

ЕКОЛОГІЯ

УДК 594.38:[546.47:502.51(285):591.127]

doi: 10.25128/2078-2357.22.3.5

Ю. В. БАБИЧ

Житомирський державний університет імені Івана Франка
вул. Велика Бердичівська, 40, Житомир, 10008
e-mail: b_yulia@i.ua

ВПЛИВ Zn^{2+} ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА НА ДОБОВУ ЦИКЛІЧНІСТЬ ДИХАННЯ АЛОВИДІВ *PLANORBARIUS* *CORNEUS S. L.* (MOLLUSCA, GASTROPODA, PLANORBIDAE)

Досліджено вплив різних концентрацій іонів Zn^{2+} (0,5 ГДК–3 ГДК) на хронологічні особливості легеневого і прямого дифузного дихання компонентів надвидового комплексу витушок *Planorbarius corneus s. l.* – аловидів «західного» і «східного» гідромережі України. Встановлено, що іони Zn^{2+} , впливаючи на значення показників обох способів дихання у цих молюсків, провокують у них стрімкий розвиток патологічного процесу – отруєння. З'ясовано особливості добової циклічності показників легеневого дихання *P. corneus s. l.* у ритмі «день-ніч» як у нормі, так і за дії на нього згаданого вище поллютанта. Аловид «східний» виявився більш чутливим і менш витривалим до впливу на нього іонів Zn^{2+} у порівнянні з аловидом «західним».

Ключові слова: аловиди витушок, Zn^{2+} , легеневе і дифузне дихання, добова циклічність.

Згідно з основними положеннями біоритмології (хронобіології), усі фізіологічні функції в біонтів тваринного походження підпадають певній циклічності (добовій, сезонній, річній та ін.) [24], форма якої зумовлюється тривалістю життя особин [16], а початок і завершення циклів регулюються їх біологічними годинниками [23].

У аловидів витушок *Planorbarius corneus s. l.* процес дихання здійснюється комбінованим, бімодальним способом. Кисень атмосферного повітря надходить в їх організм через легені – новонабутий у процесі еволюції усіма легеневиими молюсками орган за тривалої адаптації їх до нових, незвичних для них умов існування, а саме: за перебування їх у наземно-повітряному середовищі [26]. Майже така ж кількість кисню, розчиненого у воді, надходить у їх організм перкутанно – через покриви їх тіла в результаті здійснення ними дифузного способу дихання.

В останні кілька десятиліть спостерігається погіршення якості природних вод гідромережі України і зниження через це біологічної продуктивності її населення, зумовлене забрудненням середовищ його перебування різними за природою та походженням поллютантами, у тому числі й іонами важких металів [10, 11, 15]. І хоча у водних об'єктах нашої країни протягом першого десятиліття ХХІ ст. відмічено деяку тенденцію до зменшення вмісту у них концентрації цих речовин [8], значення їх у річковій мережі залишаються все ще досить суттєвими. Одним із найпоширеніших із іонів важких металів у об'єктах гідроекосистеми України є Zn^{2+} . Джерела надходження його у її гідромережу – це, в основному, змивні води рудників та стоки гальванічних цехів, виробництва паперу, лаків і фарб, хімічних засобів захисту рослин, а також усіх підприємств, які працюють на кам'яному вугіллі [17]. Йон цинку –

есенціальний мікроелемент, який входить до складу низки ферментів, притаманних багатьом гідробіонтам. Він бере участь у численних біохімічних процесах, що забезпечують нормальний ріст і розвиток особин [9]. Zn^{2+} регулює рівні пристосувальних реакцій у водних мешканців тваринного походження, у тому числі й у моллюсків, скеровані на зменшення шкідливого впливу, викликаного порушенням стабільності фізико-хімічних показників їх рідкого внутрішнього середовища – гемолімфи. Адже Zn^{2+} є неодмінною складовою молекул карбоангідрази – фермента, каталізуючого як реакцію розщеплення вуглекислоти на воду і вугільний ангідрид, так і зворотну реакцію – утворення вугільної кислоти [12].

За ступенем токсичності для гідробіонтів Zn^{2+} належить до категорії сильнотоксичних речовин локальної дії, які за перевищення їх гранично допустимих концентрацій порушують стабільність їх гомеостазу [2, 14, 25]. Для встановлення факту вмісту Zn^{2+} у природному водному середовищі і оцінки кількісного рівня його знаходження у ньому доцільно користуватися видами-біоіндикаторами в системі екологічного моніторингу стану водних об'єктів гідросфери. Нас цікавило, чи до категорії таких м'якунів доцільно зараховувати *P. corneus* s. l. гідромережі України. Нещодавно застосуванням методу генного маркування було достеменно доведено [13], що *P. corneus* (Linnaeus, 1758) – не вид, а надвидовий комплекс, представлений двома генетичними аловидами-вікарінтами – «західним» і «східним», ареали яких в Україні розмежовані зоною інтрогресивної гібридизації. Ці аловиди статистично вірогідно різняться між собою конхологічними, анатомічними, хорологічними та екологічними особливостями [4–7, 19]. Вплив іонів Zn^{2+} на добовий ритм дихання в аловидів раніше не досліджувався.

