

УДК 594:124:094.3 (262.5)

ОЦІНКА СТАНУ АНТИОКСИДАНТНОЇ СИСТЕМИ ЧОРНОМОРСЬКИХ МІДІЙ ПІД ВПЛИВОМ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ

Семенова О.О.

*Одеський національний університет ім. І. І. Мечникова, Одеса, Україна
E-mail: masterkristi@rambler.ru*

Проведено вивчення стану антиоксидантної системи чорноморських мідій під впливом важких металів при харчовому їх надходженні у організм, і при надходженні у розчиненому стані. Показано, що попадання усіх досліджених металів у організм незалежно від способу потрапляння, призводить до активізації супероксиддисмугазно – каталазної системи та збільшенню рівня маланового діальдегіду. Глутатіонова система реагує вибірково на потрапляння, різних металів. До міді та свинцю вона є чутливою, а на кадмій не реагує. Характер реакції глутатіонової системи на потрапляння металів залежить від шляху їх попадання у організм. При потраплянні металів у розчиненому виді активізувався окислюваний потенціал цієї системи, а при потраплянні з їжею – ввідновлювальний.

Ключові слова: чорноморська мідія, антиоксидантна система, важкі метали.

ВСТУП

Важкі метали відносяться до небезпечних забруднювачів водного середовища. Вплив їх на гідробіонти є безумовним фактом [1, 2]. Являючись важливими мікроелементами клітин та приймаючи участь у фізіологічних – біохімічних процесах деякі важкі метали у певних кількостях викликають незворотні зміни у клітинах. Мідь займає особливе місце серед важких металів виступаючи, як особливо небезпечний токсикант і в той же час, як кофактор деяких ферментативних систем [3, 4]. Кадмій та свинець відносяться до особливо небезпечних, у певних кількостях, для гідробіонтів. Характерною особливістю цих токсикантів є гальмування багатьох фізіологічних та біохімічних процесів, інактивація ферментативних процесів в обміну речовин та поділу клітин [5, 6].

У сучасній науковій літературі, висвітлені окремі процеси метаболізму вуглеводів, ліпідів, білків, роль тіолово-вмісних сполук за дії важких металів на організм, вплив їх на травну систему молюсків, зокрема мідій [7, 8]. Праця присвячена вивченню стану антиоксидантної системи чорноморських мідій під впливом важких металів, які потрапляють у організм різними шляхами – з їжею та у розчиненому стану не має.

Метою нашого дослідження було оцінити стан антиоксидантної системи чорноморських мідій під впливом важких металів – міді, кадмію та свинцю при їх надходженні у організм з морської води та з їжею.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Експериментування проводили на чорноморських мідіях *Mytilus galloprovincialis* Lam. чорної морфи розміром 3,5 – 4,0 см. Відновлені мідії на протязі однієї години транспортувалися у лабораторію, де розміщувалися у акваріум. Період адаптування тривав 5 діб, після чого молюски використовувалися для дослідів у лабораторних умовах. В якості споживачів факторів металів використовувалися водорості різних систематичних груп: *Dunaliella salina* Teod, *Thalassiosira psaudonana* (Hustedt) Hasle et Heimdal, *Pavlova lutheri* (Droop) Green.

Експеримент тривав 3 доби, на протязі яких воду у акваріумах, де витримувалися молюски не змінювали. Для дослідів використовували хлориди міді, кадмію та свинцю у концентраціях $0,1 \text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$; $1,0 \text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$; $10,0 \text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$. Кількість повторних експериментальних та контрольних варіантів у кожній серії дослідів складала 8 – 10.

На протязі першої серії експериментів мідії, що були внесені у профільтовану морську воду, годувалися водоростями, що були попередньо експоновані у середовищах з хлоридами міді, кадмію та свинцю у відповідних концентраціях.

Водорості, які використовувалися як споживчі фактори, були у такій чисельності, щоб кількість міді, кадмію та свинцю у них відповідала вмісту його при різних концентраціях $0,1 \text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$; $1,0 \text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$; $10,0 \text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$ в морській воді.

