

ВИКОРИСТАННЯ МОЛЮСКІВ ЯК АКУМУЛЯТОРІВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ЗАБРУДНЕННЯ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ

За особливостями накопичення металів прісноводними молюсками України обґрунтовано їх використання як видів-акумуляторів та видів-моніторів для проведення екологічного моніторингу забруднення важкими металами біотичних компонентів водних екосистем. Обґрунтовано використання методу розрахунку фонового вмісту важких металів в організмі молюсків-акумуляторів як критерію кількісної оцінки забруднення прісноводних екосистем.

Ключові слова: важкі метали, біологічна акумуляція, забруднення, екологічний моніторинг, фоновий вміст

Хімічне забруднення довкілля є актуальною проблемою сучасної цивілізації. Наслідки забруднення можуть бути не очевидними або настільки віддаленими у часі, що в результаті відбувається порушення логічного причинно-наслідкового зв'язку між фактором впливу та відкликом екосистеми. В результаті проблема розуміння негативних наслідків забруднення є дуже широкою і не має простого однозначного трактування. Тому існує декілька підходів щодо розуміння самого терміну хімічного забруднення. Найбільш ємним, на нашу думку, є визначення: *хімічне забруднення* – перевищення певної “норми” вмісту речовини (хімічного елементу) у компонентах навколишнього середовища, при якому проявляються негативні наслідки на рівні організму, популяції або екосистеми [1]. Таке визначення поєднує два критерії – критерій “норми” та критерій “патології”.

Забруднення та його наслідки для водних екосистем значно відрізняються від таких для наземних біогеоценозів. Основним результатом вивчення хімічного складу та властивостей водного середовища є встановлення відповідних критеріїв якості води. Проте, трактування змісту таких критеріїв є основною проблемою сучасної системи моніторингу. Так, у діючому нормативному документі ДСТУ3041-95 зазначається, що критеріями якості води є характеристики складу та властивостей води, які визначають її придатність для конкретних видів водокористування. Проте, такий нераціональний господарський підхід до оцінки якості водного середовища призвів до значної деградації водних екосистем. Тому під якістю води пропонується розуміти такі параметри, за яких відбувається стійкий розвиток гідробіологічних компонентів екологічної системи [2].

Нині існують два основних підходи щодо визначення ступеня екологічних проблем водних екосистем:

- санітарно-гігієнічний – небезпечне для людини зниження якості питної води та санітарно-епідеміологічного забруднення водних об'єктів;
- екологічний – загроза деградації та порушення функцій відновлення основних біотичних компонентів водних екосистем.

Одним з перспективних напрямів екологічного моніторингу хімічного забруднення водних екосистем є використання організмів-акумуляторів, які здатні активно накопичувати хімічні речовини (елементи) з довкілля [3]. Аналіз нормативної бази України та Росії показав, що є ряд діючих методик, в яких регламентовано використання організмів-акумуляторів для визначення хімічного забруднення [4]. З новітніх вітчизняних методичних розробок слід

згадати "Методику оценки экологических рисков, возникающих при воздействии источников загрязнения на водные объекты" [5]. Проте, у зазначених документах відсутні критерії оцінки рівнів акумуляції, що не дає можливості кількісно встановити рівень хімічного забруднення гідробіонтів та екосистеми в цілому.

У представленій роботі запропоновано використовувати хімічний склад тканин гідробіонтів-акумуляторів важких металів (ВМ) як кількісний критерій забруднення водних екосистем. Як показано численними роботами, одними з найкращих організмів-акумуляторів є прісноводні молюски. Критерієм екологічного нормування забруднення запропоновано використовувати фоновий вміст ВМ в організмі молюсків-акумуляторів, що відповідає стану еколого-фізіологічного оптимуму організму.

Матеріали і методи досліджень

На підставі аналізу літератури та проведених попередніх досліджень з 178 видів прісноводних молюсків фауни України було обрано 3 види: 2 види двостулкових – *Unio tumidus* (Retz.), *Anodonta anatina* (L.), та 1 вид черевоногих молюсків – *Lymnaea stagnalis* (L.). Протягом 2002-2009 р.р. було проаналізовано молюсків з водойм всіх основних фізико-географічних зон України. Двостулкові молюски відібрано з 47 станцій на річках басейнів р. Дніпро та р. Південний Буг. Для вивчення накопичення важких металів молюсками *L. stagnalis* в умовах малих водойм було досліджено 201 водойму (134 стави, 41 дрібна річка, 12 озер, 7 каналів, 6 дрібних водосховищ).

