

УДК 577.352.38:577.64

*Галина ФАЛЬФУШИНСЬКА, Леся ГНАТИШИНА, Христина ПРИЙДУН,
Оксана СТОЛЯР*

МЕТАЛОТІОНЕЇНИ ДРЕЙСЕНИ *DREISSENA POLYMORPHA* ЯК БІОХІМІЧНІ МАРКЕРИ ЗАБРУДНЕННЯ СЕРЕДОВИЩА

*Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка,
вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, Україна*

*Порівнювали властивості металотіонеїнів, показники оксидативного стресу та вміст редокс-активних металів двостулкового молюска *Dreissena polymorpha* з умовно чистої водойми та після переселення у місцевості інтенсивної аграрної (Борців) та індустріальної (Скалат та Острів) активності на 14, 28, 60 та 120 діб з липня до листопада. Вміст металотіонеїнів зазнає часових і міжгрупових відмінностей із помітним зменшенням порівняно з контролем в індустріальних місцевостях на 14 добу експерименту та збільшенням у всіх переселених групах після 28 діб переселення. Вміст металотіонеїнів негативно корелює із утворенням супероксиданіону ($r=-0,25$; $p=0,030$) та вмістом марганцю у тканинах. За впливу антропогенного навантаження у тканинах молюсків вміст заліза зростає узгоджено з збільшенням показників оксидативного стресу.*

Ключові слова: двостулковий молюск, переселення, металотіонеїни, оксидативний стрес, важкі метали.

Серед різноманітних біомаркерів якості водного середовища біохімічні маркери вважаються найчутливішими, оскільки надають найбільш повну та біологічно значиму інформацію про потенційний ризик токсичних речовин для організму, тому їх широко використовують у системах раннього виявлення небезпеки [23]. До найпопулярніших біохімічних маркерів належать металотіонеїни, які вважають специфічними маркерами забруднення середовища важкими металами [21, 24]. Металотіонеїни – це внутрішньоклітинні сірковмісні металзв'язуючі білки, які виконують депонуючу функцію стосовно іонів міді, цинку та кадмію у широкого кола організмів, що, особливо для кадмію, може зменшувати токсичність [21]. Останнім часом з'являється все більше повідомлень про здатність металотіонеїнів захищати клітини від оксидативного стресу, зумовленого дією вільних супероксид і гідроксил радикалів, через редокс-зміну стану тіолових груп цистеїну [15]. Індукцію цих стресорних білків зумовлюють передусім іони кадмію [21], а також багато різноманітних сполук, зокрема прооксидантів [14, 18], тобто специфічність цього маркера стосовно важких металів є відносною. Дедалі більше літературних даних свідчить, що не завжди індукція металотіонеїнів є ознакою забруднення середовища і, навпаки, у сильно забрудненому середовищі простежується пригнічення їх-

нього синтезу, зокрема у риб [2] і моллюсків [4]. Крім того, є свідчення, що у моллюсків, які є головною групою біоіндикаторних організмів у водоймах, синтез металотіонейнів більше залежить від сезону, ніж від рівня забруднення у певній місцевості [13]. Тому було цікаво дослідити відповідь металотіонейнів двостулкового моллюска, який широко використовують у біомоніторингу, за умов природного комплексного забруднення середовища залежно від його типу (аграрне, індустріальне) та зіставити із показниками оксидативного стресу. Обрані нами ділянки визначили як такі, які, згідно з нашими попередніми дослідженнями, суттєво відрізнялися за якістю водного середовища та станом біохімічних маркерів інших гідробіонтів [6, 8].

Для дослідження ми обрали представника двостулкових моллюсків *Dreissena polymorpha* як седиментатор, якому притаманна висока швидкість фільтрації, а отже, здатність концентрувати в організмі токсичні хімічні речовини та використаний прийом активного моніторингу, який зарекомендував себе як доцільний для оцінки якості водних екосистем, в яких природні популяції не існують, або ж адаптовані до хронічного забруднення [3].