Мета роботи – з'ясувати особливості впливу різних концентрацій Zn^{2+} водного середовища на показники добового ритму дихання аловидів *P. corneus* s. l. Оцінити придатність використання отриманих при цьому результатів для застосування цих аловидів як біоіндикаторів у моніторингу стану водних екосистем, забруднених іонами Zn^{2+} .

Матеріали і методи досліджень

Матеріал – одновікові (однорозмірні) особини *P. corneus* s. l. (рисунок), зібрані вручну в червні-липні 2021 року: аловид «західний» (діаметр черепашки – $25,78 \pm 0,91$ мм) – 93 екз. із р. Случ (смт. Миропіль Житомирської обл.: $50^{\circ}6'22''N$, $27^{\circ}41'27.3''E$) і 93 екз. із р. Гнила (с. Городниця Тернопільської обл.: $49^{\circ}11'1''N$, $26^{\circ}6'39''E$) та аловид «східний» (діаметр черепашки – $22,82 \pm 0,75$ мм) – 92 екз. із р. Псел (с. Білоцерківка Полтавської обл.: $49^{\circ}40'16.9''N$, $33^{\circ}45'39.9''E$) і 93 екз. із р. Сула (м. Ромни Сумської обл.: $50^{\circ}44'21.3''N$, $33^{\circ}29'56.7''E$). Токсикологічному дослідженню передувала обов'язкова 15-тидобова аклімація тварин до умов їх лабораторного утримання [22]. Вони були такими: об'єм акваріумів – 10 л, щільність посадки піддослідних особин – 4 екз./л, температура води – $20\text{--}21^{\circ}C$, водневий показник (рН) – $7,5\text{--}8,2$, оксигенізація – $8,2\text{--}9,0$ мг $O_2/дм^3$. Оновлення середовища – щодоби. Піддослідних моллюсків годували м'якою гідрофлорою – *Cladophora* sp. і *Myriophyllum spicatum*.



Рисунок. Черепашки *Planorbis corneus* s. l.: А – аловид «західний» (р. Случ, смт. Миропіль Житомирської обл.); Б – аловид «східний» (р. Сула, м. Ромни Сумської обл.); 1 – згори; 2 – знизу; 3 – збоку.

Основний токсикологічний дослід поставлено за стандартною методикою [1]. Як токсикант використано $ZnCl_2$ (з маркуванням ч.д.а.) в концентраціях, що відповідають значенням ГДКр (mg/dm^3) – 0,5 ГДК, ГДК, 2 ГДК, 3 ГДК (ГДКр = 0,01 mg/dm^3). Сольові розчини задіяних у досліді концентрацій (у перерахунку на катіон) готували на відстояній (2 доби) воді з житомирської водогінної мережі. Експозиція – 7 діб. Через кожні 2 доби здійснювали оновлення токсичних середовищ. Контролем слугували особини, розміщені у попередньо відстояну водопровідну воду без додавання в неї поллютанта. Фотоперіод: 12 С (8–20 год) : 12 Т (20–8 год).

Показники легеневого і прямого дифузного дихання отримували за результатами спостереження за швидкими поведінковими й фізіологічними реакціями моллюсків за впливу на них іонами Zn^{2+} [3]. Кількість «вдихів», здійснюваних особинами за добу, визначали за чисельністю підйомів піддослідних витушок під плівку поверхневого натягу води, до нижньої поверхні якої вони прикріплювались пневмостомом для забору повітря, видаючи при цьому характерний звук – хлопок, зумовлений його відкриванням. Тривалість «вдиху» оцінювали як час від моменту хлопка до повернення особини в товщу води. Одночасно встановлювали й об'єм «вдиху». Із цією метою піддослідній особині тонкою гострою голкою швидко наносили різкий укол у м'яз ноги і підраховували чисельність повітряних пухирців, які виділялися за згаданого вище подразнення із їх легень у водне середовище. Такі подразнення моллюску завдавали доти, доки описана вище реакція більше не відбувалася. Про інтенсивність дифузного дихання стверджували за показником тривалості виживаності піддослідних особин за відсутності у них можливості здійснення легеневого дихання. Задля досягнення цього піддослідних тварин утримували в акваріумах у невеликих садках, виготовлених із сітчастої (густо продірявленої) пластмасової делі, котрі розміщували безпосередньо на їх дні. Садки міцно утримувалися на ньому завдяки наявності потужних металевих тягарів, вмонтованих у їхнє дно. За таких умов піддослідні моллюски могли користуватися виключно дифузним способом дихання.

Отримані результати описаних вище дослідів опрацьовано методами базової варіаційної статистики із застосуванням пакету комп'ютерних програм «Statistica» 6.0.

