

УДК 57.084.2:574.633

**БІОХІМІЧНІ МАРКЕРИ ПРІСНОВОДНОГО ДВОСТУЛКОВОГО МОЛЮСКА
ANODONTA CYGNEA (UNIONIDAE) ЗА УМОВ ПЕРЕСЕЛЕННЯ**

О. Міщук

*Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка
вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль 46027, Україна
e-mail: hemich@gmail.com*

Тварин із природної популяції (N група) р. Гнізна у сільській місцевості переселяли в різні за якістю водного оточення зони – урбанізовану (U група) і рекреаційну (R група) на 30 діб. Порівнювали стан системи антиоксидантного захисту, рівень ацетилхолінестеразної активності та вміст металотіонеїнів (MT). У моллюсків U групи спостерігається оксидативний стрес, нейротоксичність і тканинноспецифічні зміни вмісту MT, тоді як у моллюсків R групи відзначено зменшення вмісту продуктів окисної деструкції білків і ліпідів, а також MT, і відсутні зміни активності ацетилхолінестерази. Одержані дані узгоджуються з результатами хімічного аналізу води і свідчать про перспективність використання біохімічних маркерів переселених моллюсків для оцінки якості водного оточення.

Ключові слова: двостулкові моллюски, переселення, біохімічні маркери, оксидативний стрес, металотіонеїни, ацетилхолінестераза.

Різноманітні забруднювачі водного середовища спричиняють генерацію активних форм кисню і, як наслідок, – окисну деструкцію біомолекул [11] та проявляють нейротоксичність [19] в організмі водяних тварин. Адаптація до дії чинників, що спричиняють пошкодження клітини, пов'язана з активацією системи антиоксидантного захисту і синтезу антистресорних білків, зокрема металодепонуючих білків металотіонеїнів (MT) [14, 29]. Тому перелічені вище характеристики вважаються потенційними біомаркерами забруднення водного середовища, як за умов лабораторного експерименту, так і в природних водоймах [11, 19].

Двостулкові моллюски завдяки особливостям їхньої життєдіяльності (а саме: сидячому способу життя, високій фільтраційній здатності та біоаккумуляції різноманітних забруднювачів) вважаються найбільш придатними для біомоніторингу водних екосистем організмами [29]. На території України загалом та на Тернопільщині зокрема *Anodonta cygnea* є поширеним видом [4], але в деяких місцях природні популяції цього виду поодинокі або ж узагалі відсутні, що може пояснюватися не лише рівнем забруднення, але і низкою інших причин [8, 13]. Тому метод переселення моллюсків, який є загальноприйнятим прийомом програм активного біомоніторингу водойм [11, 21, 24, 25], ефективно компенсує нестачу біоіндикаторного виду на досліджуваних ділянках басейну р. Дністер. У попередніх дослідженнях ми виявили зміни стану системи антиоксидантного захисту і MT у моллюсків, переселених у нові умови на 14 діб [3]. Однак деякі автори вважають цей період недостатнім для адаптації до нових умов [21, 25], а тому становить інтерес вивчити потенційні біомаркери забруднення у моллюсків, які адаптувались до нових умов протягом більш тривалого періоду. Крім того, нами були обрані дві ділянки, які істотно відрізняються за якістю води і географічно віддалені між собою.