Матеріали та методи

Дослідження проводили на особинах прісноводного двостулкового моллюска *Dreissena polymorpha* з довжиною мушлі 2,7–3,0 см і масою 2–4 г. Обрали природну популяцію дрейсени у верхній течії р. Серет вище м. Тернополя як контроль і ресурс моллюсків для переселення. На початку липня моллюсків переселяли у місцевість з високим рівнем аграрної активності (м. Борщів, р. Нічлава, Б-група), нижче за течією від спиртзаводу (смт. Скалат, р. Гнилка, С-група) та нижче обласного центру у місці сходження залізничних та автомобільних магістралей (с. Острів, р. Серет, О-група). У всіх місцях переселення не було або були в незадовільному стані системи очищення муніципальних і побутових стоків. Моллюсків утримували в саморобних контейнерах з капронової сітки розміром 0,2×0,3×0,3 м у воді на глибині близько 0,5 м. В Острові після 28 днів інкубації сітки зникли і їх замінили новими, тому термін 60 днів для інших дослідних груп відповідав для цієї групи 14 добам. Після 14, 28, 60 та 120 днів перебування у воді сітки з моллюсками вибирали і доставляли в лабораторію у воді із водойми, та досліджували протягом не більше як 12 год після відбору. Всі процедури з відбору й обробки тканин проводили на холоді. Всі реактиви, крім зазначених, були фірми “Реахим” кваліфікації х.ч.

Вміст металотіонейнів визначали за вмістом цинку і міді в їхніх фракціях [19], одержаних за допомогою іоно-обмінної хроматографії на ДЕАЕ-целюлозі. Одержання екстракту та хроматографічне виділення металотіонейнів проводили, як описано раніше [7], використовуючи 10 % гомогенат тканини в 10 мМ трис-НСІ буфері, рН 8,0 з додаванням 10 мМ 2-меркаптоетанолу (“Sigma”) для запобігання окиснення SH-груп та інгібітора протеаз фенілметилсульфонілфториду (0,1 мМ, “Sigma”). Вміст металотіонейнів обчислювали згідно з модифікованим рівнянням Гамільтона, враховуючи стехіометричний характер зв’язування цих металів: $m(\text{металотіонейнів}) = 0,5v(\text{Zn}) \cdot M(\text{металотіонейнів})/7 + v(\text{Cu}) \cdot M(\text{металотіонейнів})/12$ (мкг), де v – кількість металу в металотіонейнах, мкмоль/г тканини; $M(\text{металотіонейнів})$ молярна маса металотіонейнів, яка становить 8600 г/моль, 7 і 12 – кількість іонів цинку і міді (I) відповідно, що зв’язуються молекулою металотіонейнів за повного насичення [19].

Вміст заліза, марганцю у м'яких тканинах моллюска, цинку, міді та кадмію у фракціях металотіонеїнів вимірювали після спалювання зразків у перегнаній нітратній кислоті в співвідношенні 1:5 (маса:об'єм). Вміст заліза, марганцю, цинку і міді визначали на атомно-абсорбційному спектрофотометрі С-115, кадмію - на спектрофотометрі S-600 і виражали в мкг на г сирової маси тканини.

Для дослідження показників оксидативного стресу виготовляли 10 % (маса/об'єм) гомогенат тканини в 50 мМ К-фосфатному буферному розчині, рН 7,4. Визначення карбонільних похідних білків (КПБ) проводили після осадження білків хлорною кислотою з 0,5 мл гомогенату за їхньою здатністю утворювати 2,4-динітрофенілгідрозони при інкубації проб у присутності 0,1 М 2,4-динітрофенілгідрозину в 2 М НСІ [1]. Оптичну густину утворених динітрофенілгідрозонів реєстрували на спектрофотометрі СФ-26 при 370 нм проти контролю, який не містив 2,4-динітрофенілгідрозину. Вміст фенілгідрозонів обчислювали з використанням мілімолярного коефіцієнта екстинції динітрофенілгідрозонів $21 \text{ mM}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$.

