

SELECTION, GENETICS AND BIOTECHNOLOGY / СЕЛЕКЦІЯ, ГЕНЕТИКА ТА БІОТЕХНОЛОГІЇ

Ribogospod. nauka Ukr., 2025; 3(73): 128-145
DOI: <https://doi.org/10.61976/fsu2025.03.128>
UDC 639.51:639.5.06

Received: 02.07.2025
Received in revised form: 06.08.2025
Accepted: 27.08.2025

BIOTECHNOLOGICAL ASPECTS OF GROWING WHITE DNIESTER CRAYFISH (*PONTASTACUS EICHWALDI BESSARABICUS BRODSKY, 1967*) SEEDS IN RAS CONDITIONS

R. Sydorak, fireflyrvs@gmail.com, ORCID
ID 0000-0002-4973-5804, Institute of
Fisheries of the National Academy of
Agrarian Sciences of Ukraine, Kyiv

Purpose. To determine some basic technological parameters (temperature regime, stocking density, rations and type of feeds) for growing white Dniester crayfish (*Pontastacus eichwaldi bessarabicus* Brodsky, 1967) at the early stages of ontogenesis in a recirculation aquaculture system (RAS).

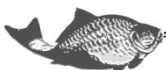
Methodology. The study was conducted in 2022–2025. The material was collected during expeditions to the Dniester Estuary and the Danube lakes Yalpug and Kugurluy using commercial fyke nets. The raw weight of larvae and juveniles was determined on analytical scales VL-220M and electronic scales OHAUS SPU, after drying with filter paper. Linear dimensions were recorded using an eyepiece micrometer under an MBS-10 microscope, and for older age groups, using a caliper or ruler. Express analysis of hydrochemical parameters was carried out using the “ECOTEST-2000 T” devices (O_2 , NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , phosphates), the “Azha-101M” thermo-oximeter (TOC, O_2) and the pH-meter-150 M. Biological analysis was performed at the laboratory of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture of I. I. Mechnikov Odessa National University. The effect of keeping conditions (hydrochemical regime, rations, and stocking density) on the survival, growth, and development of larvae and early juveniles of the Dniester white crayfish was determined.

БІОТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИРОЩУВАННЯ ПОСАДКОВОГО МАТЕРІАЛУ БІЛОГО ДНІСТРОВСЬКОГО РАКА (*PONTASTACUS EICHWALDI BESSARABICUS* BRODSKY, 1967) В УМОВАХ УЗВ

Р. В. Сидорак, fireflyrvs@gmail.com, ORCID ID 0000-0002-4973-5804, Інститут рибного господарства Національної академії аграрних наук України, м. Київ

Мета. Визначити деякі основні технологічні параметри (температурний режим, щільність посадки, раціони та тип кормів) вирощування білого дністровського рака (*Pontastacus eichwaldi bessarabicus* Brodsky, 1967) на ранніх етапах онтогенезу в рециркуляційній аквакультурній системі (РАС), також відомій як установка замкненого водопостачання (УЗВ).

Методика. Дослідження проводили у 2022–2025 рр. Матеріал відбирали під час експедицій на Дністровський лиман та придунайські озера Ялпуг і Кузурлуй із використанням промислових ятерів. Сиру масу личинок та молоді визначали на аналітичних вагах ВЛ-220М і електронних вагах «ОHAUS SPU», попередньо обсушуючи фільтрувальним папером. Лінійні розміри фіксували за допомогою окуляр-мікрометра під мікроскопом МБС-10, а молодь старших вікових груп — штангенциркулем або лінійкою. Експрес-аналіз гідрохімічних параметрів проводили приладами «ЕКОТЕСТ–2000 Т» (O_2 , NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , фосфати), термооксиметром «Ажа-101М» (ТОС, O_2) та рН-метром-150 М. Біологічний аналіз виконували у лабораторії кафедри водних біоресурсів та аквакультури Одеського національного університету ім. І. І. Мечникова. Визначали вплив умов утримання (гідрохімічного режиму, раціонів та щільності посадки) на виживаність, ріст і



Findings. The main biotechnological parameters of growing juvenile white Dniester crayfish in a RAS have been determined. The effectiveness of cultivation depends on the optimization of the hydrochemical regime, stocking density and feeding rations at different stages of ontogenesis. The best growth and fattening results were provided by artificial feeds with 40–45% protein with three-time feeding, which significantly ($p < 0.05$) exceeded those of the groups receiving natural or mixed feeds. The data obtained became the basis for developing technical parameters of the production scheme and forming technological regulations for growing crayfish seeds in RAS.

Originality. For the first time, the effect of hydrochemical parameters, stocking density, type of feed and feeding regime on the survival, growth and fattening of juvenile white Dniester crayfish reared in a RAS was experimentally investigated. Biotechnical standards for growing white Dniester crayfish seeds have been established, which can be used as the basis for technological regulations for mass cultivation in the RAS.

Practical Value. Consists in creating scientifically sound foundations for an effective technology for mass cultivation of white Dniester crayfish seeds in RAS. The established optimal hydrochemical parameters, stocking density and feeding regimes ensure high survival, stable biomass growth and reduce losses from stress factors, pathologies and cannibalism. The proposed biotechnical solutions can be used for the design of industrial facilities, the restoration of populations in the Dniester estuary and Danube lakes, as well as in the training of specialists in hydrobiology, ichthyology and fish farming.

Keywords: white Dniester crayfish, RAS, stocking density, feeding, survival, growth, biotechnology.

розвиток личинок та ранньої молоді білого дністровського рака.

Результати. Визначено основні біотехнологічні параметри вирощування молоді білого дністровського рака в УЗВ. Ефективність культивування залежить від оптимізації гідрохімічного режиму, щільності посадки та раціонів годівлі на різних стадіях онтогенезу. Найкращі результати росту й вгодованості забезпечували штучні корми з протеїном 40–45% при триразовій годівлі, що достовірно ($p < 0,05$) перевищувало показники груп, які отримували природні або змішані корми. Одержані дані стали основою для розробки технічних параметрів виробничої схеми та формування технологічного регламенту вирощування посадкового матеріалу в УЗВ.

Наукова новизна. Вперше експериментально досліджено вплив гідрохімічних параметрів, щільності посадки, типу кормів та режиму годівлі на виживання, ріст та вгодованість молоді білого дністровського рака при вирощуванні в УЗВ. Встановлені біотехнічні нормативи для вирощування посадкового матеріалу білого дністровського рака, які можуть бути використані як основа для технологічного регламенту масового культивування в УЗВ.

Практична значимість полягає у створенні науково обґрунтованих основ для ефективної технології масового вирощування посадкового матеріалу білого дністровського рака в УЗВ. Встановлені оптимальні гідрохімічні параметри, щільність посадки та режими годівлі забезпечують високу виживаність, стабільний приріст біомаси та зменшують втрати від стресових чинників, патологій і канібалізму. Запропоновані біотехнічні рішення можуть бути використані для проектування промислових установок, відновлення популяцій у Дністровському лимані та приднізьких озерах, а також у підготовці фахівців із гідробіології, іхтіології та рибицтва.

Ключові слова: білий дністровський рак, УЗВ, щільність посадки, годівля, виживаність, ріст, біотехнології.

