

АКВАКУЛЬТУРА

УДК 639.375:595.354

DOI <https://doi.org/10.32851/wba.2022.1.4>

ПЕРСПЕКТИВНИЙ ОБ'ЄКТ АКВАКУЛЬТУРИ РАКОПОДІБНИХ *CHERAX QUADRICARINATUS* (VON MARTENS, 1868): БІОЛОГІЯ, ТЕХНОЛОГІЯ (ОГЛЯД)

¹Гриневич Н.Є. – д. вет. н., професор,

¹Жарчинська В.С. – аспірантка,

²Світельський М.М. – к. с.-г. н., доцент,

¹Хом'як О.А. – к. с.-г. н., доцент,

¹Слюсаренко А.О. – к. вет. н., доцент,

¹Білоцерківський національний аграрний університет

²Житомирський національний агроекологічний університет

zharchynskavs@ukr.nett

Розпочато огляд літературних джерел щодо наукового обґрунтування вирощування австралійського червоноклешневого рака *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) в умовах аквакультури з урахуванням технологічних особливостей вирощування та біотехнологічних методів, що забезпечують високий відсоток виживання ракоподібних, тим самим підвищуючи результативність роботи з ними. Наголошено, що осучаснення та дотримання вимог вирощування із застосуванням належних біодобавок до корму сприятиме зниженню канібалізму.

У матеріалі висвітлено доцільність використання різного роду укриття, що сприяють збереженню ракоподібних, разом з тим всі рекомендації тісно переплітаються із біологією розвитку *Cherax quadricarinatus*, особливості живлення та перебування в природних умовах. Доцільно зазначити, що індустріальне вирощування цього виду ракоподібних в умовах аквакультури, за умов високих щільностей посадки на одиницю площі, в Україні лише починає розвиватись. Саме тому виникає необхідність максимального збереження екземплярів на етапі підрощення для досягнення результату на етапі прорахунку собівартості.

Нами виконано аналіз наукових досліджень вчених Австралії, Китаю, Аргентини, Бразилії, Мексики, України, Еквадору щодо вивчення питання біології, вирощування та адаптації до умов аквакультури, для отримання високоякісної білкової продукції. Досліджено, що застосування біодобавок (*Spirulina*+*Chlorella*, *Digestarom*, каротиноїдів) із екструдованими кормами сприятиме, як підвищенню темпу росту та зниженню процесу канібалізму. Виробництво продукції, що забезпечує отримання максимального прибутку, визначається, по-перше, розвитком аквакультури, як елементу первинного сектору економіки країни та, по-друге, високим технологічним рівнем культивування гідробіонтів у промислових масштабах.

Окремо ознайомились із технологіями вирощування, адже одним із основних завдань в аквакультурі є дотримання вимог екологічно безпечної продукції.

Окремий напрямок наших наукових досліджень передбачатиме застосування біопрепаратів для накопичення їх в організмі ракоподібних, що на подальшому етапі вирощування сприятиме максимальному зниженню канібалізму. Ряд вчених (Chanawi J. et al., 2012; Calvo N.S. et al., 2013; Кутіщев П.С. та ін., 2015; Jones C.M. et al., 2020; Rigg D.M. et al., 2020; Федорович Л.І. та ін. 2021) акцентують увагу на удосконаленні схеми вирощування австралійського червоноклешневого рака, особливостях годівлі та зниженні відсотку канібалізму на етапі ікринка – товарна продукція.

Ключові слова: аквакультура, ракоподібні, прісноводні раки, австралійський червоноклешневий рак *Cherax quadricarinatus*, біологічні особливості, технологія вирощування.

Метою огляду було проаналізувати розвиток аквакультури австралійського червоноклешневого рака з урахуванням наукового обґрунтування підвищення ефективності, прибутку та подальшого розширення промисловості ракоподібних на території України.

Постановка проблеми. Аквакультура – одна із галузей сільського господарства, що займає ключове значення для харчової індустрії, яка має значні темпи розвитку.

За даними The Food and Agriculture Organization (FAO) у 2018 році у світі було реалізовано понад 179 млн. т риби; загальний обсяг її початкових продажів у грошовому еквіваленті склав 401 млрд. \$ США; з яких 82 млн. т, оцінені у 250 млрд. \$ США, були продукцією аквакультури. У 2018 році світовим сектором аквакультури надано 82,1 млн. т риби, 32,4 млн. т водоростей та 26 000 т декоративних раковин та перли, і загальний обсяг виробництва сектора досяг рекордного рівня 114,5 млн. тонн.

Основну частку продукції аквакультури у 2018 році складали кісткові риби (54,3 млн. тонн – 47 млн. т у внутрішніх водоймах та 7,3 млн. т – у морській та прибережній аквакультурі), молюски, в основному двостулкові (17,7 млн. т) та ракоподібні (9,4 млн. т). Світове вирощування ракоподібних у морських і прибережних зонах становило 5,734 тис. т; в умовах аквакультури внутрішніх водойм – 3,653 тис. т живої маси [1].

