

**ВПЛИВ ІОНІВ CR (III) НА ПОКАЗНИКИ ДИХАННЯ АЛОВИДІВ
PLANORBARIUS CORNEUS S. L. (MOLLUSCA, GASTROPODA, PLANOR-
BIDAE) ГІДРОМЕРЕЖІ УКРАЇНИ**

Ю. Бабич¹, А. Стадниченко¹, О. Увасва^{2*}

¹*Житомирський державний університет імені Івана Франка*

вул. Велика Бердичівська, 40, Житомир 10002, Україна

²*Державний університет «Житомирська політехніка»*

вул. Чуднівська, 103, Житомир 10005, Україна

e-mail: bio-2016@ukr.net

Досліджено особливості впливу йонів Cr (III) у межах його концентрацій 0,5 ГДК–3 ГДК на показники легеневого та прямого дифузного дихання двох генетичних аловидів-вікаріантів («західного» і «східного») витушок рогових *Planorbarius corneus* s. l. гідромережі України. Цим м'якунам притаманний комбінований бімодальний спосіб дихання. Кисень атмосферного повітря вони отримують унаслідок легеневого дихання, а розчинений у воді – за допомогою прямого дифузного (поверхневого) дихання. Легеневе дихання здійснюється у кожного з аловидів функціонуванням їхніх справжніх легень, дифузне ж дихання – надходженням кисню в їхній організм осмотичним способом перкутанно крізь тонкостінні клітинні мембрани безпосередньо в цитоплазму епітеліальних покривів тіла і чималої поверхні адаптивної зябри.

Cr (III) для *P. corneus* s. l. – це біофільний життєдайний мікроелемент, який забезпечує активування низки ферментів і вітамінів, відповідальних за перебіг у цих м'якунів вуглеводного та ліпідного метаболізмів. Натомість у високих концентраціях Cr (III) – небезпечний для них токсикант локальної дії з високими кумулятивними властивостями. За перебування як «західного», так і «східного» аловидів у затруєному ним середовищі первинне накопичення йонів Cr (III) здійснюється в їхньому гепатопанкреасі, а подальший перерозподіл цього кумулянта між іншими тканинами й органами моллюсків забезпечується циркуляцією їхнього рідкого внутрішнього середовища – гемолімфи.

За 0,5 ГДК Cr (III) у середовищі перебування витушок значення усіх показників їхнього як легеневого, так і поверхневого дихання в обох досліджуваних аловидів відповідали рівню норми або були максимально наближеними до неї. Це – найпоказовіша з ознак першої за проявом у часі та найтривалішої за протяжністю її перебігу реакція-відповідь піддослідних моллюсків на вплив застосованого щодо них токсиканта, а саме – латентна фаза, що знаменує собою початок у них патологічного процесу – отруєння. Зазвичай найяскравіша її вираженість, як і найдовша тривалість спостерігаються під час застосування як токсичного чинника отрут локальної дії. Саме до категорії таких і належать іони важких металів, а отже, й іони Cr (III). Латентна фаза триває протягом того відтинку часу, у ході якого піддослідні тварини перебувають у сприятливих для них умовах середовища, що засвідчується відсутністю зрушень у їхній поведінці (руховій, кормовій і статевій). Такі тварини активно пересувалися по дну і стінках акваріума, регулярно спливали під плівку поверхневого натягу води задля здійснення процесу дихання, охоче живилися заданим їм кормом, а щодо

чотирьох із 54 піддослідних особин аловиду «східного» з р. Ворскла (с. Кириківка) відзначено було парування.

Підвищення концентрації Cr (III) у середовищі спочатку до рівня ГДК, а надалі – до 2 ГДК спричинилося до статистично вірогідного ($CV \geq 94,5-99,9\%$) зростання рівня показників як легеневого, так і поверхневого дихання м'якунів за обох згаданих вище концентрацій токсиканта у мірі, зростаючій зі збільшенням її значень. Підвищення рівня кормової активності особин, які майже з моменту постановки досліду охоче розпочали живитися, забезпечило зростання рівня енергозабезпечення зрослих потреб їхніх організмів за необхідності успішного протистояння токсичному впливові. Підвищення рівня фізіологічної активності витушок за перебування їх у середовищах, забруднених іонами Cr (III) на рівнях їхніх концентрацій ГДК і 2 ГДК, свідчать, що саме таким їхнім значенням відповідає наступний за латентною фазою етап процесу їхнього отруєння – фаза стимуляції. Ці м'якуни шкідливій дії на них токсиканта протиставляють підсилення інтенсивності їхнього дихання, здійснюючи це неоднаковою мірою за різних значень концентрації отруйного чинника. Так, якщо середня кількість вдихів за добу зростала у них лише в 1,1–1,3, а тривалість їх – в 1,3–1,4 разу, то збільшення добового об'єму вдихів було набагато інтенсивнішим – в 1,5–1,8 разу ($CV > 99,9\%$).