PROBLEM STATEMENT AND ANALYSIS OF LAST ACHIEVEMENTS AND PUBLICATIONS

In the first half of the 20th century, Ukraine annually exported 2–2.5 thousand

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ ТА АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

У першій половині XX ст. Україна щорічно експортувала 2,0–2,5 тис. т раків. До 80% цього делікатесного



tons of crayfish. Up to 80% of this delicacy was the white Dniester crayfish *Pontastacus eichwaldi bessarabicus*, which was harvested in the Dniester estuary and the Danube lakes of the Odessa region.

In 1981, as a result of an epidemic of septocyllidrosis, up to 95% of the population of the Dniester white crayfish died, and its abundance decreased to 170–200 thousand individuals. Over the next 40–45 years, the population of this species was never able to recover [1].

The main reasons for the degradation of natural populations of white Dniester crayfish are the epidemic of rust-spot disease (septocyllosis), which arose against the background of a impairment of the hydrological regime of the Dniester estuary as a result of regulation of the Dniester flow, anthropogenic pollution, degradation of natural biotopes, and increased mineralization. The natural population was negatively affected by pressure from invasive species and large-scale poaching. The most vulnerable are the stages of reproduction and early ontogenesis of crayfish, which actually determine the development and abundance of natural populations.

At this time, the restoration and maintenance of natural populations of the Dniester white crayfish is possible only if effective programs for artificial reproduction and cultivation in controlled conditions are created.

A promising direction is the development of an artificial propagation technology, which includes the artificial production of crayfish seeds and their cultivation to viable stages in recirculation aquaculture systems (RAS) with the subsequent introduction of juveniles into natural water bodies. This will allow optimizing the conditions for growing juveniles in early ontogenesis (the most vulnerable stage of the life cycle), and effectively forming and maintaining a high abundance of natural populations.

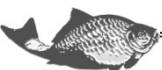
продукту припадало на білого дністровського рака *Pontastacus eichwaldi bessarabicus*, якого виловлювали у Дністровському лимані та Придунайських озерах Одеської області.

У 1981 р., внаслідок епідемії септоциліндрозу, загинуло до 95% популяції білого дністровського рака, а його чисельність скоротилася до 170–200 тис. особин. За наступні 40–45 років популяція цього виду так і не змогла відновитися [1].

Основною причиною деградації природних популяцій білого дністровського рака є епідемія іржаво-плямистої хвороби (септоциліндрозу), яка виникла на тлі порушення гідрологічного режиму Дністровського лиману в результаті зарегулювання стоку Дністра, антропогенного забруднення, деградації природних біотопів, зростання мінералізації. Негативно вплинули на природну популяцію тиск з боку інвазивних видів та масштабний браконьєрський вилов. Найвразливішими є етапи відтворення та раннього онтогенезу рака, які власне і визначають формування і чисельність природних популяцій.

Нині відновлення та підтримання природних популяцій білого дністровського рака можливі лише за умови створення ефективних програм штучного відтворення та вирощування в контрольованих умовах.

Перспективним напрямком є розробка заводської технології, яка включає штучне отримання посадкового матеріалу та його підтримання до життєстійких стадій в рециркуляційній аквакультурній системі (РАС), також відомій як установка замкненого водопостачання (УЗВ), з подальшою інтродукцією молоді в природні водойми. Це дозволить оптимізувати умови вирощування молоді в ранньому онтогенезі (найвразливіший етап життєвого циклу) та ефективно формувати і підтримувати високу



Modern scientific publications highlight certain aspects of the biology and breeding of river crayfishes, namely European crayfish or broad-clawed crayfish *Astacus astacus* (Linnaeus, 1758), Danube crayfish or narrow-clawed crayfish the *Pontastacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823), Louisiana crawfish or red swamp crayfish *Procambarus clarkii* (Girard, 1852), etc. in aquaculture conditions [2–4]. The effect of temperature, hydrochemical regime, ration composition, stocking density and other parameters on the growth and physiological state of juveniles has been established [4–6].

In particular, for the broad-clawed crayfish and the red swamp crayfish, the dependence of growth rates on stocking density, as well as the optimal ranges of temperatures and feed composition, has been established. Studies of the narrow-clawed crayfish have shown the importance of a combined approach – simultaneous regulation of water quality, feeding, and hydraulic parameters.

For the Dniester white crayfish, such special studies have not been conducted, and the available information is limited to the biological and ecological characteristics of individuals from natural populations.

Since the natural recovery of the population of the Dniester white crayfish is unlikely, the development of a technology for artificial reproduction using ultrasound is a promising direction. This technology will allow: obtaining crayfish seeds under controlled conditions; growing juveniles to viable stages, minimizing the risks of diseases and cannibalism; introducing formed groups into natural water bodies to replenish the population; creating a base for reproduction programs and population restoration in the Dniester Estuary and adjacent water systems.

In view of this, experimental studies into the optimal cultivation parameters and

чисельність природних популяцій.

У сучасних наукових публікаціях висвітлюються окремі аспекти біології та розведення річкових раків, а саме широкопалого рака *Astacus astacus* (Linnaeus, 1758), вузькопалого рака *Pontastacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823), каліфорнійського червоного рака *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) та інших в умовах аквакультури [2–4]. Встановлено вплив на ріст та фізіологічний стан молоді температури, гідрохімічного режиму, складу раціонів, щільності посадки та інших параметрів [4–6].

Зокрема, для широкопалого рака та каліфорнійського червоного рака встановлено залежність темпів росту від щільності посадки, а також оптимальні діапазони температури і складу кормів. Дослідження вузькопалого рака показали важливість комбінованого підходу — одночасного регулювання якості води, годівлі та гідротехнічних параметрів.

Для білого дністровського рака такі спеціальні дослідження не проводили, а наявна інформація обмежена біолого-екологічними характеристиками особин з природних популяцій.

Оскільки природне відновлення чисельності популяції білого дністровського рака є малоімовірним, перспективним напрямом видається розробка заводської технології штучного відтворення із застосуванням УЗВ. Така технологія дозволить: отримувати посадковий матеріал у контрольованих умовах; підрощувати молодь до життєстійких стадій, мінімізуючи ризики захворюваності та канібалізму; інтродукувати сформовані групи у природні водойми для поповнення чисельності; створити базу для репродукційних програм і відновлення популяцій у Дністровському лимані та суміжних водних системах.

Зважаючи на це, експериментальне дослідження оптимальних параметрів культивування та критичних чинників



critical factors of the technological process of obtaining and growing white Dniester crayfish seeds is important and relevant.

HIGHLIGHT OF THE EARLIER UNRESOLVED PARTS OF THE GENERAL PROBLEM. AIM OF THE STUDY

The importance of developing specialized biotechnology for growing this species in the RAS is determined by the need to restore natural populations of white Dniester crayfish and maintain their commercial abundance. Despite the existence of separate studies devoted to the biology and maintenance of various species of river crayfish, the problem of developing an effective technology for artificially rearing white Dniester crayfish in the RAS remains unresolved.

There is no data in the literature on the optimal hydrochemical conditions for growing the species (temperature, dissolved oxygen concentrations, ammonia, nitrate and nitrite content, pH, etc.), the impact of cultivation conditions on the growth, condition factor, development and survival of juveniles during cultivation in RAS. Important biotechnological aspects such as optimal stocking density at different stages of ontogenesis, qualitative composition of feeds, size of rations, feeding technology also remain uncertain. An important, little-studied aspect is the reaction of the crayfish to changes in keeping conditions and critical factors that can lead to technological losses.