Вміст міді, кадмію та свинцю у водоростях та чорноморських мідіях після ліофілізації певних зразків визначали за допомогою полум'яного фотометру.

Показники антиоксидантної системи визначали згідно з загальноприйнятими методами [9–15]. Результати дослідження представлені середніми величинами з їх середніми похибками ($M \pm m$). Статистична обробка проводилася за допомогою програми "STATGRAPHICS" та метода Стьюдента [16–19].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Як проказники антиоксидантної системи мідій були обрані наступні біохімічні тести: активність глутатіонпероксидази, глутатіонредуктази, супероксиддисмутази, каталази, пероксидази, відновленого глутатіона і малонового діальдегіду.

Сукупність цих біохімічних тестів дозволяє повною мірою оцінити антиоксидантної статус і потенціал тканини.

Оскільки раніше ми встановили, що насичення тканин металами в більшості випадків спостерігається на другу або третю добу експозиції мідій з солями важких металів або водоростями, що заздалегідь накопичили ці метали, і при максимальних концентраціях цих металів, ми для дослідження антиоксидантної системи мідій використовували тридобову експозицію і максимальну концентрацію досліджених металів.

Отримані результати свідчать про наявність істотних перебудов в антиоксидантної системі мідій під дією високої концентрації CuCl_2 . Відмінності статистично достовірні ($p \leq 0,05$).

Аналіз стану глутатіонової системи в тканинах мідій (гепатопанкреасі, зябрах, нозі) під дією хлориду міді показує, що активність глутатіонпероксидази в тканинах

мідій, що знаходилися три доби у воді з концентрацією CuCl_2 $10,0 \text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$ істотно зменшувалася.

Найбільшою мірою це спостерігалось в зябрах і у меншій мірі - в гепатопанкреасі і нозі.

Активність глутатіонредуктази, навпаки, знижувалася в усіх досліджених органах. Також падав рівень відновленого глутатіона (табл. 1). Порівняння результатів свідчить, що в глутатіоновій системі тканин відбувається зниження відновлювального потенціалу за рахунок зниження активності редуктази.

Стан комплексу ферментів, що відповідають за утилізацію перекисів і перекисних радикалів, - супероксиддисмутази, каталази і пероксидази показує, що активність супероксиддисмутази під дією міді в усіх досліджених органах істотно підвищується.

Таблиця 1
Стан глутатіонової системи тканин мідій при потрапленні у організм важких металів у розчиненому стані з води (третя доба експерименту)

Біохімічні тести		Глутатіонпероксидаза (мкм PSSP/мг·білка, хв.)	Глутатіонредуктаза (мкм НАДФН/мг·білка, хв.)	Відновл. глутатіон (мкм ГSH/мг білка)	
CuCl_2	гепатопанкр	контроль	35 ± 3	95 ± 10	$1,0 \pm 0,2$
		експ-т	$54 \pm 5^*$	72 ± 7	$0,4 \pm 0,1^*$
	зябри	контроль	38 ± 4	148 ± 16	$0,4 \pm 0,1$
		експ-т	$72 \pm 6^*$	$94 \pm 9^*$	$0,2 \pm 0,1$
	нога	контроль	30 ± 3	45 ± 5	$0,4 \pm 0,1$
		експ-т	$44 \pm 5^*$	$28 \pm 3^*$	$0,2 \pm 0,1$
CdCl_2	гепатопанкр	контроль	35 ± 3	95 ± 10	$1,0 \pm 0,2$
		експ-т	$38 \pm 4^*$	$100 \pm 11^*$	$1,2 \pm 0,1^*$
	зябри	контроль	38 ± 4	148 ± 16	$0,4 \pm 0,1$
		експ-т	$43 \pm 4^*$	$154 \pm 17^*$	$0,5 \pm 0,1^*$
	нога	контроль	30 ± 3	45 ± 5	$0,4 \pm 0,1$
		експ-т	$33 \pm 3^*$	$48 \pm 5^*$	$0,6 \pm 0,1$
PbCl_2	гепатопанкр	контроль	35 ± 3	95 ± 10	$1,0 \pm 0,2$
		експ-т	$72 \pm 1^*$	$65 \pm 7^*$	$0,4 \pm 0,2^*$
	зябри	контроль	38 ± 4	148 ± 16	$0,4 \pm 0,1$
		експ-т	$88 \pm 2^*$	$206 \pm 19^*$	$0,2 \pm 0,2$
	нога	контроль	30 ± 3	45 ± 5	$0,4 \pm 0,1$
		експ-т	$76 \pm 2^*$	$102 \pm 9^*$	$0,1 \pm 0,1$