Натомість за 3 ГДК Cr (III) у середовищі зареєстровано різке падіння значень усіх показників обох способів дихання у піддослідних тварин до рівнів нижчих за такі, отримані для особин із групи контролю. Це ознака депресивної фази процесу отруєння – першої та найтривалішої із трьох завершальних фаз патологічного процесу. Дві останні його фази (сублетальна і летальна) значно короткотриваліші. Протягом першої з них відбувається часткове, а протягом другої – повне відмирання піддослідних м'якунів від задухи, зумовленої нестачею кисню в їхній гемолімфі за надлишку в ній вуглекислоти.

За всіх ужитих у токсикологічних дослідах концентрацій Cr (III) й за усіма досліджуваними показниками легеневого і дифузного поверхневого дихання значення їх щодо аловиду «східного» були нижчими ($CV \geq 94,5-99,9\%$), ніж щодо аловиду «західного». Це вказує на вищу чутливість і нижчу витривалість першого з них щодо дії на нього згаданого токсичного чинника.

Ключові слова: аловиди *P. corneus* s. l., іони Cr (III), легенева і пряме дифузне дихання

На кінець XX – початок XXI ст. зростання антропогенного тиску на гідросферу України спричинилося до зростання рівня забруднення її поверхневих вод численними компонентами техногенно-промислових, сільськогосподарських і комунально-побутових скидів і стоків [2, 12, 14, 18–22]. Одними з укр. небезпечних для їхніх мешканців-гідробіонтів є іони важких металів, функція-мішень яких – респіраторний епітелій органів дихання. В усіх зябродішних тварин це мерехтливий епітелій їхнього зябрового апарату, а у червононогих легенево-моллюсків (Gastropoda) – респіраторний епітелій їхніх легень, адаптивної зябри і покривів тіла. Ступінь ураженості його за дії йонів важких металів зумовлюється як рівнем концентрації цих токсикантів у водному середовищі, так і фізіологічним статусом особин, що підпадають під їхній вплив [11, 22, 28].

Незважаючи на деяку позитивну тенденцію до зниження рівня вмісту йонів важких металів у річковій мережі України протягом першого десятиліття XXI ст. [7], наразі концентрації їх у її водах залишаються все ще досить-таки суттєвими [22, 27]. Застосування ефективних заходів, спрямованих на екологічне оздоровлення й охорону від забруднення цими поллютантами її нативних вод, неможливе без регулярно здійснюваного екологічного моніторингу. Ефективність останнього зумовлюється вдалим вибором тваринного населення

індикаторних видів, придатних для застосування їх як тест-об'єктів у системі токсичності прісноводних організмів, опрацьованої В. Сладечком [31]. Безумовну доцільність використання її було беззаперечно визнано провідними українськими гідроекологами кінця ХХ ст. [3, 10]. Вона залишається, безумовно, актуальною і на сьогодні [27].

До небезпечних для тварин-гідробіонтів іонів важких металів належать іони хрому – Cr (III) і Cr (VI). Наявність першого із них як у лентичних, так і у лотичних водах Східної Європи зумовлена передусім природними чинниками – як вилужненням іонів Cr (III) із низки гірських порід (хроміт, крокоїт, уваровіт та ін.) [8], так і виділенням із донних відкладів унаслідок розкладання детриту [18]. Наразі, однак, незрівнянно вагомішу роль у забрудненні об'єктів гідромережі України цим поллютантом відіграють промислові підприємства, зокрема, металургійні та хімічні комбінати, які скидають у її різномірні водні об'єкти недоочищені, а часом і взагалі неочищені виробничі рештки [13, 14], що є вкрай загрозливим для водної біоти. Характер і рівень впливу йонів хрому на тварин-гідробіонтів залежить від концентрації їх у водному середовищі, а також від темпів надходження і накопичення в їхніх організмах. Cr (III) – біофільний мікроелемент, який у мікродозах забезпечує життєздатність водних тварин активуванням ферментів, відповідальних за перебіг у них вуглеводного і ліпідного метаболізмів, а також за побудову молекул ДНК [24, 27]. Натомість високі концентрації його є летальними для них: м'якуни втрачають можливість достатнього рівня енергозабезпечення їхнього метаболізму. Значно небезпечнішим за Cr (III) для гідробіонтів є Cr (VI), який спричиняє глибокі ураження центральної нервової системи, що призводять до порушення процесу формування у них статевих продуктів. Це призводить до розвитку у м'якунів безпліддя, спричиняючи тим самим зниження загальної чисельності й густини їхніх популяцій. Окрім того, Cr (VI) провокує у витушок канцерогенне ураження їхніх гепатопанкреаса і нирок. Поріг токсичної дії йонів Cr (III) для тварин-гідробіонтів становить 0,5, а Cr (VI) – 0,05 мг/л [24]. У гідромережі України показники вмісту у воді й у донних відкладах як Cr (III), так і Cr (VI) зростають у напрямку з півночі на південь (пропорційно збільшенню чисельності крупних промислових «хромових» підприємств, які забруднюють її води) і відзначаються плямистим характером розподілу по її теренах. Інтенсивно забруднені йонами хрому водотоки і водойми через їхній депресивний стан загрожують виникненням регресивних сукцесій у популяціях їхнього тваринного населення, зокрема, й у популяціях тих черевоногих моллюсків, які є об'єктами даного дослідження [9, 22, 28].

