

**ОСОБЛИВОСТІ ХРОНІЧНОЇ ДІЇ ІОНІВ ДЕЯКИХ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ
(Cr^{3+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Co^{2+} та Ni^{2+}) НА ОСНОВНІ ФІЗИКО-ХІМІЧНІ
ВЛАСТИВОСТІ ГЕМОЛІМФИ *Planorbarius purpura***

Г. Є. КИРИЧУК, доктор біологічних наук

Житомирський державний університет імені Івана Франка

E-mail: kyrychuk@zu.edu.ua

Анотація. Досліджено хронічну дію (14 діб) низьких концентрацій (0,5-10 гранично-допустима концентрація (ГДК)) іонів деяких важких металів (Cr^{3+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+}) на основні фізико-хімічні властивості гемолімфи *Planorbarius purpura*. Регуляторними ефектами характеризуються іони Ni^{2+} ; Co^{2+} ; Fe^{3+} (0,5 ГДК), Ni^{2+} ; Mn^{2+} ; Fe^{3+} ; Cr^{3+} (2 ГДК), Mn^{2+} ; Cr^{3+} ; Pb^{2+} ; Cd^{2+} (5 ГДК), Zn^{2+} (10ГДК). Токсичний ефект виявляють: Mn^{2+} та Cr^{3+} (0,5 ГДК), Co^{2+} та Cd^{2+} (2 ГДК), Ni^{2+} ; Co^{2+} ; Fe^{3+} (5 ГДК), Cr^{3+} (10 ГДК)

Ключові слова: гемолімфа, прісноводні молюски, *Planorbarius purpura*, гемоглобін, іони важких металів

Відомо, що безхребетні тварини використовують для переносу кисню дихальні пігменти, які представлені основними білками що знаходяться в гемолімфі. Вони є досить різноманітними і представлені переважно гемоглобіном, гемоеритрином чи хлорокруорином [17]. Зазначимо, що навіть у близькоспоріднених молюсків гемоглобін може знаходитися як в дифузному стані в гемолімфі тварин, так і в спеціалізованих клітинах [2]. Гемоглобін як дихальний пігмент характерний для гемолімфи в основному двостулкових молюсків таких родин: Arcidae, Astaridae, Carditidae, Tellinidae, Donacidae, Solenidae [20]. У червононогих молюсків цей тип дихального пігменту відмічено лише для родин Planorbidae, Bulinidae, Camptoceridae. Питання про функціональне навантаження цього пігменту давно обговорюється [23, 25], однак, не існує однозначного погляду щодо даної проблеми. Одні дослідники [15] вважають, що основною функцією гемоглобіну є транспорт кисню до тканин та HCO_3^- від них, інші [21], що він підтримує колоїдноосмотичний тиск

гемолімфи. Треті, враховуючи власні дослідження, припускають, що цей білок є одним з важливих чинників водно-сольового обміну. Крім того, доведено [2], що гемоглобін забезпечує високу буферну ємкість гемолімфи тоді, коли молюски переходять на анаеробний шлях обміну. Однією з головних функцій гемоглобіну, крім підтримки колоїдно-осмотичного тиску, є буферна функція, що сприяє збереженню сталості внутрішнього середовища організму [20]. Аналіз всіх попередніх досліджень призвів до висновку [3] про поліфункціональні властивості гемоглобіну.

Зростаюче щороку антропогенне навантаження призводить до збільшення в континентальних водоймах вмісту іонів важких металів (ВМ). Серед останніх значний вміст належить Fe, Mn, Ni, Co, Cr. Зазначимо, що розчинні форми цих іонів належать до найбільш біодоступних [7]. Разом з тим, ці іони виконують ряд важливих функцій в організмі гідробіонтів і належать до групи біогенних хімічних елементів. Нікол досить широко поширений елемент, який впливає на процеси гемопоезу, приймає участь в вуглеводному обміні, прискорює процес утворення клітин крові [4]. Іони Fe^{3+} входять до складу дихальних пігментів, активних центрів оксидаз, гідроксилаз, супероксиддисмутази, гуанілциклази, цитохромів, каталаз, пероксидаз [7]. Іони Mn^{2+} приймають участь в синтезі глюкопротеїдів та протеогліканів, виступають кофакторами гідролаз, декарбоксилаз, трансфераз, входять до складу піруваткарбоксилази, аргінази, супероксиддисмутази, активатори великого числа ферментів (аденілциклази, глутамінсинтетази, РНК-полімерази та ін.) [14]. Іони Co^{2+} входять до складу коферментів 5'-дезоксиаденозилкобаламін та метилкобаламін та приймають участь у синтезі гема, нуклеотидів та ресинтезі метіоніну. Cr^{3+} виступає фактором толерантності до глюкози, захищає нуклеїнові кислоти від процесів денатурації [14]. У невеликих кількостях ці речовини абсолютно необхідні гідробіонтам, однак перевищення їх вмісту в навколишньому середовищі призводять до мутагенного та канцерогенного ефекту [7].