Resolving these issues is a necessary prerequisite for the development of effective biotechnology, which will ensure the stable production of viable crayfish seeds with high indicators of viability, growth and survival.

The aim of the work is to experimentally determine the optimal parameters of the environment, stocking density, feed com-

технологічного процесу отримання та вирощування посадкового матеріалу білого дністровського рака є важливим та актуальним.

ВИДІЛЕННЯ НЕВИРШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ. МЕТА РОБОТИ

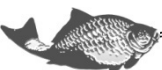
Важливість розробки спеціалізованої біотехнології вирощування білого дністровського рака в РАС (УЗВ) визначається необхідністю відновлення його природних популяцій та підтримання їх промислової чисельності. Попри наявність окремих досліджень, присвячених біології та утриманню різних видів річкових раків, проблема розробки ефективної технології заводського вирощування білого дністровського рака в РАС залишається невирішеною.

У літературі відсутні дані щодо оптимальних гідрохімічних умов вирощування виду (температури, концентрації розчиненого кисню, вмісту аміаку, нітратів та нітритів, показника рН тощо), впливу умов культивування на ріст, вгодованість, розвиток та виживаність молоді в процесі вирощування в РАС.

Невизначеними залишаються також такі важливі біотехнологічні аспекти, як оптимальна щільність посадки на різних етапах онтогенезу, якісний склад кормів, величина раціонів, технологія годівлі. Важливим, малодослідженим аспектом є реакція організму рака на зміну умов утримання та критичні фактори, які здатні призвести до технологічних втрат.

Вирішення цих питань є необхідною передумовою для формування ефективної технології, яка забезпечить стабільне отримання життєздатного посадкового матеріалу з високими показниками життєстійкості, росту та виживаності.

Метою роботи є експериментальне визначення оптимальних параметрів середовища, щільності посадки, складу



position and feeding regime on the biological and physiological parameters of white Dniester crayfish juveniles when growing crayfish seeds in RAS.

MATERIALS AND METHODS

The study was conducted in 2022–2025. Materials were collected during expeditions to the Dniester Estuary and the Danube lakes Yalpug and Kugurluy from commercial fishing gear (fyke nets). The raw weight of larvae and juveniles of the Dniester white crayfish were obtained using analytical scales VL-220M and laboratory electronic scales OHAUS SPU. Before weighing, the juveniles were dried with filter paper. The size of the larvae was determined using an eyepiece micrometer, under an MBS-10 microscope, older juveniles were measured with a caliper or a regular ruler.

Express analysis of hydrochemical parameters of the environment was carried out using the following devices: “ECOTEST-2000 T” (O_2 ; NO_2 ; NO_3 ; NH_4^+ ; phosphates), thermo-oximeter “Azha-101M” (TOS; O_2) and “PH meter-150 M (pH).

The maintenance of broodstock, spawning, and rearing of white Dniester crayfish juveniles were carried out in experimental facilities of a RAS. The installation included three tanks with a capacity of 0.5 tons each, combined into a closed system with blocks: mechanical and biological treatment and water treatment.

Mechanical water purification included two stages (coarse and fine). The submersible biological filter consisted of cassettes loaded with special polyethylene granules, on which, in fact, a film of nitrifying microalgae grew.

A mechanical filter cleaned the water of food residues, suspended organic and inorganic particles. The biological filter ensured the effective transformation of toxic nitrogen compounds into non-toxic forms,

кормів та режиму годівлі на біолого-фізіологічні показники молоді білого дністровського рака при вирощуванні посадкового матеріалу в РАС.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Дослідження проводили протягом 2022–2025 рр. Матеріали відбирали в експедиціях на Дністровський лиман та придунайські озера Ялпуг і Кугурлуй із промислових знарядь лову (ятерів). Для визначення сирової маси личинок та молоді білого дністровського рака використовували аналітичні ваги ВЛ-220М та лабораторні електронні ваги «ОHAUS SPU». Перед зважуванням молодь обсушували фільтрувальним папером. Розміри личинок визначали за допомогою окуляр-мікромметра під мікроскопом МБС-10, молодь старшого віку вимірювали штангенциркулем або звичайною лінійкою.

Експрес-аналіз гідрохімічних параметрів середовища здійснювали за допомогою приладів «ЕКОТЕСТ-2000 Т» (O_2 ; NO_2 ; NO_3 ; NH_4^+ ; фосфати), термооксиметра «Ажа-101М» (ТОС; O_2) та «РН метра-150 М (рН).

Утримання плідників, нерест та вирощування молоді білого дністровського рака проводили в експериментальних установках із замкненим водопостачанням. Установка включала три ємності об'ємом по 0,5 т, об'єднані в замкнену систему з блоками механічної і біологічної очистки та водопідготовки.

Механічне очищення води проходило в два етапи (грубе та тонке). Занурений біологічний фільтр складався із касет, завантажених спеціальними поліетиленовими гранулами, на яких, власне, і наростала плівка нітрофікувальних мікробіодоростей.

Механічний фільтр очищував воду від залишків корму, завислих органічних та неорганічних часток. Біологічний фільтр забезпечував ефективну трансформацію токсичних азотистих



as well as purification from excesses of other biogenic elements.

The water treatment unit, using an automated system, maintained optimal (set) temperature and hydrochemical parameters of water in the RAS throughout the entire growing period.

Biological analysis of the obtained material was carried out at the laboratory of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture of I. I. Mechnikov Odessa National University.

The effect of the hydrochemical regime, the composition and size of rations for juveniles from different age groups, and the stocking density on the survival, growth, and development of larvae and early juveniles was determined.

Fulton's condition factor (K) was calculated using the formula:

$$K = W/L^3 \times 100,$$

where W is weight, g;

L is total length in mm.

Statistical processing of the obtained results was carried out in accordance with generally accepted methods using the MS Excel 2010 package.

STUDY RESULTS AND THEIR DISCUSSION

The dynamics of growth and survival of white Dniester crayfish juveniles in the RAS at all stages of ontogenesis depends on fluctuations in the main hydrochemical parameters. In order to establish critical limits for optimal development of crayfish juveniles in RAS, daily monitoring of pH, dissolved oxygen concentration, ammonia ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$), nitrites (NO_2^-) and nitrates (NO_3^-) was carried out.

Optimal ranges of hydrochemical parameters have been established that ensure maximum growth rate and high survival of juvenile crayfish in the RAS at all stages of cultivation (Table 1).

A stable hydrochemical regime of the

сполук у нетоксичні форми, а також очищення від надлишків інших біогенних елементів.

Блок водопідготовки за допомогою автоматизованої системи підтримував оптимальні (задані) температурні та гідрохімічні параметри води в УЗВ протягом всього періоду вирощування.

Біологічний аналіз отриманого матеріалу проводили в лабораторії кафедри водних біоресурсів та аквакультури Одеського національного університету ім. І. І. Мечникова.

Визначали вплив на виживання, ріст та розвиток личинок і ранньої молоді гідрохімічного режиму, складу та величини раціонів для молоді різних вікових груп, щільності посадки.

Коефіцієнт вгодованості за Фультоном (K) розраховували згідно з формулою:

$$K = W/L^3 \times 100,$$

де W — маса, г;

L — довжина загальна, мм.