Результати досліджень та їх обговорення

У аловидів *P. corneus* s. l. наявні справжні легені, котрі утворилися у них із частини їх мантийної порожнини в процесі довготривалої еволюції як пристосування до вимушеного перебування їх в умовах наземно-повітряного середовища. Назовні їх органи дихання відкриваються пневмостомом, що функціонує залежно від дихальних потреб особин. Відомо [21], що у тих випадках, коли вміст кисню у легенях м'якунів падає до рівня 2,8 %, здійснюється вентильовання їх через дихальний отвір завдяки періодичним підйомам м'якунів під плівку поверхневого натягу води. Кількість кисню, що отримують витушками із атмосферного повітря, становить 0,025 $mg/год$ на 1 г сирової маси їх тіла [16].

Нами встановлено, що у нормі в аловидів *P. corneus* s. l. чітко виражена добова циклічність легеневого дихання в ритмі «день-ніч». У денний період доби вони здійснюють у середньому в 1,2–1,3 рази більше «вдихів», а інтервали між ними у 1,3–1,4 рази коротші, ніж уночі (табл. 1). Це зумовлене закономірним підвищенням їх біологічної активності саме вдень [18, 21].

За 0,5 ГДК Zn^{2+} у водному середовищі значення показників легеневого дихання в обох аловидів були в нормі або дуже близькими до її рівня. Ця ознака є характерною для латентної фази патологічного процесу – отруєння. У досліджуваних аловидів протягом неї тривалість «вдихів» удень зазвичай була більшою, ніж вночі ($p < 0,01$). Це можна розцінити як явище захисно-пристосувального характеру, що дозволяє м'якунам поповнити вдень ту кількість кисню, яку вони недоотримують через скорочення кількості «вдихів» у нічний період доби. Із піднесенням концентрації Zn^{2+} до рівня ГДК починається стимулювання легеневого дихання витушок. У піддослідних особин при цьому зростають частота дихального ритму та об'єм кожного із вдихів протягом доби і активізуються їх рухова та кормова активність. Збільшується також кількість як денних, так і нічних вдихів у середньому в 1,05–1,1 раза. За концентрації 2 ГДК Zn^{2+} відбувалося подальше статистично вірогідне ($p < 0,01\%$) зростання значень усіх

ЕКОЛОГІЯ

показників легеневого дихання молюсків. І вдень, і вночі як кількість вдихів, так і їх тривалість зросли у них в 1,1–1,2 раза, а їх об'єм – в 1,3–1,4 раза. Це свідчить про подальшу інтенсифікацію цих процесів упродовж фази стимуляції, що дозволяло витушкам пристосовуватися до нових менш сприятливих для них умов існування.

Таблиця 1

Вплив різних концентрацій Zn^{2+} на показники легеневого дихання аловидів *P. corneus* s. l.

Концентрація токсиканта	Фото-період	n	Кількість «вдихів» за добу M±m CV, %	Інтервал між «вдихами», хв M±m CV, %	Тривалість «вдиху», хв M±m CV, %	Об'єм «вдиху», кількість пухирців M±m CV, %
Аловид «західний» (р. Случ, смт. Миропіль)						
Контроль	день	20	12,13±0,46	38,58±1,54	20,06±1,12	18,35±0,95
	ніч		10,06±0,54	49,25±1,32	18,45±1,24	16,45±1,45
0,5 ГДК	день	19	13,41±0,49	30,75±1,24	22,62±1,14	19,56±1,12
	ніч		11,23±0,74	42,68±1,13	20,62±1,34	17,78±1,16
ГДК	день	19	14,12±0,64	20,46±1,56	28,34±1,23	26,29±1,48
	ніч		12,16±0,75	33,85±1,25	24,62±1,34	22,85±1,16
2 ГДК	день	18	15,74 ±0,62	17,12±1,13	29,78±1,42	34,52±1,15
	ніч		13,06±0,47	28,58±1,45	25,61±1,25	30,46±1,19
3 ГДК	день	17	8,34±0,58	73,76±1,49	15,32±1,14	9,58±1,06
	ніч		6,45±0,18	105,16±1,67	13,16±1,22	7,76±1,05
Аловид «східний» (р. Псел, с. Білоцерківка)						
Контроль	день	20	10,14±0,74	52,69±0,78 98,40	18,89±1,46	16,45±1,47
	ніч		8,46±0,78	72,53±0,46 99,60	16,56±1,12	15,18±0,98
0,5 ГДК	день	18	11,58±0,48	43,76±0,65 98,00	20,34±1,23 94,50	17,74±1,12
	ніч		9,62±0,64 94,50	60,56±0,87 99,70	18,46±1,09	16,16±1,48
ГДК	день	17	12,67±0,43	34,58±0,49 98,00	25,89±1,25 95,00	23,18±1,25 95,00
	ніч		10,45±0,51	49,68±0,97 98,40	21,45±1,28 95,00	19,25±1,31 94,60
2 ГДК	день	19	13,52±0,76	26,74±0,87 96,80	27,64±1,17	31,63±1,28 94,50
	ніч		11,41±0,53	40,32±0,75 97,80	23,58±1,41	27,36±1,54 94,60
3 ГДК	день	18	7,14±0,58	88,45±0,78 97,80	12,57±1,12 94,50	8,78±1,46
	ніч		5,08±0,35	132,77±0,96 99,60	10,08±1,13 94,50	6,64±1,52
Аловид «західний» (р. Гнила, с. Городниця)						
Контроль	день	20	13,21±0,57	35,18±1,28	18,89±1,24	16,79±1,12
	ніч		11,89±0,68	47,34±1,24	16,78±1,31	14,13±1,32
0,5 ГДК	день	18	14,52±0,63	28,62±1,34	21,61±1,26	18,26±1,43
	ніч		12,11±0,46	38,56±1,47	19,12±1,45	16,46±1,23
ГДК	день	19	15,45±0,79	24,28±1,36	23,52±1,74	21,78±1,26
	ніч		12,95±0,85	20,21±1,16	20,62±1,16	18,12±1,16
2 ГДК	день	19	16,16 ±0,98	19,36±1,52	25,41±1,35	28,15±1,26
	ніч		13,57±0,67	32,29±1,26	22,06±1,78	25,65±1,24
3 ГДК	день	17	9,48±0,87	67,23±1,51	11,62±1,46	9,97±1,27
	ніч		7,42±0,46	92,26±1,48	8,32±1,12	7,14±1,21