Примітка: значення чисельності клітин $10^3 \cdot \text{мл}^{-1}$

* різниця вірогідна при $p \leq 0,05$

Паралельно із збільшенням активності супероксиддисмутази ми спостерігали збільшення активності каталази. Таке синхронне збільшення активності цих двох ферментів легко пояснити, якщо врахувати, що робота супероксиддисмутази

полягає в перетворенні радикалів супероксидних аніонів на перекис водню, який є субстратом для каталази. Активність пероксидази в цих умовах не змінювалася, що можна пояснити її низькою активністю і здатністю розщеплювати переважно органічні перекиси.

Як наслідок процесів утворення і метаболізму перекисів, підвищувався в усіх досліджених тканинах вміст малонового діальдегіду (табл. 2).

Таблиця 2
Стан супероксиддисмутази - каталазної системи тканин міді при потрапленні в організм важких металів у розчиненому стані з води (третя доба експерименту)

Біохімічні тести		Супероксиддисмутаза (мкм НАДН/мг білка, хв)	Пероксидаза (мкм H ₂ O ₂ /мг білка, хв.)	Каталаза (мкм H ₂ O ₂ /мг білка, хв.)	Малоновий діальдегід (мкм GSH/мг білка)	
CuCl ₂	гепатопанкр	контроль	1230 ± 134	10 ± 1	324 ± 34	824 ± 84
		експ-т	1844 ± 191*	9 ± 1	654 ± 57	1231 ± 122
	зябри	контроль	2380 ± 250	5 ± 1	567 ± 60	1561 ± 1661
		експ-т	3234 ± 357*	4 ± 1	922 ± 90*	2012 ± 184*
	нога	контроль	8590 ± 902	2 ± 0,2	345 ± 37	712 ± 073
		експ-т	12350 ± 1002	2 ± 0,2	734 ± 70*	1542 ± 160*
CdCl ₂	гепатопанкр	контроль	1230 ± 134	10 ± 1	324 ± 34	824 ± 84
		експ-т	2128 ± 232*	11 ± 1	575 ± 41*	1244 ± 133*
	зябри	контроль	2380 ± 250	5 ± 1	567 ± 60	1561 ± 161
		експ-т	3837 ± 405*	5 ± 2	829 ± 75*	2653 ± 271*
	нога	контроль	8530 ± 902	2 ± 0,2	345 ± 37	712 ± 73
		експ-т	17632 ± 1863*	2 ± 0,3	596 ± 44*	1321 ± 123*
PbCl ₂	гепатопанкр	контроль	1230 ± 134	10 ± 1	324 ± 34	824 ± 84
		експ-т	2031 ± 210*	9 ± 1	721 ± 65*	1231 ± 134*
	зябри	контроль	2380 ± 250	5 ± 1	567 ± 60	1561 ± 161
		експ-т	3763 ± 393*	5 ± 1	829 ± 75*	1002 ± 96*
	нога	контроль	8530 ± 902	2 ± 0,2	345 ± 37	712 ± 73
		експ-т	16571 ± 1781*	3 ± 0,2	811 ± 75*	1534 ± 161*

Примітка: значення чисельності клітин 10³·мл⁻¹

* різниця вірогідна при p ≤ 0,05

Харчове потраплення міді призводить до протилежних відхилень в глутатіоновій системі в порівнянні з потрапленням цього металу в розчиненому стані з води. Зокрема, присутність міді в їжі призводить до зниження активності глутатіонпероксидази в усіх досліджуваних тканинах. В той же час ми спостерігали істотне підвищення активності глутатіонредуктази, яке було найбільш значущим в нозі, і, як наслідок, збільшення вмісту відновленого глутатіону (табл. 3).

