

УДК 639.515.082

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.126.32>

## ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ ЛИНЬКИ РАКІВ РІЗНИХ ВИДІВ

**Федорович Є.І.** – д.с.-г.н., професор,

завідувач лабораторії розведення та селекції тварин,

Інститут біології тварин Національної академії аграрних наук України

**Муженко А.В.** – аспірант,

Інститут розведення і генетики тварин імені М.В. Зубця Національної академії

аграрних наук України

**Слюсар М.В.** – к.с.-г.н.,

доцент кафедри технологій виробництва, переробки та якості

продукції тваринництва,

Поліський національний університет

**Ковальчук І.І.** – к.вет.н.,

старший викладач кафедри технологій виробництва, переробки та якості

продукції тваринництва,

Поліський національний університет

Линька ракоподібних – важливий фактор, який впливає на морфологічний розвиток організму. У статті подано результати досліджень щодо визначення кількості та періоду линьок за календарний рік у раків різних видів, а також зміни їх живої маси протягом процесу линьки. Дослідження показали, що раки мармурового виду линяли п'ять разів впродовж року, флоридського – чотири, австралійського – тричі, особини річкового широкопалого – двічі. Встановлено, що в середньому тривалість проєкдизу у червоноклешиневих тривала 4,1±0,18 доби, річкового – 3,2±0,12, мармурового – 3,5±0,15, флоридського – 3,7±0,14 доби. Тривалість екдизу становила 1,9±0,15, 1,6±0,11, 1,8±0,19 та 1,8±0,14 годин відповідно. Період метикдизу найдовше тривав у річкового виду – 3,5±0,11 доби, що на 0,10 доби більше ніж у австралійського; у мармурового та флоридського раків зазначені показники були на рівні 0,83 та 0,60 доби відповідно. Стадія між линьками є найтривалішою від усіх періодів та була найдовшою у австралійських – 124,7±1,26 та широкопалих – 122,0±1,14 раків, знижувалася вона у флоридського – 88,3±1,17 та мармурового до 77,6±0,99 доби. Жива маса протягом анекдизу корелювала з розмірами раків, тоді як безпосередньо після линьки вона була від'ємною, що пов'язано зі скиданням панциру під час линьки. В середньому вага скинутого екзоскелету в австралійських раків становила 5,12 г, що на 1,13 г більше від річкового, 3,18 г у мармурового та 3,03 г у флоридського видів. Найбільші прирости в живій масі спостерігалися у раків мармурового та австралійського виду та склали 22,49 % та 21,86 % від початкової маси. Найнижчими приростами відзначилася раки широкопалого виду – 8,3 %, проміжного результату досягали флоридські раки з показником 18,52 %.

**Ключові слова:** австралійський червоноклешиневий, річковий широкопалий, мармуровий, флоридський червоний раки, стадії линьки, нерест, жива маса.

### **Fedorovych E.I., Muzhenko A.V., Slusar N.V., Kovalchuk I.I. Characteristics of the moulting process of different crayfish species**

Moulting of crustaceans is an important factor that affects the morphological development of the organism. The article presents research results on the determination of the number and period of moulting per calendar year in crayfish of various species, as well as changes in their live weight during the moulting process. Studies have shown that marbled crayfish moult five times a year, red swamp – four times, Australian crayfish – three times, and river broad-toed crayfish – twice. It was established that the average duration of proecdysis in redclaws lasted 4.1±0.18 days, river crayfish – 3.2±0.12, marble crayfish – 3.5±0.15, red swamp – 3.7±0.14 days. The duration of ecdysis was 1.9±0.15, 1.6±0.11, 1.8±0.19 and 1.8±0.14 hours, respectively. The metecdysis period lasted the longest in the river species – 3.5±0.11 days, which is 0.10 days more than in the Australian one; in marble and red swamp, the specified indicators were at the level

of 0.83 and 0.60 days, respectively. The stage between moults is the longest of all periods and was the longest in Australian –  $124.7 \pm 1.26$  and broad-toed –  $122.0 \pm 1.14$  crayfish, it decreased in red swamp –  $88.3 \pm 1.17$  and marble to  $77.6 \pm 0.99$  days. Live weight during ecdysis was correlated with crayfish size, whereas it was negative immediately after moulting, which is due to shedding of the shell during moulting. On average, the weight of the discarded exoskeleton in Australian crayfish was 5.12 g, which is 1.13 g more than the river crayfish, 3.18 g in marble and 3.03 g in *Pcambarus clarcii*. The largest increases in live weight were observed in marble and Australian crayfish and amounted to 22.49 % and 21.86 % of the initial weight. The lowest growth rate was noted for crayfish of the broad-toed species – 8.3%, *Pcambarus clarcii* achieved an intermediate result with an index of 18.52 %.