Дослідження проводили у вересні на особинах прісноводного двостулкового моллюска беззубки лебедині *Anodonta cygnea* L. з діаметром мушлі приблизно 8 см і масою 30–36 г. Тварин із р. Гнізна (притоки р. Серет, басейн р. Дністер) у зоні сільськогосподарських угідь с. Кровінка Тербовлянського р-ну Тернопільської обл. (N група (49°19'54'' пн.ш., 25°41'16'' сх.д.) переселяли в іншу ділянку цієї ж річки, розташованої у м. Тербовля біля стихійних сміттєзвалищ (U група (49°17'56'' пн.ш., 25°41'56'' сх.д.), та у ділянку на річці Серет вище Тернопільського ставу у зоні болотистих мисливських угідь (R група (49°33'44'' пн.ш., 25°34'22'' сх.д.). Переселення тварин здійснювали на період 30 діб у пластикових боксах розміром 30×30×60 см, які закріплювали на дні водойми на глибині 0,8–1,0 м. Після відбору моллюсків утримували у лабораторних умовах у добре аерованій воді із відповідної водойми не більше доби. Для дослідження використовували травну залозу та зябра. Відбір тканин проводили на холоді за температури близько 4°C. Обчислювали морфометричні показники тварин, кондиційні індекси тканин ($KI = (\text{маса обсушеної тканини} / \text{загальна маса організму}) \cdot 100$) [27]. Для характеристики системи антиоксидантного захисту визначали активність її показників і утворення продуктів окисної деструкції у тканинах. Активність супероксиддисмутази (СОД) [КФ 1.15.1.1] вимірювали за зниженням швидкості відновлення нітротетразолію синього [7], каталази (КАТ) [КФ 1.11.1.6] – за швидкістю розкладу пероксиду гідрогену [9], вміст окисних модифікацій білків (ОМБ) – за концентрацією продуктів реакції з 2,4-динітрофенілгідразином, визначеною спектрофотометрично при 370 нм; продукти перекисного окиснення ліпідів (ПОЛ) – за утворенням ТБК-позитивних продуктів (ТБК-ПП) [2, 6]; вміст загального, відновленого (GSH) і окисненого (GSSG) глутатіону – за неферментативною реакцією з 5,5-дитіобіс-2-нітробензойною кислотою (реактив Елмана) до і після відновлення дисульфідів боргідридом [26]. Вміст GSSG визначали як різницю вмісту загального глутатіону і GSH. Обчислювали редокс-індекс глутатіону (PI) як $([GSH] + 2[GSSG]) / 2[GSSG]$ [10]. Для оцінки рівня нейротоксичності природного середовища визначали активність ацетилхолінестерази (АХЕ) [КФ 3.1.1.7] колориметричним методом [15]. Вимірювали концентрацію розчинних білків у тканині за методом Лоурі [20]. За одержаними результатами вираховували інтегральний показник – коефіцієнт антиоксидантного стану (КАС), що є відношенням алгебраїчних сум показників стану антиоксидантних факторів і продуктів окисної деструкції. Кожен показник виражали у відсотках відхилення від показників контрольної групи тварин (природна популяція) [5]. До антиоксидантних факторів відносили активність СОД і КАТ та концентрацію GSH, а до продуктів окисної деструкції – вміст GSSG і ОМБ і утворення ТБК-ПП. МТ виділяли з термостабільного екстракту тканин шляхом послідовної хроматографії на сефадексі G-50 та на ДЕАЕ-целюлозі [28]. Вміст МТ обчислювали за сумарним вмістом цинку і міді у фракціях [22]. Вміст металів (міді, цинку, марганцю, свинцю, кадмію та заліза) у воді та міді й цинку в МТ вимірювали на атомно-адсорбційному спектрофотометрі С-115 після спалювання зразків у нітратній кислоті. Визначали основні хімічні параметри води за стандартними методиками [1].

Результати подавали у вигляді $M \pm m$ для шести тварин, крім визначення показників фракцій МТ і зразків води, які подано як усереднені значення двох-трьох вимірів на об'єднаних з 5–6 тварин зразках матеріалу [18]. Статистична обробка результатів проведена з використанням *t*-тесту Стьюдента.

Порівняння трьох груп моллюсків (табл. 1) показує, що за однакової маси та розмірів переселені моллюски виявляють значно вищі показники КІ зябер, а в R групі – ще й

травної залози, ніж представники природної популяції. Концентрація розчинних білків у тканинах в переселених групах тварин порівняно з природною популяцією не змінюється (табл. 2).

