

УДК 574.57+547.64

Г.Б. ГУМЕНЮК<sup>1</sup>, М.В. МАКАРОВ<sup>2</sup>, Н. Г. ЗІНЬКОВСЬКА<sup>3</sup><sup>1</sup>Тернопільський національний педагогічний університет ім. Володимира Гнатюка  
вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль 46027, Україна<sup>2</sup>Інститут біології південних морів ім. О. О. Ковалевського НАН України  
пр.-т Нахімова, 2, Севастополь 99011<sup>3</sup>Кременецький обласний гуманітарно-педагогічний інститут ім. Тараса Шевченка  
вул. Ліцейна, Кременець 47003, Тернопільська область, Україна

## **ВМІСТ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У РАКОВИНІ МОЛЮСКА *NASSARIUS RETICULATUS* (L.) З СЕВАСТОПОЛЬСЬКОЇ БУХТИ (ЧОРНЕ МОРЕ) ВЛІТКУ 2007 р.**

Встановлено, що вміст важких металів в організмі *Nassarius reticulatus* в Севастопольській бухті залежить від комплексу факторів, включно забруднення, сезонності, а також солоності води і температури.

*Ключові слова:* важкі метали, естуарій, *Nassarius reticulatus*, Севастопольська бухта, Чорне море

Червоногі молюски (Gastropoda) є однією з масових груп макрзообентосу у прибережній зоні кримського сектору Чорного моря, що зазнає значного антропогенного навантаження. Ці молюски тут знайдені на всіх типах субстратів, у всі сезони, на різній глибині як біля відкритого узбережжя, так і в бухтах [5]. В деяких біоценозах (особливо на рихлих ґрунтах) домінуючим чи субдомінуючим є такий молюск як *Nassarius reticulatus* (= *Tritia reticulata*) [5].

Представники Gastropoda відіграють важливу роль в харчових ланцюгах, зокрема, є кормом для бентосних риб. *Nassarius reticulatus* належить до падальників і в процесі життєдіяльності певною мірою очищають навколишнє середовище [5]. Життєдіяльність водних молюсків значною мірою регулюється рівнем забруднення водного середовища. Вид *Nassarius reticulatus* (= *Tritia reticulata*) є надзвичайно стійким до забруднення [6].

Серед чинників впливу на водні екосистеми останнім часом суттєво переважає забруднення іонами важких металів (ВМ). Загальновідомо, що для всіх гідробіонтів вони є вкрай небезпечними, бо здатні лише перерозподілятися між складовими водних екосистем, не розкладаючись з часом, а постійно зберігаючи свою здатність до токсичної дії. Надходячи в організм гідробіонтів шляхом дифузії та адсорбції [9] і накопичуючись в ньому (аккумуляція), ВМ негативно впливають на фізіологічні та біохімічні процеси [9].

Отже, актуальність дослідження зумовлена: по-перше, прогресуючим збільшенням валового вмісту важких металів у Севастопольській бухті; по-друге, недостатнім рівнем висвітлення впливу цих токсикантів на бентосні організми. Поширеність обраного об'єкту дослідження у морських водоймах України дозволяє певною мірою екстраполювати отримані результати на близькі за способом життя види та прогнозувати зміни бентосних біоценозів під впливом забруднювачів [2].

### **Матеріал і методи досліджень**

Молюсків збирали за допомогою дночерпака Петерсена площею захоплення 0,04 м<sup>2</sup> влітку 2007 р. на 3-х станціях, розташованих в кутовій частині Севастопольської бухти (район Інкерману), що знаходиться в південно-західній частині Криму. Слід відзначити, що цей район є класичним естуарієм, тому що в Севастопольську бухту впадає ріка Чорна, води якої змішуються з водами бухти (контактна зона «ріка-море»), тому гідрологічні і гідрохімічні умови тут змінні. Станція 1 розташована безпосередньо біля устя р. Чорна, район автомобільного мосту траси Севастополь – Сімферополь; станція 2 – приблизно в 150-200 м на захід від станції 1 (це вже безпосередньо Севастопольська бухта); станція 3 – на 150-200 м на північ від станції 2, де менша глибина (≤0,5 м). На станціях 1 і 3 глибина складає 1,5 – 2 м. На всіх станціях ґрунти представлені рідкими мулами. Всі точки знаходяться біля заводу "Вторчермет", де відбувається демонтаж та переробка суден, що вийшли з експлуатації.

Проби макрозообентосу промивали через сито з діаметром комірки 0,5 мм, відбирали молюсків виду *N. reticulatus*.