Утворення супероксид аніон-радикала визначали у розчинній фазі гомогенату, яку одержували в результаті його центрифугування протягом 10 хв при $6000 \times g$, за ступенем відновлення цитохрому *c* [11]. Реакційну суміш, яка містила 0,5 мл супернатанту, 0,5 мл 50 мМ К-фосфатного буферу, рН 7,4 та 1 мл 0,1 мМ цитохрому *c*, інкубували 15 хв при 37 °С. Реакцію зупиняли перенесенням реакційної суміші в морозильну камеру. Визначали інтенсивність поглинання при 550 нм. Кількість утвореного супероксиданіон радикала обчислювали за молярним коефіцієнтом екстинції цитохрому *c* ($\epsilon=2,1 \cdot 10^4 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$) і виражали в нмоль відновленого цитохрому *c* /мг розчинного білка \cdot хв.

Статистичний аналіз біохімічних показників проводили з використанням пакета дисперсійного аналізу ANOVA, кореляційного тесту Пірсона та Принципіально-го компонентного аналізу (ПКА), використовуючи комп'ютерні програми Statistica v7.0 та Exel для Windows-2000.

Результати та обговорення

Металотіонеїни м'яких тканин моллюска при розділенні на ДЕАЕ-целюлозі утворюють дві головні форми (рис. 1), ідентифіковані як МТ-1 та МТ-2/2а відповідно до профілю елюції стандартного розчину металотіонеїну кролика. Серед фізіологічних металів у складі металотіонеїнів переважає цинк у співвідношенні з міддю в середньому 6,4, тобто це Zn,Cu-МТ. Частка кадмію у складі металотіонеїнів не перевищує 10% від зв'язаних у них цинку та міді.

Вміст металотіонеїнів, обчислений за вмістом металів, у м'яких тканинах дрейсени (рис. 2) зазнає часових і просторових відмінностей, що підтверджується дисперсійним аналізом (див. табл.). Максимальний вміст металотіонеїнів припадає на 14 добу переселення (липень), причому ця залежність має однаковий характер для всіх досліджуваних місцевостей. Найпомітніші просторові зміни пов'язані з зменшенням вмісту металотіонеїнів у тварин із індустріальних районів (С- та О- групи) на 14 добу експерименту та його двократним збільшенням на 28 добу у всіх переселених групах моллюсків порівняно з контрольними.

Визначення показників оксидативного стресу показало, що у моллюсків контрольної групи утворення супероксиданіону та КПБ синхронно та лінійно зростають у часі, з найменшим значенням в липні (на 14 добу утримання, $t=0,83$; $p=0,001$) та відповідно до максимального вмісту металотіонеїнів. Очевидно, цей факт демонструє сезонну залежність показників, адже як відомо, у двостулкових

оксидативний стрес відповідає зимовому періоду [20]. У переселених груп дрейсен узгоджена часова динаміка показників оксидативного стресу порушується, що може бути наслідком впливу епізодичних чинників. Згідно з результатами дисперсійного аналізу (див. табл.) утворення КПБ не залежить від середовища існування тварин, а зазнає лише часових змін. У всіх досліджуваних місцевостях для цього показника виявляється вірогідне накладання ефектів, яке можна інтерпретувати як наявність специфічних змін залежно від тривалості експозиції (див. табл.).

Таблиця 1.

Результати двофакторного дисперсійного аналізу ANOVA впливу переселення та сезону на показники двостулкового молюска *Dreissena polymorpha*

Показник	Вплив середовища існування		Вплив тривалості переселення		Середовище × Термін	
	F	p	F	p	F	p
Борщів						
Zn,Cu-металотіонеїни	3,2	0,080	242,3	0,000	89,5	0,000
Карбонільні похідні білків	0,5	0,484	6,3	0,001	12,8	0,000
Супероксиданіон радикал	61,0	0,000	69,4	0,000	14,8	0,000
Марганець	87,0	0,000	88,5	0,000	18,6	0,000
Залізо	18,9	0,000	88,5	0,000	4,2	0,011
Скалат						
Zn,Cu-металотіонеїни	36,8	0,000	268,1	0,000	167,9	0,000
Карбонільні похідні білків	0,3	0,618	1,6	0,225	8,7	0,001
Супероксиданіон радикал	18,9	0,000	23,0	0,000	63,9	0,000
Марганець	288,7	0,000	167,4	0,000	53,9	0,000
Залізо	1,2	0,279	49,3	0,000	134,9	0,000
Острів						
Zn,Cu-металотіонеїни	7,9	0,011	228,5	0,000	918,5	0,000
Карбонільні похідні білків	7,0	0,015	0,9	0,352	4,5	0,046
Супероксиданіон радикал	115,7	0,000	10,3	0,004	1,0	0,320
Марганець	278,6	0,000	48,3	0,000	82,5	0,000
Залізо	176,4	0,000	0,1	0,7	7,4	0,013