Визначення показників антиоксидантного захисту в тканинах молюсків показує, що молюски R групи відрізняються від N групи зниженою активністю СОД, що чітко виражено в травній залозі, тоді як у тварин U групи стан цього показника такий, як і в N

Таблиця 1

Морфометричні характеристики беззубки (M±m; n=6)

Параметри	Групи тварин		
	N	U	R
Довжина тіла, см	8,3±0,1	8,4±0,3	8,5±0,1
Загальна маса, г	31,5±1,9	34,9±3,2	38,3±2,7
Маса м'яких тканин, г	15,1±0,9	16,4±1,3	18,9±2,5
КІ травної залози, %	2,8±0,1	3,0±0,2	3,9±0,3*
КІ зябер, %	4,7±0,3	5,5±0,2*	6,7±0,9*

Примітка. Тут і далі * – відмінність між природною та переселеними групами тварин імовірна, $p \geq 0,95$.

Таблиця 2

Показники стану системи антиоксидантного захисту та нейротоксичності тканин беззубки (M±t; n=6)

Параметри	Групи тварин	Тканина	
		Травна залоза	Зябра
Активність СОД, у.о./мг білка	N	1,51±0,15	2,83±0,28
	U	1,64±0,06	2,71±0,30
	R	1,07±0,10*	3,38±0,25
Активність КАТ, у.о./мг білка	N	5,54±0,32	5,57±0,70
	U	5,16±0,29	4,92±0,57
	R	4,76±0,46	3,99±0,28
Активність АХЕ, нмоль/мг білка	N	4,92±0,33	8,31±0,86
	U	6,21±0,29	4,68±0,55*
	R	5,65±0,26	8,04±0,72
Вміст GSH, мкмоль/г тканини	N	1,39±0,12	1,09±0,06
	U	1,07±0,08*	0,72±0,04*
	R	1,01±0,06*	0,80±0,06*
Вміст GSSG, мкмоль/г тканини	N	0,21±0,01	0,19±0,01
	U	0,61±0,04*	0,51±0,02*
	R	0,62±0,03*	0,43±0,03*
Утворення ТБК-позитивних продуктів, нмоль/г тканини	N	37,0±0,7	25,5±0,7
	U	45,4±1,4*	43,7±3,8*
	R	26,5±0,9*	25,5±2,1
Вміст ОМБ, мкмоль/г тканини	N	0,52±0,05	0,31±0,03
	U	0,39±0,02*	0,28±0,01
	R	0,30±0,01*	0,15±0,01*
Вміст розчинних білків, мг/г тканини	N	88,08±4,6	31,8±6,7
	U	73,1±1,7	31,4±2,2
	R	83,6±3,0	32,8±2,5

групі (табл. 2). Активність КАТ у переселених груп молюсків порівняно з N групою не змінюється. В обох тканинах молюсків R групи виявили пригнічення окисної деструкції ліпідів, тоді як в U групі – навпаки, утворення ТБК-ПП зростає (табл. 2). Вміст ОМБ зменшується в обох тканинах R групи молюсків, тоді як в U групі такі зміни помічені лише у травній залозі. Вміст GSH знижується, а вміст GSSG зростає більш як удвічі у тканинах обох груп переселених тварин (табл. 2). Відповідно, показники РІ глутатіону у беззубок після переселення їх в нові умови зменшуються в обох тканинах порівняно із цими показниками у молюсків N групи (3,72 для травної залози та 3,25 для зябер) і становлять у тварин U групи 2,09 і 1,72 та в R групи 2,07 і 1,79 відповідно для травної залози і зябер. Відносно високий вміст окисненого глутатіону пояснюється використанням неферментного методу визначення тіолів [26], за якого продуктами відновлення дисульфідів у 5% екстракті ТХО можуть бути і низькомолекулярні білки.

Згідно з результатами обчислення інтегрального показника КАС, відмінності у стані системи антиоксидантного захисту U, R та N груп тварин, свідчать про значне її пригнічення у переселених молюсків, особливо в U групі (рис. 1).

Активність АХЕ в досліджуваних тканинах беззубок R групи не змінюється, тоді як у тварин U групи спостерігаємо її зменшення в зябрах та відсутність достовірних змін у травній залозі (табл. 2).

В умовах переселення ми спостерігали зменшення вмісту МТ в обох тканинах тварин R групи та в зябрах молюсків U групи, тоді як у травній залозі цієї групи змін не спостерігали (рис. 2).

