

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет тваринництва та водних біоресурсів

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО
ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

аквакультури

(назва кафедри)

Бех В.В.

(підпис)

(ПБ)

“ ” _____ 2025 р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Технологічні аспекти вирощування червоного каліфорнійського
рака (*Procambarus clarkii*) в умовах аквакультури»

Спеціальність 207 – «Водні біоресурси та аквакультура»

Гарант освітньої програми

к.с.-г.н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

Хижняк М.І.

(підпис)

(ПБ)

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

к.с.-г.н

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Охріменко О.В.

(ПБ)

Виконала

(підпис)

Олифіренко Анна Сергіївна

(ПБ студента)

КИЇВ – 2025

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Факультет тваринництва та водних біоресурсів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри аквакультури

Д.С.-Г.Н., професор Бех В.В.
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ПІБ)
“ ” 2025р.

ЗАВДАННЯ

на виконання випускної бакалаврської роботи студенту

Олифіренко Анні Сергіївні

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 207 – «Водні біоресурси та аквакультура»

(код і назва)

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи «Технологічні аспекти вирощування червоного каліфорнійського рака (*Procambarus clarkii*) в умовах аквакультури» затверджена наказом ректора НУБіП України від “25” жовтня 2024р. №1912 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру «15» травня 2025 р.

Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи: еколого-біологічні особливості червоного каліфорнійського рака *Procambarus clarkii*, його цінність як об'єкта аквакультури, особливості живлення та розмноження каліфорнійського рака, способи його культивування.

Перелік питань, які потрібно розробити: 1. Проаналізувати літературні джерела щодо сучасного стану та тенденцій вирощування ракоподібних родини *Cambaridae*, дати характеристику еколого-біологічним особливостям червоного каліфорнійського рака, навести вимоги до умов його вирощування. 2. Проаналізувати способи культивування *Procambarus clarkii* з метою одержання його товарної продукції. 3. Дослідити основні хвороби червоного каліфорнійського рака та їх профілактику в умовах аквакультурних господарств. Перелік графічних документів (за потреби) таблиці, рисунки

Дата видачі завдання “15” листопада 2024 р.

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи _____ Охріменко О.В.

Завдання прийняв до виконання

_____ (підпис)

Олифіренко А.С.

(прізвище та ініціали студента)

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	3
ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ.....	9
1.1 Сучасний стан та тенденції культивування ракоподібних родини <i>Cambaridae</i>	9
1.2 Еколого-біологічні особливості червоного каліфорнійського рака <i>Procambarus clarkii</i>	15
1.3 Заключення за оглядом літератури.....	20
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	21
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ.....	23
3.1 Особливості розмноження червоного каліфорнійського рака в умовах його товарного вирощування.....	23
3.2 Способи культивування <i>Procambarus clarkii</i> з метою одержання його товарної продукції.....	26
3.3 Особливості живлення раків <i>Procambarus clarkii</i>	36
3.4 Хвороби червоного каліфорнійського рака та їх профілактика в умовах аквакультурних господарств.....	41
ВИСНОВКИ.....	46
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	47
ДОДАТКИ.....	51

РЕФЕРАТ

Бакалаврська робота «Технологічні аспекти вирощування червоного каліфорнійського рака (*Procambarus clarkii*) в умовах аквакультури» виконана на 50 сторінках, включає 4 таблиці, 26 рисунків та додатки.

Робота містить огляд літератури, присвячений червоному каліфорнійському раку (*Procambarus clarkii*) як перспективному об'єкту аквакультури та сучасним тенденціям його культивування.

Актуальність теми. Актуальність роботи полягає в необхідності пошуку та впровадження нових об'єктів культивування у вітчизняну галузь з метою забезпечення продовольчої безпеки держави та сталого розвитку аквакультури. Червоний каліфорнійський рак (*Procambarus clarkii*) в умовах сьогодення є перспективним об'єктом, здатним зайняти вагоме місце у вирощуванні ракоподібних, завдяки смаковим та господарським якостям. Разом з тим, технологія виробництва його товарної продукції потребує детального аналізу та висвітлення.

Мета досліджень - проаналізувати та узагальнити основні складові технології вирощування товарної продукції червоного каліфорнійського рака (*Procambarus clarkii*).

Об'єктом дослідження стали червоний каліфорнійський рак (*Procambarus clarkii*) як перспективний об'єкт аквакультури та технологічні аспекти його вирощування.

Для цього необхідно було вирішити наступні завдання:

- ✓ проаналізувати літературні джерела щодо сучасного стану та тенденцій вирощування ракоподібних родини *Cambaridae*;
- ✓ дати характеристику еколого-біологічним особливостям червоного каліфорнійського рака, навести вимоги до умов його вирощування;
- ✓ проаналізувати способи культивування *Procambarus clarkii* з метою одержання його товарної продукції;

- ✓ дослідити основні хвороби червоного каліфорнійського рака та їх профілактику в умовах аквакультурних господарств.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що аналіз технологічних аспектів вирощування товарної продукції червоного каліфорнійського рака, представлений в роботі, дозволить виокремити його роль як нового перспективного виду для вирощування в аквакультурних господарствах України, який здатен відіграти вагомую роль в процесі імпортозаміщення продукції ракоподібних та розширити її асортимент вітчизняного виробництва.

Ключові слова: червоний каліфорнійський рак, канібалізм, відтворення, товарна продукція, профілактичні заходи.

ВСТУП

Розведення раків в Україні є одним із багатообіцяючих напрямків у галузі аквакультури, враховуючи багатство нашої країни на прісноводні ресурси, що забезпечують сприятливі умови для вирощування цих гідробіонтів. Хоча процес культивування раків не є занадто складним, він все ж вимагає певних фінансових інвестицій. Водночас раки популярні серед споживачів як делікатес, а рівень конкуренції у цій сфері залишається відносно низьким. Велике промислове вирощування цих біологічних об'єктів має потенціал стимулювати подальший розвиток аквакультури, яка є важливим сектором економіки України [3].

У сучасних соціально-економічних умовах одним із ключових напрямів виступає марикультура, що займається вирощуванням риби, молюсків і ракоподібних на аквакультурних фермах. Цей підхід є важливим етапом у переході від традиційного рибальства до екологічно стійких методів виробництва водних організмів. Згідно з даними Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН, рівень споживання риби та морепродуктів в Україні, включаючи ракоподібних, значно нижчий за рекомендовану фізіологічну норму, яка становить 22 кг на особу на рік. Наразі цей показник ледь досягає 16 кг. Особливо гостро постає питання щодо споживання молюсків, середнє споживання яких становить лише близько 100 грамів на душу населення на рік. У світлі цих даних розробка і вдосконалення технологій вирощування цінних об'єктів аквакультури набувають виняткового значення для забезпечення продовольчої безпеки держави [5].

Стан природних популяцій раків знаходиться під значним впливом антропогенних факторів, серед яких виділяються евтрофікація водойм, забруднення річок пестицидами, замулення водного середовища, а також виснаження ресурсів через надмірний вилов. Зважаючи на цей контекст, надзвичайно важливим є розвиток технологій культивування раків у контрольованих аквасистемах. Аборигенні види раків представляють труднощі для комерційного вирощування через низьку швидкість росту та їхню чутливість

до змін у параметрах води. У зв'язку з високою ринковою цінністю раків як джерела білка і мінералів, актуальною є потреба у виявленні альтернативних видів, здатних підвищити ефективність технологій аквакультури. У цьому контексті перспективним видом для вирощування є північноамериканський червоний болотяний рак, або *Procambarus clarkii*. Цей таксон має ряд очевидних переваг для культивування в порівнянні з традиційними видами роду *Astacus*, що робить його привабливим об'єктом для розширення аквакультурних практик [9].

В Україні цей вид зазвичай слугує об'єктом декоративної аквакультури. Однак досвід міжнародної практики свідчить про його значну харчову цінність, обумовлену відмінними смаковими характеристиками. Цей вид може стати обґрунтованою альтернативою місцевим ракам, яких нині виробляють у невеликих обсягах через різні обставини, що не дозволяють задовольнити попит на ринку. Така ситуація відкриває можливості для освоєння перспективної ринкової ніші та зменшення залежності від імпорту, що сприятиме сталому розвитку аквакультури [15].

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

1.1 Сучасний стан та тенденції культивування ракоподібних родини *Cambaridae*

Велике значення у світовому промислу займають представники класу вищих раків, а саме десятиногі ракоподібні. Дослідження показує, що технології розведення ракоподібних в штучних умовах активно розвиваються та вдосконалюються, а перелік видів, що вирощуються в аквакультурі, постійно збільшується. Загалом, у світовій аквакультурі зареєстровано близько 45 видів ракоподібних, причому основний обсяг продукції припадає на креветки, тоді як частка раків становить близько 10%. Визначено, що лідерами у вирощуванні ракоподібних є Китай, Індонезія, В'єтнам, Індія, Еквадор, Таїланд та Бангладеш (рис.1.1) [2].

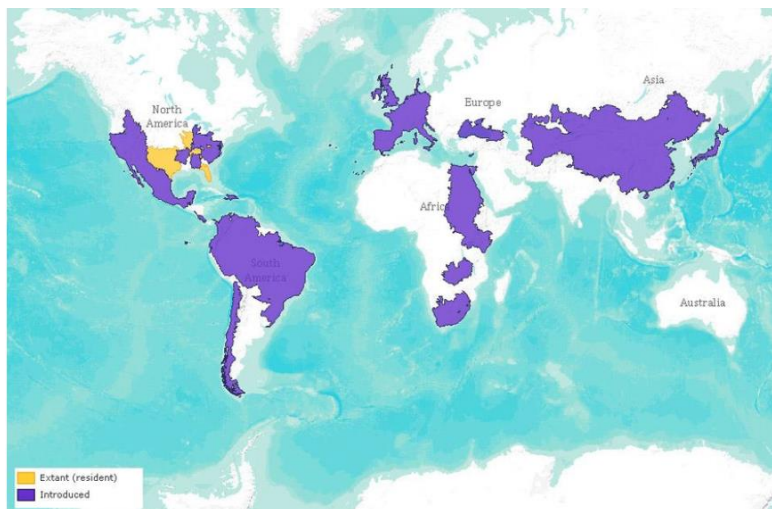


Рис. 1.1 Країни, в яких *Procambarus clarkii* зустрічається в дикій природі [9]

У наш час багато природних популяцій водних тварин перебувають під загрозою через надмірне вилучення, нелегальний вилов, вплив чужорідних видів, хвороби, забруднення та зміни середовища через діяльність людини.