Окремим об'єктом аквакультури у статистиці FAO [2] згадується 45 видів ракоподібних: креветок (*Caridea*) – 26; крабів (*Brachyura*) – 9; річкових раків (*Astacoidea*, *Parastacoidea*) – 7; лангустів (*Achelata*) – 3. У загальному обсязі аквакультури ракоподібних річкові раки займають 10%, краби – 15% і основний обсяг припадає на креветок – 75%.

Станом на 2018 рік види ракоподібних, обсяги яких є найбільшими, це: креветка білонога *Litopenaeus vannamei* (52,9%), рак болотяний червоний *Procambarus clarkii* (18,2%), краб китайський *Eriocheir sinensis* (8,1%),

гігантська тигрова креветка *Penaeus monodon* (8,0%), креветка східна річкова *Macrobrachium nipponense* (2,5%), креветка гігантська прісноводна *Macrobrachium rosenbergii* (2,5%). На долю інших видів ракоподібних припадає 7,8% від загальної частки [3].

Донедавна, за даними [4], лідерами з виробництва продукції ракоподібних вважали Бразилію, Еквадор, Сполучені Штати Америки, північні країни Європи, Австралію. Однак, за останнє десятиліття, як вказує [5], значний прорив у вирощуванні ракоподібних внутрішніх водойм зробив Китай. Підґрунтям для цього став системний підхід, що охоплює проблеми наукового супроводу функціонування фермерських господарств та економічної реформи країни, що забезпечує розвиток аквакультури.

Елементом аквакультури ракоподібних є відтворення та вирощування прісноводних раків. Вміння реалізувати ці процеси опирається на знання біологічної характеристики та впровадженні інтенсивних методів, прогресивних та сучасних технологій.

Про австралійського червоноклешневого рака (австралійський прісноводний рак, червонопалий рак) *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868), як об'єкт масового культивування у країнах з тропічним та субтропічним кліматом представлені матеріали [6]

Біологічна класифікація: тип – *Artropoda*; підтип – *Crustacea*; клас – *Malacostraca*; ряд – *Decapoda*; родина – *Parastacidae*; рід – *Cherax*; вид – *Cherax quadricarinatus*. Перший опис та наукову видову назву дав у 1868 році німецький зоолог Карл Едуард фон Мартенс.

Природний ареал поширення (рис. 1, 2) охоплює північні території Австралії, північно-західний Квінсленд, південну частину Папуа-Нової Гвінеї, а також Нову Зеландію, де червоноклешневі раки населяють



Рис. 1. Самець *Cherax quadricarinatus*
(р. Бардекін, штат Квінсленд)
(за URL: <https://alchetron.com/Cherax-quadricarinatus>)



Рис. 2. Самка *Cherax quadricarinatus*
(берег р. Фліндерс, штат Квінсленд)
(за URL: https://Cherax_quadricarinatus)

заплави, невеликі прісноводні річки, озера та струмки. Вони живуть під камінням, стовбурами дерев, інколи в норах [7].

Cherax quadricarinatus – значно великий представник річкових раків австралійського континенту. Довжина тіла досягає 20–25 см. Маса самців 500 г, а самок – 400 г. У статевозрілих самців на зовнішній частині клешні добре помітний своєрідний яскраво-червоний плоский нарост. Саме через цю ознаку вид і отримав свою назву [8].

Тіло червоноклешневого рака складається з головогрудей та черевця (абдомен). Цефалоторакс із дорсальної сторони та боків прикритий потужним панцирем (карапаксом), бічні частини (брахіостегіти) якого, покриваючи зябра, формують зяброві камери. Передня частина карапаксу витягнута в довгий клиноподібний рострум. Черевце утворене рухомо з'єднаними шістьма члениками і тельсоном. Тіло раків вкрите твердим екзоскелетом, що має кутикулярне походження і виконує захисну, опорну функції. Органи чуття добре розвинені. Біля основи антенул розміщені органи рівноваги –статоцисти. Має складні фасеткові очі, з великою кількістю омаїдів [9].

Прісноводна аквакультура Австралії передбачає вирощування трьох видів прісноводних раків роду *Cherax*, а саме: яббі звичайний *Cherax destructor* (Clark, 1936) (рис. 3), маррон гладенький *Cherax cainii* (Austin, 2002) (рис. 4) та човоноклешневий рак *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) (рис. 5).

За біологією, представлені види, мають багато спільного, проте їх специфічна аквакультура розвивається самостійно.

Cherax destructor вирощують у яружно-балкових та наливних ставках, а *Cherax cainii* і *Cherax quadricarinatus* – в спеціальних копаних земляних ставках. Маррони повільно ростуть, товарного розміру досягають за 2 роки і потребують для вирощування спеціально створених умов [10].



Рис. 3. Яббі звичайний *Cherax destructor*
(за URL: <https://www.newsofthearea.com.au/swan-bay-researcher-identifies-new-australian-crayfish-species-77719>)



Рис. 4. Маррон гладенький *Cherax cainii*
(за URL: <https://www.sydneymarket.com.au/Home/Seafood/Species-Information/List/marron>)



Рис. 5. Самка *Cherax quadricarinatus* (фото авторів)

В Австралії червоноклешневий рак є популярним їстівним видом, вирощування якого займаються великі фермерські господарства. *Cherax quadricarinatus* має вигідне поєднання аквакультурних характеристик: висока інтенсивність росту, відносно низький прояв внутрішньовидової агресії та канібалізму, виживання в несприятливих умовах, має оригінальне забарвлення з переважанням яскраво-синього або блакитного відтінку і жовтуватими вкрапленнями по всьому тілу, характерне для тропічних видів.

