

ЕКОЛОГІЧНА ФІЗІОЛОГІЯ ТА БІОХІМІЯ ВОДНИХ ТВАРИН

УДК 591.524.1:(595.371:591.543.1)

Ю.Г. КРОТ, к. б. н., пров. наук. співроб., завідувач відділу,
Інститут гідробіології НАН України,
просп. Героїв Сталінграда, 12, Київ, 04210, Україна,
e-mail: ecos_inhydro@ukr.net

А.Б. ПОДРУГІНА, к. б. н., наук. співроб.,
Інститут гідробіології НАН України,
просп. Героїв Сталінграда, 12, Київ, 04210, Україна

Ю.М. КРАСЮК, к. б. н., наук. співроб.,
Інститут гідробіології НАН України,
просп. Героїв Сталінграда, 12, Київ, 04210, Україна,
e-mail: j-krasyuk@ukr.net

Л.С. КІПНІС, к. б. н., ст. наук. співроб.,
Інститут гідробіології НАН України,
просп. Героїв Сталінграда, 12, Київ, 04210, Україна

М.Т. ГОНЧАРОВА, к.б.н., ст. наук. співроб.,
Інститут гідробіології НАН України,
просп. Героїв Сталінграда, 12, Київ, 04210, Україна

ФІЗІОЛОГІЧНИЙ СТАН ГАМАРИД *ECHINO GAMMARUS ISCHNUS* ПРИ ЗНИЖЕННІ КОНЦЕНТРАЦІЇ РОЗЧИНЕНОГО У ВОДІ КИСНЮ

Вивчали адаптивні реакції гамарид *Echinogammarus ischnus* (Stebbing, 1899) за максимального насичення води киснем і його зниження до значень, які спричиняють негативний вплив. Встановлено особливості дії кисневого режиму на процеси розвитку і відтворення гамарид, їх енергетичний метаболізм. Визначені негативні для життєдіяльності гамарид концентрації розчиненого у воді кисню. На підставі отриманих результатів встановлено, що процеси адаптації гамарид *E. ischnus* при зниженні концентрації розчиненого у воді кисню тісно пов'язані зі змінами метаболічних процесів і проявляються у використанні певних енергетичних ресурсів організму. Показано, що найбільш чутливим цитогенетичним маркером погіршення фізіологічного стану за низьких концентрацій кисню у воді є ядерцева активність, оскільки збільшення загального об'єму ядерець в умовах кисневого стресу свідчить про підвищення синтетичної активності клітин є одним з механізмів адаптації гамарид на клітинному рівні.

Ключові слова: гамариди, кисневий режим, адаптивні реакції, енергетичні субстрати, цитогенетичні показники.

Ц и т у в а н н я: Крот Ю.Г., Подругіна А.Б., Красюк Ю.М., Кіпніс Л.С., Гончарова М.Т. Фізіологічний стан гамарид *Echinogammarus ischnus* при зниженні концентрації розчиненого у воді кисню. *Гідробіол. журн.* 2021. Т. 57. № 1. С. 59—69.

Вивчення механізмів адаптації водних організмів до дії абіотичних чинників є одним із фундаментальних завдань сучасної гідробіології. Концентрація розчиненого у воді кисню, поряд із температурою та солоністю, істотно впливає на видовий склад і чисельність водних тварин. Наявність кисневих екстремумів негативно впливає на основні життєві функції.

Однією з найбільш чисельних та функціонально значимих груп безхребетних літоральних зон Дніпровських водосховищ є інвазивні понто-каспійські ракоподібні родини Gammaridae [13]. Більшість з них належать до оксифільних видів [3].

Найменш вимогливими до вмісту розчиненого у воді кисню є гамариди р. *Pontogammarus*, летальний поріг яких на 60 % нижче, порівняно з представниками родів *Dikerogammarus* і *Echinogammarus* [3]. Так, летальний мінімум для *Obesogammarus crassus* (Sars, 1894) становить 0,31—0,38 мг/дм³ [8], найбільш типового псамофілу *Pontogammarus maoticus* (Sovinskij, 1894) — 1,0—1,5 мг/дм³ [7], а найменш чутливим до нестачі кисню видом вважають *Pontogammarus robustoides* (Sars, 1894) [4]. Представники р. *Echinogammarus*, зокрема *Echinogammarus ischnus* (Stebbing, 1899), загибель яких відмічена при вмісті у воді кисню 0,46—1,05 мг/дм³, є більш стійкими порівняно з *Dikerogammarus villosus* (Sowinsky, 1894) [8].