Спалювання та підготовку зразків раковин молюска здійснювали за методикою Мур Дж. В., Рамамурті С. згідно модифікації, що розроблена у відділі екотоксикології і гідрохімії Інституту гідробіології НАН України [7]. Зразки висушували в термостаті при температурі 105°C, розтирали в ступці до порошкоподібного стану. Валовий вміст важких металів визначали так: абсолютно суху речовину масою 0,25 г змочували водою об'ємом 0,5 мл, додавали 10 мл конц. HNO<sub>3</sub> і нагрівали при температурі 105°C протягом 2-х год., охолоджували та добавляли 3 мл 30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, суміш нагрівали протягом 1 год. Після цього розчин фільтрували і розбавляли водою до 50 мл. Отримані нітратні розчини використовували для визначення вмісту важких металів, яке здійснювали методом атомно-адсорбційної спектроскопії на спектрофотометрі С-115 при відповідних довжинах хвиль, що відповідали максимуму поглинання кожного з досліджуваних металів.

Статистичну обробку одержаних даних здійснювали за методом [3]. Концентрацію металів виражали в мг на 1 кг сухої маси досліджуваних зразків.

### Результати досліджень та їх обговорення

Накопичення сполук важких металів організмами визначається особливостями живлення та пов'язане з фільтрацією значних обсягів води. Оскільки молюск *Nassarius reticulatus* є фільтратором води, то накопичення ВМ у його раковині відбувається протягом сезону активності (табл. 2–4).

Найбільший вміст у раковині молюска заліза та марганцю. В організмі безхребетних залізо знаходиться, переважно, у складі органічних сполук [10]. Його біологічна роль пов'язана з транспортом газів кров'ю та функціонуванням у складі ферментів. При тривалому перебуванні безхребетних в умовах гіпоксії (донні організми) в їх крові збільшується вміст пігментів, що переносять кисень [10]. Тому високий вміст заліза в організмі *Nassarius reticulatus* є закономірним. Марганець входить до складу багатьох ферментів, з якими пов'язана регуляція тканинного дихання та біосинтезу білків, ліпідів, полісахаридів (глікоген) [10].

Встановлено, що водні безхребетні накопичують у своєму тілі значну кількість інших мікроелементів в умовах, коли їх вміст у воді має слабко виражену тенденцію до зростання [4]. Наприклад, відомий вплив цинку на окисно-відновні процеси та на зв'язування кисню тканинами. Як і інші мікроелементи, цинк у великих концентраціях є токсичним, що виявляється порушенням при передачі нервових імпульсів [10].

Мідь в організмі гідробіонтів входить до складу багатьох окисно-відновних ферментів [10]. Вміст міді в раковинах досліджених молюсків має тенденцію до збільшення, а в окремих випадках він перевищував ГДК (у липні 46,83 мг/кг) [8]. Значне поглинання міді бентосними організмами пов'язане з явищем вторинного забруднення, що особливо характерно у весняно-літній період. При оцінюванні токсичності міді для безхребетних слід враховувати те, що вона, залежить від твердості води – з збільшенням твердості води токсичність сполук міді збільшується. Вміст у воді органічних сполук зменшує токсичний вплив міді [1].

Метаболічна роль кобальту пов'язана з його участю в процесах кровотворення і перенесення O<sub>2</sub> гемоглобіном. В організмі тварин кобальт активує іонізацію і резорбцію заліза, сприяючи тим самим включенню атомів заліза в молекулу гемоглобіну. Крім участі в кровотворенні кобальт сприяє синтезу білків, а також входить до складу вітаміну B<sub>12</sub> [10].

Концентрація біогенних елементів (крім кобальту) різко зростає в липні порівняно з червнем та зменшується в серпні.

Щодо токсичних ВМ, то концентрація кадмію в цьому сезоні є досить низькою, знаходиться поза зоною чутливості приладів. Це означає, що вона не переважає санітарно-гігієнічні норми [8]. Спостерігається зростання вмісту свинцю та нікелю від червня до серпня (табл. 2-4). Це, ймовірно, пояснюється більш активним обміном речовин у молодих особин.

Очевидно, що поглинання цих металів залежить від солоності та температури води (табл. 1). У липні спостерігалась найвища у сезоні температура і солоність.

Середнє значення показників температури і солоності води в Севастопольській бухті влітку 2007р.

| Місяць  | Солоність | Температура |
|---------|-----------|-------------|
| Червень | 14,9‰     | +23,7°C     |
| Липень  | 17,3‰     | +25,8°C     |
| Серпень | 16,5‰     | +25,6°C     |

За величиною акумуляції ВМ гідробіонти поділяються на макро-, мікро-, і деконцентратори [10]. Найвищою у раковині молюска є концентрація марганцю, цинку, міді, нікелю та заліза. Ці показники переважають санітарно-гігієнічні ГДК в десятки разів. Щодо коефіцієнту донної біологічної акумуляції в цьому сезоні, то він найвищий у марганцю (табл. 2–4), а тому по відношенню до даного металу молюск є макроконцентратором. Цей показник високий також і в кобальту – по відношенню до цього металу молюск є мікроконцентратором. Мікроконцентратором *Nassarius reticulatus* є і щодо нікелю. Незважаючи на високу концентрацію заліза у раковині, *Nassarius reticulatus* щодо цього металу є деконцентратором.