Привабливість даного напрямку пов'язана також з безвідходною технологією виробництва продукції раків, яка обумовлена наявністю в карапаксах хітину, меланіну та хітозану, що знайшли своє широке застосування від медицини (радіопротектори), продуктів харчування («ракові шийки», соуси) до сільського господарства (захисна обробка насіння рослин) [11].

Вперше вид *Cherax quadricarinatus* був представлений широкому загалу наприкінці 1980-х років, на південному сході Квінсленда, як новий перспективний об'єкт комерційної аквакультури і потенційне джерело доходу для фермерів [12].

Найбільшим постачальником світового ринку (понад 70%) продукцією *Cherax quadricarinatus* на сьогодні є Китай. У виробництві, пов'язаному з культивуванням австралійського червоноклешневого рака, нині задіяно близько 6 млн. китайців. Особливість вирощування цих членистоногих полягає в тому, що для їх розведення активно використовують чекові поля. З кожної плантації заливного рисівництва китайські фермери отримують два врожаї – рис та раків. Австралійський червоноклешневий рак інтродукований як вид для аквакультури в Аргентину, Барбадос, Гватемалу, Малайзію, Маврикій, Мексику, Нову Каледонію, Самоа, Уругвай, до Белізу, Індонезії, Марокко, Панами та Іспанії [13].

Cherax quadricarinatus має значну віддачу, з точки зору виходу м'яса, що складає близько 30% від маси тіла та є вигідним для порівняння з іншими комерційно цінними ракоподібними.

Склад м'яса *Cherax quadricarinatus*: вода – 81,0%, білки – 16,46%, жири – 0,16%, клітковина – 0,1%, зола – 1,42%, та ін. – 0,86%. Для покращення смакових якостей перед реалізацією, раків іноді витримують у солонуватій воді.

Для порівняння, текстура м'яса та смак *Cherax quadricarinatus* вигідно відрізняється від морських видів, а схожість з морськими омарами дозволяє претендувати у преміум частині спектру ринку ракоподібних, між прісноводним креветками та морськими десятиногими ракоподібними, як джерело повноцінного білка, жиру, мікроелементів і вітамінів. Завдяки своїм біологічним особливостям австралійський рак має високу комерційну цінність та перспективу на ринку продукції гідробіонтів [14].

Біотехнологія інтенсивного розведення раків і ракоподібних у штучно створених умовах – перспективний напрям розвитку аквакультури, який в Україні перебуває на етапі розробки враховуючи, що кількість їх видів постійно збільшується [15].

Річкові раки (*Astacidae*) – гідробіонти, які незалежно від сезону, постійно користуються значним попитом. У водоймах України є об'єктом, ресурс якого експлуатується переважно стихійно. Основні популяції астакофауни України представлені наступними видами роду *Astacus*: *Astacus astacus* (Linnaeus, 1758), *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823), *Astacus angulosus* (Rathke, 1836), *Astacus pachypus* (Rathke, 1837).

Динаміка промислового вилову раків має вигляд ламаної кривої з загальною тенденцією до зниження. У 2014-2016 рр. промисловий вилов раків у внутрішніх водоймах склав 3,2–4,6 т, з яких 67–78% вилучено з водосховищ дніпровського каскаду [16].

У матеріалах висвітлених [17] аквакультура ракоподібних в Україні ґрунтувалася на розведенні аборигенних річкових видів раків, головним чином широкопалого *Astacus astacus* та довгопалого *Pontastacus leptodactylus*.

Враховуючи несприятливу екологічну ситуацію, порушення постанови Кабінету Міністрів України «Правил любительського і спортивного рибальства», популяції річкових раків на території нашої держави значно скорочуються, а беручи до уваги те, що вищезгадані види тугорослі – не мають перспективи штучного відтворення та вирощування з огляду на відсутність бажаного економічного ефекту, нерентабельність.

Зважаючи на те, що раки – делікатесний продукт, джерело цінного білка і мінеральних речовин, важливим є пошук альтернативних видів для розвитку аквабіотехнології раківництва.

Австралійський червоноклешневий рак, як перспективний об'єкт аквакультури. Одним із нових, перспективних та мало вивчених об'єктів аквакультури ракоподібних є австралійський червоноклешневий рак *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868). Науковці [18] прогнозують, що цей вид цілком здатний скласти конкуренцію прісноводній креветці (*Macrobrachium rosenbergii*), яка користується непоганим попитом. Тим більше, що Україна має для цього необхідні водні ресурси. Крім того, праці [19] підтверджують високий ступінь рентабельності та значний потенціал промислового вирощування раків.

На даний момент, в Україні багато інформації щодо методів вирощування лише на аматорському, експериментальному рівні, без стандартів технології розведення та утримання. Аналіз ринку показав повну відсутність товарного *Cherax quadricarinatus* в Україні. Поряд з тим, велика кількість пропозицій реалізації малька цього гідробіонта наводить на думку про налагодження методів розведення та повної відсутності технології вирощування товарного продукту.