Метою роботи є оцінка фізіологічного стану гамарид *E. ischnus*, їх енергетичного метаболізму та цитогенетичних змін за максимального насичення води киснем при аерації стислим повітрям та його зниження.

Матеріал і методика досліджень

В експерименті застосовували лабораторну культуру гамарид *Echinogammarus ischnus* [11, 19], що утримується в біотехнологічному комплексі Інституту гідробіології НАН України.

Дослідження проводили в аквакамерах із регульованим температурним, світловим і газовим режимами в ємностях об'ємом 100 дм³ (рис. 1).

Рівень резистентності гамарид оцінювали за показниками виживаності, репродуктивної активності (відносної кількості прекопулюючих пар та запліднених самиць) та інтенсивності споживання кисню за його стабільно високої концентрації у воді (контроль) та його зниженні до значень, які спричиняють негативний вплив.

На початку експерименту прекопулюючих гамарид (довжина тіла 12—15 мм, перебування в парі 5—6 діб) по 16 пар, а також відповідну кількість статевозрілих самок і самців розсаджували у реєстраційні камери об'ємом 0,5 дм³ [15] (у чотирьох повторях), занурені у ємність об'ємом 100 дм³. Температура води становила 21,5±0,5°C, фотоперіод 12С:12Т. Середовище — водопровідна вода, у якій ракоподібні утримувалися до експерименту.

Максимальний вміст кисню 8,7 мг/дм³ в експерименті досягався шляхом постійної аерації води стислим повітрям. Його зниження з 8,7 до 3,3 мг/дм³ відбувалось зі швидкістю 0,2 мг/дм³·год за допомогою зануреного на поверхні «куполу», наповненого газоподібним азотом. З метою



Рис. 1. Експериментальна установка для дослідження впливу кисневого режиму на фізіологічний стан гамарид: 1 — аквакамера; 2 — ємність об'ємом 100 дм³; 3 — реєстраційна камера; 4 — «купол» із газоподібним азотом; 5 — мікрокомпресор; 6 — ротаметр; 7 — оксиметр, 8 — балон із газоподібним азотом

регулювання концентрації кисню у воді під «купол» встановлено розпилювач, крізь який через ротаметр по колу подавався газоподібний азот, знижуючи концентрацію розчиненого у воді кисню до відповідних значень (див. рис. 1). Концентрацію кисню визначали оксиметром АЖА-101М та методом Вінклера [9]. Тривалість експерименту при стабільно високій концентрації розчиненого у воді кисню становила 55, а при її зниженні — 28 годин. Інтенсивність споживання кисню *E. ischnus* визначали методом замкнених склянок [5].

Для дослідження рівня енергетичного забезпечення адаптивних процесів використовували гамарид з розвинутою репродуктивною системою (довжина тіла 12—15 мм) за дії концентрацій розчиненого у воді кисню 8,7, 5,0, 4,4 і 3,3 мг/дм³ відповідно на 0, 19-у, 23-ю і 28-у годину досліду. Як контроль використовували гамарид, що утримувалися у воді з концентрацією кисню 8,7 мг/дм³. У тканинах *E. ischnus* визначали вміст енергетичних субстратів, а саме: глікогену, загального білка і ліпідів [12, 18].

Для цитогенетичного аналізу відбирали самиць *E. ischnus* з яйцями на стадії розвитку VI [1]. Використовували ембріони, які були закладені у самиць при концентрації розчиненого у воді кисню 8,7, 5,0 і 3,3 мг/дм³. Кількість повторів — чотири, по вісім самиць в кожному. Матеріал фіксували розчином Кларка.