Статистичну обробку результатів дослідження здійснювали відповідно до загальноприйнятих методів із використанням прикладних програм пакета «Microsoft Excel – 2010»

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Динаміка росту та виживання молоді білого дністровського рака в УЗВ на всіх стадіях онтогенезу залежить від коливань основних гідрохімічних параметрів. З метою встановлення критичних меж для оптимального розвитку молоді рака в рециркуляційних системах проводили щоденний моніторинг показника pH, концентрації розчиненого кисню (O_2), аміаку ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$), нітритів (NO_2^-) і нітратів (NO_3^-).

Встановлено оптимальні діапазони гідрохімічних параметрів, які забезпечують максимальний темп росту та високу виживаність молоді раків в УЗВ на всіх етапах вирощування (табл. 1).

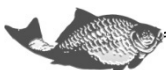


Table 1. Optimal hydrochemical parameters of the environment for growing white Dniester crayfish in a recirculating aquaculture system (from larval to juvenile stage)

Indicator	Optimal range	Critical level for survival
pH	7.2 – 8.0	<6.5 or >8.5
Dissolved oxygen	>6.0 mg/l	<4.0 mg/l
Ammonia (NH ₄ ⁺)	<0.02 mg/l	>0.05 mg/l
Nitrites (NO ₂ ⁻)	<0.1 mg/l	>0.3 mg/l
Nitrates (NO ₃ ⁻)	<40 mg/l	>80 mg/l

RAS cultivation tanks, within the specified range, and its constant control (preferably automatic according to a given program) is a critically important factor that ensures effective cultivation of crayfish in RAS.

One of the key environmental factors that determines the intensity of all physiological processes in aquatic organisms is water temperature. It directly affects a number of behavioral indicators of the organism, regulates the rate of metabolic processes, the frequency of molting, growth rates, survival rate, and overall resistance to stress factors. In addition, temperature determines the organism's susceptibility to diseases, affects the size of daily rations and the efficiency of assimilation of nutrients from feed. Temperature control in artificial cultivation is a critically important element of the biotechnology of freshwater crayfish cultivation, especially at the stage of early ontogenesis.

It has been experimentally established that the most favourable for cultivation is a variable temperature regime. Temperature fluctuations within 21–24°C ensured the maximum growth rate and survival of individuals during the period of cultivation in the RAS (Table 2).

Stocking density is also one of the key factors that determines the success of rearing juvenile crayfish in RAS. Excessive density inhibits growth, causes stress, increases cannibalism and provokes oxygen and feed shortages, while insufficient density leads to inefficient use of space and system resources.

Стабільний гідрохімічний режим вирощувальних басейнів РАС у межах зазначеного діапазону та його постійний контроль (бажано автоматичний за заданою програмою) є критично важливим фактором, який забезпечує ефективне вирощування раків у РАС.

Одним із ключових екологічних факторів, який визначає інтенсивність всіх фізіологічних процесів у гідробіонтів, є температура води. Вона безпосередньо впливає на низку поведінкових показників організму, регулює швидкість метаболічних процесів, частоту линьок, темпи росту, рівень виживаності та загальну стійкість до стресових чинників. Крім того, температура визначає чутливість організму до захворювань, впливає на величину добових раціонів та ефективність засвоєння поживних речовин із корму. Контроль температурного режиму в умовах штучного вирощування є критично важливим елементом технології культивування прісноводних раків, особливо на етапі раннього онтогенезу.

Експериментально встановлено, що найсприятливішим для вирощування є змінний температурний режим. Коливання температури в межах 21–24°C забезпечували максимальний темп росту та виживання особин в період вирощування в РАС (табл. 2).

Щільність посадки є одним із ключових чинників, який визначає успішність вирощування молоді рака в УЗВ. Надмірна щільність гальмує ріст, спричиняє стрес, посилює канібалізм, про-



Table 2. Effect of water temperature on the efficiency of cultivation of white Dniester crayfish in a RAS (from larval to juvenile stage)

Temperature (°C)	Effect on the juveniles
<15 °C	Stopping growth, refusal of feed
17–18 °C	Slow growth, low activity, poor response to food
21–24 °C	Optimal range for the life of juvenile crayfish from larval to juvenile stages. Maximum rations, growth rate and survival
25–26 °C	Inhibition of all physiological processes. Stopping nutrition and growth
>27 °C	Risk of hypoxia, disruption of normal molting pattern
>29 °C	Stopping all physiological processes, stress and lethality (upper limit)

The effect of the stocking density of juvenile white Dniester crayfish of different ages (stage I–II larvae, postlarvae, juveniles) when grown in a RAS on survival, growth index (mass/length), number of molts, and intensity of intraspecific aggression was experimentally investigated (Fig. 1).

The effect of stocking density on the survival of juvenile crayfish in the RAS was experimentally investigated under optimal hydrochemical and temperature conditions of cultivation, feeding with artificial feeds, and the presence of a sufficient number of hiding places. It has been established that sticking density depended on the stage of ontogenesis. The stock-

воує дефіцит кисню та корму, а недостатня — веде до неефективного використання простору та ресурсів системи.

Експериментально досліджено вплив щільності посадки молоді білого дністровського рака різного віку (личинки I–II стадії, постличинки, ювенільні особини) при вирощуванні в УЗВ на виживаність, індекс росту (маса/довжина), кількість линьок, інтенсивність внутрішньовидової агресії (рис. 1).

Експериментально досліджено вплив щільності посадки на виживання молоді рака в УЗВ при оптимальному гідрохімічному та температурному режимі вирощування, годівлі штучними кормами та наявності достатньої кіль-

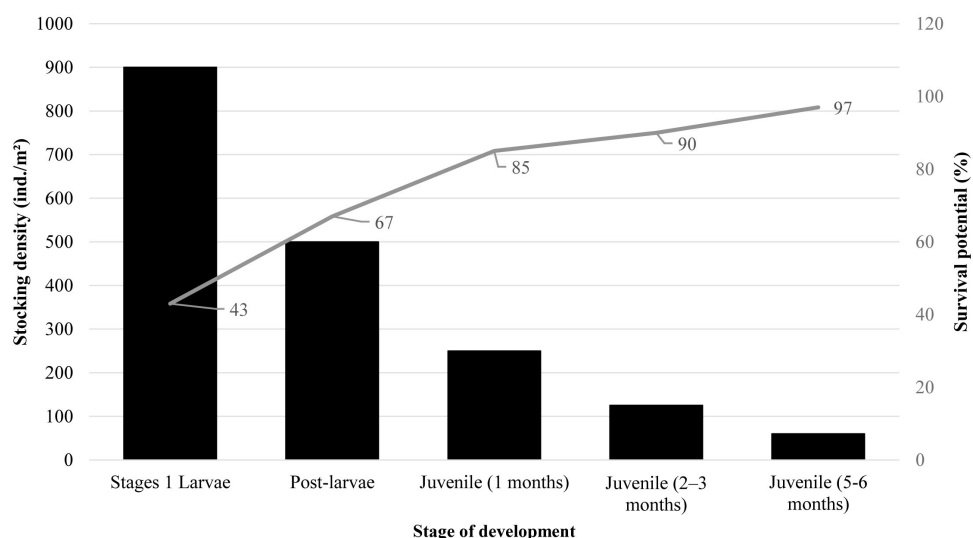


Fig. 1. The survival rate dependence for white Dniester crayfish from different age groups on stocking density in a recirculation aquaculture system



ing density of 800–1000 ind./m² ensured survival of up to 35%–50% of 1st stage larvae, while maintaining a high growth rate. A prerequisite for normal growth and survival of juvenile crayfish is also sorting individuals by size and reducing stocking density after each molting.