Геногеографічним аналізом розподілу генних частот локусу Es-1 у популяціях витушки *Planorbarius corneus* s. l. нещодавно було доведено, що це не вид, як вважалося дотепер, а надвидовий комплекс, представлений в Україні двома аловидами-вікаріантами, ареали котрих розмежовані неширокою зоною інтрогресивної гібридизації [4, 6, 15, 25].

Мета дослідження: у токсикологічному експерименті з'ясувати особливості впливу різних концентрацій (0,5 ГДК–3 ГДК) іонів Cr (III) водного середовища на показники легеневого і прямого дифузного дихання аловидів *Planorbarius corneus* s. l.

Матеріали та методи

Матеріал – 332 екз. *P. corneus* s. l. (див. рисунок), зібраних вручну: з них 178 екз. аловиду «західного» з гідромережі Правобережної України (р. Здвиж, смт Брусилів Житомирської обл.: 50°17'03.0»N, 29°31'00.9»E. Збір 05.08.2020 і р. Тетерів, м. Житомир: 50°14'08.37»N, 28°41'14.16»E. Збір 03.06.2021) і 154 екз. аловиду «східного» з Лівобережної України (р. Псел, с. Токарі Сумської обл.: 50°40'22.35»N, 34°28'14.80»E. Збір 21.07.2021 і р. Ворскла, с. Кириківка тієї ж обл.: 50°21'53.87»N, 35°07'20.19»E. Збір 03.07.2021). Видову приналежність аловидів витушок встановлено за [4, 6, 15].

До лабораторії матеріал транспортовано у малих (5 л) пластмасових відерцях (без води), обгорнутих інтенсивно зволоженою і складеною у 5–6 шарів мішковиною. Постановці токсикологічного дослідження передувала обов'язкова 15-добова аклімация м'якунів до умов лабораторного утримання, здійснена за стандартними правилами [23], а саме: ємність акваріумів – 10 л, щільність посадки піддослідних особин – 4 екз./л, температура води – 20–23 °С, її рН 7,7–8,7, оксигенізація – 8,2–8,9 мг O₂/дм³. Оновлення середовища – через кожні 2 доби. Годівля моллюсків – щодоби водоперицею (*Miriophyllum spicatum* L.) і частухою (*Alisma plantago-aquatica* L.) у рівному ваговому співвідношенні цих кормових компонентів.

Токсикологічний експеримент поставлено за [1]. Як токсикант у ньому застосовано сіль Cr₂(SO₄)₃ з маркуванням ч. д. а. у концентраціях 0,5 ГДК, ГДК, 2 ГДК, 3 ГДК (ужито ГДКр = 0,005 мг/дм³ у перерахунку на йон Cr (III) за експозиції 14 діб).

Особливості легеневого дихання *P. corneus* s. l. оцінювали за кількісними значеннями трьох показників, отриманих застосуванням стандартної методики [20–22] унаслідок цілодобового споглядання за особинами піддослідної та контрольної груп, проведеного протягом 3, 7, 11-ї діб від моменту постановки експерименту. При цьому у попередньо промаркованих особин (нумеруванням їхніх черепашок) підраховували кількість вдихів, здійснюваних ними за добу, а також виявляли тривалість і об'єм кожного з них. За тривалість вдиху приймали час від спливання тварини під плівку поверхневого натягу води і перфорації її за допомогою пневмостому задля забезпечення можливості надходження атмосферного повітря в легенеvu порожнину до моменту повернення моллюска у товщу води. Такі особини негайно використовували і задля визначення у них об'єму вдиху. Для цього гострою, тонкою і досить довгою голкою м'якунам швидко наносили один за одним кілька різких уколів у м'яз ноги, підраховуючи при цьому кількість повітряних пухирців, які виділялися з їхніх легень у відповідь на подразнення. Останні повторювали доти, доки очікувану реакцію більше не спостерігали.