Таблиця 2

Вміст важких металів у раковині молюска *Nassarius reticulatus* в червні 2007 р. (мг/кг)

| Метал | Вміст ВМ у раковині, мг/кг | КДБА   | Кн      | ГДК <sub>санітарно-гігієнічне</sub> , [8] | ГДК <sub>фонове</sub> |
|-------|----------------------------|--------|---------|---|-----------------------|
| Ni    | 16,74                      | 0,5    | 37,0    | 0,3                                       | 0                     |
| Co    | 15,05                      | 1,2    | 32,9    | 0,1                                       | 0,01                  |
| Pb    | <0,001                     | <0,001 | <0,001  | 0,03                                      | 0,001                 |
| Zn    | 89,10                      | 0,6    | 29700,0 | 1,0                                       | 0,01                  |
| Cd    | <0,001                     | <0,001 | <0,001  | 0,001                                     | 0,0005                |
| Fe    | 7164,00                    | 0,3    | 6777,7  | 0,3                                       | 0,1                   |
| Cu    | 32,94                      | 0,8    | 1029,4  | 1   | 0,0001                |
| Mn    | 457,20                     | 1,9    | 7143,8  | 0,1                                       | 0,01                  |

Таблиця 3

Вміст важких металів у раковині молюска *Nassarius reticulatus* в липні 2007р. (мг/кг)

| Метал | Вміст ВМ у раковині, мг/кг | КДБА   | Кн      | ГДК <sub>санітарно-гігієнічне</sub> , [8] | ГДК <sub>фонове</sub> |
|-------|----------------------------|--------|---------|---|-----------------------|
| Ni    | 30,45                      | 0,8    | 21,4    | 0,3                                       | 0                     |
| Co    | 14,59                      | 1,1    | 49,2    | 0,5                                       | 0,01                  |
| Pb    | <0,001                     | <0,001 | <0,001  | 0,01                                      | 0,001                 |
| Zn    | 103,11                     | 0,7    | 2786,8  | 1   | 0,01                  |
| Cd    | <0,001                     | <0,001 | <0,001  | 0,00001                                   | 0,0005                |
| Fe    | 11823,00                   | 0,7    | 89568,2 | 0,3                                       | 0,1                   |
| Cu    | 46,83                      | 0,9    | 2341,5  | 1   | 0,0001                |
| Mn    | 2091,60                    | 5,9    | 55042,2 | 0,1                                       | 0,01                  |

Таблиця 4

Розподіл важких металів у раковині молюска *Nassarius reticulatus* в серпні 2007 р. (мг/кг)

| Метал | Вміст ВМ у раковині, мг/кг | КДБА | Кн | ГДК <sub>санітарно-гігієнічне</sub> , [8] | ГДК <sub>фонове</sub> |
|-------|----------------------------|------|----|---|-----------------------|
|-------|----------------------------|------|----|---|-----------------------|

## ЕКОЛОГІЯ

| Метал | Вміст ВМ у раковині, мг/кг | КДБА   | Кн      | ГДК <sub>санітарно-гігієнічне</sub> , [8] | ГДК <sub>фонове</sub> |
|-------|----------------------------|--------|---------|---|-----------------------|
| Ni    | 67,12                      | 1,3    | 57,3    | 0,3                                       | 0                     |
| Co    | 12,58                      | 0,9    | 41,8    | 0,5                                       | 0,01                  |
| Pb    | 0,01                       | 0,002  | 0,042   | 0,01                                      | 0,001                 |
| Zn    | 78,73                      | 0,5    | 1640,2  | 1   | 0,01                  |
| Cd    | <0,001                     | <0,001 | <0,001  | 0,00001                                   | 0,0005                |
| Fe    | 8632,00                    | 0,5    | 57932,9 | 0,3                                       | 0,1                   |
| Cu    | 26,14                      | 0,5    | 2178,4  | 1   | 0,0001                |
| Mn    | 1326                       | 3,5    | 31571,5 | 0,1                                       | 0,01                  |

Всі вище наведені показники вмісту ВМ переважають санітарно–гігієнічні ГДК в десятки разів [8]. Це зумовлено високим спектром джерел забруднення Севастопольської бухти.