У великих масштабах вирощування товарного червоноклешневого раку потребує освоєння біотехнологічного процесу відтворення, дослідження селекційних, господарських особливостей даного виду з розробленням біотехнологічних схем та нормативів для контрольованих умов [20].

Головним завданням штучного відтворення австралійського червоноклешневого рака *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) є отримання фізіологічно повноцінної молоді, із високим рівнем виживаності, а також отримання товарної продукції в плановому обсязі [21].

Однією з головних переваг *Cherax quadricarinatus* перед річковими раками, що мешкають у нашій кліматичній зоні, є висока швидкість росту: якщо до кінця 1 року річкові раки досягають в середньому маси 5 г, то червоноклешневий рак – 70 г, варіюючи від 60 до 200 г. Приріст товарної маси окремих особин може досягати 200 г, тоді як звичайний річковий рак набирає масу від 100 до 120 г протягом 8-10 років. Тривалість життя *Cherax quadricarinatus* 5 років [22].

Технологія вирощування червоноклешневих раків в Україні перебуває на стадії удосконалення та має свої особливості. Це пов'язано, насамперед, з наявністю холодного зимового сезону. Саме тому, вирощування цих членистоногих у нашій країні відбувається в два етапи: вирощування в штучних умовах та дорощування до товарної маси у водоймах рибогосподарського призначення глибиною від 1 до 2,5 метрів і з площею дзеркала від 0,05 до 0,5 га.

На швидкість росту *Cherax quadricarinatus* впливають фактори абіотичного (температура води, водневий показник, жорсткість, вміст

розчиненого кисню, освітленість) та біотичного (щільність посадки, інтенсивність розмноження, індивідуальні особливості особин) середовища [23].

Температура навколишнього середовища під час вирощування ракоподібних є невід'ємною складовою фізіологічної здатності організму до споживання і перетворення ресурсів, таких як їжа, на ріст, розмноження та виживання. Австралійський червоноклешневий рак може переносити широкий діапазон температур від 16 до 32°C. Найкраще *Cherax quadricarinatus* росте при температурі від 20 до 34°C. Оптимальною є температура 27°C. При створенні умов для розмноження температура води має становити 28°C. Летальною для виду та лімітуючим фактором під час вирощування є температура нижче 10°C і вище 36°C [24].

Водневий показник в межах 6,5–8,5 одиниць рН. Жорсткість – від 5 до 20 мг-екв./дм³. Із зростанням жорсткості води забарвлення цих членистоногих стає більш насиченим та яскравим. У достатньо м'якій воді колір їх хітинового панцира набуває світло-коричневого відтінку з блакитним полиском. Вміст розчиненого у воді кисню – 6–7 мг/дм³. Освітленість – 14/10 (день – 14 годин; ніч – 10 годин) [25].

Статевої зрілості австралійський рак зазвичай досягає у віці від 6 до 12 місяців. Для стимулювання одночасного отримання потомства самців і самок поміщають окремо на 7–10 діб, температура – 17–18°C, освітленість 10 (день)/14 (ніч). Потім поступово піднімають температуру на 1–2°C на день до оптимуму, та освітленість 14 (день)/10(ніч) та статеве співвідношення з розрахунку 2–3 самки на 1 самця.

Після спаровування самка австралійського рака починає формувати під черевцем ікру, яку потім виношує впродовж 8–9 тижнів (насамперед це залежить від температури води). Кожна доросла самка здатна принести 3–5 кладок від 300 до 800 ікринок. Нерест у австралійських раків відбувається тричі на рік, а відсоток виживаності молодняка складає близько 60% [26].

Молодь росте швидко, але нерівномірно, тому час від часу її потрібно сортувати за розміром. Утворені внаслідок сортування розмірні групи, необхідно утримувати в різних акваріумах чи басейнах і постійно вибраковувати слабкіших. До причин нерівномірного росту особин відносять: конкуренція за їжу (домінуючі особини з'їдають більше їжі, ніж слабкіші); агресивна взаємодія раків (ушкодження кінцівок під час «сутичок»); хімічні речовини, що виділяються більшими особинами, які пригнічують ріст дрібніших раків.

Найперша проблема вирощування товарного раку – тотальний канібалізм, який починається вже з 2,5–3,0 місяців вирощування [27].

Тому, одним із векторів розвитку даного напрямку є запобігання канібалізму, що можна розглядати як ефективний прийом у біотехнології відтворення та вирощування червоноклешневого рака.

Зміна розміру червоноклешневих раків може мати негативний вплив на менших особин через ієрархічне домінування.

Дослідження [28] продемонстрували ефективність різних матеріалів, які забезпечують середовище проживання для молоді та дорослих особин: мікротрубки, поліпропіленові сітчасті мішки, штучні макрофіти, ПВХ-труби різних розмірів. Під час вирощування в індустріальних умовах, укриття потрібно забезпечити ракам із розрахунку 3 комірки на 1 екземпляр.