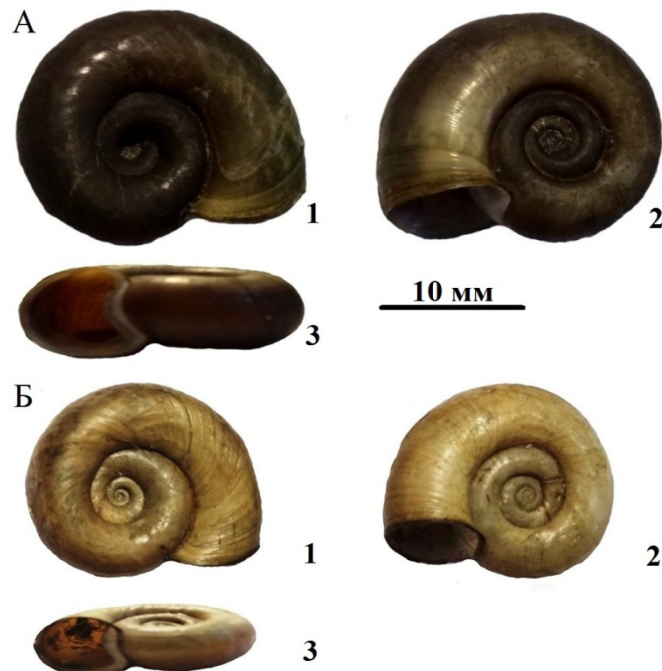
Інтенсивність дифузного дихання встановлювали непрямим методом – визначенням часу, протягом якого м'якуни зберігали життєздатність за безумовної відсутності у них можливості здійснювати легенеve дихання. Дихання блокували, утримуючи м'якунів на дні акваріумів у замкненої форми водонепроникних ємностях, виготовлених із сітчастої капронової делі, з вмонтованими в їхнє дно металевими тягарцями. Утримувані у замкнених ємностях піддослідні особини, вимушено перебуваючи на дні акваріума, дихали виключно розчиненим у воді киснем. Кількісно цей процес оцінювали за тривалістю виживаності піддослідних особин, які не мали можливостей для легеневого дихання.

Про вплив різних концентрацій токсиканта на перебіг поведінкових реакцій у витушок судили за ступенем активності проявів їхньої рухової, кормової, статевої поведінки порівняно з контролем.

Цифрові результати дослідження опрацьовано за допомогою стандартних методів базової варіаційної статистики, представлених у комп'ютерній програмі «Statistica 6.0». У них для кожного з чотирьох досліджуваних показників, окрім середніх значень і похибок до них, наведено відомості, що дають змогу оцінити ступінь мінливості останніх за величинами коефіцієнтів варіації, встановленими за таблицею Стьюдента (для малих сукупностей) порівнянням результатів, виявлених щодо особин дослідної та контрольної груп.

Результати і їхнє обговорення

Витушки (*Planorbarius*) відзначаються притаманністю їм комбінованого бімодального способу дихання. До другої половини ХХ ст. вважали, що їхні легені



Черепашки аловидів *Planorbarius corneus* s. l.: А – «західний» (р. Тетерів, м. Житомир); Б – «східний» (р. Псел, с. Токарі Сумської обл.); 1 – згори; 2 – знизу; 3 – збоку

гомологічні частині їхньої мантийної порожнини. Проте докладними дослідженнями особливостей іннервації їхніх легень на прикладі витушки рогової *P. corneus* (Linnaeus, 1758) було беззаперечно доведено [30], по-перше, що їхні легені й мантийна порожнина іннервуються від різних гангліїв їхньої центральної нервової системи. По-друге, за дефінітивного органогенезу зачаток легень формується у цих м'якунів шляхом впинання покривів тіла дуже задовго до утворення зачатку їхньої мантийної порожнини. Отже, легені, що забезпечують цим тваринам можливість дихати атмосферним повітрям, є їхнім новонабуттям, котре виникло у них упродовж тривалого еволюційного процесу як пристосування до якісно інших, докорінно нових, незвичних для них умов життя – вимушеного існування у наземно-повітряному середовищі. У подальшому ході еволюції витушки, знов опинившись у водному середовищі, зберегли, однак, й надалі здатність до легеневого способу дихання. Вентилювання ними легень здійснюється завдяки регулярному надходженню повітря через їхній дихальний отвір під час періодичних підйомів цих тварин під плівку поверхневого натягу води. Відбувається це тоді, коли вміст кисню в їхніх легенях знижується до рівня 2,8 % [17, 21], а кількість кисню, отриманого ними у процесі легеневого дихання, становить близько 0,025 мг/год на 1 г сирі маси їхнього тіла [17].

Інший спосіб отримання кисню цими молюсками – пряме поверхнєве дихання. Воно забезпечується дифузним надходженням кисню, розчиненого у воді, через тонкостінні клітинні мембрани епітеліальних покривів тіла, а також чималої за площею поверхні адаптивної зябри. Ефективність цього способу дихання становить для легеневих червононогих молюсків у середньому 0,03 мг/год на 1 г сирі маси тіла [17]. Отже, ефективність киснезабезпечення витушок за обох притаманих їм способів дихання є майже однаковою.

Сг (III) – екзогенний токсикант, який надходить в організм цих м'якунів із водного середовища переважно осмотичним способом перкутанно [22, 26], а також у вкрай мізерних кількостях – як компонент їхніх кормових об'єктів [12]. Відомо [9, 26], що у всіх Gastropoda (як прісноводних, так і морських) чітко вираженим є ефект матеріальної кумуляції в їхніх тканинах і органах іонів важких металів, у тому числі й іонів Сг (III) [9, 29]. Інтенсивне первинне накопичення його передусім відбувається у гепатопанкреасі цих моллюсків, а вже опісля між різними їхніми органами і тканинами йде поступовий розподіл кумулянта, зумовлений циркуляцією його йонів по судинах і лакунах кровоносної системи вкупі із їхньою гемолімфою. Результати дослідження впливу різних концентрацій іонів Сг (III) водного середовища на легенево і поверхнево дифузне дихання аловидів *P. corneus* s. l. представлені нижче (див. таблицю).