ЕКОЛОГІЯ

Продовження таблиці						
Аловид «східний» (р. Сула, м. Ромни)						
Контроль	день	20	11,36±0,55	48,28±0,75 98,00	15,98±1,65	14,85±1,24
	ніч		9,16±0,46	64,21±0,37 98,60	14,65±1,24	12,26±1,28
0,5 ГДК	день	19	12,14±0,67	40,58±0,49 98,00	18,36±1,79 94,60	16,42±1,18
	ніч		9,24±0,35 94,80	62,27±0,95 99,40	16,85±1,29 94,50	13,67±1,34 94,60
ГДК	день	18	12,82±0,62 94,60	38,67±0,34 98,00	20,56±1,25 94,50	18,23±1,41 94,60
	ніч		10,32±0,64	52,68±0,97 99,40	18,16±1,13	16,89±1,20
2 ГДК	день	19	13,78±0,52 94,60	32,59±0,67 97,40	21,42±1,34	26,24±1,13
	ніч		11,20±0,74	43,85±0,29 97,00	20,64±1,52	23,26±1,47
3 ГДК	день	17	8,87±0,58	78,21±0,95 98,00	9,97±1,68	8,48±1,28
	ніч		5,64±0,79	134,78±0,69 99,60	7,69±1,42	5,79±1,28

За концентрації 3 ГДК Zn^{2+} у піддослідних м'якунів швидко розвивалися симптоми гострого отруєння, притаманні депресивній фазі патологічного процесу. В обох аловидів відбулося різке зниження значень усіх досліджуваних показників дихальної функції. Причому рівень виявлених зрушень в аловиду «східного» був вищим, порівняно з таким в аловиду «західного». При цьому об'єм вдихів у другого з них як удень, так і вночі виявився у 1,2 раза меншим, ніж у першого. У 18 % аловиду «західного» і у 21 % аловиду «східного» за 3 ГДК Zn^{2+} відмічено ознаки, характерні для сублетальної фази отруєння, що спричинилося до часткового відмирання їх популяцій. Процес отруєння завершувався летальною фазою, за якої відбувалося відмирання 100 % м'якунів унаслідок стрімкого розвитку в них асфіксії.

За прямого дифузного дихання кисень, розчинений у воді, осмотичним способом надходить до організму моллюсків через епітеліальні покриви їх тіла і масивну листкоподібну їх адаптивну зябру, значно збільшуючу загальну площу їх дихальної поверхні. Ефективність цього способу дихання становить у середньому 0,03 мг/год на 1 г загальної сирої маси тіла [16]. Тобто у процесі дифузного дихання ці тварини отримують кисню майже стільки ж, скільки й за дихання легеневого (табл. 2).

За 0,5 ГДК Zn^{2+} у аловидів витушок порівняно з контролем не зауважено зрушень у тривалості їх виживаності за відсутності легеневого дихання, що є проявом латентної фази процесу отруєння. За впливу Zn^{2+} рівня ГДК підвищувалися рухова та кормова активності тварин. З піднесенням токсиканта до 2 ГДК у середовищі життєва активність особин продовжувала посилюватись. У діапазоні концентрацій Zn^{2+} ГДК–2 ГДК у *P. corneus* s. l. відмічено прояв такого рівня адаптації до токсичних умов середовища, котрий відповідає фазі стимуляції патологічного отруєння і виживаність їх зросла в 1–1,2 рази. За 3 ГДК Zn^{2+} у них яскраво вираженою була депресивна фаза отруєння, за якої спостерігалось набрякання тканин тіла піддослідних особин зумовлене обводненням останнього. Крім того, у 18 % аловиду «західного» і у 21 % аловиду «східного» відбулися структурні та функціональні ураження покривного епітелію і спостерігалось часткове відмирання найбільш ослаблених особин (сублетальна фаза). Пізніше відбувалася загибель усіх піддослідних м'якунів унаслідок швидкого розвитку у них асфіксії (летальна фаза).