Вміст важких металів (Cu, Cd, Cr, Pb) визначали за допомогою атомно-абсорбційного спектрофотометра С115-М1 (полум'я ацетилен-повітря, дейтерієвий коректор фону комп'ютерно-аналітичного комплексу КАС-120).

Результати досліджень та їх обговорення

Основним концептуальним підходом, який здатний за допомогою аналізу хімічного складу організмів-акумуляторів вирішити питання щодо кількісної оцінки забруднення біотичних компонентів прісноводних екосистем ВМ, є розрахунок їх фонового вмісту тканинах цих організмів. Під фоновим вмістом ми розуміємо концентрацію речовини (хімічного елементу) в організмі виду-акумулятора, яка визначається природними та глобальними антропогенними процесами, а її величина відповідає межах фізіолого-біохімічної норми організму. В основі сформульованого твердження лежить поняття гомеостазу та енергетичного оптимуму організму. Згідно цих положень організм існує в стані саморегуляції, здатності відкритої системи зберігати постійність свого внутрішнього стану шляхом скоординованих реакцій, спрямованих на підтримку динамічної рівноваги. Зміни хімічного складу навколишнього середовища (в певному діапазоні) призводять до адекватних змін хімічного складу тканин та органів в межах певної фізіологічної норми. Успішне застосування молюсків як біомоніторів забруднення базується на недосконалості їх систем регуляції мінерального обміну, з одного боку, та їх значній стійкості до надлишку накопичених ВМ.

Як і будь-яка емпірична величина фоновий вміст ВМ в організмі молюсків характеризується певним діапазоном величин з визначеними ймовірнісними межами: "фон" = "середнє значення"±"ступінь варіювання". Статистично значиме перевищення верхньої межі фонового вмісту свідчить про надходження до організму-біомонітору додаткової кількості речовини (хімічного елементу), що відображає явище забруднення. Для визначення фонового вмісту ВМ необхідно проаналізувати мінливість та розрахувати їх нормальний вміст в організмі виду-акумулятору в умовах незабруднених або слабкозабруднених екосистем, в яких адаптаційні системи здатні компенсувати природні коливання екологічних факторів.

Здійснено порівняльний аналіз діапазонів фонових величин вмісту металів у тканинах молюсків, розрахованих різними методами (арифметичне середнє, геометричне середнє та

медіана). Встановлено, що найбільшою ефективністю щодо виявлення районів, в яких молюски мешкали в умовах забруднення, характеризується фоновий діапазон вмісту ВМ, розрахований як абсолютне відхилення медіани ($Me_x \pm 2MAD$). Отже, статистично значиме перевищення величини верхньої фонові межі вмісту металів в організмі молюсків-акумуляторів ($Me_x + 2MAD$) запропоновано використовувати як критерій забруднення біотичних компонентів прісноводних екосистем (таблиця).

Порівняння величин вмісту ВМ у молюсках з водойм України з розрахованими фоновими рівнями дозволило ідентифікувати окремі водойми, ділянки їх акваторій та цілі регіони, в межах яких водні екосистеми характеризуються підвищеним вмістом ряду металів у біотичних компонентах.

Таблиця

Узагальнений фоновий вміст важких металів (мг/кг сухої речовини) у м'яких тканинах молюсків з прісних водойм України

Метал	Середній фоновий міст, мг/кг	Нижня межа фону, мг/кг	Верхня межа фону, мг/кг
<i>A. anatina</i>			
Cu	4,5	2,8	6,1
Pb	0,4	<0,01	0,8
Cd	0,25	0,01	0,52
Cr	3,7	1,6	5,7
<i>U. tumidus</i>			
Cu	6,2	3,9	8,5
Pb	0,82	0,18	1,45
Cd	0,45	0,01	1,02
Cr	5,6	2,7	8,5
<i>L. stagnalis</i>			
Cu	11,8	4,7	22,5
Cd	0,52	0,26	0,90
Cr	3,5	1,6	6,7

Згідно цього показника районами підвищеного накопичення металів у двостулкових молюсках є ділянки середньої та нижньої течії річок Дніпро та Південний Буг, розташовані поблизу великих промислових центрів. Так, навіть на значному віддаленні від м. Києва у Канівському водосховищі має місце підвищений вміст всіх досліджених металів у тканинах двостулкових молюсків (наприклад, для *A. anatina* – $Cu_{4,7}Fe_{3,7}Co_{1,4}Ni_{1,3}Cd_{2,7}Zn_{1,2}Cr_{3,4}Mn_{1,1}$). Виявлене забруднення Канівського водосховища, найімовірніше, обумовлене надходженням до басейну Дніпра неочищених або недостатньо очищених стоків підприємств м. Київ та Київської області.