Вплив різних концентрацій Сг (III) на показники легеневого і поверхневого дифузного дихання аловидів *P. corneus* s. l.

Концентрація токсиканта	n	Показники легеневого дихання						Показник дифузного дихання (виживаність (год) без легеневого дихання)	
		Кількість вдихів за добу		Тривалість вдику, хв		Об'єм вдику, кількість пухирців		M±m	CV
		M±m	CV	M±m	CV	M±m	CV		
Аловид «західний» (р. Здвиж, смт Брусилів)									
Контроль	23	16,41±1,31		21,75±2,01		19,32±1,23		52,29±2,94	
0,5 ГДК	17	16,70±1,11	89,80	23,27±1,19	93,60	20,01±1,11	90,20	53,24±3,01	91,40
ГДК	14	19,61±1,23	94,50	25,12±1,21	94,80	27,25±1,22	96,80	59,13±5,17	96,50
2 ГДК	17	23,32±1,53	96,40	30,33±1,28	96,00	35,20±1,31	98,40	57,04±4,28	95,60
3 ГДК	20	14,11±1,09	98,00	15,24±1,07	97,80	11,11±1,20	99,80	23,11±3,15	99,90
Аловид «східний» (р. Ворскла, с. Кириківка)									
Контроль	18	14,70±1,11		19,28±2,43		17,31±1,01		40,20±2,22	
0,5 ГДК	16	15,18±1,21	90,40	20,11±1,16	91,20	18,00±1,12	90,80	42,13±1,46	93,80
ГДК	15	17,10±1,32	94,50	23,04±1,53	95,00	22,33±1,29	95,60	45,07±4,13	95,40
2 ГДК	21	19,81±1,50	95,40	24,84±1,11	95,50	26,44±1,41	97,00	55,31±3,02	99,00
3 ГДК	19	8,61±0,13	97,80	9,01±0,91	97,60	8,90±0,92	97,40	17,13±2,07	99,90
Аловид «західний» (р. Тетерів, м. Житомир)									
Контроль	16	15,12±1,09		20,51±1,33		17,14±1,12		56,21±3,05	
0,5 ГДК	18	14,90±1,17	89,80	21,23±1,21	90,80	19,11±1,13	94,00	53,19±1,87	94,40
ГДК	20	18,30±1,20	94,50	23,20±1,29	94,40	25,09±1,19	97,00	59,23±3,13	94,50
2 ГДК	18	20,50±1,07	95,60	28,29±1,19	96,50	32,16±1,28	96,40	61,11±4,05	95,60
3 ГДК	15	12,21±1,13	96,40	13,17±1,11	97,40	10,12±1,17	99,60	21,09±2,79	99,90
Аловид «східний» (р. Псел, с. Токарі)									
Контроль	11	14,19±1,17		18,16±1,89		15,93±1,08		44,91±2,12	
0,5 ГДК	14	14,01±1,12	88,50	18,32±1,19	88,40	18,27±1,17	90,80	45,14±1,51	90,60
ГДК	15	18,12±1,24	95,00	20,10±1,07	94,50	24,20±1,21	97,00	50,08±3,03	95,60
2 ГДК	13	22,13±1,19	96,00	24,15±1,16	96,00	26,13±1,33	96,50	52,22±2,41	96,50
3 ГДК	12	9,27±1,21	97,50	10,14±1,19	97,80	8,30±1,01	97,70	15,09±2,13	99,90

Примітка: n – кількість обстежених моллюсків, екз.; M±m – середнє значення показника з похибкою до нього; CV – коефіцієнт варіації, %

Дані таблиці свідчать, що ступінь вірогідності різниці показників як легеневого, так і поверхневого дифузного дихання витушок змінюється у прямій залежності від концентрації вжитого у дослідах токсиканта, статистично вірогідно зростаючи у межах останніх від ГДК до 2 ГДК включно і різко знижуючись за 3 ГДК. Натомість за 0,5 ГДК іонів Cr (III) у середовищі значення усіх показників як легеневого, так і дифузного дихання в обох аловидів відповідали рівню норми або були вкрай наближеними до неї. Це – найвиразніша з ознак найпершої за проявом у часі та найтривалішої за протяжністю її перебігу реакції-відповіді витушок на вплив застосованого щодо них токсиканта – латентної фази, що знаменує собою початок патологічного процесу отруєння у піддослідних м'якунів. Відомо [29], що найяскравіша його вираженість спостерігається зазвичай за застосування щодо піддослідних організмів як токсичного чинника саме отрут локальної дії, до категорії котрих якраз і належать іони важких металів, а отже, й іони Cr (III) [27]. Байдушність піддослідних особин до впливу на них токсичного середовища засвідчувалася також відсутністю відмінностей між ними і тваринами із контрольної групи за рівнями їхньої рухової та кормової активності. Незрозумілими для нас лишилися причини парадоксальної статевої поведінки аловиду «східного» (р. Ворскла, с. Кириківка), щодо котрого відзначено було за постановки токсикологічного дослідження два випадки парування піддослідних особин, які перебували в умовах латентної зони.