Оскільки іони редокс-активних металів є ймовірними чинниками оксидативного стресу [22], то молюски можуть акумулювати їх у значних кількостях [16]. Ми також визначили вміст у тканинах молюска марганцю і заліза (рис. 3). Найпомітніші відмінності між контрольною та переселеними групами тварин у вмісті марганцю помічено на 14 добу експерименту та мають протилежний характер для Б-групи, з одного боку, та С- і О- з іншого. Визначальною просторовою зміною у вмісті заліза між контрольною та переселеними групами було його шестикратне зростання у тварин Б-групи на 28 добу експерименту. Максимум накопичення марганцю у дрейсени здебільшого припадає на 14 або 28 добу, а заліза – на 60–120 доби експе-

рименту. Ймовірно, цей факт відображає сезонні особливості акумуляції металів у тканинах молюсків, пов'язані з репродуктивним циклом [16]. Подібні результати одержали і під час дослідження інших двостулкових, зокрема *C. iridescens* [9]. У тварин К- та С-груп для заліза і марганцю ми помітили протилежну динаміку накопичення ($r=-0,97$, $p=0,000$; $r=-0,83$, $p=0,000$ для цих груп відповідно). Це може бути пов'язано з порушенням фізіологічних закономірностей акумуляції металів у молюсків із найбільш індустріально забруднених місцевостей.

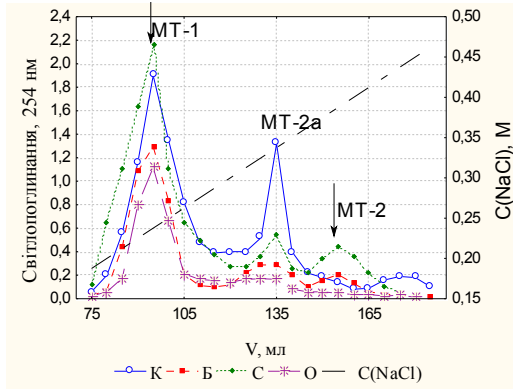


Рис. 1. Типові профілі елюції одержані при іонообмінній хроматографії термостабільного екстракту м'яких тканин двостулкового молюска *Dreissena polymorpha* з природної популяції (К) та після переселення тварин (Б-, С- та О-групи) на ДЕАЕ-целюлозі в лінійному градієнті NaCl (0–1 М) в 0,01 М трис-НСl буфері, рН 8,0. Стрілками позначено вихід фракцій металотіонеїнів(МТ)-1 і МТ-2 стандартного металотіонеїну печінки кролика.

Пошук взаємозв'язків між вмістом металотіонеїнів і показниками редокс-стану клітин за допомогою компонентного аналізу показав, що вміст металотіонеїнів та марганцю у тканині дрейсен негативно корелюють між собою (рис. 4). Відомо, що через низьку спорідненість до тіолових груп марганець не зв'язується з металотіонеїнами у специфічні тіолатні кластери та не є індуктором їхнього синтезу, тобто є неесенціальним для металотіонеїнів металом [21]. Зважаючи на це, зв'язок між вмістом металотіонеїнів і марганцю видається формальним. Відомо, що у хребетних марганець може опосередковано впливати на синтез металотіонеїнів через активацію імунної системи [12]. У двостулкових молюсків також знайшли зв'язок між індукцією дофаміну, з одного боку, та металотіонеїнами – з іншого, однак механізми цього процесу залишилися не з'ясованими [5]. Додаткова інформація щодо зменшення вмісту ендogenous дофаміну у молюсків за дії марганцю [17] дає підставити припустити інгібуючу дію марганцю на синтез металотіонеїнів молюска. Наведені міркування узгоджуються з одержаними результатами.