Саме тому під час вирішення комплексної оцінки щодо якості водного середовища для гідробіонтів, прогнозування їх стану та забезпечення успішної

реалізації біопотенції, слід враховувати два аспекти, що відображають процес підтримання динамічної рівноваги в системі організм-середовище – рівень біологічної, насамперед фізіолого-біохімічної, активності організму та вплив на нього і реакція-відповідь організму на дію постійних (супутніх) і критичних (флуктуаційних) абіотичних чинників водного середовища.

Метою нашої роботи було дослідження довготривалої (14 діб) дії низьких концентрацій іонів Fe^{3+} , Cr^{3+} , Mn^{2+} , Ni^{2+} та Co^{2+} на фізико-хімічні властивості гемолімфи типового представника гідроценозів *Planorbarius purpura*, яке проводилося вперше. Зазначимо, що ці дослідження є продовженням вивчення дії іонів ВМ на властивості гемолімфи витушки пурпурної [11, 12].

Матеріал і методи дослідження: 300 екз. витушки пурпурної *Planorbarius purpura* (O.F.Müller, 1774), зібраних у жовтні 2012 року у басейні р. Тетерів (м. Житомир). Моллюсків піддавали 14-добовій аклімації. Їх утримували у кількості 5–7 екз. у 3-літрових ємкостях, заповнених дехлорованою відстоюванням водою з водогінної мережі протягом доби. Умови аклімації: температура 21–23 °С, рН 7,2–7,6, вміст кисню у воді 8,6–9,0 мг O_2 /дм³. Підгодовували тварин мацерованими у воді протягом 5–6 діб шматочками (2×2 см) білоголівкової капусти. Токсикологічні досліди поставлені за методикою В.А.Алексєєва [1]. Як токсиканти використано солі металів з однойменним аніоном: $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ марки ч.д.а. Розрахунок концентрацій проведено на катіон. Експозиція – 14 діб. Токсичне середовище змінювали кожну добу. Використано концентрації, що відповідають 0,5; 2; 5 та 10 ГДК_{рибогосподарське} (табл.1).

Гемолімфу отримували методом прямого знекровлення безпосередньо перед дослідженням. За допомогою інсулінового шприца заміряли загальний об'єм гемолімфи. Вміст гемоглобіну визначали геміглобінціанідним методом із застосуванням ацетонціангідрину [6].

1. Концентрації токсикантів використані в досліді

| Токсикант | 0,5 ГДК мг/дм ³ | 2 ГДК мг/дм ³ | 5 ГДК мг/дм ³ | 10 ГДК мг/дм ³ | ГДК _{санітарно-гігієнічні} (мг/дм ³) [5] | ГДК _{рибогосподарські} (мг/дм ³) [5] |
|------------------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|--|--|
| Mn ²⁺ | 0,005 | 0,02 | 0,05 | 0,1 | 0,1 | 0,01 |
| Co ²⁺ | 0,005 | 0,02 | 0,05 | 0,1 | 0,1 | 0,01 |
| Cr ³⁺ | 0,0025 | 0,01 | 0,025 | 0,05 | 0,5 | 0,005 |
| Fe ³⁺ | 0,05 | 0,2 | 0,5 | 1 | 0,3 | 0,1 |
| Ni ²⁺ | 0,005 | 0,02 | 0,05 | 0,1 | 0,1 | 0,01 |

Для порівняння наших досліджень з результатами інших дослідників, в обговоренні ми враховували, що коефіцієнт перерахунку вмісту гемоглобіну з г% в г/дм³ дорівнює 10 [6]. Забезпеченість гемоглобіном одиниці загальної маси та маси м'якого тіла молюсків виявляли розрахунковим методом. З метою уникнення впливу на досліджені показники біотичного чинника для дослідження обрано лише неінвазованих особин. Усі цифрові матеріали оброблено методами варіаційної статистики [16].

Результати та їх обговорення. Дослідження [13] вмісту гемоглобіну в організмі *P. corneus* та *P. purpura* показали що показники його концентрації коливаються в межах від 0,19 до 2,17 г%. Вони залежать від сезону, наявності певного виду трематоди та характеризуються екологічною мінливістю [13]. Саме тому, ми використали в експериментах тварин, відібраних одночасно з одного біотопу, та проаналізували лише неінвазованих особин, для виключення дії додаткового біотичного чинника. Нами встановлено, що вміст гемоглобіну в контрольній групі особин коливається в межах 6,50-11,00 г/дм³. Зазначимо, що інші дослідники [18, 19], як правило, досліджували короткотривалу дію (2 доби) високих (летальних, залпових) концентрацій іонів ВМ (ЛК₂₅, ЛК₅₀, ЛК₇₅), що давало змогу змодельовати реакцію гідробіонтів в разі техногенної катастрофи, спричиненої викидами у водне середовище іонів ВМ. Досліджено [19] дію FeCl₃ в концентрації 100, 200, 300 мг/л (експозиція 2 доби) на основні показники гемолімфи *P. corneus*. Встановлено, що іони феруму (Ш) за зазначених умов не призводять до статистично достовірних змін вмісту гемоглобіну (від 1,10±0,038 до 1,270±0,064 г%), що на думку автора