Вплив різних концентрацій Zn^{2+} на значення прямого дифузного дихання аловидів *P. corneus* s. l.

Концентрація токсиканта	n	Вживаність особин за відсутності легеневого дихання, $M \pm m$	CV, %
Аловид «західний» (р. Случ, смт. Миропіль)			
Контроль	20	56,30±2,48	
0,5 ГДК	19	57,82±2,11	
1 ГДК	19	58,14±2,52	
2 ГДК	18	61,83±5,31	
3 ГДК	17	30,46±4,56	
Аловид «східний» (р. Псел, с. Білоцерківка)			
Контроль	20	48,22±1,56	97,00
0,5 ГДК	18	50,26±2,43	96,60
1 ГДК	17	52,16±3,41	96,40
2 ГДК	19	59,86±4,67	
3 ГДК	18	20,74±3,42	97,50
Аловид «західний» (р. Гнила, с. Городниця)			
Контроль	20	54,16±2,78	
0,5 ГДК	18	55,41±2,86	
1 ГДК	19	57,23±4,56	
2 ГДК	19	63,76±4,21	
3 ГДК	17	28,14±3,04	
Аловид «східний» (р. Сула, м. Ромни)			
Контроль	20	50,42±3,04	95,00
0,5 ГДК	19	51,15±2,64	95,00
1 ГДК	18	52,34±2,34	96,00
2 ГДК	19	59,41±3,41	95,40
3 ГДК	17	22,62±2,24	95,80

У нормі та за впливу різних концентрацій Zn^{2+} аловид «західний» за відсутністю легеневого дихання зберігав життєздатність у 1,1–1,2 раза довше, ніж аловид «східний». Це характеризує останній із них як менш витривалий та більш чутливий до дії на нього використаного токсиканта.

Висновки

P. corneus s. l. – легеневий моллюск із бімодальним способом дихання. Переважну частину кисню він отримує, користуючись легенями (кисень атмосферного повітря), а меншу (розчинений у воді кисень) – перкутанно. Легеневе дихання здійснюється ним у циркадному ритмі. Удень підослідні особини роблять більшу кількість «вдихів» і інтервали між ними коротші, ніж уночі.

За впливу 0,5 ГДК–3 ГДК Zn^{2+} у витушок розвивається фазний патологічний процес – отруєння, за якого відбуваються структурні й функціональні ураження їх респіраторного легеневого й покривного епітелію. За високих концентрацій токсиканта це викликає летальність таких тварин унаслідок асфіксії.

Аловид «східний» щодо дії іонів Zn^{2+} на показники обох властивих йому способів дихання виявився більш чутливим і менш витривалим порівняно з аловидом «західним». Це може бути наслідком існування їх у різних кліматичних умовах. У аловиду «східного» вони несприятливіші через вищу посушливість клімату у межах його сьогочасного ареалу. Різний рівень чутливості аловидів витушок до дії вжитого токсиканта дозволяє рекомендувати їх для застосування як індикаторних об'єктів у моніторингу стану забруднення водних екосистем України іонами Zn^{2+} .