Для дослідження мітотичної активності клітин і рівня аберантності хромосом ембріони гамарид фарбували 2 %-вим розчином ацетоорсеїну протягом однієї доби, після чого мацерували у льодяній оцтовій кислоті та відділяли у 60 %-вому розчині молочної кислоти. Готували давлені ци-

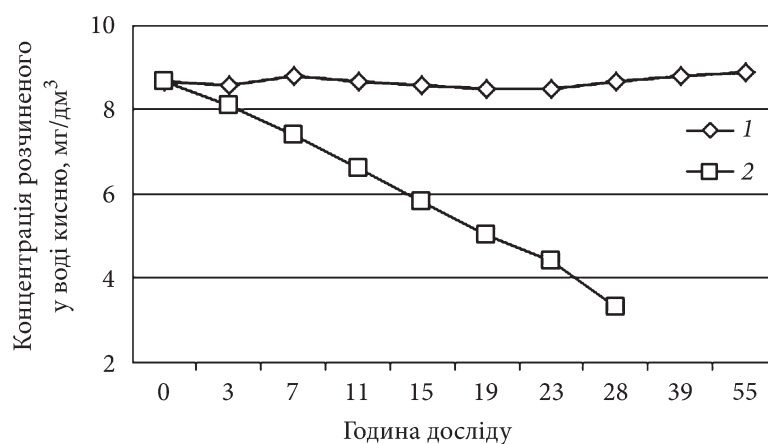


Рис. 2. Концентрація розчиненого у воді кисню у контролі (1) та в експерименті (2)

тогенетичні препарати, у кожному переглядали не менше 1000 клітин. Аналізували при збільшенні $\times 400$ — 630 (мікроскоп AxioImager A1 Carl Zeiss Центру колективного користування науковими приладами ІГБ НАН України).

Для аналізу функціональних характеристик зафіксовані ембріони гамарид занурювали на 40—60 хвилин у 45 %-вий розчин оцтової кислоти для хімічної мацерації, потім протягом 5—10 хв подрібнювали механічно у невеликому об'ємі мацерату пінцетом, суспензію клітин розкапували на сухі знежирені предметні скельця і висушували на повітрі. Повітряно-сухі препарати фарбували 50 %-вим розчином нітрату срібла у присутності розчину желатину з додаванням мурашиної кислоти протягом 5—6 хв за температури $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ до отримання золотаво-коричневого забарвлення [2]. Аналізували кількість та об'єм ядерць не менше ніж у 100 клітинах при збільшенні $\times 1000$.

Статистичну обробку отриманих даних здійснювали із застосуванням програм Microsoft Excel, Statistica 6.0 та Statistica 10.0.

Результати досліджень та їх обговорення

Моделювання кисневого режиму при проведенні експериментальних досліджень було наближено як до природних (при стабільному кисневому режимі, контроль), так і штучних умов (експеримент) існування гамарид *E. ischnus* (рис. 2).

Насичення води киснем та його підтримка протягом експерименту на рівні $8,7\text{ мг/дм}^3$ приводила до стабільно високого рівня (98 %) виживаності *E. ischnus* (рис. 3).

Репродуктивна активність статевозрілих самиць і самців, залежала від експозиції. Збільшення до 28 % кількості прекопулюючих пар, що формуються, зафіксовано при експозиції 28 год з подальшим зменшен-

ням їх кількості у сім раз при експозиції 39 год. При цьому на 39-ту годину експерименту кількість самиць з яйцями зросла з 4 до 28 % (рис. 4).

Отже, постійний кисневий режим на рівні 8,7 мг/дм³ сприяє процесу копуляції гамарид, скороченню прекопуляційного періоду та підвищенню кількості самиць з яйцями. За стабільно

високого вмісту кисню кількість прекопулюючих пар поступово зменшувалась (рис. 5). Так, на 19-ту годину експерименту вона становила 68 %, на 28-му знизилась до 26 %, а до кінця експерименту — до 6 %. Ймовірно, висока концентрація кисню сприяла прискоренню періоду копуляції відібраних пар, які вже на другу добу експерименту почали розпадатись. Підтвердженням цього є прямо пропорційне збільшення кількості запліднених самиць (до 84 %).