З огляду на це, набирає популярності напрямок аквакультури, що має на меті відновлення або підтримку таких популяцій. Основним шляхом є створення господарств для розведення молоді водних організмів (наприклад, раків або креветок) і подальшого її випуску у природні водойми [1].

Через складну ситуацію у світі та проблеми в раківництві варто обирати ті види раків, які можуть приносити прибуток і забезпечити людей якісною продукцією [3].

За останні два-три десятиліття світове рибництво (аквакультура) переживає бурхливий розвиток, збільшуючи свою роль у загальному обсязі вироблених водних організмів. Зараз більше половини (48% і більше) рибної продукції отримують саме з аквакультури. Спостерігається тенденція до розширення асортименту делікатесних видів гідробіонтів, включаючи ракоподібних, які споживаються. М'ясо ракоподібних - це цінне джерело повноцінного білка, корисних жирів, а також важливих для здоров'я мікроелементів та вітамінів [5].

Загалом, перспективи розвитку аквакультури ракоподібних в Україні базуються на таких передумовах:

- зниження чисельності природних популяцій морських ракоподібних, що є об'єктами промислу, вимагає запровадження науково обґрунтованих методів розведення для їх відновлення та підвищення біопродуктивності;
- скорочення запасів вузькопалого рака на значних територіях Євразії створює необхідність його відновлення через аквакультуру, що сприятиме розвитку місцевого промислу, товарного вирощування та любительського вилову;
- високий попит на делікатесну продукцію з живих ракоподібних, який поки що не повністю задоволений, відкриває можливості для стабільного забезпечення українського ринку.

При вирощуванні риби основними факторами, що обмежують щільність посадки, є кисневий режим та рівень накопичення забруднюючих речовин. Натомість у ракоподібних ключовою проблемою є канібалізм. На відміну від

риб, їхній ріст відбувається нерівномірно через наявність зовнішнього скелета – панцира. У процесі росту тіло ракоподібних збільшується, панцир стає затісним, і особина його скидає. Цей процес, відомий як линяння, є критичною фазою в житті ракоподібних. Протягом кількох годин після линяння вони залишаються повністю беззахисними, що робить їх легкою здобиччю.

Проблема ускладнюється тим, що линяння у різних особин відбувається неодноразово, що підвищує ризик канібалізму, особливо за умов високої щільності утримання в промислових системах вирощування. Через це їхня щільність посадки (а відповідно і біопродукція) значно нижча, ніж у риби, навіть за умов застосування спеціальних заходів для зменшення канібалізму. Зокрема, щільність вирощування ракоподібних становить лише 0,6–2,5 кг/м³ проти 100 кг/м³ у риби. Одним із радикальних рішень є індивідуальне утримання, яке не потребує складного обладнання, однак є трудомістким у догляді. Спеціальні схованки значно зменшують рівень канібалізму, проте повністю усунути не можуть [1].

У країнах Європи представників родини *Cambaridae*, зокрема *Procambarus clarkii* та *Procambarus virginalis*, є інвазивними видами через швидке розповсюдження та витіснення місцевої фауни. Це спричинило запровадження обмежень на їх культивування в окремих державах ЄС. Водночас у багатьох інших регіонах, зокрема в Азії та Північній Америці, ці види активно розводять для потреб населення в їжі та торговельної діяльності. [2].

Червоний болотний рак (*Procambarus clarkii*), що належить до родини *Cambaridae*, вперше з'явився в північно-східній Мексиці та південно-центральному штаті США. У Північній Америці його активно виловлюють у природних болотах та розводять у спеціальних ставках для продажу. Цей вид рака був завезений на всі континенти, окрім Австралії та Антарктиди, з метою розведення у ставках або як декоративна тварина для акваріумів [22].

Procambarus clarkii, або червоний каліфорнійський рак, належить до групи прісноводних ракоподібних, що природно зустрічаються в південних штатах США та на півночі Мексики. Однією з характерних ознак цього виду є

інтенсивне червоне забарвлення, найяскравіше помітне на карапаксі та клешнях. Окрім цього, для виду притаманні довгі клешні, можливе утворення дрібних шипів у зоні з'єднання голови з панциром, а також присутність яскраво-червоних горбків, які надають йому характерного вигляду.

Раки вирізняються серед інших безхребетних, що живуть у прісних водах, і, можливо, є їхніми єдиними представниками, що мають важливу господарську цінність. Завдяки високому попиту на світовому ринку, вирощування раків стало важливим сегментом аквакультури у багатьох країнах. В Україні розвиток цієї галузі теж є перспективним, з огляду на значну кількість прісноводних водойм. Розширення масштабів культивування ракоподібних сприятиме не тільки економічному ефекту, але й покращенню екології, оскільки ці організми здатні очищувати воду, споживаючи залишки органіки.

М'ясо червоного каліфорнійського рака (*Procambarus clarkii*) має наступний склад: основну частину (81%) становить вода, значну частку займають білки (16,46%), незначну – жири (0,16%), клітковина (0,1%) та зола (1,42%). Решта компонентів складає 0,86%. Через це м'ясо раків користується популярністю, має приємний смак та високу харчову цінність.

М'ясо австралійських раків вирізняється багатим вмістом вітамінів (B1, B2, B6, B9, B12, C, E, K, PP, D) та широким спектром мікро- і макроелементів, серед яких особливо виділяються кальцій, сірка, кобальт, магній, селен, фосфор, хром, залізо, фтор та калій. Важливою перевагою є практична відсутність холестерину, натомість наявні органічні кислоти та йод. Крім того, м'ясо цих раків є низькокалорійним – лише 76 ккал на 100 грамів, тому підходить для здорового харчування [9].

В Україні розведення раків родини *Cambaridae* перебуває на початкових етапах. Вчені активно працюють над тим, щоб створити найкращі умови для їхнього утримання та розмноження в штучних аквасистемах.

Наразі попит на живих річкових раків в Україні задовольняється виключно за рахунок вилову в природних водоймах. Інші види ракоподібних у живому вигляді для широкого загалу не продаються. Хоча офіційно дозволено

виловлювати 11,1 тон річкових раків на рік, у 2023 році було виловлено лише 1,427 тон. За інформацією Державного агентства меліорації, рибного господарства та продовольчих програм, найбільше раків виловили у Кременчуцькому водосховищі (0,833 т), а також у Дністрі та Дністровському лимані (0,428 т). Менші обсяги вилову зафіксовано у Дніпровському (0,107 т), Кучурганському (0,033 т) та Канівському (0,021 т) водосховищах. Статистика щодо вирощування річкових раків в аквакультурі останнім часом практично відсутня.

Протягом багатьох років українські дослідження в галузі аквакультури ракоподібних зосереджувалися на вивченні місцевих видів раків, зокрема широкопалого (*Astacus astacu*) та вузькопалого (*Astacus leptodactylus*).

Останнім часом в українській аквакультурі з'явився новий об'єкт – Червоний каліфорнійський рак (*Procambarus clarkii*) (рис. 1.2). Наразі в Україні відсутні чіткі стандарти щодо його розведення та утримання, тому вирощування відбувається переважно експериментальних рівнях.



Рис. 1.2 Зовнішній вигляд червоного каліфорнійського рака (*Procambarus clarkii*)

Таким чином, головною метою для розведення у сфері аквакультури стає покращення методик утримання та вирощування цього виду раків. В Україні їх вирощують у два етапи: спочатку в установках замкнутого водопостачання

(УЗВ), а потім дорощують до товарної ваги у рибогосподарських водоймах (глибиною 1-2,6 м і площею 0,05-0,6 га). Оскільки цей вид, що любить тепло, не витримує холодів, він не здатен самостійно поширюватися у водоймах України [1].

Замість традиційного культивування окремих видів десятиногих раків, нині активно вивчається перспектива інтродукції нових видів шляхом застосування інноваційних технологій розведення. Штучне відтворення поширених видів водних організмів із подальшим їх випуском у природні водойми - особливо представників місцевої фауни, як прісноводної, так і морської - набуває дедалі більшого значення для підтримання біорізноманіття. Актуальні ринкові тенденції сприяють розширенню асортименту видів, що вирощуються в умовах аквакультури, та стимулюють створення новітніх технологічних рішень. Зокрема, зростання попиту на живу продукцію сприяє вдосконаленню способів транспортування й утримання раків. Загалом, аквакультура ракоподібних в Україні демонструє динамічний розвиток, маючи значний потенціал як у сфері екологічної стабільності, так і у зміцненні продовольчої безпеки (рис.1.3) [1].