Забезпечення кормами становить 70% операційних витрат в аквакультурі. Економічна ефективність корму – критичний фактор для аквакультури в усьому світі.

Опубліковано значну кількість досліджень харчування червоноклешневого рака різних вікових груп. Молодь раків необхідно забезпечувати різноманітною їжею, до складу якої входить детрит, тваринний (зоопланктон, трубочник, риба, креветки) та рослинний (хара) компоненти. Загальноприйнята структура раціону раків складає 70% рослинної та 30% тваринної їжі.

З віком, потреба червоноклешневих раків у білках зменшується. Молодь потребує від 31 до 34% білка, особини масою більше 50 г потребують 25,6%. Ліпіди також є важливим компонентом раціону, який впливає на ріст, розвиток та здоров'я раків. На відміну від білка, потреба в ліпідах з віком не змінюється. Вуглеводи виконують енергетичну функцію, беруть участь в утворенні стероїдів і жирних кислот, а також сприяють накопиченню глікогену та синтезу хітину.

Обов'язковим елементом годівлі повинні бути листя дуба звичайного *Quercus robur* (Linnaeus, 1758) в необмеженій кількості. Завдяки наявності в них дубильних речовин вони слугують ракам природними антибіотиками [29].

На сьогодні, науковці проводять експерименти щодо вивчення годівлі *Cherax quadricarinatus* в умовах аквакультури, з метою пошуку можливості часткової або повної заміни рибного борошна в рецептурі кормів іншими інгредієнтами, застосування яких значно знизить ціну на корм.

Висновки. Розвиток аквакультури австралійського червоноклешневого рака можливий лише за наукового обґрунтування та використання «найкращих практик», що у подальшому передбачають підвищення ефективності, прибутку та подальшого розширення промисловості ракоподібних на території України.

PROMISING OBJECT OF AQUACULTURE OF CRUSTACEANS *CHERAX QUADRICARINATUS* (VON MARTENS, 1868): BIOLOGY, TECHNOLOGY (REVIEW)

¹Hrynevych N.E. – Doctor of Veterinary Sciences, Professor,

¹Zharchynska V.S. – Postgraduate Student,

²Svitelskyi M.M. – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,

¹Khomiak O.A. – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,

¹Slusarenko A.O. – Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor,

¹Bila Tserkva National Agrarian University,

²Zhytomyr National Agroecological University,

zharchynskavs@ukr.net

A review of the literature on the scientific basis for the cultivation of Australian red-claw crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) in aquaculture, taking into account the technological features of cultivation and biotechnological methods. It is emphasized that modernization and compliance with the requirements of cultivation with the use of appropriate organic feed additives will help reduce cannibalism.

The material highlights the feasibility of using various shelters that contribute to the preservation of crustaceans, however, all the recommendations are closely intertwined with the biology of development of *Cherax quadricarinatus*, especially feeding and living in natural conditions. It should be noted that the industrial cultivation of this species of crustaceans in aquaculture, in conditions of high planting densities per unit area, in Ukraine is just beginning to develop. That is why there is a need for maximum preservation of specimens at the stage of growth to achieve results at the stage of calculating the cost.

We analyzed the research of scientists from Australia, China, Argentina, Brazil, Mexico, Ukraine, Ecuador to study the issue of biology, cultivation and adaptation to aquaculture, to obtain high quality protein products. It has been investigated that the use of bioadditives (Spirulina + Chlorella, Digestarom, carotenoids) with extruded feeds will help increase growth rate and decrease cannibalism rate. Production of products that provide maximum profit is determined, firstly, by the development of aquaculture as an element of the primary sector of the economy and secondly, the high technological level of cultivation of aquatic organisms on an industrial scale. We got acquainted with the cultivation technologies separately, because one of the main tasks in aquaculture is to comply with the requirements of environmentally friendly products.

A separate area of our research will involve the use of biological products for their accumulation in the body of crustaceans, which at a later stage of cultivation will help reduce cannibalism. A number of scientists (Chanawi J. et al., 2012; Calvo N.S. et al., 2013; Kutishchev P.S. et al., 2015; Jones C.M. et al., 2020; Rigg D.M. et al., 2020; Fedorovich L.I. et al 2021) focus on improving the scheme of growing Australian red-breasted crab, feeding characteristics and reducing the percentage of cannibalism at the stage of eggs – marketable products.

Keywords: aquaculture, crustaceans, freshwater crayfish, Australian red-breasted crayfish *Cherax quadricarinatus*, biological features, cultivation technology.