З результатів компонентного та кореляційного аналізів також видно (рис. 4), що зміни вмісту заліза у тканині молюсків узгоджуються з інтенсивністю утворення супероксиданіон-радикала ($r=0,79$; $p=0,000$). Одержані результати знаходять підтвердження в літературі, адже, як відомо, супероксиданіон, який порівняно з іншими радикалами, низько-реакційний, у біологічних системах під впливом редокс-

активних металів, передусім міді та заліза, може трансформуватися у активніші форми: пероксид, алкоксил і гідроксил радикали [22].

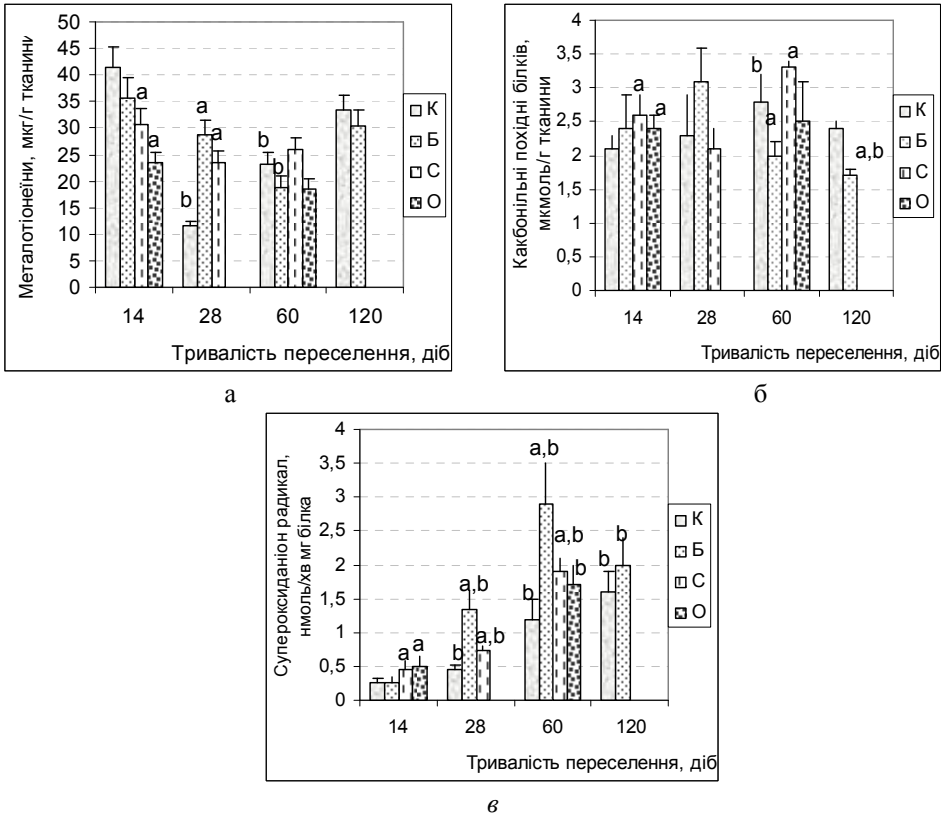


Рис. 2. Біохімічні маркери м'яких тканин двостулкового молюска *Dreissena polymorpha* з природної популяції (К) та після переселення тварин (Б-, С- та О-групи): а – вміст металотіонейнів, б - карбонільні похідні білків, в - утворення супероксиданіону. Тут і далі: а – відмінності між контрольною та переселеними групами, б – часові зміни порівняно з 14 добою експерименту, $p < 0,05$.