Підвищення концентрації токсиканта від рівня 0,5 ГДК до ГДК спровокувало збільшення значень показників обох характерних для витушок способів дихання, але різною мірою. Добова кількість вдихів і тривалість кожного з них за згаданих вище обставин зросли у них в середньому лише в 1,1–1,2 разу, тоді як об'єм вдихів – в 1,3–1,4 разу. Експозиція моллюсків у середовищі, концентрація Cr (III) в якому сягала рівня 2 ГДК, призвела до подальшого піднесення значень перших двох зі згаданих вище показників їхньої легеневої активності в 1,2–1,4, а двох останніх – в 1,2–1,3 разу. Зростання значень показників дифузного дихання відбулось у аловиду «західного» в 1,1, а у аловиду «східного» – в 1,2–1,4 разу. Зауважимо, що інтенсифікація як легеневого, так і поверхневого дифузного дихання у межах концентрацій токсиканта ГДК–2 ГДК здійснювалася на фоні активації рухової і кормової поведінок піддослідних об'єктів. Отже, ГДК–2 ГДК Cr (III) – це той діапазон концентрацій токсиканта, у межах якого в піддослідних витушок виразно проявляється наступний за латентною фазою черговий етап перебігу у них патологічного процесу отруєння – фаза стимуляції. У цій фазі максимально можливе піднесення м'якунами рівня фізіологічної активності давало їм зберегти протягом її тривалості 100 %-ву виживаність завдяки підтриманню ними достатнього для цього рівня життєспроможності. Піднесення концентрації Cr (III) у середовищі перебування витушок до рівня 3 ГДК викликало розвиток у них гострого отруєння. Воно проявлялося стрімким перебігом однієї за одною завершальних фаз патологічного процесу – найтривалішої з них депресивної та значно швидкоплинніших двох останніх – сублетальної і летальної. Протягом першої з них у піддослідних особин спостерігалось прогресуюче зі зростанням тривалості експозиції скорочення (порівняно з контролем) значень показників обох властивих їм способів дихання: добової кількості вдихів – в 1,2, тривалості й об'єму останніх – в 1,4–2 і в 1,4 разу відповідно. А виживаність особин, позбавлених можливості здійснювати легеневе дихання, зменшувалась у 2,3–2,7 разу. На сублетальній фазі відбувалося часткове відмирання піддослідних м'якунів, а летальна фаза позначилася 100 %-ю загибеллю особин від асфіксії, зумовленої руйнацією їхнього респіраторного епітелію – як легеневого, так і покривного.

Порівняння «західного» і «східного» аловидів за абсолютними значеннями показників їхнього легеневого і прямого поверхневого дихання, а також за відповідними їм величинами коефіцієнтів варіації щодо кожної з використаних у досліджах концентрацій St (III) свідчать, що аловид «східний» є чутливішим до впливу на нього йонів цього токсиканта, ніж аловид «західний». Однією з можливих причин такої відмінності між ними є різниця у звичних для кожного з них умовах існування. Сучасні ареали цих аловидів-вікаріантів просторово розмежовані між собою відносно неширокою (близько 100 км) зоною інтрогресивної гібридизації [4, 5]. Аловид «західний» розселений наразі у гідромережі центральних і західних регіонів Правобережної України, а ареал аловиду «східного» займає північно-східні та східні терени її Лівобережжя, а також увесь крайній південь Степової природно-географічної зони України. Ми схиляємося до думки тих дослідників, які припускають, що одним із найвагоміших чинників, які визначають сучасні межі ареалів кожного з аловидів витушок, є передусім ступінь посушливості клімату в межах займаних наразі ними ареалів [6]. Адже у межах ареалу аловиду «західного» кількість посушливих діб на рік зазвичай не перевищує 1 %, тоді як на півночі ареалу аловиду «східного» цей показник становить 1–10 %, а на південніших, отже, й на найпосушливіших його ділянках він нерідко перевищує 10 %-ве його значення [16].

Місцеположенням в Україні сучасних екологічних ніш усіх легеневих *Gastropoda*, у тому числі й обох аловидів *Planorbarius corneus* s. l., зумовлюється рівень доступності для них кисню, необхідного для забезпечення їхніх дихальних потреб – основи збереження життєздатності особин. Відомо [16], що тип дихання й інтенсивність метаболізму в усіх пойкилотермних тварин пов'язані між собою прямою корелятивною залежністю. Споживання кисню витушками виявилось прямо пропорційним масі їхнього тіла і було трохи вищим у аловиду «західного», однак інтенсивність метаболізму аловиду «східного» перевищувала таку аловиду «західного».