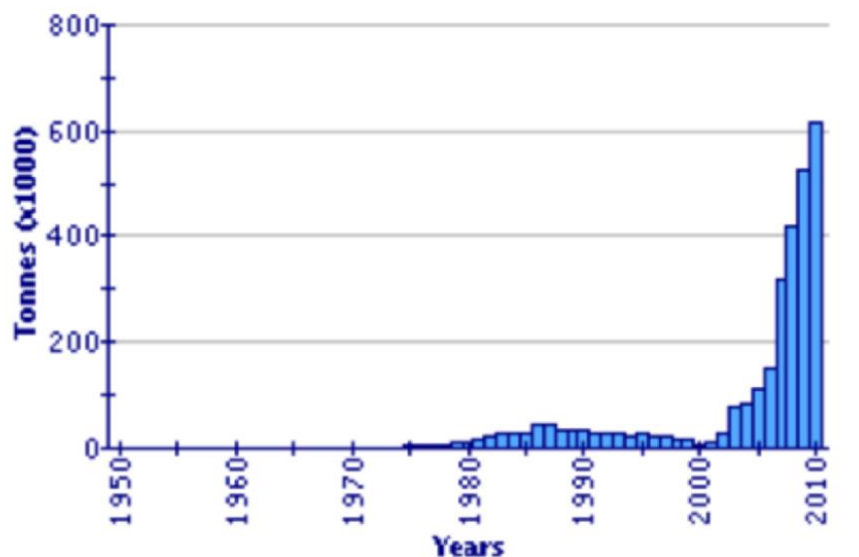


Рис. 1.3 Глобальне аквакультурне виробництво *Procambarus clarkii* з 1950 по 2010 рік

Розвиток аквакультури ракоподібних тісно пов'язаний з економічною вигодою, що підтверджується дослідженнями рентабельності вирощування *Procambarus clarkii*. Успішний досвід США та Китаю, де вирощування цього виду рака є високоприбутковим завдяки великому попиту, демонструє потенціал галузі [22].

В Україні, де ринок культивованих ракоподібних тільки формується, вчені аналізують можливості економіки, оцінюючи витрати на створення ферм та потенційний прибуток від експорту на європейський ринок, що є важливим для розвитку галузі в українських умовах [13].

Загалом, морфологічні та поведінкові особливості *Procambarus clarkii* забезпечують йому помітні переваги як у технологічному аспекті розведення, так і в економічному плані. Незважаючи на обмежену доступність або відсутність офіційної статистики щодо імпорту та рівня попиту на продукцію з цього виду, сталий рівень її присутності на ринку свідчить про економічну доцільність та перспективність.

Українська аквакультура може запропонувати конкурентоспроможну заміну імпортованій рибній продукції, зокрема, свіжу місцеву рибу та морепродукти замість заморожених аналогів. Розвиток промислового вирощування раків *P. clarkii* допоможе зменшити тиск на дикі популяції раків в Україні, сприяючи їх відновленню та стабілізації екосистеми, а також забезпечить стабільне постачання ракоподібної продукції на внутрішній ринок [10].

1.2 Еколого-біологічні особливості червоного каліфорнійського рака *Procambarus clarkii*

Раки населяють різні типи прісноводних водойм, зокрема річки, озера, лимани, ставки та водосховища. Їх наявність в екосистемі часто вказує на добрий екологічний стан води, оскільки ці організми не можуть існувати в умовах значного забруднення. Найчастіше вони обирають ділянки водойм із глибинами 3–5 метрів, хоча у великих водоймах можуть траплятися й на глибинах 8–15 метрів. Вони надають перевагу водоймам зі складною береговою лінією,

наявністю заток і густою водною рослинністю. Рослини відіграють важливу роль у забезпеченні організму рака кальцієм, необхідним для відновлення панцира після линьки [5].

У прісноводних екосистемах раки є важливими регуляторами харчових мереж. На жаль, завезення немісцевих видів раків руйнує цей баланс. Інвазивні раки конкурують з місцевими видами, витісняючи їх, а також можуть поширювати смертельні захворювання, такі як ракова чума, що призводить до масової загибелі аборигенних популяцій [7].

Procambarus clarkii зазвичай мешкає в теплих прісноводних водоймах, таких як повільно текучі річки, болота, резервуари, іригаційні системи та рисові поля. Він здатний швидко зростати навіть у сезонних водоймах, витримуючи періоди висихання до чотирьох місяців. Цей вид також може переносити злегка солонувату воду, що є незвичним для прісноводних раків. У Європі *P. clarkii* включений до списку інвазійних чужорідних видів, що викликають занепокоєння в Європейському Союзі. Це означає, що його імпорт, розведення, транспортування, навмисний випуск у довкілля заборонені в усьому ЄС. Він відомий своєю здатністю перетинати значні відстані по суші, особливо під час вологих сезонів, що сприяє його швидкому поширенню. Інтродукція *P. clarkii* призвела до зменшення популяцій амфібій у деяких регіонах, оскільки він споживає як яйця, так і молодих особин цих тварин [2].

Раки - це водні ракоподібні, чий панцир має складну структуру, що включає кілька шарів, зокрема пігментований та кальцинований. Їх ріст відбувається стрибкоподібно: після кожної линьки вага раптово збільшується. З кожною линькою панцир стає важчим, міцнішим і набуває більш насиченого червоного кольору. Зрештою, панцир стає темно-червоним і дуже твердим, що ускладнює линьку і призводить до стабілізації розмірів рака [17].

Ракоподібні характеризуються наявністю двох пар антен, пари мандибул (нижніх щелеп) та пари складних очей, часто розміщених на рухомих стебельцях. Їхня голова також несе дві пари максил (верхніх щелеп). За головою розташовані численні придатки, що знаходяться на кожному сегменті тіла. Тіло

ракоподібних зазвичай поділяється на три основні частини: голову, груди та черевце. Важливою особливістю є наявність у дорослих особин хоча б декількох двогіллястих кінцівок. Дихають ракоподібні за допомогою зябер [13].

Тіло рака чітко розділене на три відділи: головний (цефалон), грудний (торакс) і черевний (абдомен). У деяких примітивних ракоподібних структура сегментів черевця і грудей майже ідентична. Кожен сегмент тіла оснащений парою кінцівок, які розгалужуються на дві частини (рис.1.4) [14].

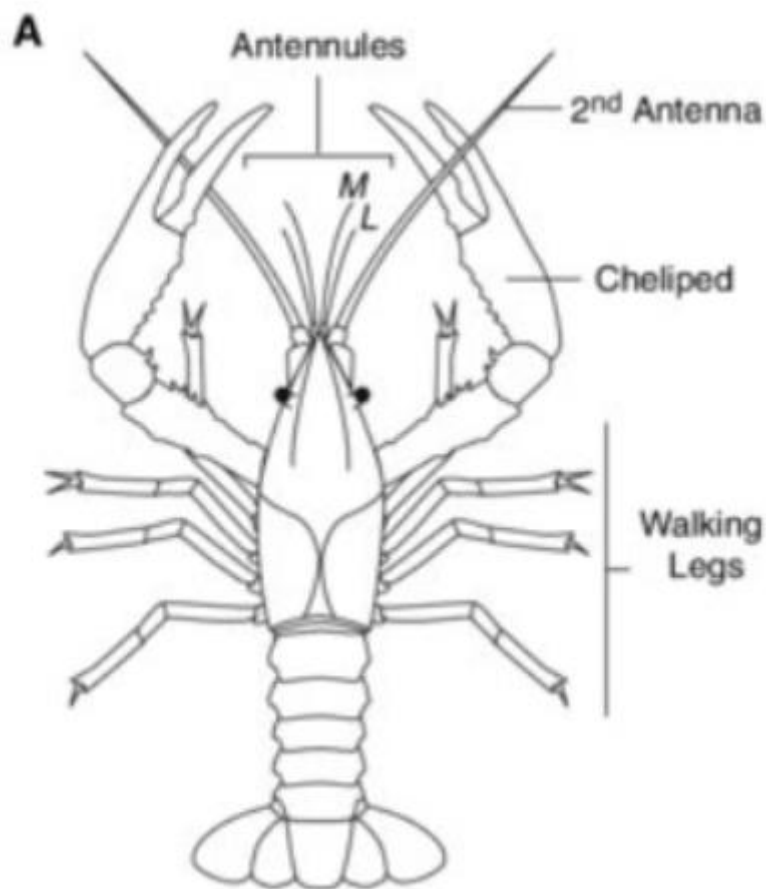


Рис. 1. 4 Будова тіла *Procambarus clarkii*

Важливу роль у формуванні кольору панцира відіграють каротиноїди - жиророзчинні пігменти, які раки не можуть синтезувати самостійно. Вони отримують їх з їжею, а потім перетворюють на різні форми, зокрема астаксантин. Каротиноїди важливі не лише для пігментації, але й для загоєння ран та імунної відповіді. Додавання астаксантину до корму може покращити колір панцира. Хоча відомо, що ракоподібні здатні перетворювати різні каротиноїди на

астаксантин, механізми цього процесу та гени, що його регулюють, ще потребують вивчення [7].

Колір панцира має велике значення на ринку, і червоні раки користуються найбільшим попитом. На колір панцира впливає безліч факторів, таких як пігменти, мікроелементи, генетика та умови навколишнього середовища (рис. 1.5) [7].



Рис. 1.5 Забарвлення панцира *P. clarkii* залежно від умов середовища

У рамках масштабного експериментального дослідження науковці проаналізували, як умови годування та параметри утримання впливають на взаємозв'язок між забарвленням панцира раків та концентрацією атаксантину. Зокрема, у групах, що отримували раціон з підвищеним вмістом β -каротину та утримувалися при температурі води $30,0^{\circ}\text{C}$, спостерігалось зростання рівня атаксантину, що зумовлювало формування інтенсивного червоного кольору панцира [2].

Procambarus clarkii є умовно-патогенним видом з всеїдним типом харчування, хоча в його раціоні переважають рослинні компоненти. Експериментальні дані свідчать про вибірковість у споживанні рослинності:

навесні раки віддають перевагу свіжим рослинам, а в літньо-осінній період збільшується частка зелених водоростей у їхній дієті [17].

Інвазивні раки, такі як *Procambarus clarkii*, демонструє вищу агресивність і домінують у боротьбі за укриття та харчові ресурси, що призводить до зниження чисельності або навіть зникнення місцевих видів. Інвазивні раки активно полюють на місцевих безхребетних, молюсків, амфібій та молодь риб, що порушує баланс екосистем і зменшує біорізноманіття. Інвазивні види можуть переносити патогени, такі як грибок *Aphanomyces astaci*, що викликає "ракову чуму", смертельну для європейських видів раків (рис. 1.6) [15].