Як відомо, металотіонейни через високий вміст сульфгідрильних нуклеофільних груп і здатність зв'язувати важкі метали, зокрема редокс-активні, можуть функціонувати як «пастки» вільних радикалів [15]. У молюсків із забруднених важкими металами місцевостей простежується збільшення вмісту металотіонейнів, 50 % з яких є в окисненій формі узгоджено з зменшенням інтенсивності перекисного окиснення ліпідів [10]. Негативна кореляція між вмістом металотіонейнів та утворенням супероксиданіону ($r = -0,25$; $p = 0,030$) у м'яких тканинах дрейсен, яку ми знайшли, узгоджується з наведеними фактами та підтверджує здатність металотіонейнів нейтралізувати активні форми кисню у клітині.

Підсумовуючи одержані результати, варто зазначити, що металотіонейни молюсків чутливо реагують на якість водного середовища. Доведено взаємозв'язок

між пригніченням функції металотіонеїнів і збільшенням інтенсивності утворення супероксиданіону у тканинах дрейсени ($r=-0,25$; $p=0,030$). Оксидативний стрес у тварин зростає протягом експерименту на тлі зменшення або стабільного вмісту металотіонеїнів. За існування тварин в умовах антропогенного навантаження у тканинах зменшується вміст марганцю та збільшується вміст заліза, що може бути одним із чинників виявлених прооксидантних змін у тканинах дрейсени. Термін переселення моллюсків на 14 діб можна вважати оптимальним для оцінки якості середовища як такий, що характеризується найсуттєвішими та селективними змінами показників залежно від рівня забруднення середовища, тоді як у наступні терміни виявляються спільні ознаки впливу процедури переселення.

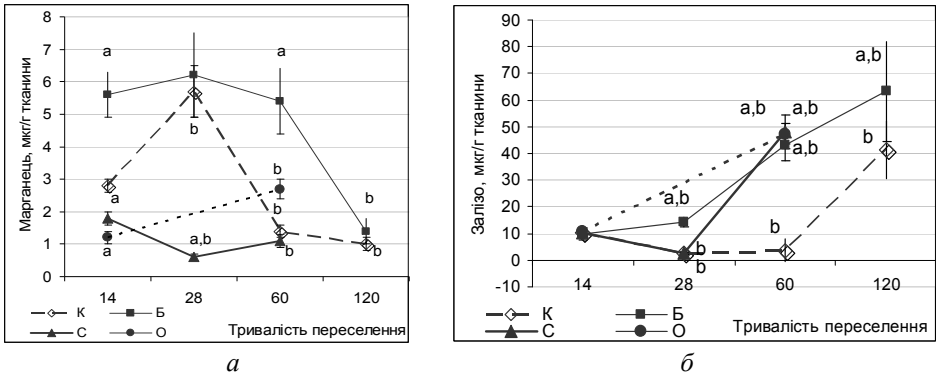


Рис. 3. Вміст марганцю (а) та заліза (б) у м'яких тканинах двостулкового моллюска *Dreissena polymorpha* з природної популяції (К) та після переселення тварин (Б-, С- та О-групи).

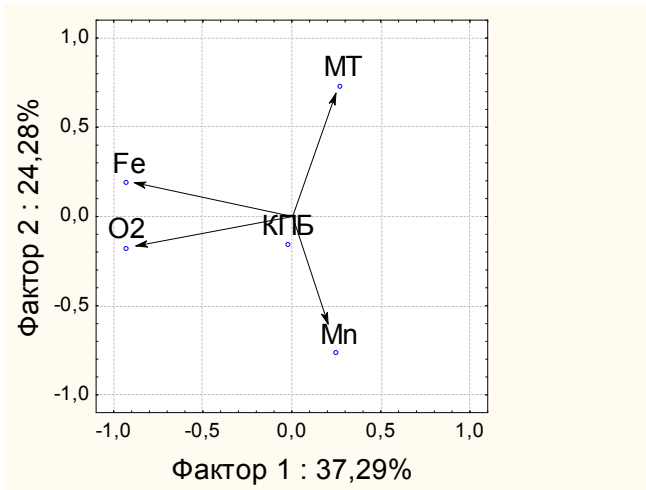


Рис. 4. Результати принципального компонентного аналізу біохімічних маркерів і вмісту редокс-активних металів м'яких тканин двостулкового моллюска *Dreissena polymorpha* з природної популяції (К) та після переселення тварин (Б-, С- та О-групи). Показники з вірогідною факторіальною вагою > 0,7 позначені стрілками.