**Key words:** Australian red crayfish, river crayfish, marbled, *Pcambarus clarcii*, moulting stages, spawning, live weight.

**Постановка проблеми.** Ріст раків обмежується їх екзоскелетом. Для збільшення розмірів їм необхідно скидати свої панцири. Линька – це найбільш стресовий і найважливіший період у життєдіяльності раків. Саме в цей час вони вразливі до дії оточуючого середовища. Тому для розведення раків у промислових масштабах необхідно володіти науково обґрунтованою інформацією щодо фізіологічного процесу їх линьки [3, 10].

Процес линьки є складним, асинхронним та складається з 4 етапів: проекдиз (стадія попередньої линьки), екдиз (власне линька), метекдиз (стадія після линьки) та анекдиз (період між линьками). Линька залежить від факторів навколишнього середовища та контролюється ендокринною системою, що розташована біля очей раків (рухоме стебло) [4, 14].

Розпочинається вона з підготовчого етапу, який має назву проекдиз. В цей період раки інтенсивно поглинають кальцій з кормів та реабсорбують його з поточного панцира. Цей макроелемент надзвичайно важливий для будь-якого ракоподібного, оскільки є головним компонентом їх екзоскелета. Спочатку кальцій потрапляє в клітини шкіри, а потім надходить у лімфу, звідки транспортується в шлунок для зберігання у вигляді гастролітів (маленьких каменів, що розташовані по обидва боки стінок шлунку), які до початку наступного етапу постійно збільшуються у розмірах [8, 11]. Наприкінці цього періоду панцир зазнає часткової деградації, при цьому іони кальцію розчиняються з мінералізованого матриксу і транспортуються через покривний епітелій в гемолімфу. Попередня реабсорбція кальцію служить, головним чином, для ослаблення поточного екзоскелету під час підготовки до линьки [12]. Крім того, згідно з деякими дослідженнями, ще одним показником початку стадії попередньої линьки є регенерація втрачених кінцівок [2].

Під час наступного періоду раки скидають панцир, цей етап має назву екдиз. В цей час раки інтенсивно накопичують воду, яка потрапляє до організму як через зябра, так і при поглинанні через зовнішню поверхню. Для підвищення гідростатичного тиску раки також припиняють сечовипускання [16].

Поглинання води повинно досягти критичної кількості, щоб старий екзоскелет міг тріснути у точці руйнування, яка розташована між головогрудями і черевом. Це потрібно для того, щоб раки могли полиняти. Одночасно гастроліти (кальцієві камені) потрапляють у шлунок, де швидко перетравлюються, виділяючи кальцій, який транспортується через лімфу для затвердіння нового панцира. Це найкоротший період з чотирьох етапів линьки. Він триває декілька годин і залежить від виду раків [15, 17].

Після екдизу розпочинається період після линьки – метекдиз, одна з найнебезпечніших стадій для ракоподібних, оскільки в цей час вони надзвичайно вразливі не лише до фізичних чинників, але й до хвороб та паразитів. В цей час панцир

не сформований, тому раки беззахисні [5]. На стадії метикдизу ракам потрібно сховатися та відновити сили після попередньої линьки. Вони починають виробляти речовину, яка називається хітинсинтетаза, що є важливою для формування та зміцнення нового екзоскелета. Крім того, кальцій, що надходить з гастроліту, забезпечує безпосереднє джерело кальцифікації таких важливих частин тіла, як органів травлення та кінцівок. Після цього кальцій реабсорбується і перерозподіляється по новоутвореному екзоскелету [1].

Час, який потрібно ракам для цього періоду залежить від їх віку та розміру. Наприклад, у молодняка він триває приблизно 24 години, у статевозрілих осіб 3–5 діб. На стадії метикдизу раки практично не харчуються, оскільки в цей час вони споживають скинутий панцир, щоб накопичити необхідні мінерали та солі для сприяння процесу кальцифікації [9, 13].

Останньою та найдовшою стадією є період анекдизу, під час якого більша частина кальцію зберігається в хітиновій кутикулі. В основному це період спокою між іншими етапами, під час якого раки розмножуються та виношують ікру [6].