Молюски *L. stagnalis* з екосистем малих водойм Закарпаття та Прикарпаття характеризувалися перевищенням фонового вмісту Cd, Zn, Cr, Cu, Mn (рис.); південної та східної України – Cd, Cr, Mn; центральної – Cu, Mn, північно-західної – Fe. Співставлення розташування районів підвищеного накопичення Cu та Cr у тканинах *L. stagnalis* з показниками ступеню забруднення поверхневих вод України (за індексом сумарного забруднення) та розподілу щільності населення показало помітну схожість районів за максимальними показниками. Зазначені хімічні елементи можуть надходити до водойм у складі побутово-господарських стоків, поверхневого змиву з території сільгоспугідь та застосуванні лікарських препаратів та добрив у рибництві.

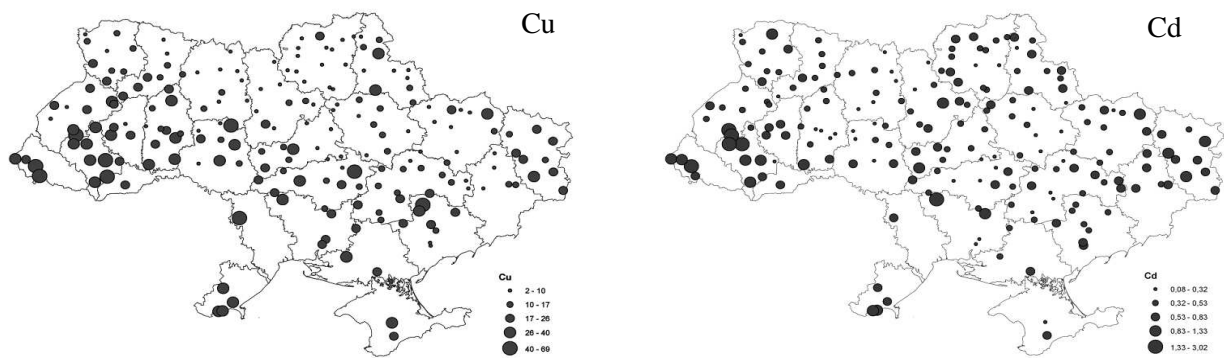


Рис. Вміст Cu та Cd у тканинах моллюсків *L. stagnalis* з малих водойм України

Отже, моллюски-акумулятори ВМ є цінним об'єктом екологічного моніторингу забруднення прісноводних екосистем ВМ. У фауні України такими моллюсками є *A. anatina*, *U. tumidus*, які дозволяють досліджувати великі проточні екосистеми, і *L. stagnalis*, який дозволяє відстежувати стан забруднення малих водойм. Вони здатні акумулювати високі рівні вмісту металів, що відображають ступінь забруднення біотичних компонентів екосистеми.

Висновки

Запропоновано новий методологічний підхід щодо екологічного нормування забруднення водних екосистем ВМ із застосуванням видів-акумуляторів, що ґрунтується на концепції фоновому стану біосистеми як критерію екологічної норми. Фоновий рівень вмісту ВМ в організмі виду-акумулятора запропоновано використовувати як екологічний критерій визначення ступеня забруднення водних екосистем. Перевищення такого фоновому рівня свідчить про надлишкове надходження металу з навколишнього середовища до організму-акумулятора. Причому основною перевагою фонових рівнів як екологічних нормативів є те, що їх перевищення реєструється до моменту появи в екосистемі патологічних процесів деградації, тоді як традиційні методи еколого-аналітичного контролю та методи біоіндикації, які ґрунтуються на концепції гранично допустимого впливу, лише встановлюють сам факт забруднення.

1. Реймерс Н. Ф. Природопользование / Н. Ф. Реймерс. – М. : Мысль, 1990. – 640 с.
2. Шитиков В. К. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации / В. К. Шитиков, Г. С. Розенберг, Т. Д. Зинченко. – Тольятти : ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с.
3. Романенко В. Д. Основы гидроэкологии / В. Д. Романенко. – Киев : Генеза, 2004. – 664 с.
4. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия / сост. Н. Г. Рыбальский, Н. П. Морозов, В. Н. Кузмич [и др.]. – Приказ Минприроды РФ 30.11.1992. – 51 с.
5. Афанасьев С. А. Методика оценки экологических рисков, возникающих при воздействии источников загрязнения на водные объекты / С. А. Афанасьев, М. Д. Гродзинский. – Киев : АйБи, 2004. – 60 с.