свідчить про слабку токсичність іону феруму (Ш) для *P. corneus*. Проаналізовано дію іонів ніколу (C=76 мг Ni²⁺/л; C=190 мг Ni²⁺/л; C=304 мг Ni²⁺/л; експозиція 2 доби) на фізико-хімічні властивості гемолімфи витушки рогової. Показано, що у неінвазованих особин зареєстровано незначне (7,00 – 18,80 %) зниження вмісту гемоглобіну, в той час як показники забезпеченості гемоглобіном загальної маси тіла та маси м'якого тіла знижувалися в 1,2-1,5 рази [18]. Однак наші дослідження хронічної дії (14 діб) низьких концентрацій іонів ВМ (в межах 0,5-10 ГДК) показали, що дія іонів Cr³⁺, Mn²⁺, Fe³⁺, Co²⁺ та Ni²⁺ в концентрації, що відповідає 0,5 ГДК на показники вмісту гемоглобіну у гемолімфі *P. purpura* (експозиція 14 діб), є близькоспорідненою (рис.1). Так, вміст гемоглобіну коливається в межах від 5,46 до 9,13 г/дм³. Відмічено тенденцію до зниження рівня гемоглобіну на 0,43 – 26,50% за дії зазначеної концентрації іонів ВМ, але статистично вірогідних відмінностей з контрольною групою тварин при цьому не встановлено. За забезпеченням гемоглобіном відносно загальної маси тіла при цій концентрації токсикантів вибудовується такий ряд токсичності металів: Co²⁺ < Ni²⁺ < Fe³⁺ < Mn²⁺ < Cr³⁺. Ця ж послідовність характерна і для забезпеченості гемоглобіном маси м'якого тіла (г/кг).

Встановлено, що за дії досліджуваних іонів в концентраціях, що відповідають 2-10 ГДК, вміст гемоглобіну у молюсків знижується за зростання концентрацій токсикантів усіх іонів (рис. 1).

Зазначимо, що забезпеченість гемоглобіном загальної маси тіла у контрольної групи тварин варіює від 1,706 до 4,908 г/кг та складає 2,605±0,063 г/кг, значення забезпеченості гемоглобіном маси м'якого тіла відповідно становить 7,119±0,301(г/кг).

На відміну від вмісту гемоглобіну аналіз показників забезпечення гемоглобіном загальної маси тіла і маси м'якого тіла молюсків, які зазнали дії різних концентрацій іонів ВМ, показав дещо іншу картину (рис. 2, 3), що дозволило вибудувати такі ряди токсичності досліджених іонів ВМ за показниками забезпечення гемоглобіном загальної маси тіла та маси м'якого

тіла молюсків: 2 ГДК: $Co^{2+} < Ni^{2+} < Fe^{3+} < Cr^{3+} < Mn^{2+}$; 5 ГДК: $Ni^{2+} \leq Co^{2+} < Fe^{3+} < Cr^{3+} < Mn^{2+}$; 10 ГДК: $Ni^{2+} \leq Co^{2+} < Mn^{2+} < Fe^{3+} < Cr^{3+}$.

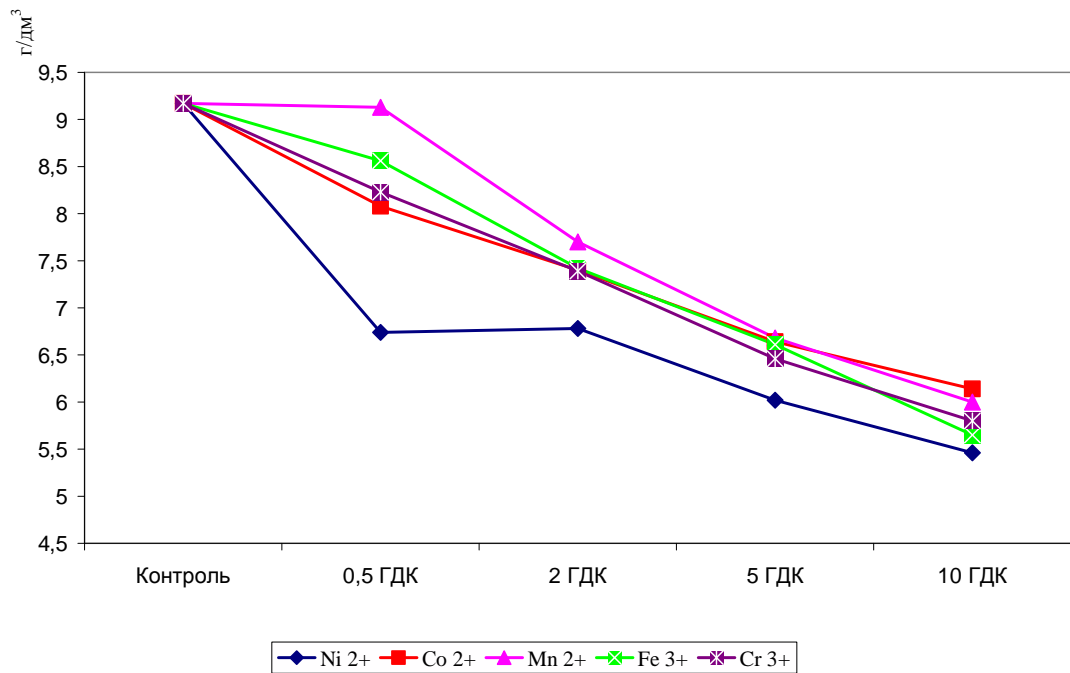


Рис. 1. Хронічна дія різних концентрацій іонів ВМ на вміст гемоглобіну (г%) *P. purpura* (вісь x – концентрація токсиканту, вісь y – вміст гемоглобіну, г/дм³)