**Мета досліджень.** З огляду на вище вказане, метою наших досліджень було вивчити процес линьки у австралійських червоноклешневих, річкових широкопалих, мармурових та флоридських раків.

**Матеріали та методи досліджень.** Дослідження проведені в лабораторії аквакультури Поліського національного університету. Для визначення періоду линьки та приростів живої маси раків було відібрано 20 статевозрілих особин різних видів. Вони утримувалися в окремих ємностях об'ємом 150 л кожна, до ємностей було додано по 3 схованки, розмірами 32 мм/100 мм на 1 особину з полівинілхлоридних труб. В кожному окремому резервуарі розміщували по три самки та одному самцю, за винятком мармурових раків (до досліджень залучені лише самки, враховуючи фізіологічні особливості). Щорічні цикли нересту та линьки раків вивчали в лабораторії впродовж 365 днів.

**Результати досліджень.** Важливими параметрами водного середовища є показники рН (кислотність) та GH (жорсткість). Зниження кислотності та жорсткості мають негативний вплив на тривалість між линькою та збільшують відсоток загибелі раків. Загальна жорсткість – це рівень розчинених мінералів у воді (переважно кальцію і магнію), що мають безпосередній вплив на мінералізацію панциру. Більшість видів раків досить легко переносять зміну жорсткості, проте, краще уникати екстремальних змін водного середовища. При підвищенні цього параметра панцир може стати занадто твердим, що в майбутньому унеможливить його скидання [7].

Крім жорсткості на метаболічні процеси кальцифікації організму раків має вплив і кислотність. Екзоскелети ракоподібних складаються з карбонату кальцію, який реагує з кислотою. При низькому рівні рН панцир раків стає надто гнучким. Тому у раків можуть виникати труднощі зі скиданням панцирів у стадії екдизу [1, 4].

Саме тому статевозрілих особин утримували за наступних параметрів мікроклімату: температура води – 25–27 °С, вміст кисню – 6–8 мг/л, жорсткість – 8–12 GH та рН в межах 6,0–8,0 °T [4].

В середньому раки річкового широкопалого виду линяли двічі на рік, особини австралійського виду – тричі, мармурового – п'ять разів та флоридського – чотири рази.

Линька раків розпочиналася з підготовчої стадії – проекдизу (безпосереднього етапу перед майбутньою линькою). Раки інтенсивно поглинали кальцій з кормів та навколишнього середовища, реабсорбували його зі старого панцира [5].

Тривалість цього періоду для широкопалих раків становила – 3,9 діб, червоноклешневого – 3,6, мармурового – 3,5 та флоридського – 3,7 діб. Середня тривалість періоду екдизу – 2,4 год для річкового, 1,9 для австралійського, 1,7 для мармурового, 1,8 год – флоридського виду раків. Тривалість третього періоду у першого виду раків складала 3,4 доби, у другого – 3,2, третього – 2,7 та четвертого – 2,9 діб. Найдовша стадія – анекдиз у річкових широкопалих раків між першою і другою линьками – 87,8 діб, між другою і третьою – 278,4 доби, у австралійських червоноклешневих між першою та другою линькою – 111,6 діб, другою та третьою – 116,7 та третьою-четвертою – 145,8 діб. Натомість, у мармурового між першою та другою линькою – 78,5 діб, другою та третьою – 76, третьою-четвертою – 72,9, між четвертою та п'ятою – 67,1 та п'ятою-шостою – 73,5 діб. У флоридських червононих між першою та другою линькою – 77,9 діб, другою та третьою – 49,8, третьою-четвертою – 145,8 та четвертою-п'ятою – 168,1 доби (табл. 1).

Вірогідність різниці на стадії анекдизу спостерігалася у всіх видів раків ( $P < 0,001$ ), лише у мармурового під час четвертої линьки вона була недостовірною. На стадіях екдизу та метикдизу різниця була недостовірною для всіх раків. Під час проекдизу у раків мармурового виду різниця вірогідності була достовірною ( $P < 0,01$ ), окрім періоду третьої линьки, та у флоридського ( $P < 0,05$ ), окрім другої та третьої линьок.

В порівнянні з першою линькою австралійського виду, у широкопалого була вірогідна різниця в період екдизу ( $P < 0,01$ ) та анекдизу ( $P < 0,001$ ), поряд з тим у мармурового виду вірогідна різниця спостерігалася у всіх стадіях, окрім екдизу, у флоридського різниця була достовірною лише під час стадії анекдизу.