1. Алексеев В. А. Основные принципы сравнительно-токсикологического эксперимента. *Гидробиол. журнал*. 1981. Т. 17, № 3. С. 92–100.
2. Бабич Ю. В., Пінкіна Т. В. Вплив іонів важких металів на екотоксикологічні показники витушки рогової (Mollusca, Gastropoda, Pulmonata, Bulinidae). *Вісник Львівського університету*. 2021. № 84. С. 76–83. DOI: <https://doi.org/10.30970/vlubs.2021.84.07>.
3. Влияние трематодной инвазии на некоторые особенности дыхания пресноводных легочных моллюсков / Стадниченко А. П. и др. *Деп. в УкрНИИИИТИ* 28.03.90, № 582 – Ук 90. 17 с.
4. Гарбар Д. А. Діагностичне значення конхіологічних ознак молюсків роду *Planorbarius* (Bulinidae, Gastropoda, Pulmonata). *Вісник ЖДПУ*. 2003. № 11. С. 238–240.
5. Гарбар Д. А. Конхіологічні особливості *Planorbarius corneus* s. lato (Gastropoda, Pulmonata) фауни України. *Наук. вісн. Ужгород. ун-ту*. 2009. Т. 26. С. 56–61.
6. Гарбар Д. А. Молюски роду *Planorbarius* (Gastropoda, Pulmonata, Bulinidae) фауни України: аналіз морфологічних, каріологічних і генетичних ознак : автореф. дис. ... канд. біол. наук. Київ. 2006. 21 с.
7. Гарбар Д. А., Гарбар А. В. Кариологические особенности рода *Planorbarius* (Gastropoda, Pulmonata, Bulinidae) фауны Украины. *Цитология и генетика*. 2007. Т. 41, № 2. С. 49–55.
8. Динаміка якості поверхневих вод України на початку ХХІ століття / Гірій В. А. та ін. *Гідробіологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2011. Т. 4, № 25. С. 129–130.
9. Дудник С. В. Евтушенко М. Ю. Водна токсикологія: основні теоретичні положення та їх практичне застосування: монографія. Київ : Вид-во Укр. фітосоціологічного центру, 2013. 297 с.
10. Забруднення поверхневих водоем на початку ХХІ ст. досягло критичної межі. Природно-ресурсний аспект розвитку України / під ред. М. М. Корженева. Київ : КМАкадемія, 2001. 108 с.
11. Киричук Г. Е. Особенности накопления ионов тяжелых металлов в организме пресноводных моллюсков. *Гидробиол. журнал*. 2006. Т. 42, № 4. С. 89–110.
12. Киричук Г. Є. Фізіолого-біохімічні механізми адаптацій прісноводних молюсків до змін біотичних та абіотичних чинників водного середовища : автореф. дис. ... наук. ступ. д. б. н. Київ, 2011. 45 с.
13. Межжерин С. В., Гарбар Д. А., Гарбар А. В. Систематическая структура комплекса *Planorbarius corneus* (Linnaeus, 1758) s. lato: анализ аллозимных маркеров и морфометрических признаков. *Вестн. зоологии*. 2005. Т. 39, № 6. С. 11–17.
14. Метелев В. В. Канаев А. И. Дзасохова Н. Г. Водная токсикология. М. : Колос, 1971. 247 с.
15. Мислива Т. М., Кот І. С. Важкі метали у водах малих річок і боліт Житомирського Полісся. *Вісник ЖНАУ*, 2011. Т. 1 (29), № 2. С. 58–66.
16. Проссер Л., Браун Ф. Сравнительная физиология животных. М. : Мир, 1967. 766 с.
17. Романенко В. Д. Основи гідроекології: підручник. Київ : Обереги, 2001. 728 с.
18. Стадниченко А. П. Добова циклічність легеневого дихання прісноводних молюсків (Gastropoda, Pulmonata). *Гидробиол. журнал*. 2013. Т. 49, № 3. С. 44–50.
19. Стадниченко А. П., Бабич Ю. В., Гирин В. К. Просторовий розподіл популяцій *Planorbarius corneus* (Linnaeus, 1758) у гідромережі України у зв'язку із сучасними глобальними кліматичними зрушеннями умов довкілля. *Актуальні питання біологічної науки: збірник статей*. Ніжин : НДУ ім. Миколи Гоголя, 2020. С. 96–98.
20. Стадниченко А. П., Уваєва О. І., Киричук Г. Є. Симптоматика отруєння ставковиків (Mollusca, Gastropoda, Lymnaeidae) хром сульфатом водного середовища. *Вісник ОНУ. Біологія*. 2021. Т. 26, № 1(48). С. 89–101.
21. Сушкина А. П. Питание и рост некоторых брюхоногих моллюсков. *Труды ВГБО*. 1949. Т. 1. С. 118–131.
22. Хлебович В. В. Акклимация животных организмов. Ленинград : Наука, 1981. 136 с.
23. Büning E. Die Physiologische Uhr. Berlin : Springer-Verlag, 1958. 111 p.
24. Dunlap J. C., Loros J. J., DeCoursey P. J. Chronobiology. Sunderland, Massachusetts : Sinauer Associates, 2003. 382 p.
25. Janowicz L. M., Stadnychenko A. P. Symptomy zatrucia *Planorbarius corneus* (Mollusca, Gastropoda, Pulmonata) chrom (III)-sulfatem srodowiska wodnego. *Biology and ecology*. 2018. Vol. 4, № 2. P. 100–105.
26. Régondaud I. Development de la covité pulmonaire et de la covité palleale chez *Lymnaea stagnalis*. *C. r. Acad. Scé*. 1961. Vol. 252. P. 173–181.