Рис. 1.6 Вирощування червоного каліфорнійського рака *Procambarus clarkii* у рециркуляційній системі

Цей вид так добре приживається в нових місцях, тому що він дуже легко пристосовується до різних умов, як створених людиною, так і природних. Це стало можливим завдяки його еволюційному розвитку. Однак, це призводить до

проблем в місцевих екосистемах, оскільки цей вид впливає на харчові ланцюги і починає домінувати, особливо *Procambarus clarkii* [3].

1.3 Заключення за оглядом літератури

На підставі ретельного аналізу науково-технічної інформації, що стосується обраної тематики дослідження, сформульовано наступні висновки:

1. Розведення червоних каліфорнійських раків виду *Procambarus clarkii* в умовах контрольованого середовища є перспективним напрямом розвитку аквакультури в Україні. Це надає нові можливості для диверсифікації економічної діяльності у цій сфері, сприяючи її зростанню.

2. Червоний болотяний рак демонструє значно більшу ефективність при вирощуванні в порівнянні з місцевими видами роду *Astacus*. Цей вид відрізняється підвищеною адаптаційною здатністю до штучних умов, швидкими темпами зростання та високою продуктивністю.

3. Процес визначення оптимальних технологічних підходів для ефективного культивування північноамериканських раків у штучних аквакультурних умовах все ще триває. Це вимагає подальших наукових досліджень та впровадження інноваційних підходів.

4. Дослідження особливостей розмноження *Procambarus clarkii* в штучних аквасистемах набуває особливої актуальності. Отримані результати мають потенціал для практичного застосування в галузі аквакультури, сприяючи її сталому розвитку та нарощенню обсягів виробництва.

РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Темою бакалаврської кваліфікаційної роботи є «Технологічні аспекти вирощування червоного каліфорнійського рака (*Procambarus clarkii*) в умовах аквакультури». Робота носить аналітичний характер і зосереджена на вирішенні важливої проблеми в сфері аквакультури України, яка полягає в пошуку та розробці технологій культивування нових перспективних та цінних гідробіонтів в штучних умовах.

Мета досліджень - проаналізувати та узагальнити основні складові технології вирощування товарної продукції червоного каліфорнійського рака (*Procambarus clarkii*).

Об'єктом дослідження стали червоний каліфорнійський рак (*Procambarus clarkii*) як перспективний об'єкт аквакультури та технологічні аспекти його вирощування.

Для цього необхідно було вирішити наступні завдання:

- ✓ проаналізувати літературні джерела щодо сучасного стану та тенденцій вирощування ракоподібних родини *Cambaridae*;
- ✓ дати характеристику еколого-біологічним особливостям червоного каліфорнійського рака, навести вимоги до умов його вирощування⁴
- ✓ проаналізувати способи культивування *Procambarus clarkii* з метою одержання його товарної продукції;
- ✓ дослідити основні хвороби червоного каліфорнійського рака та їх профілактику в умовах аквакультурних господарств.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що аналіз технологічних аспектів вирощування товарної продукції червоного каліфорнійського рака, представлений в роботі, дозволить виокремити його роль як нового перспективного виду для вирощування в аквакультурних господарствах України, який здатен відіграти вагомий роль в процесі імпортозаміщення продукції ракоподібних та розширити її асортимент вітчизняного виробництва.

Виконання визначених завдань дозволило провести детальний аналіз отриманих результатів у контексті досліджуваної проблеми. Це стало підґрунтям для формулювання обґрунтованих висновків і рекомендацій, заснованих на проведеному аналізі.

Для представлення результатів дослідження були використані графіки, діаграми, таблиці та інші візуальні матеріали. Такі засоби допомогли більш зрозуміло подати зібрані дані та зроблені висновки. Інформація була отримана з різноманітних джерел, включно з публікаціями, звітами, науковими статтями, статистичними базами та онлайн-ресурсами, що аналізують технічні й технологічні аспекти відтворення коропа за допомогою фізіологічних методів.

Узагальнювальний аналіз технології вирощування червоного каліфорнійського рака в умовах штучних аквасистем сприятиме поглибленому розумінню його переваг та недоліків. Такий підхід дозволить ідентифікувати оптимальні стратегії культивуації, а також підвищити економічну ефективність усього процесу.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що детальний аналіз процесу вирощування червоного каліфорнійського рака як перспективного аквакультурного об'єкту для України, дасть змогу виявити його сильні та слабкі сторони. Це сприятиме ухиленню від потенційних недоліків у виробничих умовах та, водночас, підвищенню ефективності системи риборозведення.

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

3.1 Особливості розмноження червоного каліфорнійського рака в умовах його товарного вирощування

Procambarus clarkii, або червоний каліфорнійський рак, цінується в аквакультурі за його здатність швидко розмножуватися та давати велике потомство. Ці біологічні особливості роблять його вигідним для економічного вирощування [16].

Червоні болотні раки – це ракоподібні, які візуально схожі на місцеві види раків. Їх легко впізнати за темно-червоним кольором панцира, який густо вкритий виразними, піднятими червоними плямами. (рис. 3.1) звертає нашу увагу на ці плями, що особливо помітні на їхніх кігтях. На спині, у верхній частині черевця, у них є чорна смуга у формі клина. Розмір цих раків зазвичай становить від 5 до 13 сантиметрів. Рідко трапляються особини з синім забарвленням тіла або кігтів, що є результатом генетичної мутації, але при цьому червоні горбики залишаються незмінними [17].

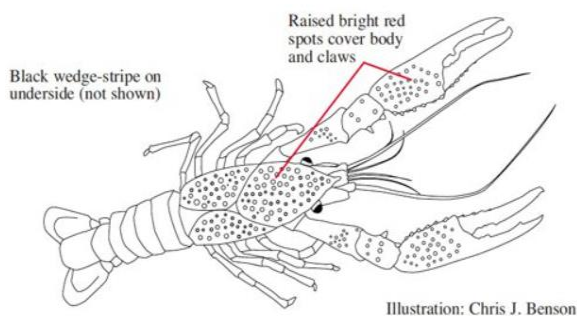


Рис. 3.1 Схематичне зображення зовнішніх ознак червоного каліфорнійського рака (*Procambarus clarkii*)

Основний обсяг економічної продукції аквакультури вирощується в земляних ставках, що відповідає принципам екологічної аквакультури. Однак, деякі фермери, використовуючи результати власних досліджень, застосовують більш інтенсивні технології [2].

Підприємства, що займаються раківництвом, можуть відрізнятися за ступенем інтенсифікації технологічних процесів. Інкубація ікри проводиться різними способами: на самицях у природних водоймах, на самицях в умовах інкубаційних апаратів, а також у середовищах, де одночасно відбувається підрощування молоді й вирощування товарних раків — у ставках, басейнах, лоткових системах або у водних системах із рециркуляцією.

Під час інкубації ікри та розведення раків необхідно ретельно контролювати якість води. Важливим аспектом є забезпечення належного водообміну, який дозволяє підтримувати достатню концентрацію розчиненого кисню. Аерація води також відіграє важливу роль у насиченні її киснем, що є життєво необхідним для розвитку ікри та раків (рис. 3.2) [4].



Рис. 3.2 Вирощування червоного каліфорнійського рака (*Procambarus clarkii*) в акваріальній системі

P. clarkii надзвичайно швидко розмножується та поширюється, що робить його серйозною загрозою для місцевої природи. Його всеїдність і здатність пристосовуватися до різних джерел їжі дозволяють йому суттєво впливати на екосистеми. Він змінює фізичні та хімічні властивості води, що особливо небезпечно для вразливих видів раків. Крім того, *P. clarkii* негативно впливає на

риб, земноводних, безхребетних, рослини та водорості, призводячи до збільшення каламутності води, порушення потоків поживних речовин та енергії, а в деяких випадках – до локального зникнення видів. *P. clarkii* схильні до накопичення важких металів, радіоактивних елементів та інших забруднюючих речовин, що може призвести до їхнього поширення по харчовому ланцюгу [17].

Якість води є критично важливою для вирощування червоного каліфорнійського рака. Необхідно ретельно контролювати, щоб вода мала достатній рівень розчиненого кисню (понад 4 мг/л), оптимальний рН (6,5-8,0), достатню жорсткість (понад 40 ppm) та низьку мінералізацію (менше 5%) [19].

Незначна присутність міді у воді може бути смертельною для ракоподібних, критично важливо розробити та впровадити протокол реагування на будь-які відхилення у якості води. Цей протокол повинен передбачати швидке втручання, наприклад, посилення аерації або заміну води. Також, для забезпечення оптимального росту та продуктивності, необхідно ретельно контролювати температуру води, підтримуючи її в межах 25-30° С, щоб уникнути негативного впливу температурних стрибків [19].

Дослідження показали, що солоність води може тимчасово негативно впливати на виживання та поширення виду, особливо на самицях. Вона спричиняє незначні зміни в окисно-відновних процесах, але загалом не заважає виду адаптуватися до нових умов [3].

Види людської діяльності, такі як сільське господарство, аквакультура, рекреаційні заходи та транспорт, сприяють переміщенню видів через їхні природні бар'єри розповсюдження, явище, яке значно прискорилося через процеси глобалізації. Транслокація видів може здійснюватися як навмисно, так і випадково. Однак більшість організмів не виживає під час транспортування або гине незабаром після випуску. Ті види, що стали інвазивними, це саме ті, що виживають, приживаються в нових умовах і завдають негативної шкоди людському здоров'ю, економіці, місцевому біорізноманіттю та функціонуванню екосистем.