Крім того, слід зазначити, що линька у раків відбувалась переважно перед сезоном розмноження. При цьому, було помічено певну послідовність між нерестом та линькою. Найпоширенішими послідовностями були нерест-лянька-нерест і нерест-нерест-лянька. Проміжний нерест подовжував інтервал часу між линьками, але суттєво не впливав на період ляньки.

Відмічалось зменшення живої маси раків на стадії ляньки, через скидання старого панцира. Для процесу ляньки раки накопичували у своєму тілі велику кількість води, яка потрапляла в організм через зябра і при поглинанні через зовнішню поверхню. Маса скинутого панцира у широкопалих річкових раків становила: перша лянька – 3,81 г, друга – 4,16 г, у австралійських червоноклешневих: перша лянька – 4,70 г, друга – 5,16, третя – 5,50 г, у мармурових: перша лянька – 1,72 г, друга – 1,83, третя – 1,95, четверта – 2,07 та п'ята – 2,16 г, у флоридських: перша – 1,96 г, друга – 2,06, третя – 2,13 та четверта – 2,22 г.

Жива маса на початок метикдизу становила у річкових широкопалих раків: при першій ляньці 43,86 г, при другій – 47,86 г, у австралійських червоноклешневих раків при першій ляньці – 47,51 г, при другій – 57,89 і при третій – 61,34 г, у мармурових при першій – 16,17 г, другій – 17,81, третій – 18,73, четвертій – 19,40, п'ятій – 20,85 г, у флоридських при першій ляньці – 19,82 г, другій – 21,52, третій – 22,93 та четвертій – 24,29 г (табл. 2).

Жива маса протягом анекдизу корелювала з розмірами раків, тоді як після ляньки була від'ємною.

Спостерігалась вірогідна різниця і між живою масою раків у період другої до третьої ляньки всіх видів. Жива маса австралійського червоноклешневого рака до 3-ї ляньки була вищою порівняно з аналогічним показником до другої ляньки на 3,7 г ( $P < 0,001$ ), також вона була більшою за показником маси скинутого панцира ( $P < 0,01$ ). Достовірною різницею спостерігалась і у решти видів раків за живою

Таблиця 1

## Тривалість періодів льиньки раків різних видів, (n=20)

Показники	Австралійський червонок- лещневий рак		Річковий широкопаллий рак		Мрамуровий рак		Флоридський червоний рак	
	X±S.E.	Cv, %	X±S.E.	Cv, %	X±S.E.	Cv, %	X±S.E.	Cv, %
1-ша льинька								
Проекдиз, діб	4,2±0,15	19,3	4,6±0,12	15,6	3,2±0,15***	21,2	3,9±0,15	17,0
Екдиз, год.	1,8±0,17	35,3	2,3±0,14**	36,3	1,7±0,12	32,8	1,6±0,11	30,6
Метекдиз, діб	3,2±0,12	23,4	3,4±0,13	23,5	2,7±0,13**	21,6	2,8±0,17	26,7
Анекдиз, діб	111,6±1,06	5,7	87,7±1,15***	7,8	68,5±0,42***	2,8	77,9±1,18***	6,8
2-га льинька								
Проекдиз, діб	3,9±0,14	21,9	4,9±0,12	14,9	3,8±0,17**	220,4	3,7±0,18	21,7
Екдиз, год.	1,9±0,12	36,8	2,5±0,12	29,0	1,7±0,16	444,0	1,8±0,14	35,6
Метекдиз, діб	3,5±0,10	16,9	3,6±0,15	25,5	2,6±0,11	119,5	2,9±0,14	21,5
Анекдиз, діб	116,7±0,75***	3,9	278,3±1,41***	3,0	76,0±0,53***	3,1	49,8±1,20***	10,8
3-тя льинька								
Проекдиз, діб	4,2±0,14	19,5	-	-	3,3±0,15	21,6	3,6±0,11	13,6
Екдиз, год.	2,0±0,13	39,3	-	-	1,7±0,16	444,0	1,9±0,15	35,3
Метекдиз, діб	3,5±0,10	16,6	-	-	2,6±0,13	222,4	2,9±0,14	21,5
Анекдиз, доби	145,8±1,35***	5,6	-	-	72,9±0,72***	4,5	57,3±1,35***	10,6
4-га льинька								
Проекдиз, діб	-	-	-	-	3,7±0,15**	117,9	3,5±0,13*	16,9
Екдиз, год.	-	-	-	-	1,8±0,17	443,8	1,9±0,15	35,3
Метекдиз, діб	-	-	-	-	3,0±0,13	220,0	3,0±0,14	21,1
Анекдиз, діб	-	-	-	-	67,1±1,80	112,1	168,1±0,94***	2,5
5-га льинька								
Проекдиз, діб	-	-	-	-	3,7±0,12**	115,7	-	-
Екдиз, год.	-	-	-	-	1,8±0,19	448,4	-	-
Метекдиз, діб	-	-	-	-	2,6±0,13	222,4	-	-
Анекдиз, діб	-	-	-	-	73,5±1,48***	99,0	-	-