При зниженні концентрації розчиненого у воді кисню зростання смертності *E. ischnus* (2—4 %) відмічено на 28-му годину експерименту. Можна припустити, що висока виживаність цього виду зумовлена його еколого-фізіологічними особливостями [14].

У сформованих прекопулюючих пар прекопуляторна активність за умов зниження концентрації розчиненого у воді кисню до 5,0 мг/дм³ становила 61 %, кількість запліднених самиць — 26 %. Її подальше зниження до 3,3 мг/дм³ призводило до скорочення кількості прекопулюючих пар до 39 % і підвищення кількості запліднених самиць до 52 % (рис. 6).

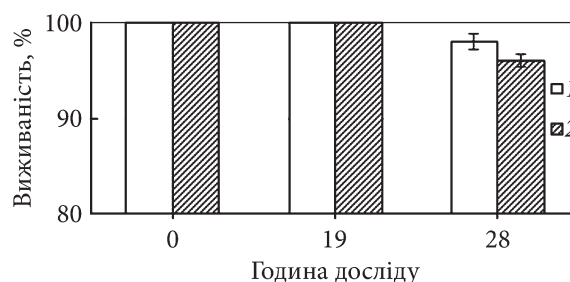


Рис. 3. Виживаність гамарид *E. ischnus* у контролі (1) та експерименті (2)

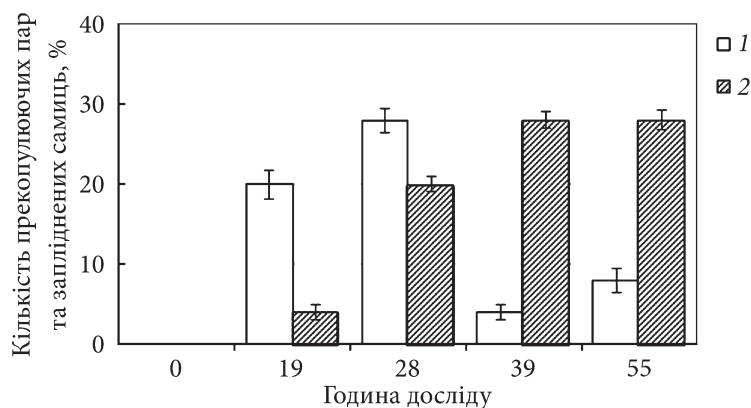


Рис. 4. Кількість прекопулюючих пар гамарид *E. ischnus*, що сформувалися (1), та самиць з яйцями (2) у контролі

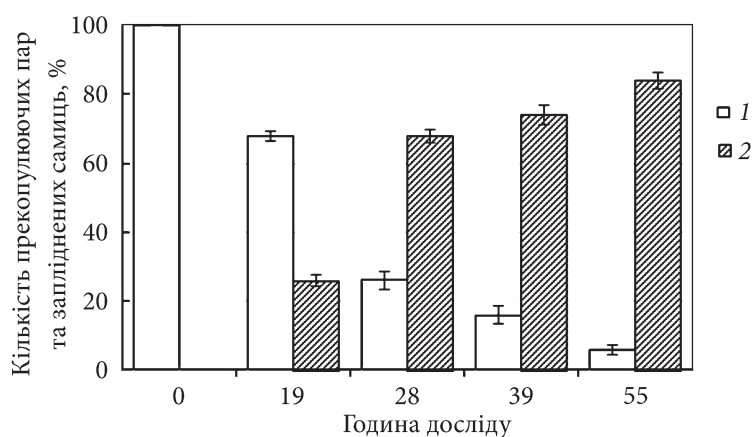


Рис. 5. Кількість сформованих прекопулюючих пар *E. ischnus* (1) та самиць з яйцями (2) при концентрації кисню 8,7 мг/дм³