Піднесення рівня глобального потепління і зумовлені цим кліматичні зрушення в Україні неодмінно мають відбитися на значеннях природних умов, які характеризують біологічні ніші витушок, а отже, й на загальних розмірах і особливостях конфігурації їхніх ареалів. Моделюванням останніх станом на 2050 рік прогнозовано [5], що вже у найближчому майбутньому можна очікувати суттєвого скорочення і фрагментування їхніх площ (особливо аловиду «західного»), зумовлених статистично вірогідними зрушеннями значень принаймні десяти кліматичних чинників, властивих їхнім екологічним нішам. Очікується також зменшення площі зон інтрогресивної гібридизації, зумовлене обмеженням можливостей життєздатності обох аловидів, викликаним передбачуваним подальшим пригніченням інтенсивності дихальної функції цих м'якунів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Алексеев В. А. Основные принципы сравнительно-токсикологического эксперимента // Гидробиол. журнал. 1981. Т. 17. № 3. С. 92–100.
2. Афанасьев С. А., Гродзинский М. Д. Методика оценки экологических рисков, возникающих при воздействии источников загрязнения на водные объекты. К.: АйБи, 2004. 60 с.
3. Брагинский Л. П. Принципы классификации и некоторые механизмы структурно-функциональных перестроек пресноводных экосистем в условиях антропогенного пресса // Гидробиол. журнал. 1988. Т. 34. № 6. С. 72–94.
4. Гарбар А. В., Гарбар Д. А. Геноекогеографический подход к систематике моллюсков на примере алловидового комплекса *Planorbarius corneus* s. l. // Еколого-функціональні

- та фауністичні дослідження моллюсків, їх роль у біоіндикації стану навколишнього середовища. Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2006. С. 57–59.
5. Гарбар О. В., Бабич Ю. В., Стадниченко А. П., Гарбар Д. А. Біокліматичні особливості екологічних ніш та моделювання динаміки ареалів аловидів *Planorbarius corneus* в умовах змін клімату // Біологічні дослідження – 2020. Житомир: О.О. Свенюк, 2020. С. 150–153.
 6. Гарбар Д. А. Діагностичне значення конхіологічних ознак моллюсків роду *Planorbarius* (Bulinidae, Gastropoda, Pulmonata) // Вісн. ЖДПУ. 2003. № 11. С. 238–240.
 7. Гірій В. А., Колісник І. А., Косовець О. О., Кузнєцова Т. О. Динаміка якості поверхневих вод України на початку ХХІ століття // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2011. Т. 4. № 25. С. 129–136.
 8. Гусева Т. В., Молчанова Я. П., Заїца Э. А. и др. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды. М.: Эколайн, 2000. 127 с.
 9. Дерягин В. В., Назаренко В. В., Девятова Е. Р. Аккумуляция тяжелых металлов как отклик на критические уровни техногенного загрязнения водоемов Южного Урала // Самарск. научн. вестн. 2019. Т. 38. № 3. С. 31–38.
 10. Жукинський В. Н., Оксюк О. П., Олейник Г. Н., Кошелева С. И. Принципы и опыт построения экологической классификации качества поверхностных вод суши // Гидробиол. журнал. 1981. Т. 11. № 2. С. 38–49.
 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. С. Фізіолого-біохімічні механізми адаптації прісноводних моллюсків до змін біотичних та абіотичних чинників водного середовища: автореф. дис. ... д-ра біол. наук: 03.00.17. К., 2011. 45 с.
 13. Линник П. Н. Тяжелые металлы в поверхностных водах Украины: содержание и формы миграции // Гидробиол. журнал. 1999а. Т. 35. № 1. С. 22–42.
 14. Линник П. Н. Донные отложения водоемов как потенциальный источник вторичного загрязнения водной среды соединениями тяжелых металлов // Гидробиол. журнал. 1999б. Т. 35. № 2. С. 97–100.
 15. 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.
 16. Природа Украинской ССР. Климат / под. ред. К. Т. Логвинова. К.: Наук. думка, 1984. С. 113–145.
 17. Проссер Л., Браун Ф. Сравнительная физиология животных. М.: Мир, 1966. 766 с.
 18. Романенко В. Д. Основи гідроекології. К.: Обереги, 2001. 728 с.
 19. Стадниченко А. П., Иваненко Л. Д., Гузенко О. В. и др. Влияние совместного воздействия трематодной инвазии, температуры среды и азотнокислого свинца на легочное и кожное дыхание прудовика (*Pulmonata: Lymnaeidae*) // Паразитология. 1996. Т. 30. № 6. С. 515–519.
 20. Стадниченко А. П., Слостенко Н. Н., Безгодюв А. М. и др. Влияние трематодной инвазии на некоторые особенности дыхания пресноводных легочных моллюсков // Деп. в УкрНИИТИ. К., 1992. № 582-Ук 90. 17 с.
 21. Стадниченко А. П., Слостенко Н. Н., Гузенко О. В. и др. Влияние трематодной инвазии и азотнокислого свинца на легочное и кожное дыхание *Lymnaea stagnalis* (Mollusca, Lymnaeidae) // Паразитология. 1996. Т. 30. № 1. С. 76–80.