Оцінка хімічних параметрів води із досліджуваних ділянок свідчить про певні відмінності між ними. Зокрема, зафіксовано вищий вміст іонів міді та цинку і менший марганцю та фосфатів в урбанізованій зоні, тоді як решта досліджуваних показників води з цієї ділянки не відрізняються від таких для аграрної зони цієї ж річки (табл. 3). У Тернопільському ставі вміст цинку, заліза, марганцю, кадмію і твердість води менші, а окиснюваність вища порівняно з водою із аграрної зони. Вміст свинцю у всіх досліджуваних ділянках виявився нижчим за межу детекції.

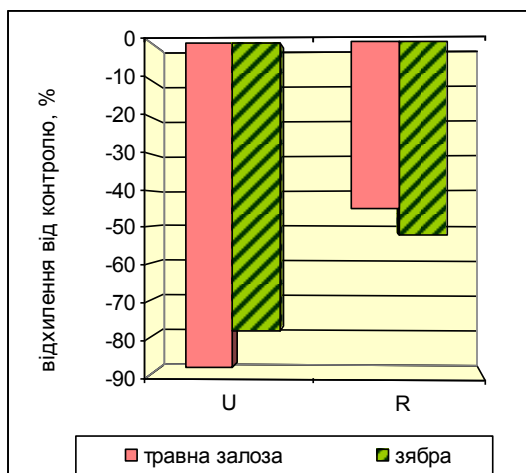


Рис. 1. Коефіцієнт антиоксидантного стану тканин беззубки в умовах переселення.

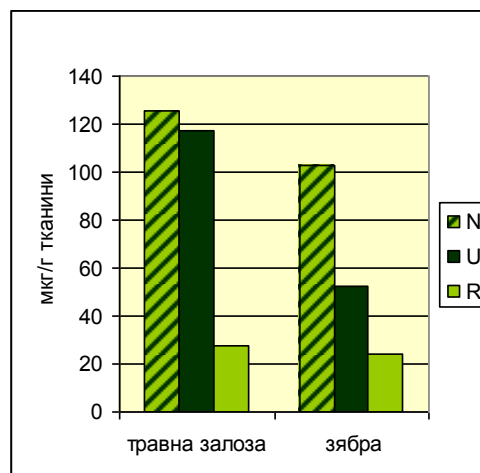


Рис. 2. Вміст металотіонеїнів у травній залозі та зябрах переселених груп і природної популяції беззубки.

Таблиця 3

Хімічні параметри води різних ділянок р. Гнізна і Тернопільського ставу (M±t; n=3)

Параметри	Місця відбору проб води		
	с. Кровінка (аграрна зона)	м. Тербовля (урбанізована зона)	Тернопільський став (рекреаційна зона)
pH	6,8	5,5	6,3
Фосфати, мкмоль/л	0,24±0,05	0,16±0,01*	0,26±0,04
Окиснюваність, мг O ₂ /л	7,7±0,1	8,6±0,4	10,3±0,2*
Твердість води, мг-екв/л	12,2±0,2	14,7±1,2	8,8±0,2*
Нітрити, мг/л	0,32±0,0	0,35±0,08	0,28±0,02
Cu, мкг/л	3,4±0,4	7,2±1,2*	4,6±0,2
Zn, мкг/л	31,1±6,4	65,4±5,8*	24,8±1,4
Mn, мкг/л	62,3±5,1	9,5±1,5*	24,1±1,1*
Fe, мкг/л	199,4±10,5	217,3±15,5	153,1±15,5
Cd, мкг/л	4,1±0,3	5,0±0,3	1,9±0,1*

Отже, одержані нами дані свідчать про те, що переселення моллюсків викликає істотні відмінності стану їх біохімічних маркерів відповідно до якості водного оточення. Особливу чутливість і селективність виявляють характеристики СОД і ПОЛ. Так, виявлено імовірну позитивну кореляцію між вмістом цинку та міді у воді й утворенням ТБК-ПП в обох тканинах для цинку і зябрах для міді ($r > 0,90$, $p \geq 0,95$). Також відмічено негативну кореляцію між вмістом цинку та кадмію водного середовища й активністю СОД зябер беззубки (відповідно $r < 0,75$ та $r < 0,99$, $p \geq 0,95$). Разом з тим, певні характеристики свідчать про спільну реакцію-відповідь організму беззубки на переселення, а саме, зменшення інтегрального індексу КАС в U та R групах моллюсків і окиснений статус системи глутатіону.