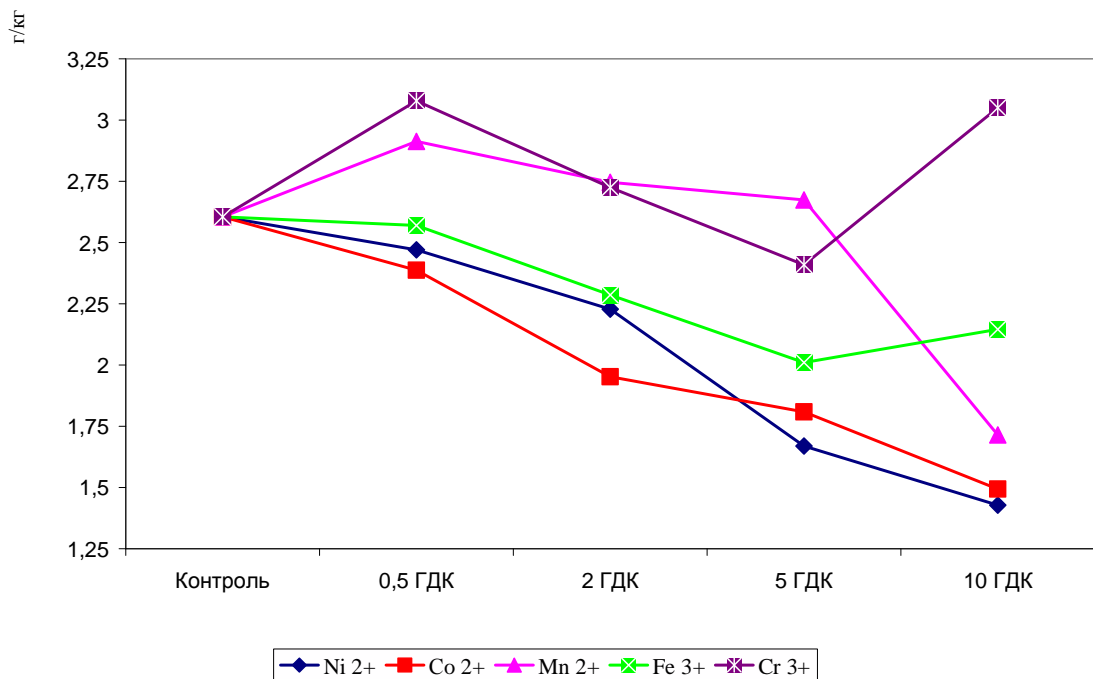


Рис. 2. Хронічна дія різних концентрацій іонів ВМ на забезпеченість гемоглобіном загальної маси тіла (г/кг) *P. purpura* (вісь x – концентрація токсиканту, вісь y – забезпеченість гемоглобіном загальної маси тіла (г/кг))

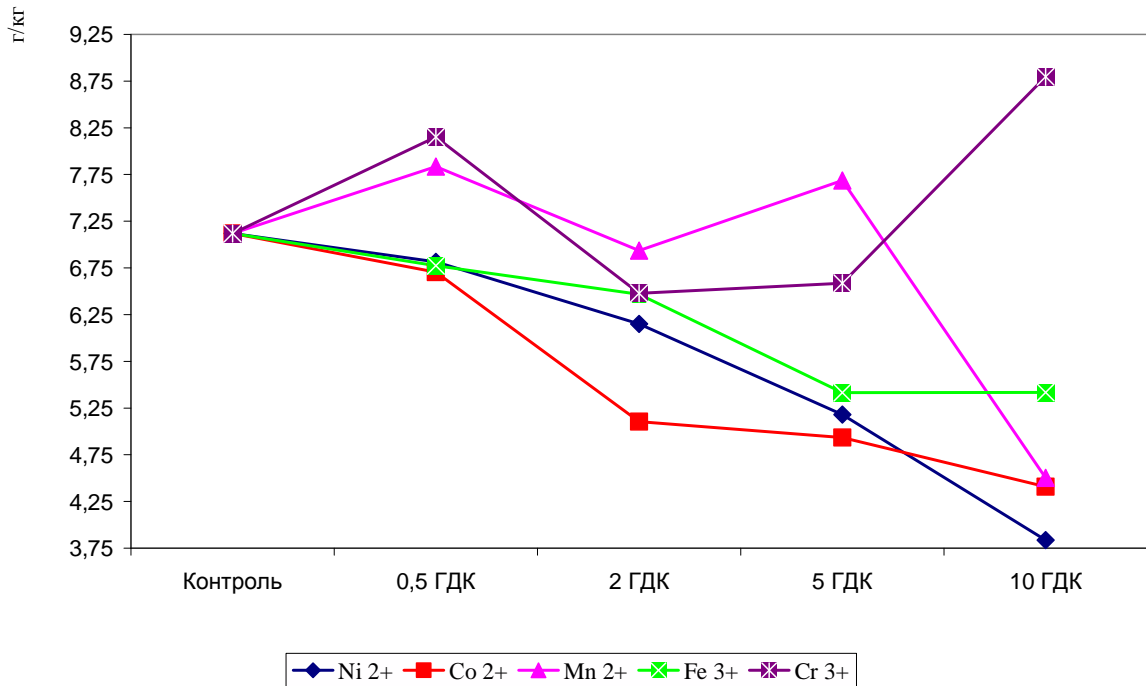


Рис. 3. Хронічна дія різних концентрацій іонів ВМ на забезпеченість гемоглобіном маси м'якого тіла (г/кг) *P. purpura* (вісь x – концентрація токсиканту, вісь y – забезпеченість гемоглобіном маси м'якого тіла (г/кг))