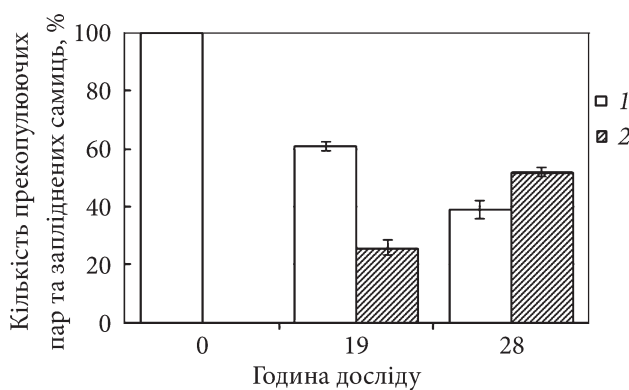


Рис. 6. Кількість сформованих прекопулюючих пар *E. ischnus* (1) та запліднених самиць (2) в експериментальних умовах

У досліді зі статевозрілими самицями і самцями, які були задіяні для формування прекопулюючих пар, репродуктивна активність була дуже низькою (рис. 7).

Кількість прекопулюючих пар, що формуються із статевозрілих особин при зниженні вмісту розчиненого у воді кисню до 5,0 і 3,3 мг/дм³, становила відповідно 7,6 і 8,0 %, а кількість запліднених самиць — відповідно 3,2 і 8,4 %. Появу у вибірці яйценосних самиць на 19-ту годину можна пояснити їх заплідненням ще на початку експерименту.

Зменшення кількості прекопулюючих пар, що формуються за експериментальних умов, і, відповідно, запліднених самиць свідчить про значний негативний вплив на відтворювальну здатність гамарид концентрацій кисню нижче 5,0 мг/дм³.

Аналіз інтенсивності споживання кисню особинами *E. ischnus* показав, що при стабільному насиченні води киснем на рівні 8,7 мг/дм³ вона становила 0,83 мг/г-год з подальшим його збільшенням протягом досліді на 15,3 %. Зниження вмісту розчиненого у воді кисню до 5,0 мг/дм³ зі

швидкістю 0,2 мг/дм³/год призводило до зменшення інтенсивності споживання на 13,2 % відносно контрольних значень (рис. 8). Необхідно відмітити, що при подальшому зниженні до 3,3 мг/дм³ (28 год) інтенсивність споживання зростала на 16,5 %, наближаючись до вихідних значень.

Адаптивні можливості водних тварин визначаються рівнем обміну речовин, зокрема, енергетичним метаболізмом, ключову роль у якому відведено кількості кисню, що надходить до організму гідробіонтів [10, 16].

Встановлено, що при стабільній концентрації 8,7 мг/дм³ вміст у тканинах гамарид енергетичних субстратів: глікогену, загального білка і ліпідів становив відповідно 87, 231 і 34 мг/г тканини. Зниження концентрації кисню до 4,4 мг/дм³ не викликало статистично достовірних змін у процесах метаболізму *E. ischnus* — вміст глікогену, загального білка і ліпідів у тканинах залишався на рівні контрольних значень.

При зниженні вмісту кисню до 3,3 мг/дм³ вміст глікогену зменшився на 12 % ($p \leq 0,005$) (рис. 9), що пов'язано з його використанням на енергозабезпечення регуляторних механізмів адаптації гамарид до змін кисневого режиму, що відмічено і в організмі інших гідробіонтів [6].

За концентрації кисню 3,3 мг/дм³ вміст загального білка у тканинах *E. ischnus* був достовірно на 8 % нижчий, ніж у контролі (рис. 10), що вказує на несприятливу дію чинника [17].

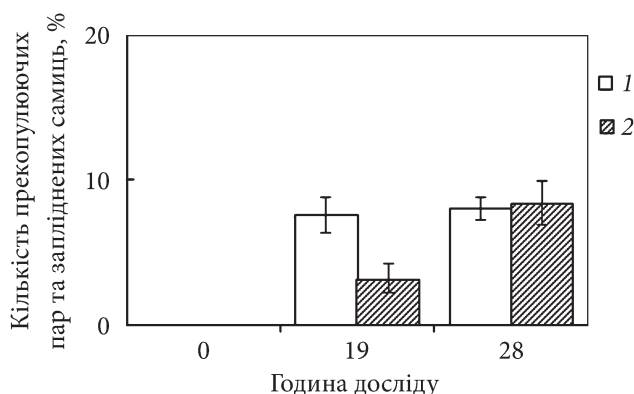


Рис. 7. Кількість утворених в експериментальних умовах прекопулюючих пар *E. ischnus* (1) та запліднених самиць (2)