Визначення морфологічних показників моллюсків як елементу програм біомоніторингу доповнює оцінку впливу умов водного середовища та дії ксенобіотиків на ріст і розвиток організму, проте в ряді випадків селективність цих показників до місця переселення не спостерігається [16, 23], що відзначено і нами. Зокрема, у *Corbicula fluminea* спостерігали збільшення кондиційних індексів тканин при переселенні їх як у забруднені, так і у відносно чисті ділянки іншої річки [17].

У літературі описано різні реакції системи антиоксидантного захисту в переселених двостулкових моллюсків: збалансована активація прооксидантних і антиоксидантних чинників у *Mytilus galloprovincialis* [21] та збільшення концентрації ТБК-ПП, зменшення рівня GSH і його окиснення за відсутності змін активності ферментів антиоксидантного захисту [11, 25]. Відзначається також активація антиоксидантних ферментів організму та пригнічення ПОЛ [3]. У нашому випадку, незважаючи на те, що за даними обчислення КАС спостерігається певне пригнічення системи антиоксидантного захисту у тканинах беззубок обох груп, згідно з результатами визначення вмісту ТБК-ПП, можна оцінити ситуацію в U групі як некомпенсований оксидативний стрес, а в R групі – як загальне зменшення активності антиоксидантної системи у відносно чистій водоймі.

Показники активності АХЕ природної популяції мідій із зони антропогенного навантаження виявилися значно нижчими порівняно з активністю цього ферменту у *Mytilus edulis* із чистих ділянок Середземноморського узбережжя [19]. Проте після одномісячного переселення мідій зниження активності АХЕ відмічали як у чистій, так і

в забрудненій місцевостях [24], тобто, ймовірно, сама процедура переселення може впливати на зміну активності АХЕ. Згідно з нашими даними, відповідь цього маркера відрізняється залежно від якості водного оточення і свідчить про певну токсичність водного оточення в урбанізованій зоні, що узгоджується з результатами визначення маркерів оксидативного стресу.

Щодо МТ відомо, що експресія цих білків посилюється у відповідь на дію стресорних чинників різної природи та специфічно на забруднення середовища важкими металами, насамперед кадмієм [18, 29]. Зіставлення вмісту кадмію у воді та МТ у травній залозі молюска свідчить, що відмінності у цих показниках між водоймами узгоджуються, тобто вищий рівень МТ відповідає більш забрудненим водоймам.

Оцінка якості водного оточення з використанням стандартних методик хімічного аналізу води свідчить про те, що отримані нами дані з досліджуваних ділянок р. Гнізна і Тернопільського ставу відповідають стандартам якості поверхневих вод, затверджених європейським співтовариством [12], окрім концентрації кадмію, яка у досліджуваних водоймах у два–п'ять разів перевищує допустимі норми. Разом з тим, як показав кореляційний аналіз, біомаркери чутливо відобразили відмінності у вмісті важких металів у воді.

Отже, як видно з одержаних результатів, лише використання мультимаркерного підходу може забезпечити адекватну оцінку впливу водного оточення на молюсків, переселених у нові умови. У нашому випадку можна говорити про ознаки токсичності водного середовища для молюсків в урбанізованій зоні та найкращу якість умов їх існування в рекреаційній зоні. Однотипні зміни КІ, стану GSH та вмісту ОМБ в обох місцевостях можна, очевидно, вважати спільною ознакою адаптації до процедури переселення. Активність СОД, АХЕ та концентрацію ТБК-ПП у тканинах переселених молюсків можна рекомендувати як селективні маркери комбінованого забруднення водного середовища.