22. Стадниченко А. П., Уваєва О. І., Киричук Г. Є. Симптоматика отруєння ставковиків (Mollusca, Gastropoda, Lymnaeidae) хром сульфатом водного середовища // Вісн. ОНУ. Біологія. 2021. Т. 26. № 1(48). С. 89–101.
23. Хлебович В. В. Акклимация водных организмов. Л.: Наука, 1981. 136 с.
24. Янович Д. О., Швець Т. М. Хром у гідроекосистемах та його вплив на біоту водойм // Гидробиол. журнал. 2017. Т. 53. № 2. С. 70–87.
25. Babych Yu., Uvayeva O., Stadnychenko A. Food preferences of the great ramshorn *Planorbarius corneus* (Linnaeus, 1758) allospecies (Mollusca: Gastropoda: Planorbidae) from the Ukrainian river system // Folia Malacologica. 2021. Vol. 29. N 4. P. 204–211.
26. Conti M., Cecchetti G. A biomonitoring study: trace metals in algae and molluscs from Tyrrhenian coastal areas // Environ. Res. 2003. Vol. 93. P. 99–112.
27. Dudnik I. V., Evtushenko M. Yu. Hydrobiotoxicology: principal theoretical theses and their application. Kyiv: Ukrphytosociological centre. 2018. 297 p.
28. Janowicz L. M., Stadnychenko A. P. Symptomy zatrucia *Planorbarius corneus* (Mollusca, Gastropoda, Pulmonata) chrom (III)-sulfatem srodowiska wodnego // Biology and ecology. 2018. Vol. 4. N 2. P. 100–105.
29. Oros A., Gomoiu M.-T. Comparative data on the accumulation of five heavy metals (cadmium, chromium, copper, nickel, lead) in some marine species (mollusks, fish) from the Romanian sector of the Black Sea // Cercetari Marine. 2010. Vol. 39. P. 89–108.
30. 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.
31. Sladeček V. System of water quality from biological point of view // Arch. Hydrobiol. Beih. Ergeb. Limnol. 1973. H. 7. 218 p.

Стаття надійшла до редакції 28.09.21

доопрацьована 24.12.21

прийнята до друку 30.12.21

**EFFECT OF CR (III) IONS ON RESPIRATION PARAMETERS
OF THE ALLOSPECIES OF *PLANORBARIUS CORNEUS* S. L.
(MOLLUSCA, GASTROPODA, PLANORBIDAE)
OF THE HYDROLOGICAL NETWORK OF UKRAINE**

Yu. Babych¹, A. Stadnychenko¹, O. Uvayeva^{2*}

¹*Zhytomyr Ivan Franko State University
40, Velyka Berdychivska St., Zhytomyr 10002 Ukraine*

²*Zhytomyr Polytechnic State University
103, Chudnivska St., Zhytomyr 10005, Ukraine*

**e-mail: bio-2016@ukr.net*

The peculiarities of the influence of Cr (III) ions within the concentrations of 0.5 MPC to 3 MPC were studied on the indicators of pulmonary and direct diffuse respiration in snails of the “western” and “eastern” genetic vicariant allospecies of *Planorbarius corneus* s. lato in the hydrological network of Ukraine. These molluscs, like all Pulmonata, have a bimodal respiration pattern. Oxygen is obtained by pulmonary respiration from the air, and by direct diffuse (surface) respiration from the water. Pulmonary respiration is performed with true lungs in both allospecies, while diffuse respiration is caused by the inflow of oxy-

gen through the thin-walled cell membranes of the epithelial surfaces of their bodies into the cells of neighboring tissues.

To *P. corneus* s. l., Cr (III) ions are an exogenous toxicant of localized action with high cumulative properties. The presence of snails of both “western” and “eastern” allospecies in a contaminated Cr (III) medium was associated with the primary accumulation of this microelement in their hepatopancreas, followed by redistribution of the cumulant between other tissues and organs of the molluscs poisoned due to the circulation of their liquid internal environment, the haemolymph.

At 0.5 MPC of Cr (III) in the environment containing the specimens of both allospecies, the parameters of their pulmonary and diffuse percutaneous respiration were in the range of normal values. That was the latent phase, the longest of all phases of the pathological process of poisoning. The increase in the concentration of Cr (III) to the level of MPC, and then to 2 MPC was accompanied by an increase in the respiratory activity of molluscs in response to the concentrations of involved toxicants, which corresponded to the phase of stimulation of the poisoning process. At 3 MPC Cr (III), there was a sharp drop in the values of all studied parameters of both respiratory modes in the experimental animals to a level lower than the values obtained for the control group. The values of studied parameters of both pulmonary and diffuse respiration were significantly lower for the snails of the “eastern” allospecies than for those for “western” allospecies at all used Cr (III) concentrations. This indicates a greater sensitivity and lesser tolerance of snails of the “eastern” allospecies to the action of the toxic factor under discussion.

Keywords: allospecies of *P. corneus* s. l., Cr (III) ions, pulmonary and diffuse respiration