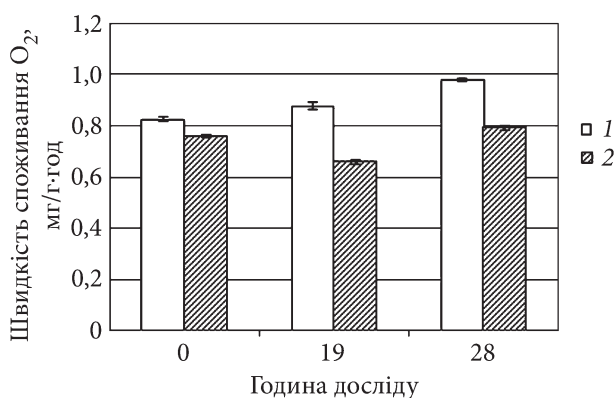


Рис. 8. Інтенсивність споживання кисню (мг/г-год) гамаридами *E. ischnus* при концентрації кисню 8,7 мг/дм³ (1) та зниженні зі швидкістю 0,2 мг/дм³-год (2)



Рис. 9. Вміст глікогену у тканинах *E. ischnus* в експерименті, мг/г тканини; $M \pm m$, $n=3$



Рис. 10. Вміст загального білка у тканинах *E. ischnus* в експерименті, мг/г тканини; $M \pm m$, $n=3$

Слід зазначити, що при всіх досліджених концентраціях кисню (5,0, 4,4 і 3,3 мг/дм³) вміст загальних ліпідів у тканинах гамарид залишався на рівні контрольних значень (рис. 11).

Отже, при зниженні вмісту кисню з 5,0 до 3,3 мг/дм³ гамариди, внаслідок зростання потреб організму у додатковій енергії, використовують глікоген і загальний білок. При цьому значимість ліпідів, які теж визначають перебіг адаптивних процесів, може зростати за більш критичних умов їх існування.

Цитогенетичний аналіз ембріонів гамарид при зниженні концентрації розчиненого у воді кисню виявив зміни переважно їх

функціональних характеристик (таблиця).

У процесі експерименту рівень структурних порушень (хромосомних аберацій) був незначним за всіх досліджуваних концентрацій і знаходився у межах норми.

З функціональних змін виявлено достовірне підвищення мітотичної активності у клітинах ембріонів при зниженні рівня розчиненого у воді кисню до 3,3 мг/дм³. Слід відмітити, що це відбувалось насамперед за рахунок збільшення кількості профаз мітотичного циклу.

Найбільш чутливим цитогенетичним маркером погіршення фізіологічного стану за умов низької концентрації кисню виявилась ядерцева активність (кількість та об'єм ядерець). Вона залежала від ступеня експресії рибосомних генів і відображала рівень метаболізму клітини в цілому. Інгібування або активація синтезу рРНК морфологічно проявляється в перебудовах структури ядерець. Зниження концентрації кисню до 3,3 мг/дм³ достовірно збільшувало загальний об'єм ядерець у клітині майже удвічі на фоні зменшення їх кількості, що свідчить про інтенсифікацію

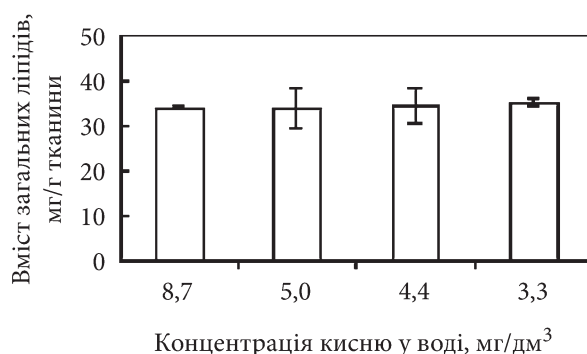


Рис. 11. Вміст загальних ліпідів у тканинах *E. ischnus* в експерименті, мг/г тканини; $M \pm m$, $n=3$

синтезу рРНК, тобто продукування клітинами специфічних білків, які виробляє організм в умовах кисневого стресу, є одним з механізмів адаптації тварин на клітинному рівні.