Таким чином, наші ряди токсичності прямопропорційно пов'язані з величинами іонного потенціалу іонів ВМ та оберненопропорційно – з іонним радіусом [10, 22] за виключенням іону мангану, який вибивається із загальної картини (рис. 2, 3). Саме тому однотиповою тенденцією за характером дії відзначаються іони Co^{2+} , Ni^{2+} та Fe^{3+} . Що ж стосується іонів Mn^{2+} , то його концентрації, що відповідають 0,5-5 ГДК, виявили стимулюючий ефект щодо показників забезпеченості гемоглобіном організму молюсків, підвищення концентрації даного іону до 10 ГДК призвели до різкого (34,17-36,76 %) зниження обговорюваних показників. Водночас іони хрому (III) концентрацією 0,5-10 ГДК призвели до розвитку гіпергідремії досліджених тварин, яка проявилася набряком тіла за зниження об'єму гемолімфи на 25,28-53,01 % (табл. 2) та є наслідком порушення водно-сольового балансу у молюсків.

2. Вплив іонів ВМ на деякі показники гемолімфи *P.purpura*

| Токсикант | Концентрація токсиканта (ГДК) | n | Об'єм гемолімфи, мл | | Об'єм гемолімфи до загальної маси тіла, мл/г | | Об'єм гемолімфи до маси м'якого тіла, мл/г | |
|------------------|-------------------------------|-----|---------------------|-------|--|-------|--|-------|
| | | | $X \pm m_x$ | CV | $X \pm m_x$ | CV | $X \pm m_x$ | CV |
| Ni ²⁺ | 0,5 | 20 | 0,469±0,033 | 31,87 | 0,178±0,013 | 32,40 | 0,510±0,046 | 40,22 |
| | 2 | 20 | 0,874±0,048 | 32,21 | 0,211±0,011 | 22,65 | 0,585±0,036 | 27,61 |
| | 5 | 20 | 0,749±0,072 | 43,23 | 0,194±0,012 | 27,29 | 0,611±0,056 | 41,32 |
| | 10 | 20 | 0,755±0,075 | 44,73 | 0,180±0,013 | 31,82 | 0,491±0,041 | 37,35 |
| Co ²⁺ | 0,5 | 20 | 0,777±0,077 | 44,40 | 0,210±0,016 | 33,44 | 0,622±0,065 | 46,65 |
| | 2 | 20 | 0,609±0,040 | 29,12 | 0,173±0,011 | 28,06 | 0,461±0,044 | 42,94 |
| | 5 | 20 | 0,717±0,041 | 25,66 | 0,193±0,011 | 24,60 | 0,523±0,040 | 33,95 |
| | 10 | 20 | 0,886±0,052 | 26,23 | 0,211±0,008 | 17,29 | 0,629±0,038 | 27,38 |
| Mn ²⁺ | 0,5 | 20 | 0,665±0,041 | 27,63 | 0,209±0,010 | 21,25 | 0,570±0,041 | 32,74 |
| | 2 | 20 | 0,595±0,042 | 31,93 | 0,210±0,014 | 30,70 | 0,539±0,046 | 38,31 |
| | 5 | 20 | 0,527±0,041 | 35,22 | 0,209±0,017 | 35,66 | 0,623±0,064 | 46,36 |
| | 10 | 20 | 0,767±0,053 | 31,07 | 0,214±0,011 | 21,96 | 0,566±0,036 | 28,20 |
| Fe ³⁺ | 0,5 | 20 | 0,771±0,056 | 32,60 | 0,226±0,011 | 21,98 | 0,611±0,053 | 38,52 |
| | 2 | 20 | 0,710±0,048 | 30,07 | 0,219±0,014 | 30,22 | 0,627±0,069 | 49,15 |
| | 5 | 20 | 0,792±0,071 | 39,14 | 0,227±0,009 | 16,52 | 0,621±0,041 | 28,79 |
| | 10 | 20 | 0,538±0,047 | 36,82 | 0,199±0,017 | 35,36 | 0,520±0,060 | 49,24 |
| Cr ³⁺ | 0,5 | 20 | 0,517±0,045 | 39,14 | 0,188±0,013 | 30,33 | 0,517±0,057 | 48,94 |
| | 2 | 20 | 0,609±0,037 | 26,99 | 0,226±0,019 | 37,71 | 0,538±0,036 | 29,95 |
| | 5 | 20 | 0,557±0,043 | 34,89 | 0,205±0,016 | 34,70 | 0,575±0,059 | 25,69 |
| | 10 | 20 | 0,383±0,022 | 25,99 | 0,199±0,011 | 25,69 | 0,573±0,039 | 30,24 |
| КОНТРОЛЬ | | 100 | 0,815±0,033 | 40,57 | 0,221±0,007 | 30,23 | 0,604±0,027 | 45,13 |