Це свідчить про те, що в умовах харчового надходження міді в організм глутатіонова система зберігає здатність генерувати відновлений глутатіон, на відміну від варіанту надходження міді з води в розчиненому стані.

Глутатіонова система виявилася нечутливою до надходження кадмію в організм (табл. 1). Значне підвищення активності ми спостерігали в усіх органах

супероксиддисмутазно-каталазної системи, і як наслідок, підвищення вмісту в тканинах малонового діальдегіду (табл. 2). Характер дії кадмію, що потрапляє з їжею, на антиоксидантну систему мідій не відрізняється від такого, що спостерігається при надходженні в організм розчиненого кадмію з морської води (табл. 3, 4).

Аналіз сукупності ферментів, що відповідають за утворення і утилізацію пероксидів показує, що реакція цієї системи на харчове надходження міді в організм аналогічна варіанту потрапляння міді в розчиненому стані (табл. 4). А саме, активність взаємозв'язаних ферментів - супероксиддисмутази і каталази істотно підвищена в порівнянні з контролем, а активність пероксидази не змінювалася. Активізація переокисних процесів привела до підвищення вмісту в усіх досліджених тканинах малонового діальдегіду.

Таблиця 3

Стан глутатіонової системи тканин мідій при потраплянні в організм важких металів з їжею (третя доба експерименту)

Біохімічні тести		Глутатіонпероксидаза (мкм PSSP/мг білка, хв.)	Глутатіонредуктаза (мкм НАДФН/мг білка, хв.)	Відновл. глутатіон (мкм GSH/мг білка)	
CuCl ₂	гепатопанкр	контроль	35 ± 3	95 ± 10	1,0 ± 0,2
		експ-т	17 ± 2*	144 ± 12*	0,9 ± 0,1*
	зябри	контроль	38 ± 4	148 ± 16	0,4 ± 0,1
		експ-т	21 ± 2*	193 ± 16*	1,2 ± 0,1*
	нога	контроль	30 ± 3	45 ± 5	0,4 ± 0,1
		експ-т	18 ± 2*	90 ± 8*	0,3 ± 0,1
CdCl ₂	гепатопанкр	контроль	35 ± 3	95 ± 10	1,0 ± 0,2
		експ-т	34 ± 3*	98 ± 9	0,9 ± 0,2*
	зябри	контроль	38 ± 4	148 ± 16	0,4 ± 0,1
		експ-т	36 ± 4*	152 ± 17*	0,4 ± 0,1*
	нога	контроль	30 ± 3	45 ± 5	0,4 ± 0,1
		експ-т	32 ± 3*	48 ± 6*	0,4 ± 0,1
PbCl ₂	гепатопанкр	контроль	35 ± 3	95 ± 10	1,0 ± 0,2
		експ-т	18 ± 1*	138 ± 9	2,2 ± 0,2*
	зябри	контроль	38 ± 4	148 ± 16	0,4 ± 0,1
		експ-т	21 ± 4*	206 ± 19*	1,0 ± 0,1*
	нога	контроль	30 ± 3	45 ± 5	0,4 ± 0,1
		експ-т	20 ± 2*	101 ± 10*	1,2 ± 0,1

Примітка: значення чисельності клітин 10³·мл⁻¹

* різниця вірогідна при p ≤ 0,05

Зокрема, як і у разі потрапляння кадмію з морської води, глутатіонова система не реагує на цей метал. Супероксиддисмутазно-каталазна система реагує майже двократним підвищенням активності, у результаті чого відбувається накопичення малонового діальдегіду в тканинах.

Пероксидаза в обох варіантах потрапляння кадмію в організм не реагувала на його присутність. Антиоксидантний статус тканин мідій при потраплянні свинцю в

цілому нагадує такий при потраплянні міді. Проте, у разі свинцю ця картина ще більше виражена (табл. 1–4).