Робота виконана за підтримки МОН України в межах Спільного Українсько-Французького науково-технічного проєкту № М/93-2007 (EGIDE, PNC DNIPRO 14190ZC) та Західно-Українського Біомедичного Центру.

ЛІТЕРАТУРА

1. Луцзяк В. І., Багнокова Т. В., Луцзяк О. В. Показники оксидативного стресу. 1. Тіобарбітурактивні продукти і карбонільні групи білків // Укр. біохім. журн. – 2004. – 76, № 3. – С. 136 – 141.
2. Auslander M., Yudkovski Y., Chalifa-Caspi V. et al. Pollution-affected fish hepatic transcriptome and its expression patterns on exposure to cadmium // Mar. Biotechnol. – 2008. – Vol. 10, N 3. – P. 250–261.
3. De Lafontaine Y., Gagne F., Blaise C. et al. Biomarkers in zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) for the assessment and monitoring of water quality of the St Lawrence River (Canada) // Aquat. Toxicol. – 2000. – Vol. 50. – P. 51–71.
4. Doyen P., Vasseur P., Rodius F. Identification, sequencing and expression of selenium-dependent glutathione peroxidase transcript in the freshwater bivalve *Unio tumidus* exposed to Aroclor 1254 // Compar. Biochem. Physiol. – 2008. – Vol. 144C, № 2. – P. 122–129.
5. Esch T., Stefano G. Proinflammation: a common denominator or initiator of different pathophysiological disease processes // Med. Sci. Monit. – 2002. – Vol. 8, N5. – P. HY1–9.
6. Falfushynska H.I., Stolyar O.B. Responses of biochemical markers in carp *Cyprinus carpio* from two field sites in Western Ukraine // Ecotoxicol. Environ. Saf. – 2008. – In press.
7. Falfushynska H., Romanchuk L., Stolyar O. Seasonal and spatial comparison of metallothioneins of frog *Rana ridibunda* in feral populations // Ecotoxicology. – 2008. – Vol. 17, N 8. – P. 781–788.
8. Falfushynska H.I., Delahaut L., Stolyar O.B. et al. Multi-biomarkers approach in different organs of *Anodonta cygnea* from the Dnister Basin (Ukraine) // Arch. Environ. Contam. Toxicol. – 2008 – In press.
9. Frías-Espéricueta M.G., Ortiz-Arellano M.A., Osuna-López J.I., Ronson-Paulin J.A. Heavy metals in the rock oyster *Crassostrea iridescens* (Filibranchia: Ostreidae) from Mazatlan, Sinaloa, Mexico // Rev. Biol. Trop. – 1999. – Vol. 47, N 4. – P. 843–849.
10. Gagné F., André C., Blaise C. The dual nature of metallothioneins in the metabolism of heavy metals and reactive oxygen species in aquatic organisms: implications of use as a biomarker of heavy-metal effects in field investigations // Biochem. Insights. – 2008. – Vol. 1. – P. 31–41.
11. Hassoun E A., Ray S. The induction of oxidative stress and cellular death by the drinking water disinfection by-products, dichloroacetate and trichloroacetate in J774.A1 cells // Comp. Biochem. Physiol. – 2003. – 135C, №2. – P. 119–128.
12. Kobayashi K., Kuroda J., Shibata N. et al. Induction of metallothionein by manganese is completely dependent on interleukin-6 production // J. Pharmacol. Experim. Therap. – 2007. – Vol. 320. – P. 721–727.
13. Leintö S., Lehtonen K.K. Seasonal variability in biomarkers in the bivalves *Mytilus edulis* and *Macoma balthica* from the northern Baltic Sea // Comp. Biochem. Physiol. – 2005. – Vol. 140C. – P. 408–421.
14. Livingstone D.R. Contaminant-stimulated reactive oxygen species production and oxidative damage in aquatic organisms // Mar. Pollut. Bull. – 2001. – Vol. 42. – P. 656–666.
15. Maret W. Metallothionein redox biology in the cytoprotective and cytotoxic functions of zinc // Exp. Gerontol. – 2008. – Vol. 43. – P. 363–369.