Комплексний аналіз отриманих нами даних на основі дії досліджених катіонів і Zn²⁺; Pb²⁺; Cd²⁺ [11] дозволив виокремити дві групи елементів. Зазначимо, що під час дослідження впливу іонів ВМ концентрацією ЛК₂₅⁴⁸ на деякі білки (альбуміни та глобуліни) гемолімфи *P. purpura* [12] відмічено спорідненість дії Mn²⁺; Co²⁺; Fe³⁺. За токсичним ефектом – близькі до дії Cr³⁺, Cu²⁺, Cd²⁺, Pb²⁺, Zn²⁺, що характерно і за дослідження вмісту гемоглобіну та забезпеченості їм загальної маси тіла та маси м'якого тіла за хронічній дії іонів ВМ, але лише за концентрації, що відповідала 0,5 ГДК. Щодо регуляторних ефектів відмічено спорідненість Ni²⁺; Co²⁺; Fe³⁺ (0,5 ГДК), Ni²⁺; Mn²⁺; Fe³⁺; Cr³⁺ (2 ГДК), Mn²⁺; Cr³⁺; Pb²⁺; Cd²⁺ (5 ГДК), Zn²⁺ (10ГДК). Друга група, яка виділяється серед іонів ВМ, характеризується токсичним ефектом і

представлена: Mn^{2+} та Cr^{3+} (0,5 ГДК), Co^{2+} та Cd^{2+} (2 ГДК), Ni^{2+} ; Co^{2+} ; Fe^{3+} (5 ГДК), Cr^{3+} (10 ГДК) (рис. 4).

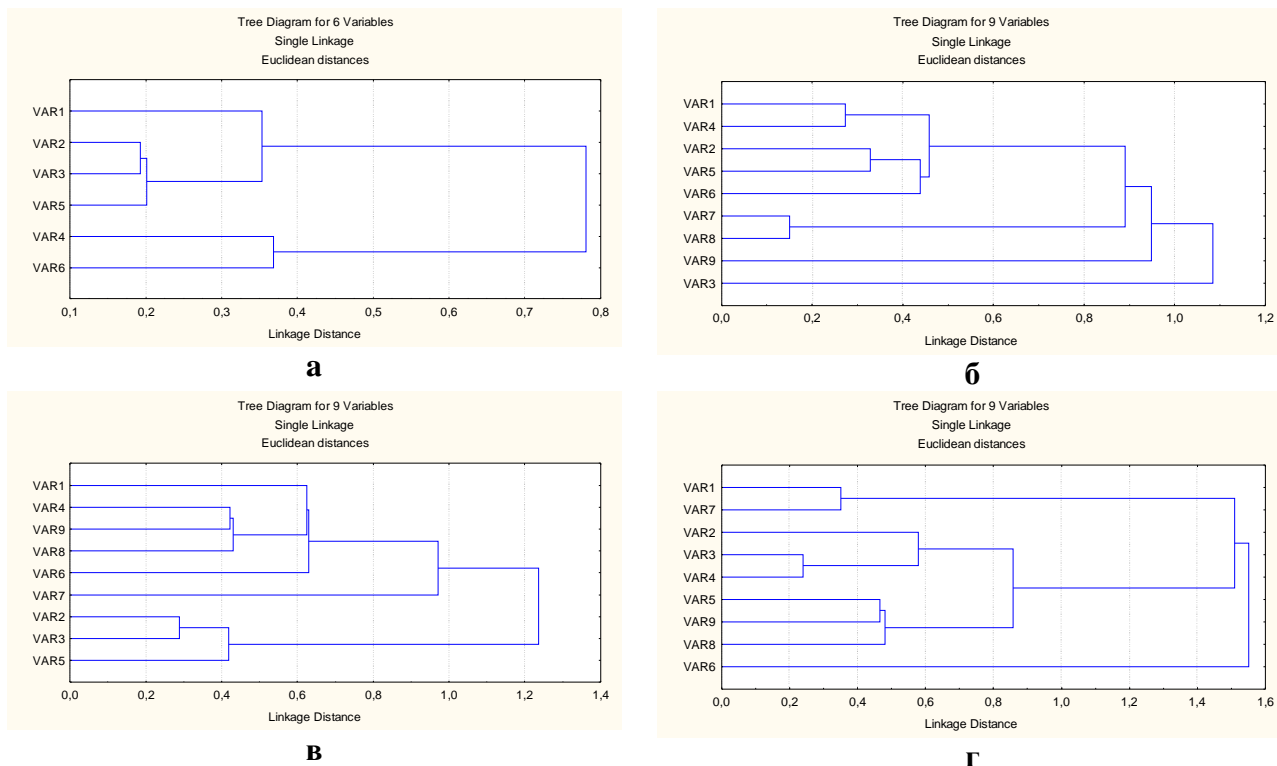


Рис. 4. Дендрограма подібності впливу катіонів на гематологічні показники гемолімфи в організмі *P. purpura* (а – 0,5 ГДК; б – 2 ГДК; в – 5 ГДК; г – 10 ГДК; VAR1 – контроль; VAR2 – Ni^{2+} ; VAR3 – Co^{2+} ; VAR4 – Mn^{2+} ; VAR5 – Fe^{3+} ; VAR6 – Cr^{3+} ; VAR7 – Zn^{2+} ; VAR8 – Pb^{2+} ; VAR9 – Cd^{2+})