Активність глутатіонпероксидази була підвищена в 2-3 рази. Активність глутатіонредуктази, навпаки, зменшувалася в 1,5-2 рази. Особливо істотні були зміни вмісту глутатіона. Його рівень в тканинах знижувався в 2,5 - 3 рази.

Система супероксиддисмутаза-каталаза також дуже рельєфно реагувала на присутність хлориду свинцю. Активність цієї системи зростала в два і більше рази. Особливо різко збільшувався вміст в тканинах малонового діальдегіду. В цілому слід сказати, що усі вказані зміни найбільшою мірою проявлялися в м'язовому органі - нозі, і у меншій мірі в зябрах і гепатопанкреасі.

Таблиця 4

Стан супероксиддисмутазно - каталазної системи тканин мідій при потраплянні в організм важких металів з їжою третя доба експерименту)

Біохімічні тести		Супероксиддисмутаза (мкм НАДН/мг білка, хв)	Пероксидаза (мкм H ₂ O ₂ /мг білка, хв.)	Каталаза (мкм H ₂ O ₂ /мг білка, хв.)	Малоновий діальдегід (мкм GSH/мг білка)	
CuCl ₂	гепатопанкр	контроль	1230 ± 134	10 ± 1	324 ± 34	824 ± 84
		експ-т	1946 ± 141*	10 ± 1	734 ± 72*	1125 ± 105*
	зябри	контроль	2380 ± 250	5 ± 1	567 ± 60	1561 ± 161
		експ-т	3425 ± 361*	6 ± 1	1028 ± 101*	1996 ± 172*
	нога	контроль	8530 ± 902	2 ± 0,2	345 ± 37	712 ± 73
		експ-т	14823 ± 1118*	3 ± 0,3	802 ± 75*	1421 ± 153*
CdCl ₂	гепатопанкр	контроль	1230 ± 134	10 ± 1	324 ± 34	824 ± 84
		експ-т	2326 ± 250*	5 ± 1	567 ± 61*	1185 ± 120*
	зябри	контроль	2380 ± 250	5 ± 1	567 ± 60	1561 ± 161
		експ-т	4027 ± 410*	6 ± 1	932 ± 83*	2723 ± 285*
	нога	контроль	8530 ± 902	2 ± 0,2	345 ± 37	712 ± 73
		експ-т	16253 ± 1780*	2 ± 0,2	787 ± 80*	1258 ± 132*
PbCl ₂	гепатопанкр	контроль	1230 ± 134	10 ± 1	324 ± 34	824 ± 84
		експ-т	2148 ± 254*	9 ± 1	784 ± 69*	1117 ± 109*
	зябри	контроль	2380 ± 250	5 ± 1	567 ± 60	1561 ± 161
		експ-т	3386 ± 302*	2,0 ± 0,2	345 ± 37*	712 ± 73*
	нога	контроль	8530 ± 902	2 ± 0,2	345 ± 37	712 ± 73
		експ-т	15734 ± 1230*	3,0 ± 0,3	844 ± 37*	1476 ± 151*

Примітка: значення чисельності клітин 10³·мл⁻¹

* різниця вірогідна при p ≤ 0,05

Реакція глутатіонової системи на харчове надходження свинцю була прямо протилежною такий при потраплянні свинцю в розчиненому виді з морської води (табл.1,3). Так, зокрема, активність глутатіонпероксидази в цьому випадку була в 1,5-2 рази нижче, ніж в контролі, а активність глутатіонредуктази і, відповідно, рівень відновленого глутатіону різко підвищувалися. Супероксиддисмутазно-каталазна система різко активізувалася при обох способах потрапляння свинцю в організм (табл. 2, 4). Також істотно підвищувався рівень малонового діальдегіду. Отримані відмінності статистично вірогідні при p ≤ 0,05.

Узагальнюючи отримані дані необхідно відмітити, що реакція антиоксидантної системи тканин мідій на надходження в організм різних важких металів має як схожі риси, так і відмінності.

Супероксиддисмутазно-каталазна система тканин реагує подібно на надходження в організм досліджених металів незалежно від їх хімічної природи підвищенням активності, наслідком чого являється накопичення в тканинах маланового діальдегіду.