Д. В. Лукашов

Киевський національний університет ім. Тараса Шевченка

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОЛЛЮСКОВ КАК АКУМУЛЯТОРОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ

По материалам проведенных на территории Украины исследований накопления металлов пресноводными моллюсками сформулированы основные принципы их использования как видов-аккумуляторов и видов-мониторов для проведения экологического мониторинга загрязнения тяжелыми металлами биотических компонентов водных экосистем. Обосновано использование метода расчета фонового содержания тяжелых металлов в организме моллюсков-аккумуляторов как критерия количественной оценки загрязнения пресноводных экосистем.

Ключевые слова: тяжелые металлы, биологическая аккумуляция, загрязнение, экологический мониторинг, фоновое содержание

D. V. Lukashov

Kyiv Taras Shevchenko National University

THE USE OF MOLLUSKS FOR HEAVY METALS ACCUMULATION TO MONITOR WATER ECOSYSTEMS POLLUTION

Using researches of metal accumulation in freshwater mollusks on the territory of Ukraine, main principles of mollusks usage as species-accumulators and species-monitors for ecological monitoring of heavy metals pollution in water ecosystems biotic components are presented. The use of heavy metals background concentrations in mollusks-accumulators organisms as a criterion for quantitative evaluation of freshwater ecosystems pollution is grounded.

Key words: heavy metals, bioaccumulation, pollution, ecological monitoring, background concentration

УДК 594 (262.5)

М. В. МАКАРОВ

Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского НАН Украины
просп. Нахимова, 2, Севастополь, 99011, Украина

МОЛЛЮСКИ В ПЕРИФИТОНЕ ТВЁРДЫХ ИСКУССТВЕННЫХ СУБСТРАТОВ ПОБЕРЕЖЬЯ СЕВАСТОПОЛЯ (ЮГО-ЗАПАДНЫЙ КРЫМ, ЧЁРНОЕ МОРЕ)

Проанализирован видовой состав, численность и биомасса, а также трофическая структура моллюсков и их доля в макрозооперифитоне в разных районах побережья Севастополя. В бухте Карантинная проведено сравнение современного состояния таксоценоза моллюсков с таковым в 2003–2004 г.г. Выявлены межгодовые изменения численности и соотношения видов брюхоногих моллюсков на твёрдых искусственных рифах этой бухты, в том числе смена доминирующего вида.

Ключевые слова: моллюски, макрозооперифитон, динамика, твёрдые искусственные субстраты, побережье Севастополя

В Чёрном море, в том числе у побережья Севастополя, искусственных субстратов становится всё больше. Помимо различных гидротехнических функций они являются также субстратом для многих видов гидробионтов. Тем не менее фауна, включая моллюсков, твёрдых искусственных рифов изучена ещё недостаточно. Есть работа по этой теме в районе Севастополя [1], однако, в ней рассматриваются лишь брюхоногие моллюски. В данной статье проводится обобщённый анализ видового состава, численности и биомассы всех моллюсков, обитающих на твёрдых неподвижных искусственных поверхностях (молах и причалах) в акваториях бухт Карантинная и Севастопольская, а также в районе Парка Победы. Кроме того, в таксоценозе Gastropoda на молу в бухте Карантинная отмечены многолетние (межгодовые) изменения обилия, биомассы и доминирования (соотношения) видов.

Целью работы является анализ современного состояния качественного состава и количественного развития моллюсков, обитающих в обрастаниях (перифитоне) жёстких искусственных субстратов в акватории Севастополя, их многолетних изменений и вклада в общую структуру макрозообентоса.

Материал и методы исследований

В бухте Карантинная на молу, расположенном в устье данной бухты, с помощью скребка на глубине 0,1 м отбирали пробы макрозообентоса с марта 2003 по март 2004 г., а также с февраля по сентябрь 2011 г. Всего отобрано 48 и 24 пробы соответственно. Также взяты пробы макрозооперифитона на этой же глубине в бухте Севастопольская (причалы в районе Инкермана в кутовой части бухты, куда впадает р. Чёрная, и радиогорки на её северном побережье – по 4 пробы) в январе – феврале 2010 г. Кроме того, в августе 2011 г. отобраны 4 пробы у открытого побережья на причале в районе пляжа Парка Победы на глубинах 0,1 и 2 м. В лабораторных условиях через сито 0,5 мм делали смыв, отбирали моллюсков, ракообразных