At the postlarvae stage, the optimal stocking density is 400–600 ind./m². The survival rate of postlarvae crayfish increased from 60% to 75%.

For juveniles aged 1 month, the optimal stocking density is 200–300 ind./m². The survival rate of juveniles increased by 80%–90%.

For juvenile crayfish aged 2–3 months, the optimal stocking density is 100–150 ind./m², which ensures the survival of 85–95% of individuals.

For the juvenile stage, the optimal stocking density is 50–70 ind./m², which ensures the survival of over 95% of the crayfish. Sorting by size and reducing stocking density as they grow has a positive effect on survival, reduces cannibalism, and promotes uniform growth.

Thus, an adaptive strategy for managing stocking density is an essential element of the technology for growing white Dniester crayfish seeds in RAS.

Effective nutrition is a critical factor determining the growth, survival, and physiological condition of juvenile freshwater crayfish in intensive culture. A comparative assessment of the effect of three types of feed – natural (fresh chironomid larvae, minced fish and chicken meat with the addition of ground chicken eggshells), combined (a mixture of natural and artificial feed) and artificial (specialized artificial feeds for crustaceans) – on the biometric parameters of juvenile white Dniester crayfish was conducted.

Three experimental groups of crayfish juveniles (100 ind. each), 30 days old, obtained from the same batch of eggs, were kept under the same conditions (stocking

кості схованок. Встановлено, що щільність посадки залежить від стадії онтогенезу. Щільність посадки на рівні 800–1000 екз./м² забезпечувала виживання до 35–50%, личинок 1 стадії, при збереженні високого темпу росту. Обов'язковою умовою нормального росту та виживання молоді є також сортування особин за розміром та зменшення щільності посадки після кожної линьки.

На етапі післяличинки оптимальна щільність посадки становить 400–600 екз./м². Вживаність молоді при цьому зростала від 60 до 75%.

Для молоді віком 1 місяць оптимальною є щільність посадки в межах 200–300 екз./м², за якої виживаність молоді зростала до 80–90%.

Для молоді віком 2–3 місяці оптимальна щільність посадки на рівні 100–150 екз./м² забезпечувала виживання 85–95% молоді.

За оптимальної для ювенільної стадії щільності посадки в межах 50–70 екз./м² виживання перевищувало 95% особин. Сортування за розміром та зменшення щільності посадки у міру росту позитивно впливає на виживаність, знижує рівень канібалізму та сприяє рівномірному росту.

Таким чином, адаптивна стратегія керування щільністю посадки є обов'язковим елементом технології вирощування посадкового матеріалу білого дністровського рака в РАС.

Ефективне живлення є критичним чинником, що визначає ріст, виживаність та фізіологічний стан молоді прісноводних раків при інтенсивному культивуванні. Проведено порівняльну оцінку впливу трьох типів кормів — природного (свіжими личинками хіронomid, фаршем із риб'ячого та курячого м'яса з додаванням перетертих шкаралуп із курячих яєць), комбінованого (суміш натурального та штучного корму) та штучного (спеціалізованих штучних



density, temperature, hydrochemical regime, etc.).

Feed was provided twice a day. The diet was 5% of the weight of the individuals. The duration of the experiment was 45 days. After the completion of the study, biometrics of a sample from each group (30 specimens) was carried out, according to the following parameters: W_{avg} (average weight), mg; L (total body length), mm; K (Fulton's condition factor, $K = W/L^3 \times 100$), survival rate (%).

The results of rearing juvenile crayfish using diets of different composition showed that the use of artificial feed provided the highest rates of linear and weight growth of juveniles. The worst growth rates were observed in the group of juvenile crayfish that received the natural feed (Fig. 2).

The experimental group of crayfish that received artificial food also had the highest survival and fattening rates. All control indicators of the third experimental group of juveniles were significantly different ($p < 0.05$) from those of other groups.

The use of a mixture of artificial and natural live feed (combined feed) showed intermediate results, allowing to partially compensate for the shortcomings of natural feed due to the balanced composition and stable availability of nutrients.

кормів для ракоподібних) — на біометричні показники молоді білого дністровського рака.

Три експериментальні групи молоді раків (по 100 особин), віком 30 діб, отриманих від однієї партії ікри, утримували в однакових умовах (щільність посадки, температура, гідрохімічний режим тощо).

Корм вносили двічі на добу. Раціон складав 5% від маси особин. Тривалість експерименту — 45 діб. Після завершення дослідження проводили біометрію вибірки з кожної групи (30 екз.) за наступними параметрами: $W_{сер}$ (середня маса), мг; L (загальна довжина тіла), мм; K (коефіцієнт вгодованості за Фультоном, $K = W/L^3 \times 100$), виживаності (%).

Результати вирощування молоді рака з використанням різних за складом раціонів показали, що годівля штучним кормом забезпечила найвищі показники лінійного та вагового росту молоді. Найгірші показники росту відмічалися в групі молоді, яка отримувала природні корми (рис. 2).

У дослідній групі раків, які отримували штучні корми, спостерігалися також найвищі показники виживання та вгодованості. Всі контрольні показники третьої експериментальної групи молоді достовірно відрізнялися ($p < 0,05$) від

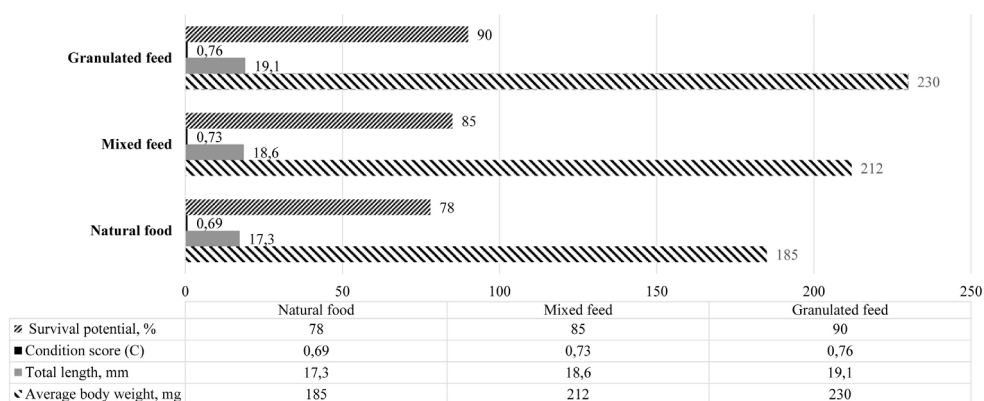


Fig. 2. Comparison of the effectiveness of different types of feed on growth and weight of white Dniester crayfish



The use of natural feed had the lowest rates, which may be a consequence of unstable nutrient content and difficulties with dosing. All parameters in this variant of the experiment were significantly lower than those in individuals of groups 2 and 3, which indicates the feasibility of using artificial, balanced feeds at the early stages of ontogenesis during intensive cultivation of juvenile crayfish in RAS.

However, as our experience showed, the combined use of artificial and live feeds during the transition period, after molting, can increase the efficiency of growing juveniles.