Пероксидаза, на наше здивування, не реагувала на надходження в організм жодного з досліджуваних металів. Глутатіонова система реагує вибірково на надходження в організм металів. Так, вона виявилася чутливою до міді і свинцю і нечутливою до кадмію. Можливо, це пов'язано з високою здатністю міді і свинцю взаємодіяти з білковими і небілковими SH -групами. Відомо, що кадмій значно слабше взаємодіє з цими групами.

Глутатіонова система також виявилася чутливою до способу надходження металів в організм. Зокрема, при потраплянні їх в розчиненому стані з морської води блокувалися її відновні можливості і активувалися окислювальні, у зв'язку з чим рівень відновленого глутатіону в тканинах різко знижувався (табл. 1, 3). При харчовому надходженні металів спостерігалася прямо протилежна картина (табл. 2, 4).

Ці відмінності, на наш погляд, можуть бути пояснені наступними причинами.

При надходженні з морської води метали у вигляді іонів взаємодіють з ферментами клітин, у тому числі і з глутатіонредуктазою, блокуючи її функціонально активні SH -групи.

При харчовому потраплянні іони металів опиняються в клітинах в зв'язаному, часто протеїнізованому виді. Багато металопротеїнів є кофакторами для глутатіонредуктазної реакції, активуючи її. В той же час відома група мідьвмісних олігопептидів, які інгібують глутатіонпероксидазну реакцію.

Таким чином, проведені нами дослідження дозволили оцінити накопичення металів в тканинах мідій і їх дію на антиоксидантну систему при різних шляхах їх надходження в організм.

ВИСНОВКИ

1. Попадання усіх досліджених металів у організм незалежно від способу надходження приводить до активізації супероксиддисмутазно – каталазної системи та збільшенню рівня маланового діальдегіду.
2. Глутатіонова система реагує вибірково на надходження різних металів. До міді та свинцю вона є чуйною, а на потрапляння кадмію не реагує.
3. Характер реакції глутатіонової системи на надходження металів залежить від шляху їх попадання у організм. При надходженні металів у розчиненому стані активізується окислюваний потенціал цієї системи, а при потраплянні з їжею – відновлювальний.
4. Всі проведені дослідження свідчать про значні відмінності у механізмах накопичення важких металів у тканинах мідій та реагуванні антиоксидантної системи при різних шляхах внадходження металів у організм.