ЛІТЕРАТУРА

1. Golub G.A., Zavadska O.A., Kukharets V.V. Development of block diagrams of closed water supply installation for aquaculture production. *Scientific horizons*. 2019. Vol. 5(78). pp. 105–111. Doi: <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2019-78-5-105-111>.
2. Jones C.M., Valverde C. Development of mass production hatchery technology for the red claw crayfish *Cherax quadricarinatus*. *Freshwater Crayfish*. 2020. Vol. 25(1). pp. 1–6. Doi: <https://doi.org/10.5869/fc.2020.v25-1.001>
3. The state of world fisheries and aquaculture. Measures to improve resilience. FAO. Rome, 2020. 205 p.
4. Dyudyaeva O.A., Bekh V.V. Food security of domestic aquaculture products as a guaranteed prerequisite for entering foreign markets. *Aquatic bioresources and aquaculture*. 2020. Vol. 1. pp. 44–60. Doi: <https://doi.org/10.32851/wba.2020.1.5>
5. Fedorovich L.I., Muzhenko A.V., Slyusar M.V. Relationship between chemical and physical parameters of water with morphological features of cancers of different species. *Bulletin of Sumy National Agrarian University*. 2020. Vol. 4(47). pp. 165–170. Doi: <https://doi.org/10.32845/bsnau.lvst.2021.4.28>
6. Poplavskaya O.S., Gerasimchuk V.V. Opportunities for import substitution of aquaculture products in Ukraine. *Fisheries science of Ukraine*. 2020. Vol. 4(54). pp. 22–37. Doi: <https://doi.org/10.15407/fsu2020.04.022>
7. Panchishny M.O., Borodin Y.M., Rokytyansky A.B. Productive indicators and resistance of crayfish (*Astacus leptodactylus esch.*) In the conditions of artificial cultivation. *Problems of zooengineering and veterinary medicine*. 2016. Vol. 32(1). pp. 265–268.
8. Mezhzherin S.V., Kostyuk V.S., Zhalai E.I. Peculiarities of the genetic structure of populations and morphological variability of populations of crayfish *Astacus* Fabricius, 1775 in the south-east of Ukraine. *Scientific Bulletin of Uzhgorod University*. 2012. Vol. 33. pp. 33–136.
9. Rigg D.M., Seymour J.E., Courtney R.L. et al. A review of juvenile Redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) aquaculture: global production practices and innovation. *Freshwater Crayfish*. 2020. Vol. 25(1). pp. 13–30. Doi: <https://doi.org/10.5869/fc.2020.v25-1.013>
10. Calvo N.S., Stumpf L., Sacristan H.J. et al. Energetic reserves and digestive enzyme activities in juveniles of the red claw crayfish *Cherax quadricarinatus* nearby the point-of-no-return. *Aquaculture*. 2013. Vol. 416–417. pp. 85–91. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.08.017>
11. Calvo N.S., Stumpf L., Pietrokovsky S. et al. Early and late effects of feed restriction on survival, growth and hepatopancreas structure in juveniles of the red claw crayfish *Cherax quadricarinatus*. *Aquaculture*. 2011. Vol. 319. pp. 355–362. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.06.033>

12. Blaha M., Patoka J., Kozak P. et al. Unrecognised diversity in New Guinean crayfish species (*Decapoda, Parastacidae*): The evidence from molecular data. *Integrative Zoology*. 2016. Vol. 11. pp. 457–468. Doi: <https://doi.org/10.1111/1749-4877.12211>
13. Masser M.P. and Rouse B.D. Australian Red Claw Crayfish. 1997. SRAC Publication № 244. The Alabama Cooperative Extension Service, USA.
14. Volpe M.G., Santagata G., Coccia E., Di Stasio M., Malinconico M. and Paolucci M. Pectin-based pellets for crayfish aquaculture: structural and functional characteristics and effects on Redclaw *Cherax quadricarinatus* performances. *Aquaculture Nutrition*. 2015. Vol. 21(6). pp. 814–823. Doi: <https://doi.org/10.1111/anu.12204>
15. Azhar M.H., Suciyo S., Budi D.S. et al. Biofloc-based co-culture systems of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and redclaw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) with different carbon–nitrogen ratios. *Aquacult. Int.* 2020. Vol. 28. pp. 1293–1304 Doi: <https://doi.org/10.1007/s10499-020-00526-z>
16. Mitchell B.D. and Collins R. Development of field-scale intensive culture techniques for the commercial production of the yabbie (*Cherax destructor/albidus*). Centre for Aquatic Science, Warrnambool Institute of Advanced Education, Warrnambool. 1989. Victoria.
17. Dammannagoda L.K., Pavasovic A., Hurwood D.A. and Mather P.B. Effects of soluble dietary cellulose on specific growth rate, survival and digestive enzyme activities in three freshwater crayfish (*Cherax*) species. *Aquaculture Research*. 2015. Vol. 46(3). pp. 626–636. Doi: <https://doi.org/10.1111/are.12209>
18. Stumpf L., Calvo N.S., Diaz F.C. et al. Effect of intermittent feeding on growth in early juveniles of the crayfish *Cherax quadricarinatus*. *Aquaculture*. 2011. Vol. 319. pp. 98–104. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.06.029>
19. Melnichenko S.G., Babushkina R.O., Markelyuk A.V. Analysis of the current state of aquatic bioresources of Ukraine. *Aquatic bioresources and aquaculture*. 2020. Vol. 2. pp. 42–47. Doi: <https://doi.org/10.32851/wba.2020.2.4>
20. Saoud I.P., Ghanawi J., Thompson K.R., Webster C.D. A review of the culture and diseases of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens 1868). *Journal of the World Aquaculture Society*. 2013. Vol. 44. pp. 1–29. Doi: <https://doi.org/10.1111/jwas.12011>
21. Bitomsky J. Scoping Report Red Claw Industry Development. 2008. Kleinhardt Business Consultants, Cairns.
22. Ghanawi J., Saoud I.P. Molting, reproductive biology, and hatchery management of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868). *Aquaculture*. 2012. Vol. 358-359. pp. 183–195. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.06.019>