16. *Marina M., Enzo O.* Variability of zinc and manganese concentrations in relation to sex and season in the bivalve *Donax trunculus* // *Mar. Poll. Bull.* – 1983. – Vol. 4. – P. 342–346.
17. *Martin K., Huggins T., King C. et al.* The neurotoxic effects of manganese on the dopaminergic innervation of the gill of the bivalve mollusc, *Crassostrea virginica* // *Comp. Biochem. Physiol.* – 2008. – Vol. 148, N 2. – P. 152–159.
18. *Mosleh Y.Y., Paris-Palacios S., Biagiante-Risbourg S.* Metallothioneins induction and anti-oxidative response in aquatic worms *Tubifex tubifex* (Oligochaeta, Tubificidae) exposed to copper // *Chemosphere.* – 2006. – Vol. 64, N 1. – P. 121–128.
19. *Paris-Palacios S., Biagiante-Risbourg S., Fouley A., Vernet G.* Metallothioneins in liver of *Rutilus rutilus* exposed to Cu²⁺. Analysis by metal summation, SH determination and spectrofluorimetry // *Comp. Biochem. Physiol.* – 2000. – 126C. – P. 113–122.
20. *Regoli F., Nigro M., Chiantore M., Winston G.W.* Seasonal variations of susceptibility to oxidative stress in *Adamussium colbecki*, a key bioindicator species for the Antarctic marine environment // *Sci. Total Environ.* – 2002. – Vol. 289, N 1–3. – P. 205–211.
21. *Roesijadi G.* Metallothioneins in metal regulation and toxicity in aquatic animals // *Aquat. Toxicol.* – 1992. – Vol. 22. – P. 81–114.
22. *Storey K.B.* Adventures in oxygen metabolism // *Comp. Biochem. Physiol.* – 2004. – Vol. 139B, N 3. – P. 359–369.
23. *van der Oost Ron, Goksøy A., Celandier M. et al.* Biomonitoring of aquatic pollution with feral eel (*Anguilla anguilla*) II. Biomarkers: pollution-induced biochemical responses // *Aquat. Toxicol.* – 1996. - Vol. 36, N 3–4. – P. 189–222.
24. *Viarengo A., Burlando B, Ceratto N, Panfoli I.* Antioxidant role of metallothioneins: a comparative overview // *Cell Mol. Biol. (Noisy-le-grand).* – 2000 – Vol. 46, № 2. – P. 407–417.

SUMMARY

Halyna FALFUSHYNSKA, Lesia GNATYSHYNA, Khrystyna PRYJDUN, Oksana STOLIAR

THE METALLOTHIONEINS OF MOLLUSK *DREISSENA POLYMORPHA* AS BIOCHEMICAL MARKER OF ENVIRONMENTAL POLLUTION

*Ternopil National Pedagogical University,
46027, Kryvonosa Str 2, Ternopil, Ukraine*

The function of metallothioneins in respect to level of redox-active heavy metals, superoxide anion and protein carbonyls generation in bivalve mollusks *Dreissena polymorpha* after their transplantation from reference site to an agricultural (Borshchiv) and industrial (Skalat and Ostriv) polluted sites for a 14, 28, 60 and 120 days' exposure period was compared. Metallothioneins concentrations were variable within each *Dreissena* group, but were generally lower at the contaminated sites by industrial wasters after 14 days of experiments and were increased in each transplanted group after 28 days of experiments. The metallothioneins level was negatively associated with oxidative damage markers such as superoxide anion generation ($r=-0,25$; $p=0,030$) and manganese content. Under condition of antropogenic press in mollusks soft tissue the concentration of iron was increased.

Key words: bivalve mollusk, transplantation, metallothioneins, oxidative stress, heavy metals.