Червоний каліфорнійський рак також відноситься до інвазивних видів, тому його культивування в аквакультурі має проходити в умовах штучних аквасистем. Адже інтродукція чужорідних видів є однією з головних загроз для біорізноманіття та функціонування екосистем функціонування екосистем. *Procambarus clarkii*, також відомий як червоний болотний рак або рак Луїзіани, походить з північно-східної Мексики з північно-східної Мексики та півдня США він був інтродукований на всіх континентах, окрім Антарктиди та Океанії, і зараз вважається найбільш космополітичним прісноводним раком видом прісноводних раків у світі. Одним з найбільших викликів для розуміння та прогнозування біологічних інвазій є прогнозування біологічних інвазій полягає в тому, щоб зрозуміти які біологічні та екологічні характеристики можуть сприяти колонізації та розселенню екзотичних видів на нових територіях, а також закономірності їхнього поширення після приживлення, і як інвазивні види можуть витіснити місцеві види.

Розуміння процесу інвазії в різних країнах та оселищах, а також розуміння характеристик виду, які можуть сприяти його успішним інвазіям, може допомогти менеджерам розпізнати потенційні загрози, які цей вид становить для нещодавно екосистемам, а також підтримати зусилля з управління та пом'якшення впливу.

3.2 Способи культивування *Procambarus clarkii* з метою одержання його товарної продукції

На основі наявної інформації особливої актуальності набуває пошук ефективних шляхів інтенсифікації росту та підвищення рівня виживаності *Procambarus clarkii* в умовах штучного вирощування. Зокрема, перспективним напрямом є застосування вітамінно-амінокислотних добавок, ефективність яких уже підтверджено у дослідженнях, проведених для інших об'єктів аквакультури. Ця проблема ускладнюється тим, що під час технологічної обробки кормів можлива деградація чутливих біоактивних компонентів. Навіть технологічні заходи, спрямовані на покращення перетравлення вуглеводів або зниження

впливу антипоживних речовин, можуть супроводжуватись суттєвими втратами вітамінів та інших цінних елементів у межах 35–70% [2].

Зважаючи на всеїдний характер живлення раків у природних умовах, для ефективного їх вирощування були розроблені спеціалізовані штучні корми. Найбільш прийнятним для цього літок є раціон із вмістом 42,6% сирого протеїну, 8,12% сирого жиру, 34,74% перетравлюваного білка та 3,96% клітковини. При годівлі товарних раків до складу корму обов'язково має входити рибний фарш або рибне борошно в обсязі 50–60%. Важливу роль у забезпеченні формування міцного карапаксу відіграє кальцій, основним джерелом якого у раціоні виступає крейда [4].

Найкраще *Procambarus clarkii* росте при температурі води від 21 до 27°C. Якщо температура опускається нижче 12°C, ріст значно сповільнюється. При 10°C і нижче активність знижується, а за умов температур нижче 4°C рак практично втрачає здатність до руху. Незважаючи на це, вид має високу здатність до адаптації — він може жити як у тропіках, так і в регіонах із помірним кліматом. Для пристосування до холодних умов *P. clarkii* змінює деякі аспекти свого життєвого циклу (табл.3.1).

Таблиця 3.1

**Рекомендовані показники вирощування червоного каліфорнійського
рака в штучних аквасистемах**

№	Показник	Норматив
1	Розмірно-вагові показники, см	Від 5
2	Вік настання статевої зрілості, міс	4-6
3	Частота нересту на рік	1 або 2
4	Плодючість, ікр	700-800
5	Період інкубації, міс	2

Процес розмноження *Procambarus clarkii* переважно припадає на кінець літа та осінній період, хоча незначна частина самок продовжує інкубацію ікри протягом зимових місяців.



Рис. 3.3 Інкубаційні апарати для отримання молоді раків [5]

Завершення етапу підрощування личинок визначається візуально за ознакою втрати здатності до утворення щільних скупчень — личинки починають активно переміщатися по всій площі лотка. У віці 7–10 діб личинки другої стадії підрощування пересаджуються для подальшого вирощування у мілководні водойми з ефективним водообміном (щільність посадки становить 80–100 особин/м²), або у спеціальні вирощувальні ємності, розміщені в системах із штучним водним потоком (заводська технологія) (табл. 3.1) (рис. 3.4).



Рис. 3.4 Вирощування личинок *Procambarus clarkii*

З метою зниження рівня канібалізму рекомендується використовувати у вирощувальних ємностях різноманітні укриття, субстрат для молоді, знижувати щільність посадки, проводити регулярне сортування особин за розмірами, а на подальших етапах — і за статтю. Крім того, ефективними є заходи щодо збільшення обсягів та частоти годівлі, особливо у період линьки. Незважаючи на комплекс застосованих заходів, повністю уникнути проявів канібалізму не вдається, що призводить до загибелі до 30% молоді під час підрощування [5].

У системах інтенсивного вирощування головним завданням є стимуляція частих циклів линьки, що сприяє активному росту та приросту біомаси після кожної фази зміни екзоскелету.

Установки з рециркуляцією води, призначені для виробництва посадкового матеріалу, забезпечують точний моніторинг і регулювання абіотичних параметрів, критичних для розвитку гідробіонтів. Це включає контроль температури, швидкості течії, інтенсивності світла, рН, концентрації розчиненого кисню та вуглекислого газу, а також вмісту азотних сполук. З огляду на високі вимоги гідробіонтів до чистоти води, для виключення токсичного впливу матеріалів, з яких виготовлено обладнання, використовуються лише корозійностійкі матеріали, такі як пластик і нержавіюча сталь. Металеві поверхні додатково обробляються водонепроникними фарбами або латексними покриттями для мінімізації їхньої взаємодії з водним середовищем.

Зазвичай самці раків значно більші за самок, іноді в 2-3 рази. Період розмноження та відкладання ікри у річкових раків може відбуватися як восени (в жовтні-листопаді), так і наприкінці зими – на початку весни (в лютому-березні). Інкубаційний період ікри залежить від часу спарювання: у раків, що спарювалися восени, він триває 6-7 місяців, а у тих, що спарювалися навесні, – понад 4 місяці.

Спарювання триває 2-3 тижні, а запліднення відбувається зовні. У процесі спарювання самець прикріплює сперматофори до вентральної частини головогрудного сегмента самиць, внаслідок чого утворюється характерне білувате забарвлення в цій ділянці. У випадках пізнього спарювання та за умов

знижених температур навколишнього середовища процес запліднення може зтягуватися на декілька діб. Щоб розпочати запліднення, самиця згинає черевце до головогрудей, формуючи закриту камеру. У цю камеру вона виділяє особливу речовину, яка руйнує сперматофори та вивільняє сперматозоїди (рис. 3.5).



Рис. 3.5 Самка *P. clarkii* з ікрою

Для інкубації ікри використовують басейнові системи із замкнутим циклом водозабезпечення, де самок із ікрою поміщають до попередньо встановлених касет з персональними сховищами (рис. 3.6).

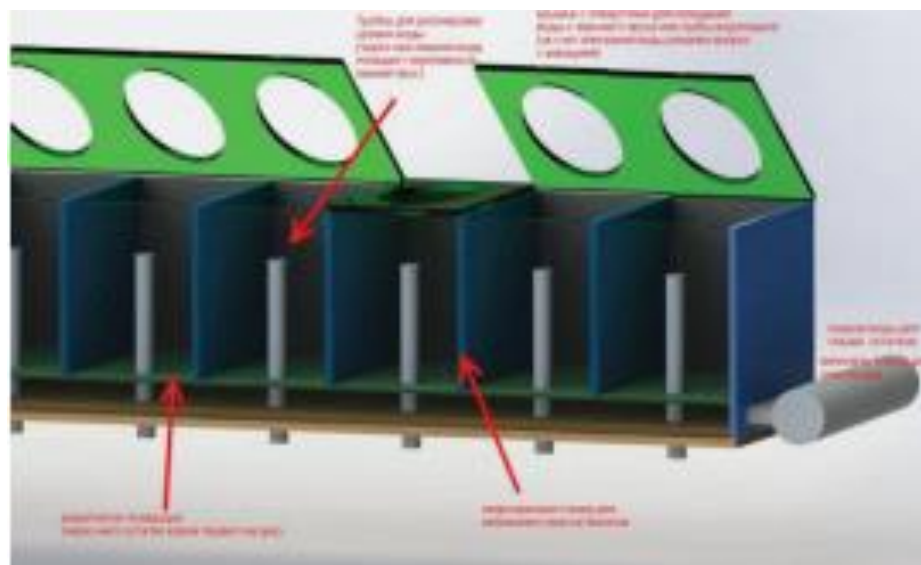


Рис. 3.6 Інкубаційна система для раків

У період виношування ікри самиця активно омиває її свіжою водою за допомогою рухів плеопод, що забезпечує належний газообмін та створює сприятливі умови для ембріонального розвитку. У цей час поведінка самиці стає максимально обережною — вона уникає відкритих ділянок, перебуваючи переважно в норі, яку залишає лише задля пошуку їжі. Вилуплення личинок, як правило, припадає на кінець травня — початок червня, при температурі води 21–24°C. Протягом перших двох-трьох днів після вилуплення молодь тримається біля самиці за допомогою гіалінових ниток, які згодом обриваються, після чого молоді раки фіксуються до залишків ікринки за допомогою гачків, розташованих на їхніх клешнях (рис.3.7).



Рис. 3.7 Самка з молоддю *P. clarkii*

На десятий день після появи з ікри рачки вперше линяють, після чого стають схожими на дорослих раків. Їх маса на цьому етапі коливається в межах 21–30 міліграмів, а довжина сягає 1,1–1,2 сантиметра. Молоді особини вже здатні до самостійного живлення, але за несприятливих умов шукають укриття під черевцем матері. Протягом першого року життя вони линяють приблизно вісім разів, у другому – 4–5, а в третьому – ще 3–4 рази.

Личинки раків, що перелиняли, покидають матір і розселяються по дну, переходячи до змішаного типу харчування. Їх раціон розширюють за рахунок дрібного зоопланктону, хірономід, олігохет, перетертого рибного фаршу та м'якої водяної рослинності (рис. 3.8).