Висновки

Отже, вплив досліджених іонів ВМ на гемолімфу молюсків в цілому спряжений зі зменшенням загальної кількості гемоглобіну, як наслідок формування адаптаційного механізму зв'язування іонів ВМ з метою зниження їх надлишкової концентрації. Як відомо, спорідненість гемоглобіну до кисню визначається співвідношенням парціального тиску кисню (pO_2) в доквіллі і ступенем насичення ним крові. В нормі, чим вище pO_2 , тим повніше насичення гемоглобіну киснем. Проте за різних патологій, включно і за інтоксикацій, підвищення pO_2 може свідчити про зниження спорідненості гемоглобіну до кисню і надлишкової оксигенації тканин. Останнє може впливати на окиснення гемового заліза і призводити до утворення функціонально неактивної мет-форми гемоглобіну, збільшення частки якого виявлено у тварин за багатьох

патологій і токсикозів [8, 9,24]. Тому, як виявлено нашими дослідженнями, частина гемоглобіну за його високого валового вмісту за дії іонів ВМ може бути функціонально неактивною у зв'язку з переходом у метгемоглобін. Такі зміни вмісту гемоглобіну і об'єму гемолімфи за дії ВМ відбуваються синхронно, а за їх розбалансованості в часі за певних концентрацій токсикантів, має місце дезадаптація організму і розвиток патологічного процесу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Алексеев В. А. Основные принципы сравнительно токсикологического эксперимента / В. А. Алексеев // Гидробиол. журн. – 1981. – Т. 17, № 3. – С. 92–100.
2. Алякринская И. О. Гемоглобины и гемоцианы беспозвоночных / И. О. Алякринская. – М. : Наука, 1979. – 152 с.
3. Алякринская И. О. Функциональная роль гемоглобина в гемолимфе некоторых представителей семейства Planorbidae (Gastropoda, Pulmonata) / И. О. Алякринская // Гидробиол. журн. – 1996. – Т. 32, № 5. – С. 46–50.
4. Воробьев Д. В. Функциональные особенности метаболизма микроэлементов у коров в биогеохимических условиях Нижней Волги [Текст] : монография / Д. В. Воробьев, Л. Н. Лапшина. – Астрахань : Издательский дом «Астраханский университет», 2010. – 129 с.
5. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды / Т. В. Гусева, Я. П. Молчанова, Э. А. Заша [и др.] – М. : Эколайн, 2000. – 127 с.
6. Горячковский А. М. Справочное пособие по клинической биохимии / А. М. Горячковский. – Одесса : ОКФА, 1994. – 415 с.
7. Грициняк І. І., Спосіб прогнозування концентрацій Fe, Mn, Ni, Co у органах і тканинах коропа та товстолоба / І. І. Грициняк, Т. Г. Литвинова, Н. Л. Колесник // Рибогосподарська наука України, 2009 – №4. – С.11-15.
8. Грубинко В. В. Гемоглобин рыб при действии аммиака и солей тяжелых металлов / В. В. Грубинко, А. С. Смольский, О. М. Арсан // Гидробиол. журн. – 1995. – Т. 31, № 3. – С. 82–88.
9. Грубінко В. В. Зміни морфо-функціональних характеристик крові коропових риб за інтоксикації аміаком / В. В. Грубінко, О. С. Смольський, О. Ф. Явоненко // Фізіол. журн. – 1996. – Т. 42, № 1–2. – С. 40–46.