Monitoring the health of juvenile freshwater crayfish in RAS is an important condition for effective cultivation. During cultivation, pathologies can occur as a result of violations of the hydrochemical regime, stocking density, poor-quality feed, fungal and bacterial diseases, and other factors (Table 3).

The highest frequency of occurrence of pathologies is observed in the early stages of ontogenesis (larva–postlarva), which is due to high stocking density, weakness of the integuments and vulnerability to hypoxia.

The frequency of pathology is significantly reduced after the molting cycle is stabilized and the transition to balanced artificial feeding.

The risk of fungal infections increases with disturbances in water exchange, temperature and hydrochemical growing conditions, excessively high stocking density and as a result of mechanical damage to the shell.

To prevent the appearance of pathology, it is recommended:

1. Ensuring stable aeration (O_2 concentration > 6 mg/l) during all stages of cultivation.

2. Introduction of iodine baths or periodic sanitation using safe antiseptics at early signs of mycosis.

показників інших груп.

Використання суміші штучного та природного живого корму (комбінований корм) показало проміжні результати, дозволяючи частково компенсувати недоліки натурального корму, завдяки збалансованому складу та стабільній доступності поживних речовин.

Використання природного корму мало найнижчі показники, що може бути наслідком нестабільного вмісту поживних речовин та складнощами із дозуванням. Всі показники у цьому варіанті експерименту були достовірно нижчими, ніж у особин 2 і 3 груп, що свідчить про доцільність використання штучних, збалансованих кормів на ранніх етапах онтогенезу при інтенсивному вирощуванні молоді раків в РАС.

Разом з тим, як показав наш досвід, комбіноване використання штучних та живих кормів у перехідний період, після линьки, здатне підвищити ефективність вирощування молоді.

Контроль здоров'я молоді прісноводних раків у РАС є важливою умовою ефективного вирощування. У процесі культивування патології можуть виникати як результат порушення гідрохімічного режиму, щільності посадки, використання неякісного корму, в результаті грибкових та бактеріальних захворювань та інших чинників (табл. 3).

Найчастіше патології спостерігаються на ранніх етапах онтогенезу (личинка–постличинка), що зумовлено високою щільністю посадки, слабкістю покривів та вразливістю до гіпоксії.

Частота патології значно знижується після стабілізації циклу линьок та переходу на збалансовану годівлю штучним кормом.

Ризик грибкових інфекцій підвищується при порушеннях водообміну, температурного та гідрохімічного режиму вирощування, за надмірно високої щільності посадки та в результаті меха-



Table 3. Results of monitoring the physiological growth of juvenile white Dniester crayfish in the process of development

Stage of development	Frequency of pathology (%)	Observation results
Larvae, stage I–II	25–30%	Hypoxia, molting disorders
Postlarvae, 10–20 days	18–22 %	Traumatism, cannibalism
Juvenile (1 months)	10–15%	Microtrauma, unsuccessful (incomplete) molting
Juvenile (2–3 months)	5–10%	Fungal infections, loss of limbs, and other injuries
Juvenile (5–6 months)	<5%	Sporadic injuries, growth disorders

3. Systematic sorting to reduce cannibalistic aggression and trauma.

нічних ушкоджень покривів.

Для запобігання появі патології рекомендовано:

1. Забезпечення стабільної аерації (концентрація $O_2 > 6$ мг/дм³) протягом усіх етапів вирощування.

2. Введення йодованих ванн або періодичної санації з використанням безпечних антисептиків (наприклад, метиленового синього) при ранніх ознаках мікозу.

3. Систематичне сортування для зменшення агресії, канібалізму та травмування.

CONCLUSION AND PERSPECTIVES OF FURTHER DEVELOPMENT

The study established some optimal biotechnological parameters for growing stocking material of white Dniester crayfish in conditions of a recirculation aquaculture system (RAS).

A temperature regime within 21–24°C is the optimal range for growing juvenile crayfish from the larval to juvenile stages.

Optimal hydrochemical parameters of the growing environment were established to ensure high survival and intensive growth of juvenile crayfish.

Optimal stocking density for each age stage is crucial for preventing stress, reducing aggression and losses. The best results were obtained with a gradual decrease in density – from 800–1000 ind./m² at the larval stage to 50–70 ind./m² at

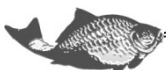
ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ

У результаті дослідження встановлено деякі оптимальні технологічні параметри вирощування посадкового матеріалу білого дністровського рака в умовах замкнених рециркуляційних систем РАС.

Температурний режим у межах 21–24°C є оптимальним діапазоном для вирощування молоді рака від личинкової до ювенальної стадії.

Встановлені оптимальні гідрохімічні параметри середовища для вирощування, які забезпечують високу виживаність та інтенсивний ріст молоді.

Оптимальна щільність посадки для кожної вікової стадії має вирішальне значення для профілактики стресу, зменшення агресії та втрат. Найкращі результати отримано при поетапному



the juvenile stage. Survival at this stocking density increases from 35%–50% (in larvae stage) to > 95% in juvenile stage.

It was found that linear and weight growth, survival, and fattening in the experimental group of juvenile crayfish that received artificial feed were significantly higher ($p < 0.05$) compared to juvenile individuals that received live or a mixture of live and artificial feed.

ACKNOWLEDGMENTS

The author expresses his sincere gratitude to the staff of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture of Odesa National University named after I. I. Mechnikov for their support, valuable advice and assistance during the research. Special thanks to the staff of the training laboratory for their assistance in organizing experiments, technical assistance and creating appropriate conditions for work.

CONFLICT OF INTEREST

There is no conflict of interest of the author in this work.

SOURCES OF FUNDING

The results obtained are part of the scientific research program of the NAAS for 2021–2025: 32. “System of comprehensive scientific support for fisheries in inland waters of Ukraine” (“Aquaculture and Fishery”) under the task 32.00.00.24 PC “Study of the effectiveness of artificial reproduction of the Dniester white crayfish *Pontastacus eichwaldi bessarabicus* (Brodsky, 1967) using recirculating water supply systems.”

зниженні щільності — від 800–1000 екз./м² на личинковій стадії до 50–70 екз./м² на ювенальній. Виживання при такій щільності посадки зростає з 35–50% (у личинок) до понад 95% у ювенальних особин.

Встановлено, що лінійний та ваговий ріст, виживаність та вгодованість у експериментальній групі молоді, яка отримувала штучний корм, були достовірно вищими ($p < 0,05$) у порівняно з молоддю, яка отримувала живий або суміш живого і штучного корму.

ПОДЯКА

Автор висловлює щирі вдячності колективу кафедри водних біоресурсів та аквакультури Одеського національного університету імені І. І. Мечникова за підтримку, цінні поради та допомогу під час проведення досліджень. Окрема подяка співробітникам навчальної лабораторії за сприяння в організації експериментів, технічну допомогу та створення належних умов для роботи.

КОНФЛІКТ ІНТЕРЕСІВ

У цій роботі конфлікт інтересів автора відсутній.

ДЖЕРЕЛА ФІНАНСУВАННЯ

Отримані результати є складовою програми наукових досліджень НААН на 2021–2025 рр.: 32. «Система комплексного наукового забезпечення рибного господарства на внутрішніх водоймах України» («Рибництво та рибальство») за завданням 32.00.00.24 Пк «Дослідження ефективності штучного відтворення білого дністровського рака *Pontastacus eichwaldi bessarabicus* (Brodsky, 1967) за використання систем рециркуляційного водопостачання».