1. *Жаровський Ф. Г., Пилипенко А. Т., П'ятницький І. В.* Аналітична хімія. К.: Вища шк., 1982. 544 с.
2. *Луцак В. І., Багнокова Т. В., Луцак О. В.* Показники оксидативного стресу. 1. Тіобарбітурактивні продукти і карбонільні групи білків // Укр. біохім. журн. 2004. Т. 76. № 3. С. 136–141.
3. *Міщук О. В., Голозговська Л. О., Прийдун Х. Б.* та ін. Вплив переселення молюсків на стан їх системи антиоксидантного захисту та металотіонеїнів // Наук. записки Терноп. пед. ун-ту. Сер. Біол. 2007. № 1(31). С. 171–177.
4. *Стадниченко А. П.* Перлівницеви. Кулькові (Unionidae, Cycladidae) // Фауна України. К.: Наук. думка, 1984. Т. 29. С. 50–53.
5. *Столяр О. Б., Грубінко В. В., Зінковська Н. Г.* та ін. Інтегральний показник антиоксидант-прооксидантного стану організму як інструмент біомолекулярного моніторингу // Мед. хімія. 2004. Т. 6. № 3. С. 66–68.
6. *Тимирбулатов Р. А., Селезнев Е. Н.* Метод повышения интенсивности свободнорадикального окисления липидсодержащих компонентов крови и его диагностическое значение // Лаб. дело. 1981. № 4. С. 209–211.
7. *Чевари С., Андял Т., Штрэнгер Я.* Определение антиоксидантных параметров крови и их диагностическое значение в пожилом возрасте // Лаб. дело. 1991. № 10. С. 9–13.
8. *Яворський І. П., Гураль Р. І.* Дослідження фауни прісноводних молюсків околиць смт Оброшино Пустомитівського р-ну Львівської області та вплив антропогенних чинників на їх біотопи // Наук. вісн. УжНУ. Сер. біол. 2001. Вип. 9. С. 358–361.

9. *Aebi H.* Catalase // Bergmeyer H. U. (Ed.) Methods of Enzymatic Analysis. London: Academic Press. 1974. P. 671–684.
10. *Allen T., Rama S. V. S.* Oxidative stress by inorganic arsenic: modulation by thyroid hormones in rat // *Comp. Biochem. Physiol.* 2003. Vol. 135(C). N 2. P. 157–162.
11. *Cossu C., Doyotte A., Babut M.* et al. Antioxidant biomarkers in freshwater bivalves, *Unio tumidus*, in response to different contamination profiles of aquatic sediments // *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2000. Vol. 45. N 2. P. 106–21.
12. Council directive of 16 June 1975 concerning the quality required of surface water intended for the abstraction of drinking water in the Member States of the Europe Union (75/440/EEC).
13. *Diamond J., Bressler D., Serviess V.* Assessing relationships between human land uses and the decline of native mussels, fish, and macroinvertebrates in the Clinch and Powell river watershed, USA // *Environ. Toxicol. and Chem.* 2002. Vol. 21. N 6. P. 1147–1155.
14. *Doyotte A., Cossu C., Jacquin M.-C.* et al. Antioxidant enzymes, glutathione and lipid peroxidation as relevant biomarkers of experimental or field exposure in the gills and digestive gland of the freshwater bivalve *Unio tumidus* // *Aquat. Toxicol.* 1997. Vol. 39. N 2. P. 93–110.
15. *Ellman G. L., Courtney K. D., Andres V. J.* et al. A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity // *Biochem. Pharmacol.* 1961. N 7. P. 88–95.
16. *Geffard A., Geffard O., Amiard J. C.* et al. Bioaccumulation of metals in sediment elutriates and their effects on growth, condition index, and metallothionein contents in oyster larvae // *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 2007. Vol. 53. N 1. P. 57–65.
17. *Hull M. S., Cherry D. S., Merricks T. C.* Effect of cage design on growth of transplanted Asian clams: implications for assessing bivalve responses in streams // *Environ. Monit. Assess.* 2004. Vol. 96. N 1–3. P. 1–14.
18. *Kagi J. H. R., Schaffer A.* Biochemistry of metallothionein // *Biochem.* 1988. Vol. 27. N 23. P. 8509–8515.
19. *Lionetto M. G., Caricato R., Giordano M. E.* et al. Integrated use of biomarkers (acetylcholinesterase and antioxidant enzymes activities) in *Mytilus galloprovincialis* and *Mullus barbatus* in an Italian coastal marine area // *Mar. Pollut. Bull.* 2003. Vol. 46. N 3. P. 324–330.
20. *Lowry O. H., Rosebrough H. J., Farr A. L.* et al. Protein measurement with folin phenol reagent // *J. Biol. Chem.* 1951. Vol. 191. N 1. P. 265–275.
21. *Nasci C., Nesto N., Monteduro R. A.* et al. Field application of biochemical markers and a physiological index in the mussel *Mytilus galloprovincialis*: transplantation and bio-monitoring studies in the lagoon of Venice (NE Italy) // *Mar. Environ. Res.* 2002. Vol. 54. N 3–5. P. 811–816.
22. *Paris-Palacios S., Biagianti-Risbourg S., Fouley A.* et al. Metallothioneins in liver of *Rutilus rutilus* exposed to Cu²⁺. Analysis by metal summation, SH determination and spectrofluorimetry // *Comp. Biochem. Physiol.* 2000. Vol. 126(C). N 2. P. 113–122.
23. *Robillard S., Beauchamp G., Laulier M.* The role of abiotic factors and pesticide levels on enzymatic activity in the freshwater mussel *Anodonta cygnea* at three different exposure sites // *Comp. Biochem. Physiol.* 2003. Vol. 135(C). N 1. P. 49–59.
24. *Roméo M., Hoarau P., Garello G.* et al. Mussel transplantation and biomarkers as useful tools for assessing water quality in the NW Mediterranean // *Environ. Pollut.* 2003. Vol. 122. N 3. P. 369–378.