23. Bezusiy O.L., Borbat M.O. To the problem of obtaining planting material of crayfish. *Fisheries science of Ukraine*. 2008. Vol. 2. pp. 72–74.
24. Mezhzherin S.V., Kostyuk V.S., Garbar A.V., Zhalai E.I., Kutishchev P.S. The thick-clawed crayfish, *Astacus pachypus* (Crustacea, Decapoda, Astacidae), in Ukraine: karyotype, allozymes and morphological parameters. *Bulletin of Zoology*. 2015. Vol. 49(1). pp. 41–48. Doi: <https://doi.org/10.1515/vzoo-2015-0004>
25. Calvo N.S., Tropea C., Anger K. et al. Starvation resistance in juvenile freshwater crayfish. *Aquatic biology*. 2012. Vol. 16. pp. 287–297. Doi: <https://doi.org/10.3354/ab00451>
26. Hrynevych N.E., Khomyak O.A., Prysyzhnyuk N.M. et al. Analysis of the hydraulic component of industrial aqua farms with closed water supply. *Aquatic bioresources and aquaculture*. 2019. Vol. 2. pp. 59–76. Doi: <https://doi.org/10.32851/wba.2019.2.5>
27. Ackefors H. Freshwater crayfish farming technology in the 1990s: a European and global perspective. *Fish and Fisheries*. 2000. Vol. 1(4). pp. 337–359. Doi: <https://doi.org/10.1046/j.1467-2979.2000.00023.x>
28. Thompson K.R., Muzinic L.A., Engler L.S., Morton S-R, Webster C.D. Effects of feeding practical diets containing various protein levels on growth, survival, body composition, and processing traits of Australian red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) and on pond water quality. *Aquaculture Research*. 2004. Vol. 35(7). pp. 659–668. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2004.01063.x>
29. Zakharchenko I.L., Maksymenko M.L. Structural indicators of the industrial herd of crayfish of the Kakhovka reservoir. *Aquatic Bioresources and Aquaculture*. 2017. Vol. 1. pp. 35–43.

REFERENCES

1. Golub, G.A., Zavadska, O.A., Kukharets, V.V. (2019). Development of block diagrams of closed water supply installation for aquaculture production. *Scientific Horizons*, vol. 5(78), 105–111. Available at: <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2019-78-5-105-111>
2. Jones, C.M., Valverde, C. (2020). Development of mass production hatchery technology for the red claw crayfish *Cherax quadricarinatus*. *Freshwater Crayfish*, vol. 25(1), 1–6. Available at: <https://doi.org/10.5869/fc.2020.v25-1.001>
3. The state of world fisheries and aquaculture. Measures to improve resilience. FAO. Rome. 2020.
4. Dyudyayeva, O.A., Bekh, V.V. (2020). Food security of domestic aquaculture products as a guaranteed prerequisite for entering foreign markets.

- Aquatic bioresources and aquaculture*, vol. 1, 44–60. Available at: <https://doi.org/10.32851/wba.2020.1.5>
5. Fedorovich, L.I., Muzhenko, A.V., Slyusar, M.V. (2021). Relationship between chemical and physical parameters of water with morphological features of cancers of different species. *Bulletin of Sumy National Agrarian University*, vol. 4(47), 165–170. Available at: <https://doi.org/10.32845/bsnau.lvst.2021.4.28>
 6. Poplavska, O.S., Gerasymchuk, V.V. (2020). Opportunities for import substitution of aquaculture products in Ukraine. *Fisheries science of Ukraine*, vol. 4 (54), 22–37. Available at: <https://doi.org/10.15407/fsu2020.04.022>
 7. Panchishny, M.O., Borodin, Y.M., Rokytyansky, A.B. (2016). Productive indicators and resistance of crayfish (*Astacus leptodactylus* Esch.) in the conditions of artificial cultivation. *Problems of zooengineering and veterinary medicine*, vol. 32(1), 265–268.
 8. Mezhzherin, S.V., Kostyuk, V.S., Zhalai, E.I. (2012). Peculiarities of the genetic structure of populations and morphological variability of populations of crayfish *Astacus Fabricius*, 1775 in the south-east of Ukraine. *Scientific Bulletin of Uzhgorod University*, vol. 33, 133–136.
 9. Rigg, D.M., Seymour, J.E., Courtney, R.L. et al. (2020). A review of juvenile Redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) aquaculture: global production practices and innovation. *Freshwater Crayfish*, vol. 25(1), 13–30. Available at: <https://doi.org/10.5869/fc.2020.v25-1.013>
 10. Calvo N.S., Stumpf L., Sacristan H.J. et al. (2013). Energetic reserves and digestive enzyme activities in juveniles of the red claw crayfish *Cherax quadricarinatus* nearby the point-of-no-return. *Aquaculture*, vol. 416–417, 85–91. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.08.017>
 11. Calvo N.S., Stumpf L., Pietrokovsky S. et al. 2011. Early and late effects of feed restriction on survival, growth and hepatopancreas structure in juveniles of the red claw crayfish *Cherax quadricarinatus*. *Aquaculture*. Vol. 319, 355–362. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.06.033>
 12. Blaha, M., Patoka, J., Kozak, P. et al. (2016). Unrecognised diversity in New Guinean crayfish species (Decapoda, Parastacidae): The evidence from molecular data. *Integrative Zoology*, vol. 11, 457–468. Available at: <https://doi.org/10.1111/1749-4877.12211>
 13. Masser, M.P. and Rouse, B.D. (1997). Australian Red Claw Crayfish. SRAC Publication № 244. The Alabama Cooperative Extension Service, USA.
 14. Volpe, M.G., Santagata, G., Coccia, E., Di Stasio, M., Malinconico, M. and Paolucci, M. (2015). Pectin-based pellets for crayfish aquaculture: structural and functional characteristics and effects on Redclaw *Cherax quadricarinatus* performances. *Aquaculture Nutrition*, vol. 21(6), 814–823. Available at: <https://doi.org/10.1111/anu.12204>