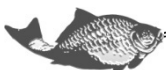


REFERENCES

1. Shekk, P. V., & Sydorak, R. V. (2024). Suchasnyi stan pryrodnoi populatsii biloho dnistrovskoho raka (*Pontastacus eichwaldi bessarabicus* Brodsky, 1967) v Dnistrovskomu lymani. *Ribogospodars'ka nauka Ukrainy*, 3(69), 4-18. <https://doi.org/10.61976/fsu2024.03.004>.
2. Borovyk, I. I., & Marenkov, O. M. (2024). Perebih gametogenezu u vuzkopalykh richkovykh rakiv (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) v umovakh vodoim Prydniprovia. *Rybohospodarska nauka Ukrainy*, 1(67), 142-158. <https://doi.org/10.61976/fsu2024.01.142>.
3. Borovyk, I. I., & Marenkov, O. M. (2023). Analysis of linear-weight parameters of narrow-clawed crayfish (*Astacus*) in water reservoirs of Dnipropetrovsk region. *The Animal Biology*, 25(4), 37-43. <https://doi.org/10.15407/animbiol25.04.037>.
4. Hodson, J., South, J., Cancellario, T., & Guareschi, S. (2025). Multi-method distribution modelling of an invasive crayfish (*Pontastacus leptodactylus*) at Eurasian scale. *Hydrobiologia*, 852, 2115-2131. <https://doi.org/10.1007/s10750-024-05641-z>.
5. Chen, B., Xu, X., Chen, Y., Xie, H., Zhang, T., & Mao, X. (2024). Red Swamp Crayfish (*Procambarus clarkii*) as a Growing Food Source: Opportunities and Challenges in Comprehensive Research and Utilization. *Foods*, 13(23), 3780. <https://doi.org/10.3390/foods13233780>.
6. Fedorovych, Ye. I., Muzhenko, A. V., Sliusar, M. V., & Kovalchuk, I. I. (2022). Osoblyvosti protsesu lynky rakiv riznykh vydiv. *Tavriiskyi naukovi visnyk*, 126, 230-237. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.126.32>.
7. Fedorovych, Ye. I., Muzhenko, A. V., Sliusar, M. V., & Kovalchuk, I. I. (2022). Zv'язok khimichnykh ta fizychnykh

ЛІТЕРАТУРА

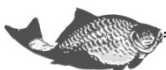
1. Шекк П. В., Сидорак Р. В. Сучасний стан природної популяції білого дністровського рака (*Pontastacus eichwaldi bessarabicus* Brodsky, 1967) в Дністровському лимані // Рибогосподарська наука України. 2024. № 3(69). С. 4—18. <https://doi.org/10.61976/fsu2024.03.004>.
2. Боровик І. І., Маренков О. М. Перебіг гаметогенезу у вузькопалих річкових раків (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) в умовах водойм Придніпров'я // Рибогосподарська наука України. 2024. № 1(67). С. 142—158. <https://doi.org/10.61976/fsu2024.01.142>.
3. Borovyk I. I., Marenkov O. M. Analysis of linear-weight parameters of narrow-clawed crayfish (*Astacus*) in water reservoirs of Dnipropetrovsk region // The Animal Biology. 2023. Vol. 25(4). P. 37—43. <https://doi.org/10.15407/animbiol25.04.037>.
4. Multi-method distribution modelling of an invasive crayfish (*Pontastacus leptodactylus*) at Eurasian scale / Hodson J. et al. // Hydrobiologia. 2025. Vol. 852. P. 2115—2131. <https://doi.org/10.1007/s10750-024-05641-z>.
5. Red Swamp Crayfish (*Procambarus clarkii*) as a Growing Food Source: Opportunities and Challenges in Comprehensive Research and Utilization / Chen B. et al. // Foods. 2024. № 13(23). 3780. <https://doi.org/10.3390/foods13233780>.
6. Особливості процесу линьки раків різних видів / Федорович Є. І. та ін. // Таврійський науковий вісник. 2022. Вип. 126. С. 230—237. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.126.32>.
7. Федорович Є. І., Муженко А. В., Слюсар М. В. Зв'язок хімічних та фізичних показників води з морфологічними ознаками раків різних видів // Вісник Сумського національного аграрного університету. 2022. № 4(47). С.



- pokaznykiv vody z morfolohichnymy oznakamy rakiv riznykh vydiv. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu*, 4(47), 165-170. <https://doi.org/10.32845/bsnau.lvst.2021.4.28>.
8. Su, S., Munganga, B. P., Tian, C., Li, J., Yu, F., Li, H., Wang, M., He, X., & Tang, Y. (2021). Comparative Analysis of the Intermolt and Postmolt Hepatopancreas Transcriptomes Provides Insight into the Mechanisms of *Procambarus clarkii* Molting Process. *Life*, 11(6), 480. <https://doi.org/10.3390/life11060480>.
 9. Roessink, I., van der Zon, K.A.E., de Reus, S. R. M. M., & Peeters, E. T. H. M. (2022). Native European crayfish *Astacus astacus* competitive in staged confrontation with the invasive crayfish *Faxonius limosus* and *Procambarus acutus*. *PLoS ONE*, 17(1), e0263133. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0263133>.
 10. Sydorak, R. V., & Burhaz, M. I. (2024). Introduktsiia, aklimatyzatsiia ta kultyvuvannia richkovykh rakiv. *Urgent tasks of society in modernizing agricultural sciences and food: International scientific conference*. Riga, Latvia: Baltija Publishing, 24-26. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-476-4-6>.
 11. Ishchuk, O. V., Svitelskyi, M. M., Matkovska, S. I., Sliusar, M. V., & Kovalchuk, I. I. (2024). Suchasnyi stan ta tendentsii rozvytku akvakultury rakopodibnykh. *Ukrainskyi zhurnal pryrodnychyykh nauk*, 7, 18-24. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.7.2024.2>.
 12. Korzhenevska, P. O., Marenkov, O. M., Borovyk, I. I., & Sondak, V. V. (2023). Rivni nakopychennia vazhkykh metaliv ta aktyvnosti radionuklidiv u vuzkopalykh richkovykh rakakh (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) Kamianskoho ta Zaporizkoho (Dniprovskoho) vodoskhovyshch. *Ribogospod. nauka Ukr.*, 4(66), 49-68. <https://doi.org/10.61976/fsu2023.04.049>.
 13. Kawai, T., & Patoka, J. (2022). Morpho-
 - 165—170. <https://doi.org/10.32845/bsnau.lvst.2021.4.28>.
 8. Comparative Analysis of the Intermolt and Postmolt Hepatopancreas Transcriptomes Provides Insight into the Mechanisms of *Procambarus clarkii* Molting Process / Su S. et al. // *Life*. 2021. Vol. 11(6). 480. <https://doi.org/10.3390/life11060480>.
 9. Native European crayfish *Astacus astacus* competitive in staged confrontation with the invasive crayfish *Faxonius limosus* and *Procambarus acutus* / Roessink I. et al. // *PLoS ONE*. 2022. № 17(1). e0263133. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0263133>.
 10. Сидорак Р. В., Бургаз М. І. Інтродукція, акліматизація та культивування річкових раків // *Urgent tasks of society in modernizing agricultural sciences and food: International scientific conference*. Riga, Latvia : Baltija Publishing, 2024. С. 24—26. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-476-4-6>.
 11. Сучасний стан та тенденції розвитку аквакультури ракоподібних / Ішчук О. В. та ін. // *Український журнал природничих наук*. 2024. № 7. С. 18—24. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.7.2024.2>.
 12. Рівні накопичення важких металів та активності радіонуклідів у вужькопалих річкових раках (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) Кам'янського та Запорізького (Дніпровського) водосховищ / Корженевська П. О. та ін. // *Рибогосподарська наука України*. 2023. № 4(66). С. 49—68. <https://doi.org/10.61976/fsu2023.04.049>.
 13. Kawai T., Patoka J. Morphological Observation of Museum Specimens of *Astacus astacus* and *Pontastacus leptodactylus* // *Freshwater Crayfish*. 2022. Vol. 27(1). P. 49—68. <https://doi.org/10.5869/fc.2022.v27-1.49>.
 14. Kawai T. Postembryonic Stages of *Pro-*