Примітка: Достовірність різниці вказана при порівнянні до першого періоду льиньки: P<0,05 (\*); P<0,01 (\*\*); P<0,001 (\*\*\*).

Таблиця 2

## Жива маса раків різних видів до і після линьки, (n=20)

Показники	Австралійський червононоглеший рак		Річковий широкопалий рак		Мармуровий рак		Флоридський червоний рак	
	X±S.E.	Сv, %	X±S.E.	Сv, %	X±S.E.	Сv, %	X±S.E.	Сv, %
	1-ша линька							
Жива маса до линьки	52,2±1,18	10,1	47,7±1,10***	10,4	16,2±0,40***	11,2	19,8±0,24***	5,6
Жива маса після линьки	47,5±1,26	10,1	43,9±1,01**	10,4	14,5±0,31***	9,7	17,9±0,24***	6,2
Маса панцира	4,7±0,10	10,1	3,8±0,08***	10,4	1,7±0,10***	26,7	2,0±0,01***	3,2
	2-га линька							
Жива маса до линьки	63,1±1,18***	8,4	52,0±1,07***	9,3	17,8±0,34***	8,6	21,5±0,25***	5,4
Жива маса після линьки	57,9±1,08***	8,4	47,9±0,99***	9,3	16,0±0,26***	7,5	19,5±0,27***	6,3
Маса панцира	5,2±0,10**	9,3	4,2±0,09***	9,3	1,8±0,09	21,4	2,1±0,01***	3,8
	3-тя линька							
Жива маса до линьки	66,8±1,12***	7,5	—	—	18,7±0,36***	8,8	22,9±0,26***	5,1
Жива маса після линьки	61,3±1,02***	7,4	—	—	16,8±0,30***	8,2	20,9±0,28***	6,0
Маса панцира	5,5±0,10**	8,2	—	—	2,0±0,07*	17,9	2,1±0,01***	4,1
	4-та линька							
Жива маса до линьки	—	—	—	—	19,4±0,32***	7,5	24,3±0,34***	6,3
Жива маса після линьки	—	—	—	—	17,3±0,25***	6,7	22,2±0,49***	3,6
Маса панцира	—	—	—	—	2,1±0,09**	20,1	2,2±0,01***	9,9
	5-та линька							
Жива маса до линьки	—	—	—	—	20,9±0,33***	7,2	—	—
Жива маса після линьки	—	—	—	—	18,7±0,30***	7,2	—	—
Маса панцира	—	—	—	—	2,2±0,09***	18,8	—	—

**Примітка:** достовірність різниці вказана при порівнянні до першого періоду линьки: P<0,05 (\*); P<0,01 (\*\*); P<0,001 (\*\*\*).

масою, окрім мармурового рака, в якого під час другої линьки, різниця була не достовірною.

### Висновки

1. Період між другою та третьою линьками у широкопалих річкових раків був значно довшим, ніж у решти видів раків, що спричинило у них меншу кількість линьок за рік. Найбільше линьок спостерігали у найменших за живою масою раків – мармурових.

2. За умов утримання раків різних видів в одному резервуарі необхідно забезпечити для них достатню кількість схованок. З цією метою рекомендуємо використовувати полівенілхлоридні труби діаметром – 32 мм та довжиною – 100 мм. На одну особину потрібно не менше трьох таких схованок, що є одним з ключових факторів успішного процесу линьки раків.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Chan, S.M., Rankin S., Keeley L. Characterization of the moult stages in *P. vannamei*: setogenesis and haemolymph levels of total protein, ecdysteroids, and glucose. *The Biological Bulletin*. 1988. 175: 185–192.