### Висновки

Отже, вміст важких металів в раковині молюска *Nassarius reticulatus* залежить від комплексу факторів, зокрема, екологічної ситуації в Севастопольській бухті, сезонності та хімічної активності металів. Накопичення ВМ у раковині молюска *Nassarius reticulatus* зростає з збільшенням солоності морської води та температури. Головним фактором, що визначає вміст важких металів у досліджених молюсків, є їх концентрація у воді та донних відкладах. Наявність такого зв'язку дозволяє використовувати бентосних безхребетних як моніторів забруднення континентальних вод важкими металами.

1. Белоконь В. Н. Формы нахождения тяжёлых металлов в донных отложениях водохранилищ Днепра / В. Н. Белоконь, Е. П. Нахшина // Гидробиологический журнал. – 1990. – Т. 26, № 2. – С. 83–89.
2. Вискушенко Д. А. Морфофункціональні характеристики ставковика озерного *Lymnaea stagnalis* (Linne, 1758) : автореф. дис. на здобуття наукового ступеня кандидата біол. наук. Спец. "Гідробиологія". – Київ, 2003. – 20 с.
3. Лакин Г. Ф. Биометрия / Г. Ф. Лакин. – М. : Высшая школа, 1980. – 343 с.
4. Мецлер Д. Биохимия / Д. Мецлер. – М. : Мир, 1980. – Т. 2. – 368 с.
5. Макаров М. В. Екологія Gastropoda верхньої субліторалі Криму (Чорне море) : автореф. дис. на здобуття наукового ступеня кандидата біол. наук. Спец. "Гідробиологія". – Київ, 2009. – 20 с.
6. Миловидова Н. Ю. Матеріали по екології брюхоногого моллюска *Tritia reticulata* / Н. Ю. Миловидова // Біологія моря. – 1979. – Вып. 50. – С. 89–93.
7. Мур Дж. В. Тяжёлые металлы в природных водах. Контроль и оценка влияния / Дж. В. Мур, С. Рамаурти. – М. : Мир, 1987. – С.117–133.
8. Никаноров А. М. Биомониторинг металлов в пресноводных экосистемах / А. М. Никаноров, А. В. Жулидов. – Л.: Гидрометиздат, 1991. – 312 с.
9. Пінкіна Т. В. Вплив хлориду цинку на розмноження та розвиток ставковика озерного (Mollusca: Gastropoda: Pulmonata: Lymnaeidae) / Т. В. Пінкіна // Вісник Львів.ун-ту. – 2004. – Вып. 35. – С. 185–189.
10. Романенко В. Д. Основи гідроекології / В. Д. Романенко. – Київ : Обереги, 2001. – 728 с.

Г.Б. Гуменюк<sup>1</sup>, М.В. Макаров<sup>2</sup>, Н.Г. Зиньковская<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Тернопольский национальный педагогический университет им. Владимира Гнатюка, Украина

<sup>2</sup>Институт биологии южных морей им. А.А. Ковалевского НАН Украины, Севастополь

<sup>3</sup>Кременецкий областной гуманитарно-педагогический институт им. Тараса Шевченка, Украина

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РАКОВИНЕ МОЛЮСКА *NASSARIUS RETICULATUS* (L.) ИЗ СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ БУХТЫ (ЧЁРНОЕ МОРЕ) ЛЕТОМ 2007 г.

Установлено, что содержание тяжёлых металлов в организме *Nassarius reticulatus* зависит от комплекса факторов, включая как загрязнение Севастопольской бухты, так и сезонность и химическая активность металлов.

*Ключевые слова:* тяжёлые металлы, *Nassarius reticulatus*, Севастопольская бухта, Чёрное море

*H.B. Hnatenyuk<sup>1</sup>, M.V. Makarov<sup>2</sup>, N. H. Zin'kovska<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Volodymyr Hnatyuk Ternopil National Pedagogical University, Ukraine

<sup>2</sup>O.O. Kovalevsky Institute of biology of South seas of NAS of Ukraine, Sevastopol

<sup>3</sup>Taras Shevchenko Kremenets Regional Humanitarian-Pedagogical Institute, Ukraine

THE DISTRIBUTION OF HEAVY METALS IN SHELL *NASSARIUS RETICULATUS* (L.) IN THE SEVASTOPOL BAY (THE BLACK SEA) IN SUMMER 2007.

So, this investigations confirm that content of heavy metals in organisms of bottom invertebrates depends from many factors, including so common ecological situation in the Sevastopol bay, as season and chemical peculiarities of metals. The content of heavy metals in the shell of *Nassarius reticulatus* increase, when the salinity of marine water and temperature increase too. The accumulation of heavy metals by young individuals more, than mature.

*Keywords:* heavy metals, *Nassarius reticulatus*, Sevastopol bay, Black sea

Рекомендує до друку

Надійшла 8.02.2011

В.В. Грубінко