Рис. 3.8 Молодь *Procambarus clarkii*

Дорослі раки є важливими утилізаторами органічних решток у водоймах, споживаючи як тваринні, так і рослинні залишки на різних стадіях розкладання, а також корми, недоступні для риб. Основу їхнього раціону складає рослинність, зокрема кореневища та стебла жорстких водних рослин. Через обмеженість природних ресурсів, при високій концентрації раків у водоймі, виникає дефіцит їжі. Тому їх необхідно підгодовувати, використовуючи як корм малоцінну рибу, м'ясні відходи, молюсків та інші продукти тваринного походження [4].

Вирощування раків на промисловому рівні здійснюється в басейнах, оскільки це дозволяє забезпечити належні умови для їх утримання. Важливим фактором є площа дна, яка має більший вплив, ніж об'єм води, оскільки саме від площі залежить можливість для укриттів під час линяння та запобігання канібалізму на різних етапах розвитку. При великій щільності посадки канібалізм серед молодих раків поширюється, і вони часто поїдають своїх сусідів, які щойно відлиняли. Дорослі особини, у свою чергу, можуть залишити

без кінцівок тих, хто щойно змінив свій панцир. Для зменшення канібалізму пропонується:

- Збільшення площі дна;
- Забезпечення достатнього числа укриттів;
- Зменшення щільності посадки.

Укриття відіграють ключову роль у виживанні раків, оскільки забезпечують захист від хижаків, особливо вразливий період линяння. Крім того, наявність укриттів дозволяє збільшити щільність посадки раків в акваріумі. Розрахунок оптимальної щільності посадки для стандартного акваріума (вказати літраж) з урахуванням наявності укриттів базується на мінімізації ризику канібалізму (рис. 3.9).



Рис. 3.9 Приклади схованок для членистоногих

Згідно з дослідженнями американських учених, проведеними на червоному каліфорнійському ракові (*Procambarus clarkii*), у разі дефіциту кормових ресурсів раки втрачають здатність до вибіркового споживання їжі й переходять до всеїдності.

В акваріумі раки невибагливі в їжі та охоче їдять різноманітні готові корми для риб у вигляді гранул, таблеток або пластівців. Розмір корму слід підбирати відповідно до розміру рака. Крім того, вони не відмовляться від акваріумних

рослин, овочів та зелені. Для раків виду *Procambarus clarkii* (червоний каліфорнійський рак) особливо корисні болгарський перець, гарбуз, морква, листя дуба та мигдалю. Їх раціон можна доповнювати невеликими шматочками нежирного м'яса (наприклад, яловичого серця), рибою, черв'яками, личинками мух, мотилем, трубочником, гаммарусом, молюсками і навіть деревиною. Оскільки раки ведуть нічний спосіб життя, найкраще годувати їх вранці та ввечері. Важливо регулярно прибирати залишки їжі, щоб підтримувати чистоту в акваріумі.

Додавання коряг та дубового листя в акваріум не тільки покращує якість води, але й приносить користь ракам. Листя мають антибактеріальний ефект завдяки ефірним речовинам, а також можуть слугувати додатковим джерелом їжі, якщо раки голодні (рис. 3.10).



Рис. 3.10 Утримання червоного каліфорнійського рака (*Procambarus clarkii*) в акваріумі з додаванням дубового листя

Раки *Procambarus*, яких вирощують в акваріумах, дуже чутливі до параметрів води. Для їхнього здоров'я та успішного розведення необхідна свіжа, відстояна вода без хлору, добре насичена киснем. Важлива також жорсткість води (середня або висока) та її рН (нейтральний або слабо лужний). Крім того, вода повинна містити достатню кількість розчинених солей, необхідних для

формування міцного панцира. Усі ключові параметри води для комфортного утримання та розведення акваріумних раків детально описані в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Гідрохімічні показники водного середовища при товарному вирощуванні червоного каліфорнійського рака [2]

Показник	Оптимальне значення	Мінімальне значення
Температура	22-27 °С	5-31°С
Водневий показник рН	7,0-8,0	6,0-9,0
Загальна жорсткість	6-8	3-22
Розчинений кисень	6-7 мг/л	3-10 мг/л (при низькому вмісту кисню раки можуть дихати атмосферним повітрям)

Розмір тіла зрілої особини коливається від 5,5 до 15 см, а вага – від 5 до 60 г. Забарвлення дорослих особин демонструє адаптацію до середовища: від темно-червоного до червонувато-коричневого, причому темніші відтінки спостерігаються у чистих, кислих водах, а світліші – у каламутних. Молодь має зеленувато-коричневе забарвлення, інтенсивність якого корелює з прозорістю води. Характерною ознакою є наявність вузької темної смуги з боків черевця та ширшої світлої смуги вздовж спинної поверхні.

Це також характеризується широкою пластичністю життєвого циклу, що дозволяє види вторгаються в різноманітні середовища. *Procambarus clarkii* справді може зберігатися в середовища існування та клімат, що значно відрізняються від тих, що пов'язані з його природним ареалом. Наприклад, зараз він процвітає в тропічних регіонах, таких як Еквадор і Уганда, і в регіонах з помірним. Таким чином, його інвазивний потенціал є високим і посилюється його видатним можливістю розсіювання. Вид також пристосований до

екстремальних середовищах, таких як тимчасові потоки і забруднені середовища існування [16].

3.3 Особливості живлення раків *Procambarus clarkii*

Для стимулювання швидкого росту раків їх підгодовують різноманітними продуктами: овочевими відходами, спеціалізованим комбікормом, залишками м'яса та риби, а також попередньо замоченими крупами. Щоб досягти швидких і позитивних результатів у вирощуванні, необхідно чітко слідувати порадам експертів і використовувати все необхідне обладнання для створення ідеальних умов для життя раків [2].

Дослідження вмісту шлунків особин цього виду вказують на всеїдність, з домінуванням як рослинного, так і тваринного компонентів у раціоні. Зокрема, дорослі раки переважно споживають рослинність та органічні залишки (детрит), тоді як молодь орієнтується на їжу тваринного походження (рис. 3.11).



Рис. 3.11 Рослинне живлення *P. clarkii*

Хоча раки переважно активні вночі, вони можуть виходити на полювання в будь-який час доби, якщо відчують наближення їжі. Раків годують один раз на день у вечірні години. Для цього використовують свіжу або морожену рибу, а також м'ясо моллюсків, які розкладають між схованками з боку, відкритого для доступу тварин [5].

Проведене дослідження встановило, що розмір часток корму суттєво впливає на ріст і розвиток личинок червоного каліфорнійського рака.

Оптимальним вважається розмір гранул у межах 0,55–0,85 мм, що забезпечує найкращі показники приросту маси тіла та засвоєння поживних речовин.

Молоді особини червоного каліфорнійського рака демонструють вищі показники виживаності та активного росту за умови споживання корму дрібного розміру. Це пояснюється фізіологічними особливостями їхнього організму на ранніх етапах розвитку: невеликі розміри ротового апарату та недостатня сила кінцівок обмежують здатність обробляти великі частки їжі. Застосування корму з відповідним розміром часток (0,55–0,85 мм) забезпечує краще перетравлення, ефективніше використання поживних речовин та сприяє швидкому приросту біомаси. У разі використання корму з надто великими гранулами ефективність годівлі різко знижується, що негативно впливає на загальний фізіологічний стан молоді та затримує їхній розвиток [18].

З досліджень (ScienceDirect, 1999), для забезпечення оптимального росту та розвитку червоного каліфорнійського рака потрібен корм із вмістом білка на рівні близько 30%. Надлишок або дефіцит білка в раціоні негативно впливає на фізіологічні процеси організму, знижуючи швидкість приросту біомаси і погіршуючи коефіцієнт конверсії корму.

Результати дослідження вказують на те, що найвищі темпи росту спостерігаються при наявності в раціоні збалансованого співвідношення білків, жирів та вуглеводів. Порушення цього балансу може призводити до зниження енергетичної цінності корму, недостатнього надходження необхідних поживних речовин та зниження імунного захисту раків.

Особливо важливо підтримувати правильний склад кормів у період інтенсивного росту й линьки, коли потреба у поживних речовинах зростає. Використання спеціалізованих кормів із підвищеним вмістом білка сприяє поліпшенню загальної життєздатності молоді, підвищенню виживаності та скороченню періоду вирощування до товарних розмірів [10].

Мінеральні речовини є критично важливими для нормального росту, розвитку та життєдіяльності червоного каліфорнійського рака (*Procambarus*

clarkii), особливо у періоди линьки. Зокрема, кальцій, фосфор і магній відіграють ключову роль у формуванні та зміцненні екзоскелету (панцира) (рис. 3.12).



Рис. 3.12 Типи корму для *Procambarus clarkii*

Компоненти корму Tetra Wafer Mix (250 мл) для годівлі раків *Procambarus clarkii*: екстракти рослинного білка, риба та рибні продукти, дріжджі, молюски та ракоподібні (5,6%), масло риб'яче, морські водорості, злаки, мінерали, рослинні продукти, мікрководорості, мука з люцерни, картопляні білки, кукурудзяний глютен, спіруліна (як джерело природних барвників та білка), каротиноїди (натуральні пігменти), вітамінний премікс.

Аналітичний склад: білок сирий — 40,5%, жири сирі — 7,5%, клітковина сира — 2,0%, зола сира — 11,0%, волога — 9,0%.

Добавки на 1 кг: вітамін А – 25 000 МО, вітамін D3 – 1 580 МО, вітамін Е (альфа-токоферол) – 300 мг, вітамін С (L-аскорбілмонофосфат кальцію) – 200 мг, барвники природного походження, антиоксиданти.

Під час линьки раки скидають старий панцир і формують новий, що потребує великої кількості кальцію. Нестача кальцію в раціоні є серйозною проблемою. Вона призводить до формування слабкого панцира, що робить раків більш вразливими до травм і смертності. Також, дефіцит кальцію уповільнює ріст і затримує линьку, що значно знижує ефективність вирощування цих раків.