15. Azhar, M.H., Suciyo, S., Budi, D.S. et al. (2020). Biofloc-based co-culture systems of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and redclaw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) with different carbon-nitrogen ratios. *Aquacult. Int.*, vol. 28, 1293–1304. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10499-020-00526-z>
16. Mitchell B.D. and Collins R. (1989). Development of field-scale intensive culture techniques for the commercial production of the yabbie (*Cherax destructor/albidus*). Centre for Aquatic Science, Warrnambool Institute of Advanced Education, Warrnambool, Victoria.
17. Dammannagoda, L.K., Pavasovic, A., Hurwood, D.A. and Mather, P.B. (2015). Effects of soluble dietary cellulose on specific growth rate, survival and digestive enzyme activities in three freshwater crayfish (*Cherax*) species. *Aquaculture Research*, vol. 46(3), 626–636. Available at: <https://doi.org/10.1111/are.12209>
18. Stumpf, L., Calvo, N.S., Diaz, F.C. et al. (2011). Effect of intermittent feeding on growth in early juveniles of the crayfish *Cherax quadricarinatus*. *Aquaculture*, vol. 319, 98–104. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.06.029>
19. Melnichenko, S.G., Babushkina, R.O., Markelyuk, A.V. (2020). Analysis of the current state of aquatic bioresources of Ukraine. *Aquatic Bioresources and Aquaculture*, Vol. 2, 42–47. Available at: <https://doi.org/10.32851/wba.2020.2.4>
20. Saoud, I.P., Ghanawi, J., Thompson, K.R., Webster, C.D. (2013). A review of the culture and diseases of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens 1868). *Journal of the World Aquaculture Society*, vol. 44, 1–29. Available at: <https://doi.org/10.1111/jwas.12011>
21. Bitomsky, J. (2008). Scoping Report Red Claw Industry Development. Kleinhardt Business Consultants, Cairns.
22. Ghanawi, J., Saoud, I.P. (2012). Molting, reproductive biology, and hatchery management of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868). *Aquaculture*, vol. 358–359, 183–195. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.06.019>
23. Bezusiy, O.L., Borbat, M.O. (2008). To the problem of obtaining planting material of crayfish. *Fisheries science of Ukraine*, vol. 2, 72–74.
24. Mezhzherin, S.V., Kostyuk, V.S., Garbar, A.V., Zhalai, E.I., Kutishchev, P.S. (2015). The thick-clawed crayfish, *Astacus pachypus* (Crustacea, Decapoda, Astacidae), in Ukraine: karyotype, allozymes and morphological parameters. *Bulletin of Zoology*, vol. 49(1), 41–48. Available at: <https://doi.org/10.1515/vzoo-2015-0004>
25. Calvo, N.S., Tropea, C., Anger, K. et al. (2012). Starvation resistance in juvenile freshwater crayfish. *Aquatic biology*, vol. 16, 287–297. Available at: <https://doi.org/10.3354/ab00451>

26. Hrynevych, N.E., Khomyak, O.A., Prysyazhnyuk, N.M. et al. (2019). Analysis of the hydraulic component of industrial aqua farms with closed water supply. *Aquatic bioresources and aquaculture*, vol. 2, 59–76. Available at: <https://doi.org/10.32851/wba.2019.2.5>
27. Ackefors, H. (2000). Freshwater crayfish farming technology in the 1990s: a European and global perspective. *Fish and Fisheries*, vol. 1(4), 337–359. Available at: <https://doi.org/10.1046/j.1467-2979.2000.00023.x>
28. Thompson, K.R., Muzinic, L.A., Engler, L.S., Morton, S-R, Webster, C.D. (2004). Effects of feeding practical diets containing various protein levels on growth, survival, body composition, and processing traits of Australian red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) and on pond water quality. *Aquaculture Research*, vol. 35(7), 659–668. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2004.01063.x>
29. Zakharchenko I.L., Maksymenko M.L. (2017). Structural indicators of the industrial herd of crayfish of the Kakhovka reservoir. *Aquatic Bioresources and Aquaculture*, vol. 1, 35–43.