Список літератури

1. Арсан О.М. Состояние и перспективы развития водной экотоксикологии / О.М. Арсан // Гидробиол. журн. – 2007. – Т. 43, № 6. – С. 50–64.
2. Гостюхина О.Л. Состояние ферментативной системы антиоксидантной защиты у черноморских мидий *Mytilus galloprovincialis* Lam. в условиях естественного окислительного стресса: коричневая морфа / О. Л. Гостюхина // Наукові записки Терноп. нац. пед. ун-т серія "Біологія". спец. випуск: гідроекологія. – 2005. – № 4 (27). – С. 52–54.
3. Компьютерная биометрика / Науч. ред. Носов В.Н. - М.: Наука, 1990. - 231 с.
4. Биохимия.: практикум / [Кучеренко Н.Е., Бабенюк Ю.Д., Васильев А.Л. и др]. – К.: Вища школа, 1988. – 128 с.
5. Лакин Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин. – М.: Высшая школа, 1990. – 362 с.
6. Линники П.Н. Формы существования основные закономерности превращения и биологическая роль соединений тяжелых металлов в природных водах / П.Н. Линник, Б.И. Набиванец, Л.П. Брагинский // Водн. ресурсы. – 1987. – № 5. – С. 84–86.
7. Мур Ж.В. Тяжелые металлы в природных водах / Ж.В. Мур, С. Раммамурти. – М. : Мир, 1987. – 285 с.
8. Пасичная Е.А. Токсичность меди для гидрофитов: аккумуляция, влияние на фотосинтез, дыхание, пигментную систему (обзор) / Е.А. Пасичная // Гидробиол. журн. – 2001. – Т. 37, № 3. – С. 903–1007.
9. Перекисное окисление и радиация / [Барабой В.А., Орел В.Э., Карнаух И.М.]; отв. ред. Д. М. Гродзинский. – Киев: Наук. думка, 1991 – 256 с.
10. Семенова О.А. Оценка токсичности донных осадков озера Кугурлуй методом биотестирования Ч. 1 / О.А. Семенова, В.Л. Базелян // Причорноморський екологічний бюлетень. – 2006. – № 3–4 (21-22), – С. 125–135.
11. Стальная И.Д. Метод определения малонового диальдегида с помощью тиобарбитуровой кислоты / И.Д. Стальная, Т.Г. Гаришвили // Современные методы в биохимии. – М.: Мир, 1977. – С. 66–68.
12. Уланова Е.С. Методы корреляционного и регрессионного анализа в агрометеорологии. / Е.С. Уланова, В.Н. Забелин. – М.: Наука, 1990. – 207 с.
13. Хомяков Т.В. Действие сублетальных доз ионов меди на культуру *Dunaliella viridis* Teod (Chlorophyta) / Т.В. Хомяков, Т.В. Догадина, В.П. Комаристая // Альгология. – 1994. – Т. 4., № 4. – С. 30–36.
14. Челонин В.П. Биохимические механизмы адаптации *Mytilus trassullus* к ионам кадмия и меди / В.П. Челонин, Н.Н. Бельчева, М.В. Захарцев // Биология моря – 1998. – Т. 24, № 5. – С. 319–325.
15. Charpentier S. Toxicity and bioaccumulation of cadmium in experimental cultures of duckweed, *Lemna polyrrhiza* L. Bull. / S. Charpentier, J. Garnier, R. Flaugnatti // Environ. Contam. Toxicol. – 1987. – V. 38. – P. 1055–1061.
16. Di Giulio R.T. Biochemical responses in aquatic animals: a review of determinants of oxidative stress / R.T. Di Giulio, P.C. Washburn, R.I. Wenning, [et al.] // Environ. Toxicol. Chem. – 1989. – Vol. 8. – P. 1103–1123.
17. Huebert D.B. Considerations in the assessment of toxicity using duckweeds / D.B. Huebert, J.M. Shay // Environmental toxicity. Chemistry. – 1993. – V. 12, № 3. – P. 481–483.
18. Khessiba A. Biochemical response of the mussel *Mytilus galloprovincialis* from Birerta (Tunisia) to chemical pollutant exposure / A. Khessiba, P. Hoaran, N. Gnassia-Barelli, P. Asissa // Arch. Environ. Contam. Toxicol. – 2001. – Vol. 40, № 2. – P. 222–229.
19. Lowry O.H. Protein measurement with the folinphenol reagents / O.H. Lowry [et al] // J. Biol. Chem. – 1951. – V. 193, № 3. – P. 265–275.

Семенова О.А. Оценка состояния антиоксидантной системы черноморской мидии под влиянием тяжелых металлов / О.А. Семенова // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С.142-150.

Проведено изучение состояния антиоксидантной системы черноморских мидий под влиянием тяжелых металлов при их попадании в организм с пищей и с морской водой. Показано, что поступление тяжелых металлов в организм, независимо от способа их попадания, приводит к активизации супероксиддисмутазно – каталазной системы и увеличению уровня малонового диальдегида. Глутатионовая система реагирует избирательно на попадание разных металлов и её реакция зависит от пути их попадания в организм.

Ключевые слова: черноморская мидия, антиоксидантная система, тяжелые металлы.

Semenova O.O. The condition state of antioxidant system of Black sea mussel under influence of heavy metals / O.O. Semenova // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No. 2. – P. 142-150.

The study of the state of the antioxidant system of black sea mussel is conducted under influence of heavy metals at their hit in an organism with food and with salt water. It is shown that the receipt of heavy metals in an organism regardless of method of their hit results in activation of superoksyddysmutazno are the katalazna systems. The reaction of glutatyon system depend on the source of heavy metals entering organis of shellfish.

Keywords: black sea mussel, antioxidant system, heavy metals.

Поступила в редакцию 11.04.2012 г.