Додавання до кормів джерел кальцію, таких як подрібнена крейда, шкаралупа молюсків або мінеральні добавки, сприяє зміцненню нового панцира, поліпшує загальну виживаність та прискорює відновлення після линьки. Також важливим є співвідношення кальцію та фосфору у раціоні - оптимальне співвідношення складає 2:1 на користь кальцію.

Дослідження підтверджують, що підвищене надходження кальцію значно знижує частоту виникнення деформацій екзоскелету та скорочує період відновлення після линьки (табл.3.3).

Таблиця 3.3

**Вплив місту мінеральних речовин на фізіологічні показники
червоного каліфорнійського рака [24]**

Мінеральна речовина	Роль у розвитку	Наслідки дефіциту
Кальцій (Ca)	Формування міцного екзоскелету, забезпечення нормальної линьки	Крихкість панцира, деформації, затримка росту
Фосфор (P)	Підтримка мінерального обміну, зміцнення тканин	Порушення обміну речовин, слабкий ріст
Магній (Mg)	Регуляція метаболічних процесів, підтримка імунітету	Зниження стійкості до стресу та хвороб
Калій (K)	Регулювання водно-сольового балансу, функція м'язів	Порушення водного обміну, слабкість м'язів
Натрій (Na)	Забезпечення нервово-м'язової передачі імпульсів	Погіршення рухової активності

Оптимальний ріст і розвиток червоного каліфорнійського рака безпосередньо залежать від повноцінного та збалансованого харчування, зокрема від достатнього вмісту білків і жирів у раціоні. Білки виконують роль

основного матеріалу для побудови тканин, тоді як жири постачають організм енергією та незамінними жирними кислотами.

Нестача або надлишок білків, жирів чи холестерину в їжі може призвести до серйозних порушень здоров'я: уповільнення росту, ослаблення імунної системи та зниження загальної життєздатності раків (табл.3.4).

Таблиця 3.4

**Вплив місту мінеральних речовин на фізіологічні показники
червоного каліфорнійського рака [24]**

Вікова група	Білок (%)	Жир (%)	Клітковина (%)	Холестерин (г/кг)	Особливості годування
Личинки	40–45	6–8	≤4	~8–10	Дрібні частки корму (0,55–0,85 мм)
Молодь	35–40	6–10	≤5	~8	Часте годування для стимуляції росту
Дорослі товарні особини	30–35	5–8	≤6	7–8	Опора на білок, баланс рослинних і тваринних білків
Особини репродуктивного віку	35–38	8–10	≤5	8–10	Підвищене споживання енергії для формування ікри

Одним із ключових елементів корму є холестерин. Згідно з результатами досліджень, для виду *Procambarus clarkii* оптимальна концентрація холестерину в кормі становить 7,42–10,93 г/кг. Такий рівень позитивно впливає на здоров'я клітинних мембран, стимулює ріст особин та покращує їхню репродуктивну здатність. Окрім цього, холестерин важливий для регулювання гормональних

процесів, що особливо істотно в періоди активного росту та статевого дозрівання. Раціон *Procambarus clarkii* повинен містити 25–30% білка, а також бути насиченим вітамінами А, С, Е та необхідними мінералами, такими як кальцій і фосфор, які відіграють важливу роль у формуванні панцира. Надмірна або недостатня кількість нутрієнтів у кормі спричиняє зниження імунітету та підвищує сприйнятливість до інфекцій [11].

3.4 Хвороби червоного каліфорнійського рака та їх профілактика в умовах аквакультурних господарств

Вирощування червоного каліфорнійського рака (*Procambarus clarkii*) є важливим напрямком аквакультури, особливо в азіатських та європейських країнах. Однак, інтенсивне розведення з високою щільністю посадки може призвести до поширення інфекцій, що завдають значної шкоди господарствам і знижують їх прибутковість, незважаючи на відносну стійкість цього виду до хвороб [5, 27].

Червоні каліфорнійські раки можуть захворіти на геморагічний сепсис, збудником якого є бактерія *Aeromonas hydrophila*. Симптоми геморагічного сепсису у *Procambarus clarkii* - почервоніння та крововиливи на поверхні тіла, зокрема на клешнях, черевці та зябрах. Клінічні ознаки включають ураження зябрового апарату та екзоскелету, а також загальне пригнічення фізіологічного стану. Епізоотичні прояви захворювання тісно пов'язані з погіршенням параметрів водного середовища та дією стресових факторів (рис. 3.13) [28].



Рис. 3.13 Геморагічний сепсис у *Procambarus clarkii* (стрілочками вказані місця прояву збудника (*Aeromonas hydrophila*))

Ракова чума, спричинена грибком *Aphanomyces astaci*, становить велику небезпеку для європейських та азіатських прісноводних раків. Цей збудник був завезений з Північної Америки, раки, *Procambarus clarkii*, є його носіями. *P. clarkii* не хворіє, має імунітет до ракової чуми, але може заражати інші види, що призводить до їхньої загибелі. Однак, у стані стресу або при великій кількості спор цього організму, рак може загинути (рис. 3.14) [29].



Рис. 3.14 Ознаки ураження рака грибком *Aphanomyces astaci*

Зябра *P. clarkii* часто служать середовищем існування для різних одноклітинних організмів (епібіонтів), однак ці симбіонти зникають після кожної линьки.

Зябра червоного каліфорнійського рака (*Procambarus clarkii*) є сприятливим субстратом для одноклітинних організмів, зокрема інфузоріями та бактеріями. Накопичення цих організмів на зябрах відбувається між линьками. Однак, процес линьки, що передбачає скидання старого екзоскелету, ефективно видаляє більшість цих організмів, оскільки вони фізично пов'язані з зовнішніми структурами, які замінюються. Тому, линька є ключовим механізмом регулювання популяції одноклітинних організмів на зябрах *P. clarkii* [15].

Для успішного вирощування *Procambarus clarkii* в аквакультурі та запобігання хворобам необхідний комплекс заходів, який охоплює гігієну, збалансоване харчування, карантин та профілактичне застосування ветеринарних препаратів.

Одним із ключових чинників профілактики захворювань у червоного каліфорнійського рака є забезпечення чистоти середовища утримання. Усі елементи системи — басейни, акваріуми, укриття для раків — слід регулярно очищати від забруднень (рис. 3.15). Для дезінфекції використовують розчини гідроксиду натрію або хлорного вапна у концентрації 2–5%, після чого необхідно ретельно змити залишки хімічних речовин, щоб уникнути негативного впливу на організми [14].

Ще одним важливим кроком є використання ультрафіолетових стерилізаторів для очищення води. Завдяки УФ-опроміненню кількість шкідливих бактерій і вірусів у воді значно зменшується, що позитивно впливає на здоров'я раків та знижує ризик розвитку захворювань [19].

Усі нові раки виду *Procambarus clarkii* перед додаванням у спільні водойми повинні обов'язково пройти карантин тривалістю мінімум 30 днів. Протягом цього часу їх потрібно уважно спостерігати на предмет змін у поведінці або зовнішніх ознаках хвороб. У разі підозри на захворювання необхідно провести діагностику на присутність патогенів [21].

Фільтри, насоси, мережі та інше обладнання, яке використовується у системах вирощування, необхідно періодично обробляти дезінфікуючими засобами. Як засоби для обробки доцільно використовувати розчини перекису водню концентрацією 3–5% або йодовмісні препарати [14]. Після проведення дезінфекції обов'язковим є промивання всіх елементів чистою водою з метою усунення залишків дезінфікуючих речовин [14].

Для ефективного вирощування раків важливо дотримуватися відповідних параметрів води. Температура має бути в межах 22–28 °С. Рівень кисню у воді повинен перевищувати 5 мг/л. При цьому вміст вільного аміаку (NH_3) необхідно утримувати на рівні нижче 0,02 мг/л [31].

У системах замкнутого водопостачання для утримання червоного каліфорнійського рака часткову підміну води (10–20%) необхідно проводити щотижня або раз на десять днів. Нова вода має бути відстояною не менше доби

або спеціально обробленою для видалення хлору та мати температуру й склад, близький до основного середовища вирощування (рис. 3.15) [14].



Рис. 3.15 Процес підміни води

Раціон *Procambarus clarkii* повинен містити 25–30% білка, а також бути насиченим вітамінами А, С, Е та необхідними мінералами, такими як кальцій і фосфор, які відіграють важливу роль у формуванні панцира. Надмірна або недостатня кількість нутрієнтів у кормі спричиняє зниження імунітету та підвищує сприйнятливість до інфекцій [11].

Для попередження бактеріальних інфекцій у *Procambarus clarkii* використовують такі препарати:

- ✓ *Окситетрациклін*: додається до корму в дозі 40–50 мг/кг протягом 5–7 днів для запобігання бактеріальних хвороб.
- ✓ *Фуразолідон*: у дозі 10–20 мг/кг корму застосовується для попередження інфекцій кишечника.
- ✓ *Пробіотики*: *Bacillus subtilis* і *Lactobacillus spp.* додаються до корму або води для підтримки здорової мікрофлори кишечника [11, 14].

Важливо пам'ятати що використання антибіотиків повинно проводитись під контролем ветеринарного лікаря, щоб уникнути проблем з антибіотикорезистентністю [11, 14].

ВИСНОВКИ

За результатами написання бакалаврської кваліфікаційної роботи було зроблено наступні висновки:

1. Згідно даних наукової фахової літератури питання розробки технологічних аспектів культивування червоного каліфорнійського рака в умовах штучних аквасистем є нагальним та актуальним, що викликає необхідність його детального аналізу.

2. З'ясовано, що червоний каліфорнійський рак здатен досягати товарної маси в умовах його штучного культивування протягом 5–6 місяців, що значно перевищує темпи зростання аборигенних раків у водоймах України.

