S. A., Hubert W. A. Standard methods for sampling North American freshwater fishes. Bethesda, Maryland: American Fisheries Society, 2009.
50. Burlew J. S. Algal culture: from laboratory to pilot plant. Carnegie Institute (WA), 1953. 366 p.
51. *Chlorella thermophila* (Trebouxiophyceae, Chlorophyta), a novel thermo-tolerant *Chlorella* species isolated from an occupied rooftop incubator /S. Ma et al. *Hydrobiologia*. 2015. Vol. 760, № 1. P. 81–89.

52. Chu W.-L. Strategies to enhance production of microalgal biomass and lipids for biofuel feedstock. *European Journal of Phycology*. 2017. Vol. 52, № 4. P. 419–437.
53. Council Directive 2010/63/EU of 22 September 2010 on the protection of animals used for scientific purposes. *Official Journal of the European Communities*. 2010. L 276, 33–79. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2010/63/oj/eng>.
54. Cyanobacteria and microalgae: A positive prospect for biofuels / A. Parmar et al. *Bioresource Technology*. 2011. Vol. 102, № 22. P. 10163–10172.
55. Effect of temperature and nitrogen concentration on the growth and lipid content of *Nannochloropsis oculata* and *Chlorella vulgaris* for biodiesel production / A. Converti et al. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*. 2009. Vol. 48, no. 6. P. 1146–1151
56. Efficiency of maturation oxidation ponds as a post-treatment technique of wastewater / M. Kaid et al. *Current Chemistry Letters*. 2022. Vol. 11, № 4. P. 415–422.
57. Gärtner G. ASIB: The Culture Collection of Algae at the Botanical Institute, Innsbruck. *Nova Hedwigia*. 2004. Vol. 79. P. 71–76.
58. Impacts of enriching growing rabbit diets with *Chlorella vulgaris* microalgae on growth, blood variables, carcass traits, immunological and antioxidant indices / Abdelnour S. et al. *Animals*. 2019. Vol. 9, № 10. P. 788.
59. Influence of nutrients and LED light intensities on biomass production of microalgae *Chlorella vulgaris* / A. Khalili et al. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*. 2015. Vol. 20, № 2. P. 284–290.
60. Jamal E., Luturmas A. Some eco-physiological responses of *Chlorella vulgaris* culture in different environmental conditions. *AAFL Bioflux*. Vol. 9. Issue 5. P. 1030–1035.
61. Karunkyi O., Reznik T., Kulidzhanov Ye. *Chlorella* suspension and its usage in finishing pigs' rations. *Grain products and mixed fodder's*. 2019. Vol. 19, no. 1. P. 46–49.

62. Khoeyi Z., Seyfabadi J., Ramezanpour Z. Effect of light intensity and photoperiod on biomass and fatty acid composition of the microalgae *Chlorella vulgaris*. *Aquaculture*. 2012. Vol. 32, № 6. P. 1404–1411
63. Kirpenko N., Leontieva T. Biotechnological prospects of microalgae. *Biotechnologia Acta*. 2019. Vol. 12, № 6. P. 25–34.
64. Leliaert F., Verbruggen H., Zechman F. W. Into the deep: new discoveries at the base of the green plant phylogeny. *BioEssays*. 2011. Vol. 33, № 9. P. 683–92.
65. Lewis L. A., Lewis P. O. Unearthing the molecular phylodiversity of desert soil green algae (Chlorophyta). *Systematic Biology*. 2005. Vol. 54, № 6. P. 936–47.
66. Medved' V. A., Gorbunova Z. N. Peculiarities of green algae growth and accumulation of pigments in their cells under different conditions of illumination and photoperiod length. *Hydrobiological Journal*. 2020. Vol. 56, № 2. P. 63–72.
67. Muñoz R., Guieysse B. Algal–bacterial processes for the treatment of hazardous contaminants: A review. *Water Research*. 2006. Vol. 40, № 15. P. 2799–2815
68. Naselli-Flores L., Barone R. Green Algae. *Encyclopedia of Inland Waters*. 2009. P. 166–173.
69. Park J. K. Algal polysaccharides: properties and applications. *Biochemistry & Analytical Biochemistry*. 2015. Vol. 4, № 2.
70. Peralta E., Jerez C. G., Figueroa, F. L. Centrate grown *Chlorella fusca* (Chlorophyta): Potential for biomass production and centrate bioremediation. *Algal Research*. 2019. № 39.
71. Phylogeny and molecular evolution of the green algae / F. Leliaert et al. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 2012. Vol. 31, № 1. P. 1–46
72. Rowan K. S. Photosynthetic pigments of algae. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1989. 334 p.
73. Safi C., Zebib B., Merah O., Pontalier P.-Y., Vaca-Garcia C. Morphology, composition, production, processing and applications of *Chlorella vulgaris*. *Renewable and Sustainable Energy*. 2014. № 35. C. 265–278.

74. Shalaby E. Algae as Promising Organisms for Environment and Health. *Plant Signaling & Behavior*. 2011. Vol. 6, № 9. P. 1338–1350
75. Some Problems of the use of microalgae for nitrogen and phosphorus removal from wastewater (a Review) / I. M. Nezbrytska et al. *Hydrobiological Journal*. 2021. Vol. 57, № 2. P. 62–78.
76. Takashi F., Supreeya P. Characteristics of Sulfite Transport by *Chlorella vulgaris*. *Plant Cell Physiol*. 1997. 38(4). P. 398–403.
77. The application of the microalgae *Chlorella* spp. as a supplement in broiler feed / S. A. Abdelnour et al. *World's Poultry Science Journal*. 2019. Vol. 75, № 2. P. 305–318.
78. Tohamy M. M., Ali M. A., Shaaban H. A.-G., Mohamad A. G., Hasanain A. M. Production of functional spreadable processed cheese using *Chlorella vulgaris*. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.* 2018. 17(4). P. 347–358. DOI: 10.17306/J.AFS.0589
79. Ukeles R. Cultivation of plants. *Marine Ecology*. 1976. Vol. 3. P. 367–420.
80. Vonshak A. Laboratory techniques for the cultivation of microalgae. Handbook of micro-algal mass culture, 1986. P. 117–145.
81. Zar J. H. Biostatistical Analysis (5th edn.). NJ: Pearson Prentice-Hall, Upper Saddle River. 2010. 960 pp.