- 10.Закревський Д.В. Іонні потенціали хімічних елементів як фактор формування гідрохімічного режиму/Д. В. Закревський, І. О. Шевчук//Наук. Праці УкрНДГМІ. – 2003. – вип.252. – С.53-59.
- 11.Киричук Г. Е. Влияние разных концентраций ионов тяжелых металлов на физико-химические свойства *Planorbarius purpura* (Mollusca: Vulinidae) в норме и при инвазии трематодами / Г. Е. Киричук // Паразитология. — 2002. — Т. 36, вып.2. — С. 108-116.
- 12.Киричук Г. Є. Особливості перебігу білкового обміну в організмі витушки пурпурної (Mollusca: Gastropoda: Pulmonata: Vulinidae) за дії абіотичних чинників / Г. Є. Киричук // Доповіді НАНУ. — 2009. — № 1. — С. 161-167.
- 13.Киричук Г. Є. Фізико-хімічні особливості гемолімфи *Planorbarius purpura* та *P. corneus* (Mollusca: Gastropoda: Pulmonata: Vulinidae) / Г. Е. Киричук, А. П. Стадниченко // Вісник Львівського ун-ту. Серія біологічна. — 2003. — вип. 32. — С. 239-245.
- 14.Колесниченко Л.С. Биоэлементы: источники, обмен, функции, патология Иркутск, 2011 - 81с.
- 15.Коржуев П. А. Гемоглобин. Сравнительная физиология и биохимия./ П. А. Коржуев. – М.-Л. : Наука, 1964. – 287 с.
- 16.Лакин Б. Ф. Биометрия / Б. Ф. Лакин. – М. : Высш. шк., 1973. – 343 с.
- 17.Романенко В.Н. Основы сравнительной физиологии беспозвоночных : учеб.пособие. – Томск: Томский государственный университет, 2013. – 224 с.
- 18.Стадниченко А.П. Влияние различных концентраций сульфата никеля на роговую катушку (Mollusca: Vulinidae), инвазированную трематодой *Cotylurus cornutus* (Strigeidae)/ А. П. Стадниченко, Л. Д. Иваненко, И. С. Горбаченко и др.// Паразитология. – 1995. – Т.29, Вып. 2. – С. 112–116.
- 19.Стадниченко А.П. Влияние хлорида железа (III) на гематологические показатели катушки *Planorbarius corneus* (Mollusca: Gastropoda: Vulinidae) в норме и при инвазии партенитами трематод / А. П. Стадниченко, Л. Д. Иваненко, Г. Е. Киричук, Л. М. Янович // Паразитология. – 2001. – Т.35, Вып. 2. – С. 109–113.
- 20.Флоренсов В. А. Очерки эволюционной иммуноморфологии / В. А. Флоренсов, И. М. Пестова. – Иркутск : Изд-во. Иркут. ун-та, 1990. – 245 с.
- 21.Флоркэн М. Биохимическая эволюция / М. Флоркэн. – М.–Л., 1947. – 75 с.

22. Яковишина Т.Ф. Екологічне оцінювання техногенезу важких металів/ Т. Ф. Яковишина// Вісник Придніпровської державної академії будівництва і архітектури. – 2015. – №3 (204). – С.28-35.
23. Borden M. A. A study of the respiration and of the function of haemolymph in *Planorbis corneus* and *Arenicola marina* / M. A. Borden // J. Mar. Biol. Assoc. U.K. – 1931. – Vol. 17. – P. 709–735.
24. Jensen F. B. Nitrite and red cell function in carp : control factors for nitrite entry, membrane potassium ion permeation, oxygen affinity and methaemoglobin formation / F. B Jensen // J. Exp. Biol.-1990. – Vol. 152, № 1. – P.149–166.
25. Jones J. D. Aspects of respirations in *Planorbis corneus* and *Limnaea stagnalis* / J. D. Jones // Comp. Biochem. Physiol. – 1961. – Vol. 4, № 1. – P. 1–29.

**ОСОБЕННОСТИ ХРОНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ИОНОВ
НЕКОТОРЫХ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ (Cr^{3+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Co^{2+} и Ni^{2+})
НА ОСНОВНЫЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА**

ГЕМОЛИМФЫ *Planorbarius purpura*

Г. Е. Киричук

Анотация. Исследовано хроническое воздействие (14 суток) низких концентраций (0,5-10 предельно-допустимая концентрация (ПДК) рыбохозяйственные) ионов некоторых тяжелых металлов (Cr^{3+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+}) на основные физико-химические свойства гемолимфы *Planorbarius purpura*. Регуляторными эффектами характеризуются ионы Ni^{2+} ; Co^{2+} ; Fe^{3+} (0,5 ПДК), Ni^{2+} ; Mn^{2+} ; Fe^{3+} ; Cr^{3+} (2 ПДК), Mn^{2+} ; Cr^{3+} ; Pb^{2+} ; Cd^{2+} (5 ПДК), Zn^{2+} (10ПДК). Токсический эффект проявляют: Mn^{2+} и Cr^{3+} (0,5 ПДК), Co^{2+} и Cd^{2+} (2 ПДК), Ni^{2+} ; Co^{2+} ; Fe^{3+} (5 ПДК), Cr^{3+} (10 ПДК)

Ключевые слова: гемолимфа, пресноводные моллюски, *Planorbarius purpura*, гемоглобин, ионы тяжелых металлов.

PECULIARITIES OF SOME HEAVY METALS IONS (Cr^{3+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Co^{2+} and Ni^{2+}) LONG-TIME ACTION ON MAIN PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF HAEMOLYMPH *Planorbarius purpura*

Kyrychuk G. Ye.,

Abstract. *The long time (14 days) of some heavy metals ions (Cr^{3+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+}) in low concentrations (0.5–10.0 maximum-possible concentration (MAC) fishery) on main physical and chemical properties of *Planorbarius purpura* haemolymph is researched. Fe^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} (0.5 MAC), Cr^{3+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Ni^{2+} (2.0 MAC), Cr^{3+} , Mn^{2+} , Pb^{2+} , Cd^{2+} (5.0 MAC), Zn^{2+} (10.0 MAC) are characterized with regulatory effects. Mn^{2+} and Cr^{3+} (0.5 MAC), Co^{2+} and Cd^{2+} (2.0 MAC), Ni^{2+} ; Co^{2+} ; Fe^{3+} (5.0 MAC), Cr^{3+} (10.0 MAC) are characterized with toxic effect.*

Key words: *haemolymph, freshwater mollusks, *Planorbarius purpura*, haemoglobin, heavy metal ions.*