3. Процес повноциклового вирощування товарної продукції *Procambarus clarkii* включає такі основні етапи: вирощування та утримання плідників, формування пар, одержання потомства, вирощування молоді з врахуванням фактору канібалізму, облаштування укриттів, годівля, вирощування раків до товарної маси.

4. Подальшого дослідження потребують вимоги до якості водного середовища при штучному культивуванні раків, оптимізація їх годівлі та методів розведення в умовах аквакультури.

5. Одним з важливих факторів успішного вирощування товарної продукції ракоподібних є застосування заходів профілактики і боротьби із захворюваннями, які здатні значно підвищувати економічну ефективність підприємств за рахунок збільшення виживаності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Інтенсивні технології в аквакультурі. Кононенко Р.В., Шевченко П.Г., Кондратюк В.М., Кононенко І.С. К.: «Центр учбової літератури». 2016. С. 381–406.
2. Білик, О.В.; Захворювання раків та їх профілактика. Український журнал природничих наук. 2022. 7, № 1. С. 44–50.
3. Гончар К.В. Перспективи розвитку ракоподібної аквакультури в Україні (2022). Вісник аграрної науки. 2022. № 3(85). С. 45–53.
4. Шарило, Ю.Є.; та ін. Інструменти регулювання та механізми реалізації комбінованих технологічних рішень виробництва австралійського червоноклешневого рака в умовах зростання попиту на нішеву продукцію : методичні рекомендації. Київ : НУБіП України, 2023.
5. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Red swamp crawfish (*Procambarus clarkii*): Cultured Aquatic Species Information Programme. Review: https://www.fao.org/fishery/en/culturedspecies/procambarus_clarkii.
6. Bauer, R.T. Gill-cleaning mechanisms of the crayfish *Procambarus clarkii* (*Astacidea: Cambaridae*): Experimental testing of setobranch function (1998). *Journal of Crustacean Biology*. 1998. 18, No. 4. P. 671–681. DOI: 10.1163/193724098X00568.
7. Chen, X.; Chen, J.; Huang, L.; Wu, B.; Wu, C.; He, J.; Bai, Z. PcASTA in *Procambarus clarkii*, a novel astaxanthin gene affecting shell color (2024). *Frontiers in Marine Science*. 2024. 10. – Article 134-312. – DOI: 10.3389/fmars.2023.1343126.
8. Chucholl, C. Invaders for sale: trade and determinants of introduction of ornamental freshwater crayfish (2013). *Biological Invasions*. 2013. 15, P. 125–141.
9. Crandall, K.A. *Procambarus clarkii* (2012). IUCN Red List of Threatened Species. Available at: www.iucnredlist.org (accessed 21 December 2012).
10. D’Abramo, L.R.; Dunham, R.A.; Smith, D.M. Effect of feeding cooked-extruded diets, containing different levels of protein, lipid and carbohydrate on growth of red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*) (1999). *Aquaculture*. – 1999. 175, No. 3–4. P. 219–227.

11. D'Agaro, E.; Candotti, P.; Malandra, R. Effect of probiotics on the growth performance and health status of crayfish (*Procambarus clarkii*) (2021). *Aquaculture Reports*. 2021. 20, – Article 100-688. DOI:10.1016/j.aqrep.2021.100688.
12. Delsinne, T.; Lafontaine, R.-M.; Beudels, R.C.; Robert, H. Risk analysis of the Louisiana Crayfish *Procambarus clarkii* (Girard, 1852). Risk analysis report of non-native organisms in Belgium from the Royal Belgian Institute of Natural Sciences for the Federal Public Service Health, Food chain safety and Environment. Brussels, 2013. P. 63.
13. Enell, M. The release of nutrients and organic matter from aquaculture systems in Nordic countries // *Journal of Applied Ichthyology*. 1987. 3, No. 1. P. 50-58.
14. FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2019. Sustainability in Action. Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2019. P. 224. DOI: 10.4060/ca9229en.
15. García-Pérez, J.; et al. Economic viability of crayfish farming: A case study of *Procambarus clarkii* (2021). *Aquaculture Economics & Management* 2021. 25, No. 3. P. 299–315.
16. Gherardi, F.; Aquiloni, L.; Tricarico, E.; et al. Spatial and temporal patterns in the movement of *Procambarus clarkii*, an invasive crayfish (2000). *Aquatic Sciences*. 2000. 62, No. 3. P. 179–188.
17. IUCN Global Invasive Species Database. *Procambarus clarkii*. Available at: <https://www.iucngisd.org/gisd/speciesname/Procambarus+clarkii>.
18. Jiang, Q.; Xia, S.; Xu, Z.; Yang, Z.; Zhang, L.; Liu, G.; Xu, Y.; Chen, A.; Chen, X.; Liu, F.; Yang, W.; Yu, Y.; Tian, H.; Wu, Y.; Zhang, W.; Wang, A. Influence of Different Feed Particle Sizes on the Growth Performance and Nutrition Composition in Crayfish, *Procambarus clarkii* Larvae (2024). *Animals*. 2024. 14, No. 15. P. 22-28. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani14152228>.
19. Kilham, P.; Mavuti, K.M. Breeding biology of the Louisiana red swamp crayfish (1990). *Comparative Ecology of Freshwater and Coastal Marine Ecosystems*. 1990. P. 85.

20. Koretskyi, V.; Kononenko, I. Study of technological aspects of *Procambarus clarkii* cultivation in terms of ensuring their welfare (2024). *Animal Science and Food Technology*. 2024. 15, No. 3. P. 45–57. DOI: 10.31548/animal.3.2024.45.
21. Lightner, D.V. Virus diseases of farmed shrimp in the Western Hemisphere (the Americas): A review (2011). *Journal of Invertebrate Pathology*. – 2011. 106, No. 1. P. 110–130. DOI: 10.1016/j.jip.2010.09.010.
22. Lodge, D.M.; et al. Invasive crayfish and their ecological impacts (2020). *Biological Invasions Journal*. 2020. 22, No. 5. P. 1123–1141.
23. Loureiro, T.G.; Anastácio, P.M.S.G.; Araujo, P.B.; Souty-Grosset, C.; Almerão, M.P. Red Swamp crayfish: biology, ecology and invasion – an overview (2015). *Nauplius*. 2015. 23, P. 1–19.
24. Souty-Grosset, C.; Holdich, D.M.; Noël, P.Y.; Reynolds, J.D.; Haffner, P. *Atlas of Crayfish in Europe*. – Paris : Muséum national d’Histoire naturelle, 2016. P. 187.
25. Tetra. Червоний каліфорнійський (флоридський) рак. 2021. Available at: <https://blog.tetra.net/uk-ua/chervonyi-kaliforniiskyi-florydskyi-rak>.
26. Tian, J.; Xu, Q.Q.; Tian, L.; Hu, W.; Yang, C.G.; Gao, W.H. The muscle composition analysis and flesh quality of *Procambarus clarkii* in the Dongting Lake. *Acta Hydrobiol. Sin.* 2017, 41, P. 870–877.
27. Tip of the Mitt Watershed Council. Red Swamp Crayfish. – Available at: <https://watershedcouncil.org/invasive-species/red-swamp-crayfish-2/>
28. Wickins, J.F.; Lee, D, O’C. *Crustacean Farming: Ranching and Culture*. – 2nd ed. – Oxford : Blackwell Science Ltd., 2002. P. 446.
29. Zhang, H.; Qin, Y.; Liu, B.; Jin, J.; Ding, S.; Han, D. *Aeromonas hydrophila* Infection in Crayfish: Pathogenicity and Host Immune Response (2020). *Scientific Reports*. 2020. 10, P. 310-401. – DOI: 10.1038/s41598-020-78191-8.
30. Zhou, J.; Xie, Y.; Ding, Y.; Wang, Q.; Jiang, W.; Wu, Z.; Xie, X. Stress and Disease Resistance in Crayfish (*Procambarus clarkii*) (2022). *Biology*. 2022. 3, No. 1. P. 1–14.

31. Diéguez-Uribeondo, J.; Söderhäll, K. *Procambarus clarkii* Girard as a vector for the crayfish plague fungus, *Aphanomyces astaci* Schikora (1993). *Aquaculture Research*. 1993, 24, No. 6. P. 761–765. DOI: 10.1111/j.1365-2109.1993.tb00655.x.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

ПЕРЕЛІК ПУБЛІКАЦІЙ ОЛИФІРЕНКО А.С. ЗА ТЕМОЮ
БАКАЛАВРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Результати роботи було висвітлено в тезах всеукраїнських та міжнародних конференцій, а також Всеукраїнських конкурсах студентських наукових робіт з галузей знань і спеціальностей (додатки Б, В):

1. **Олифіренко, А. С.;** Охріменко О. В. Особливості живлення гігантської прісноводної креветки (*MACROBRACHIUM ROSENBERGII* (DE MAN, 1879)) (2024). *Матеріали конференції «Дні студентської науки у Львівському національному університеті ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького» (до 240-річчя започаткування викладання ветеринарної медицини у Львові)*. Біолого-технологічний факультет: Тези доповідей / [відп. ред. П. В. Боднар; МОН України, ЛНУВМБ імені С. З. Гжицького]. Львів, 2024. С.138-140.

2. **Олифіренко, А. С.;** Охріменко О. В.; Кононенко І. С. Червоний каліфорнійський рак (*Procambarus clarkii*) як перспективний об'єкт аквакультури (2024). *Сучасні технології у тваринництві та рибництві: навколишнє середовище – виробництво продукції – екологічні проблеми: збірник матеріалів 78-ї Міжнародної науково-практичної конференції – К.: НУБіП України, 2024. 153 С. 92-93.*

3. **Олифіренко, А. С.;** Охріменко, О. В. — Інноваційні підходи до водопідготовки в рециркуляційних аквасистемах (2024). *Сучасні проблеми раціонального використання водних біоресурсів : VI Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 9-10 жовтня 2024 р. : збірник матеріалів. Київ : ПРО ФОРМАТ, 2024. С. 164-166.*