References

1. Alekseev V. A. Osnovnye printsipy sravnitelno-toksikologicheskogo eksperimenta. *Gidrobiol. zhurnal*. 1981. T. 17, No 3. S. 92–100. [in Russian]
2. Babych Yu. V., Pinkina T. V. Vplyv ioniv vazhkykh metaliv na ekotoksykologichni pokaznyky vytushky rohovoi (Mollusca, Gastropoda, Pulmonata, Bulinidae). *Visnyk Lvivskoho universytetu*. 2021. No 84. S. 76–83. DOI: <https://doi.org/10.30970/vlubs.2021.84.07>. [in Ukrainian]

3. Vliianie trematodnoi invazii na nekotorye osobennosti dykhaniia presnovodnykh legochnykh molliuskov / Stadnichenko A. P. i dr. Dep. v UkrNIINTI 28.03.90, No 582. Uk 90. 17 s. [in Russian]
4. Harbar D. A. Diagnostychnie znachennia konkhiolohichnykh oznak moliuskiv rodu *Planorbarius* (Bulinidae, Gastropoda, Pulmonata). *Visnyk ZhDPU*. 2003. No 11. S. 238–240. [in Ukrainian]
5. Harbar D. A. Konkhiolohichni osoblyvosti *Planorbarius sorneus s. lato* (Gastropoda, Pulmonata) fauny Ukrainy. *Nauk. visn. Uzhhorod. un-tu*. 2009. T. 26. S. 56–61. [in Ukrainian]
6. Harbar D. A. Moliuskiv rodu *Planorbarius* (Gastropoda, Pulmonata, Bulinidae) fauny Ukrainy: analiz morfolohichnykh, kariolohichnykh i henetychnykh oznak : avtoref. dys. ... kand. biol. nauk. Kyiv. 2006. 21 s. [in Ukrainian]
7. Garbar D. A., Garbar A. V. Kariologicheskie osobennosti roda *Planorbarius* (Gastropoda, Pulmonata, Bulinidae) fauny Ukrainy. *Tsitologiya i genetika*. 2007. T. 41. No 2. S. 49–55. [in Russian]
8. Dynamika iakosti poverkhnevyykh vod Ukrainy na pochatku XXI stolittia / Hirii V. A. ta in. *Hidrobiolohiia, hidrokimiia i hidroekolohiia*. 2011. T. 4. № 25. S. 129–130. [in Ukrainian]
9. Dudnyk S. V. Evtushenko M. Yu. Vodna toksykolohiia: osnovni teoretychni polozhennia ta ikh praktychne zastosuvannia: monohrafiia. Kyiv : Vyd-vo Ukr. fitosotsiolohichnoho tsentru, 2013. 297 s. [in Ukrainian]
10. Zabrudnennia poverkhnevyykh vodoim na pochatku XXI st. dosiahlo krytychnoi mezhi. *Pryrodno-resursnyy aspekt rozvytku Ukrainy / pid red. M. M. Korzhnieva*. – Kyiv : KMAkademiia, 2001. 108 s. [in Ukrainian]
11. Kirichuk G. E. Osobennosti nakopleniia ionov tiazhelykh metallov v organizme presnovodnykh molliuskov. *Gidrobiol. zhurnal*. 2006. T. 42. No 4. S. 89–110. [in Russian]
12. Kyrychuk H. Ye. Fizioloho-biokhimichni mekhanizmy adaptatsii prisnovodnykh moliuskiv do zmin biotychnykh ta abiotychnykh chynnykiv vodnoho seredovyscha : avtoref. dys. ... nauk. stup. d. b. n. Kyiv, 2011. 45 s. [in Ukrainian]
13. Mezhzherin S. V., Garbar D. A., Garbar A. V. Sistematicheskaia struktura kompleksa *Planorbarius corneus* (Linnaeus, 1758) s. *lato*: analiz allozimnykh markerov i morfometricheskikh priznakov. *Vestn. zoologii*. 2005. T. 39. No 6. S. 11–17. [in Russian]
14. Metelev V. V. Kanaev A. I. Dzasokhova N. G. Vodnaia toksikologiia. M. : Kolos, 1971. 247 s. [in Russian]
15. Myslyva T. M., Kot I. S. Vazhki metaly u vodakh malykh richok i bolit Zhytomyrskoho Polissia. *Visnyk ZhNAU*, 2011. T. 1 (29), No 2. S. 58–66. [in Ukrainian]
16. Prosser L., Braun F. Sravnitelnaia fiziologiia zhivotnykh. M. : Mir, 1967. 766 s. [in Russian]
17. Romanenko V. D. Osnovy hidroekolohii: pidruchnyk. Kyiv : Oberehy, 2001. 728 s. [in Ukrainian]
18. Stadnychenko A. P. Dobova tsyklichnist lehenevoho dykhannia prisnovodnykh moliuskiv (Gastropoda, Pulmonata). *Hydrobiol. zhurnal*. 2013. T. 49, No 3. S. 44–50. [in Ukrainian]
19. Stadnychenko A. P., Babych Yu. V., Hyryn V. K. Prostorovyi rozpodil populiatsii *Planorbarius corneus* (Linnaeus, 1758) u hidromerezhi Ukrainy u zviazku iz suchasnymy hlobalnymy klimatychnymy zrushenniamy umov dovkillia. *Aktualni pytannia biolohichnoi nauky*: zbirnyk statey. Nizhyn : NDU im. Mykoly Hoholia, 2020. S. 96–98. [in Ukrainian]
20. Stadnychenko A. P., Uvaieva O. I., Kyrychuk H. Ye. Symptomatyka otruiennia stavkovykyv (Mollusca, Gastropoda, Lymnaeidae) khrom sulfatom vodnoho seredovyscha. *Visnyk ONU. Biolohiia*. 2021. T. 26. No 1(48). S. 89–101. [in Ukrainian]
21. Sushkina A. P. Pitanie i rost nekotorykh briukhonogikh molliuskov. *Trudy VGBO*. 1949. T. 1. S. 118–131. [in Russian]
22. Khlebovich V. V. Akklimatsiia zhivotnykh organizmov. Leningrad : Nauka, 1981. 136 s. [in Russian]
23. Büning E. Die Physiologische Uhr. Berlin : Springer-Verlag, 1958. 111 p.
24. Dunlap J. C., Loros J. J., DeCoursey P. J. Chronobiology. Sunderland, Massachusetts : Sinauer Associates, 2003. 382 p.
25. Janowicz L. M., Stadnychenko A. P. Symptomy zatruca *Planorbarius corneus* (Mollusca, Gastropoda, Pulmonata) chrom (III)-sulfatom srodoviska wodnego. *Biology and ecology*. 2018. Vol. 4. № 2. P. 100–105.
26. Régondaud I. Development de la covité pulmonaire et de la covité palleale chez *Lymnaea stagnalis*. *C. r. Acad. Scé*. 1961. Vol. 252. P. 173–181.