25. *Romero-Ruiz A., Amezcua O., Rodriguez-Ortega M. J. et al.* Oxidative stress biomarkers in bivalves transplanted to the Guadalquivir estuary after Aznalcollar spill // *Environ. Toxicol. Chem.* 2003. Vol. 22. N 1. P. 92–100.
26. *Sedlak J., Lindsay R. H.* Estimation of total, protein-bound and non-protein sulphhydryl groups in tissue with Ellmans Reagent // *Anal. Biochem.* 1968. Vol. 25. N 1. P. 192–205.
27. *Smaoui-Damak W., Hamza-Chaffai A., Bebianno M. J. et al.* Variation of metallothioneins in gills of the clam *Ruditapes decussatus* from the Gulf of Gabes (Tunisia) // *Comp. Biochem. Physiol.* 2004. Vol. 139(C). N 4. P. 181–188.
28. *Stolyar O. B., Myhayliv R. L., Mischuk O. V.* The concentration-specific response of metallothioneins in copper-loading freshwater bivalve *Anodonta cygnea* // *Ukr. Bioc. J.* 2005. Vol. 77. N 6. P. 65–69.
29. *Viarengo A., Burlando B., Cavaletto M. et al.* Role of metallothionein against oxidative stress in the mussels *Mytilus galloprovincialis* // *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* 1999. Vol. 277. N 6. P. 1612–1619.

BIOCHEMICAL MARKERS OF TRANSPLANTED FRESHWATER BIVALVE MUSSELS

O. Mishchuk

*Ternopil Hnatiuk National Tacher-training University
2, Kryvonosa St., Ternopil 46027, Ukraine
e-mail: hemich@gmail.com*

Animals from the natural population (group N) of the Gnizna River, a rural setting, were transplanted for 30 days to different zones of varying quality of water environment - urban (group U) and recreational (group R). The condition of the antioxidant defense system, the level of acetylcholinesterase (AChE) activity and the content of metallothioneins (MTs) were compared. Oxidative stress, neurotoxicity and tissue specific changes in MTs content were observed in mussels from group U. In group R, reduction in the content of MTs and of the products of protein and lipid oxidation, as well as unaffected levels of AChE activity, were noted. Obtained data agree with the results of the chemical analysis of water, indicating feasibility of using biochemical markers of transplanted mussels to evaluate the quality of water environment.

Key words: bivalve mussels, transplantation, biomarkers, oxidative stress, metallothioneins, acetylcholinesterase.

Стаття надійшла до редколегії 24.01.08

Прийнята до друку 11.03.08