2. Dai T.H., Sserwadda A., Song K., Zang Y.N., Shen H.S. Cloning and Expression of Ecdysone Receptor and Retinoid X Receptor from *Procambarus clarkii*: Induction by Eyes talk Ablation. *Int J Mol Sci*. 2016. 18;17(10):1739.

3. Fatihah, S.N., Muhd-Farouk, H., Raduan, N.I.I., Leong-Seng, L., Ikhwanuddin, M. Effect of Substrate on Growth, Survival and Molting in Juvenile Red Claw, *Cherax quadricarinatus*. Preprints 2020, 2020090163.

4. Foysal M.J., Fotedar R., Tay C.Y., Gupta S.K. Biological filters regulate water quality, modulate health status, immune in dices and gut microbiota off reshwater crayfish, marron (*Cherax cainii*, Austin, 2002). *Chemosphere*. 2020. 247:125821. doi: 10.1016/j.chemosphere.2020.125821

5. Galib, S.M., Sun, J., Gröcke, D. R., Lucas, M. C. Ecosystem effects of invasive crayfish increase with crayfish density. *Fresh water Biology*. 2022. P. 1–15.

6. Ghanawi J., Saoud I. P. Molting, reproductive biology, and hatchery management of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens 1868). *Elsevier B.V.* Vol. 358–359. 2014. P. 183–195.

7. GomezIsaza D.F., Cramp R.L., Franklin C.E. Negative impacts of elevated nitrate on physiological performance are not exacerbated by low pH. *Aquat Toxicol*. 2018. 200:217–225. doi: 10.1016/j.aquatox.2018.05.004

8. Habraken W.J., Masic A., Bertinetti L., Al-Sawalmih A., Glazer L., Bentov S., Fratzl P., Sagi A., Aichmayer B., Berman A. Layered growth of crayfish gastrolith: about the stability of amorphous calcium carbonate and role of additives. *J Struct Biol*. 2015. 189(1):28–36. doi: 10.1016/j.jsb.2014.11.003

9. Kuznetsova T.V. A change of the medium salinity as a functional load for evaluation of physiological state of the crayfish *Astacus leptodactylus*. *Zh Evol Biokhim Fiziol*. 2013. 49 (5):348–51.

10. Roessink I., vanderZon K.A.E., deReus S.R.M.M., Peeters E.T.H.M. Native European crayfish *Astacus astacus* competitive in staged confrontation with the invasive crayfish *Faxonius limosus* and *Procambarus acutus*. *PLoS One*. 2022. 27;17(1). doi: 10.1371/journal.pone.0263133

11. Rosas C., Bolongaro-Crevenna A., Sánchez A., Gaxiola G., Soto L., Escobar, E. Role of Digestive Gland in the Energetic Metabolism of *Penaeus setiferus*, *The Biological Bulletin* 2016. 189:22. P. 168–174.

12. Shechter A., Berman A., Singer A. Reciprocal Changes in Calcification of the Gastrolith and Cuticle During the Molt Cycle of the Red Claw Crayfish *Cherax quadricarinatus*. *Marine Biological Laboratory*. 2008. P. 122–134.

13. Sirin S., Mazlum Y. Effect of dietary supplementation of calcium chloride on growth, survival, moulting frequency and body composition of narrow-clawed crayfish, *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823). *Aquacult Nutr.* Vol. 2. 2017. P. 805–813.
  14. Su S., Munganga B.P., Tian C., Li J., Yu F., Li H., Wang M., He X., Tang Y. Comparative Analysis of the Intermolt and Postmolt Hepatopancreas Transcriptomes Provides Insight into the Mechanisms of *Procambarus clarkii* Molting Process. *Life (Basel)*. 2021. 25; 11(6):480. doi: 10.3390/life11060480
  15. Vojtkovská R., Horká I., Ďuriš Z. Comparative morphology of crayfish mandibles, with insight into their evolution. *J. Morphol.* 2020. 281: P. 365–376.
  16. Waiho K., Ikhwanuddin M., Baylon, J.C., Jalilah M., Rukminasari N., Fujaya Y., Fazhan H. Moulting induction methods in soft-shell crab production. *Aquaculture Research*. 2021. 52: 4026–4042.
  17. Xu Z., Gao T., Xu Y., Li X., Li J., Lin H., Yan W., Pan J., Tang J. A chromosome-level reference genome of red swamp crayfish *Procambarus clarkii* provides insights in to the gene families regarding growth or development in crustaceans. *Genomics*. 2021. 113 (5):3274–3284. doi: 10.1016/j.ygeno.2021.07.017
-