Yu. V. Babych

Zhytomyr Ivan Franko State University, Ukraine

THE IMPACT OF Zn²⁺ IN WATER ENVIRONMENT ON THE DIURNAL RESPIRATION CYCLICALITY OF *PLANORBARIUS CORNEUS* S. L. (MOLLUSCA, GASTROPODA, PLANORBIDAE) ALLOSPECIES

We investigated the impact of the different concentrations of Zn²⁺ in the water (in the 0.5 MPL – 3 MPL range) on the chronological features of lung and direct diffusive respiration in representatives

of superspecies complex of ramshorns *Planorbarius corneus* s. l. (“eastern” and “western” allospecies) from the Ukrainian river network. They have a bimodal respiration. Atmospheric oxygen goes into their true lungs through the breathing pore – pneumostome, – during the periodical rises up to the water surface tension film. And the oxygen soluble in the water is acquired by the osmosis through the epithelial body coverings and the surface of adaptive gill. Both ways are almost equally important for the oxygen supply of mollusks’ organisms.

Zn²⁺ ions are the powerful toxins of local effect for ramshorns. The excess of the MPL may lead to the impairment of stable homeostasis. Both *P. corneus* allospecies s. l. have clearly expressed diurnal cyclicity of their lung respiration (in the “day-night” rhythm). They perform 1.2–1.3 times more “inhalations” during the day with the shorter (1.3–1.4 times) intervals. This apparently is the consequence of physiological activity increasing in the period of their most intensive life-giving metabolic processes.

Under the 0.5 MPL of Zn²⁺ there were no statistically significant changes in lung and direct diffusive respirations indexes (comparing to the control) in both allospecies during the latent phase of their intoxication process. “Inhalations” during the day were 1.1 time longer than during the night in experimental animals. This let mollusks replenish the amount of oxygen they underreceived due to the decreased number of night “inhalations”.

Under MPL Zn²⁺ level the respirational indexes of ramshorns (number, length and volume of “inhalations” and intervals between them) increased on average 1.1 times. Their feeding and moving behaviors visibly activated, which promoted the increasing of the daily frequency of their respiration rhythm. Under the 2 MPL concentration of Zn²⁺ there was further significant increase (p<0.01) of all aforementioned respiration indexes. Both by day and at night the number and length of inhalations increased 1.1–1.2 times and their volume 1.3–1.4 times. After Zn²⁺ concentration increasing from MPL to 2 MPL the mollusks demonstrated the symptoms of stimulatory phase of intoxication.

Under this level of environmental toxicity, the increase of physiological activity allowed the ramshorns to adapt to new, less favorable conditions. Instead, under the toxicant concentration at 3 MPL they developed fast the symptoms of acute intoxication as last intoxication phases, quickly changing each other: depressive, sublethal and lethal. Mollusks lost their movability quite soon due to the water swelling of their tissues. This process was followed by structural injuries and functional impairments appeared in respirational epithelium, which drove the partial death of the weakest animals; later, all the experimental animals died due to the asphyxia development.

Under different Zn²⁺ concentrations, lung and diffusive respiration indexes appeared significantly lower (p<0.01) for “eastern” than those for “western” allospecies. This indicates the higher sensibility and lower endurance of the first allospecies regarding the toxicant used.

Keywords: *Planorbarius corneus* allospecies s.l., Zn²⁺, lung and diffusive respiration, diurnal cyclicity.

Надійшла 10.06.2022.