Висновки

За умов максимального насичення води киснем (8,7 мг/дм³) при аерації стислим повітрям гамариди *Echinogammarus ischnus* (Stebbing, 1899) характеризуються високою виживаністю та репродуктивною активністю — прискоренням процесів копуляції та запліднення самиць. Негативний вплив на їх відтворювальну здатність відмічено при зниженні вмісту розчиненого у воді кисню з 5,0 до 3,3 мг/дм³, а саме зменшення кількості прекопулюючих пар і запліднених самиць.

Адаптація *E. ischnus* до погіршення кисневого режиму проявляється у підвищенні інтенсивності споживання кисню рачками та активацією енергоємних процесів, на забезпечення яких використовуються енергетичні субстрати — глікоген і загальний білок, при цьому загальні ліпіди

Таблиця

Структурно-функціональні зміни у клітинах гамарид *E. ischnus* за зниження концентрації розчиненого кисню у водному середовищі

Концентрація розчиненого у воді кисню, мг/дм³	Проліферативна активність		Рівень хромосомних аберацій, %	Середня кількість ядерць	Загальний об'єм ядерць, мкм³
	мітотичний індекс, %	кількість клітин у профазі мітозу, %			
8,7	17,5±1,2	18,1±2,8	0,9±0,1	3,1±0,4	11,5±2,1
5,0	21,2±2,0	25,0±2,9	1,1±0,1	2,9±0,2	12,3±1,7
3,3	24,6±2,5	35,2±4,0	1,2±0,1	1,6±0,3	22,5±2,2

залишаються на рівні контрольних значень. Можна припустити, що значимість ліпідів, які теж визначають перебіг адаптивних процесів, може зростати за більш критичних умов існування гамарид.

Найбільш чутливим цитогенетичним критерієм за умов низької концентрації розчиненого у воді кисню ($3,3 \text{ мг/дм}^3$) є ядерцева активність. Збільшення загального об'єму ядерців в умовах кисневого стресу, що свідчить про підвищення синтетичної активності клітин, є одним з механізмів адаптації гамарид на клітинному рівні.

Список використаної літератури

1. Бек Т.А. Размножение бокоплавов родов *Gammarus* и *Marinogammarus* на литорали Белого моря. *Тр. Беломорской биол. ст. МГУ*. 1980. Т. 5. С. 103—114.
2. Гончарова М.Т., Кіпніс Л.С., Коновець І.М., Крот Ю.Г. Оцінка токсичності донних відкладів прісноводних об'єктів за допомогою біотестування. Методичні рекомендації. Київ, 2019. 131 с.
3. Дедю И.И. Амфиподы пресных и солоноватых вод юго-запада СССР. Кишинев: Штиинца, 1980. 222 с.
4. Емельянова Л. В. Видовой состав и распределение гамарид в литорали верхней части Кременчугского водохранилища. *Вопросы гидробиологии водоемов Украины*. Киев: Наук. думка, 1988. С. 61—68.
5. Жадин В. И. Методы гидробиологических исследований. М.: Высш. школа, 1960. 190 с.
6. Калчугина Е.П., Леваньков С.В., Купина Н.М. Динамика изменения содержания гликогена в гепатопанкреасе камчатского краба в результате автолитических поцессов. *Изв. Тихоок. науч.-исслед. рыбохоз. центра*. 2001. Т. 129. С. 203.
7. Карпевич А. Ф. Влияние сероводорода на выживание *Mytilaster lineatus* и *Pontogammarus taeoticus* Каспийского моря. *Зоол. журн.* 1940. Т. XIX, вып. 6. С. 860—864.
8. Марковский Ю.М. Фауна беспозвоночных низовьев рек Украины, условия ее существования и пути использования. Водоемы дельты Днестра и Днестровский лиман. Киев: Изд-во АН УССР, 1953. Ч. 1. 196 с.
9. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / За ред. В.Д. Романенка. К.: ЛОГОС, 2006. 408 с.
10. Озернюк Н. Д. Феноменология и механизмы адаптационных процессов. М.: Изд-во МГУ, 2003. 215 с.
11. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Ракообразные / Под общ. ред. С.Я. Цалолихина. СПб.: Наука, 1995. Т. 2. 629 с.
12. Практикум по биохимии / Под ред. С.Е. Северина, Г.А. Соловьевой. М., 1989. 510 с.
13. Романенко В.Д., Крот Ю.Г., Леконцева Т.І., Подругіна А.Б. Особливості адаптації Gammaridae літоральної зони водосховищ до підвищення температури води. *Гидробиол. журн.* 2020. Т. 56, № 1. С. 3—14.
14. Романенко В.Д., Крот Ю.Г., Леконцева Т.І., Подругіна А.Б. Резистентність гамарид *Chaetogammarus ischnus* Stebbing (Crustacea: Amphipoda) до змін температури водного середовища. *Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біологія*. 2013. № 1. С. 79—84.
15. Спосіб прогнозування змін у водних екосистемах за дії природних і антропогенних чинників шляхом використання мікрокосмів з реєстраційними камерами: пат. 87011 Україна. МПКБ6G 01 N 33/18. № а201201058; заявл. 01.02.12; опубл. 27.01.14, Бюл. № 2. 2 с.