- logical Observation of Museum Specimens of *Astacus astacus* and *Pontastacus leptodactylus*. *Freshwater Crayfish*, 27(1), 49-68. <https://doi.org/10.5869/fc.2022.v27-1.49>.
14. Kawai, T. (2024). Postembryonic Stages of *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) (Decapoda: Cambaridae) and Evolution of the Freshwater Astacidea. *Freshwater Crayfish*, 29(1), 99-119. <https://doi.org/10.5869/fc.2024.v29-1.99>.
15. Francesconi, C., Pîrvu, M., Schrimpf, A., Schulz, R., Pârvolescu, L., & Theisinger, K. (2021). Mating strategies of invasive versus indigenous crayfish: multiple paternity as a driver for invasion success? *Freshwater Crayfish*, 26(2), 89-98. <https://doi.org/10.5869/fc.2021.v26-2.89>.
16. Zraziuk, M. O. (2020) Udoshkonalennia tekhnolohii vyroshchuvannia rakiv v ustanovkakh zamknutoho vodopostachannia. *Tekhnolohiia vyrobnytstva i pererobky produktsii tvarynnytstva : naukovo-teoretychnyi zbirnyk*, 14, 175-178.
17. Horchanok, A. V., Rozhkov, V. V., & Porotikova, I. I. (2021). Vplyv vodnoho seredovyscha na biolohichni osoblyvosti rakopodibnykh. *The I International Science Conference on Multidisciplinary Research: proceed*. Berlin, Germany, 150-152.
18. Instrukttsiia dlia provedennia rob it po richkovomu raku i yoho promyslu v punktakh sposterezhennia i ekspedytsiakh. (1965). Kyiv.
19. Brodskyi, S. Ya. (1962). Syrovynni zapasy richkovykh rakiv u prydu-naiskykh ozerakh Kytai i Katlabukh i perspektyva rozvytku rachnoho promyslu v ponyzzi Dunaiu. *Nauk. pratsi UkrN-DI ryb. hosp-va*, 14, 99-107.
20. Brodskyi, S. Ya. (1981) *Fauna Ukrainy*. (Vol. 26. Vyshchi raky. Richkovi raky. Iss. 3). Kyiv: Naukova dumka.
21. Sydorak, R. V. (2022). Bilyi dovhopalyi *cambarus clarkii* (Girard, 1852) (Decapoda: Cambaridae) and Evolution of the Freshwater Astacidea // *Freshwater Crayfish*. 2024. 29(1). P. 99—119. <https://doi.org/10.5869/fc.2024.v29-1.99>.
15. Mating strategies of invasive versus indigenous crayfish: multiple paternity as a driver for invasion success? / Francesconi C. et al. // *Freshwater Crayfish*. 2021. № 26(2). P. 89—98. <https://doi.org/10.5869/fc.2021.v26-2.89>.
16. Зразюк М. О. Удосконалення технології вирощування раків в установках замкнутого водопостачання // *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва : науково-теоретичний збірник*. 2020. Вип. 14. С. 175—178.
17. Горчанок А. В., Рожков В. В., Поротикова І. І. Вплив водного середовища на біологічні особливості ракоподібних // *The I International Science Conference on Multidisciplinary Research : proceed*. Berlin, Germany, 2021. P. 150—152.
18. Інструкція для проведення робіт по річковому раку і його промислу в пунктах спостереження і експедиціях. Київ : УкрНІИРХ, 1965. 26 с.
19. Бродський С. Я. Сировинні запаси річкових раків у придунайських озерах Китаю і Катлабух і перспектива розвитку рачного промислу в пониззі Дунаю // *Наук. праці УкрНДІ риб. госп-ва*. 1962. № 14. С. 99—107.
20. Бродський С. Я. Фауна України. Т. 26. Вищі раки. Річкові раки. Вип. 3. Київ : Наукова думка, 1981. 212 с.
21. Сидорак Р. В. Білий довгопалий рак, *Pontastacus eichwaldi bessarabicus*, як перспективний об'єкт аквакультури в Україні // *Сучасні проблеми раціонального використання водних біоресурсів : IV Міжнар. наук.-практ. конф.*, 26—27 груд. 2022 р. : матер. Київ, 2022.



- rak, *Pontastacus eichwaldi bessarabicus*, yak perspektyvnyi ob'ekt akvakultury v Ukraini. *Suchasni problemy ratsionalnoho vykorystannia vodnykh bioresursiv. IV Mizhnar. nauk.-prakt. konf.*, 26–27.12.2022, Kyiv.
22. Suprunovych, A. V., & Makarov, Yu. M. (1990). *Kul'tyvovani bezkhrebetni. Kharchovi bezkhrebetni: midii, ustrytsi, hrebintsi, raky, krevetky*. Kyiv: Naukova dumka.
 23. Shekk, P. V., & Burhaz, M. I. (2023). *Akvakultura prysnovodnykh i morskyykh ryb, moliuskiv i bezkhrebetnykh (vidtvorennia i vyroshchuvannia, svitovyi dosvid): navchalnyi posibnyk*. Vol. 2. Odesa: Odeskyi derzhavnyi ekolohichnyi universytet.
 24. Shekk, P. V., & Sydorak, R. V. (2023). *Optymalni umovy dlia vyroshchuvannia molodi biloho dnistrovskoho raku Pontastacus eichwaldi bessarabicus v shtuchnykh umovakh. Suchasni problemy ratsionalnoho vykorystannia vodnykh bioresursiv: V Mizhnar. nauk.-prakt. konf.*, 8-9.11.2023. Kyiv.
 22. Супрунович А. В., Макаров Ю. М. Культивовані безхребетні. Харчові безхребетні: мідії, устриці, гребінці, раки, креветки. Київ : Наукова думка, 1990. 264 с
 23. Шекк П. В., Бургаз М. І. Аквакультура прісноводних і морських риб, молюсків і безхребетних (відтворення і вирощування, світовий досвід) : навчальний посібник. Ч. 2. Одеса : Одеський державний екологічний університет, 2023. 147 с.
 24. Шекк П. В., Сидорак Р. В. Оптимальні умови для вирощування молоді білого дністровського раку *Pontastacus eichwaldi bessarabicus* в штучних умовах // Сучасні проблеми раціонального використання водних біоресурсів : V Міжнар. наук.-практ. конф., 8–9 лист. 2023 р. : матер. Київ, 2023.