16. Тимофеев М.А., Кириченко К.А., Шатилина Ж.М. и др. Отношение байкальских и палеарктических амфипод к кислороду как фактору среды и механизмы адаптации при снижении его уровня. *Сибир. экол. журн.* 2010. № 5. С. 717—724.
17. Шульман Г. Е., Аболмасова Г. И., Столбов А. Я. Использование белка в энергетическом обмене гидробионтов. *Усп. совр. биологии.* 1993. Т. 113, вып. 5. С. 576—586.
18. Knight J.A. Anderson S., Rawle J.M. Chemical basis of the sulfo-phospho-vanillin reaction for estimating total serum lipids. *Clinical chemistry.* 1972. Vol. 18, N 3. P. 199—202.
19. World Amphipoda Database / Horton T. et al. 2019. <https://www.marinespecies.org/amphipoda/aphia.php?p=taxdetails&id=490104>

Надійшла 04.09.2020

Yu.G. Krot, PhD (Biol.), Leading Researcher, Head of the Department,
Institute of Hydrobiology NAS of Ukraine,
12 Geroyiv Stalingrada Ave, Kyiv, 04210, Ukraine
A.B. Podruhina, PhD (Biol.), Researcher,
Institute of Hydrobiology NAS of Ukraine,
12 Geroyiv Stalingrada Ave, Kyiv, 04210, Ukraine
Yu.M. Kراسиuk, PhD (Biol.), Researcher,
Institute of Hydrobiology NAS of Ukraine,
12 Geroyiv Stalingrada Ave, Kyiv, 04210, Ukraine
L.S. Kipnis, PhD (Biol.), Senior Researcher,
Institute of Hydrobiology NAS of Ukraine,
12 Geroyiv Stalingrada Ave, Kyiv, 04210, Ukraine
M.T. Goncharova, PhD (Biol.), Senior Researcher,
Institute of Hydrobiology NAS of Ukraine,
12 Geroyiv Stalingrada Ave, Kyiv, 04210, Ukraine

PHYSIOLOGICAL STATUS OF GAMMARIDS *ECHINOGAMMARUS ISCHNUS* UNDER DECREASING OF DISSOLVED OXYGEN CONCENTRATION

Adaptive responses of gammarids *Echinogammarus ischnus* (Stebbing, 1899) to maximum saturation of water with oxygen using aeration by compressed air, and to reduction of dissolved oxygen to concentrations that cause a negative effect were investigated. The peculiarities of the influence of the oxygen regime on the processes of development and reproduction of gammarids and their energy metabolism were studied. Nucleolar activity was found to be the most sensitive cytogenetic criterion under low concentrations of oxygen in water. An increase in the total volume of the nucleoli and a decrease in their number under oxygen stress, which indicates an increase in the synthetic activity of cells, can be considered as one of the mechanisms of adaptation of gammarids on the cellular level.

Keywords: *gammarids, oxygen regime, adaptive reactions, energy substrates, cytogenetic parameters*