ResearchGate

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: https://www.researchgate.net/publication/320842108

Екотоксикологічна та малакоіндикаційна оцінка екологічного стану поверхневих водотоків міста Мелітополь

Article · January 2017

CITATIONS
0

READS
51

1 author:

Alexander Zhukov
Oles Hochar Dnipro National University
232 PUBLICATIONS **227** CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:

SPATIAL HETEROGENEITY OF INDUSTRIAL SOIL: ECOMORFICAL APPROACH / ПРОСТРАНСТВЕННАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ ТЕХНОЗЕМОВ: ЭКОМОРФИЧЕСКИЙ ПОДХОД View project

Review of applied software for monitoring data processing View project

All content following this page was uploaded by Alexander Zhukov on 04 November 2017.

The user has requested enhancement of the downloaded file.

УДК 502/504:57(477.81)

ЕКОТОКСИКОЛОГІЧНА ТА МАЛАКОІНДИКАЦІЙНА ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОДОТОКІВ МІСТА МЕЛІТОПОЛЬ

Жуков О.В.[1], Йоркіна Н.В.[2]

[1]Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

[2]Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького

Nadyayork777@gmail.com

В статье представлены результаты экотоксикологической и малакоиндикационной оценки состояния водотоков города Мелитополя. Проанализирована динамика физико-химических параметров поверхностных вод в различных функциональных зонах города. В качестве индикаторов состояния поверхностных водотоков города Мелитополя были выбраны – *L. stagnalis* и *V. viviparus*. Прямой градиентный анализ указывает на то, что оптимум pH для моллюска *L. stagnalis* составляет 7,6–7,7, а для *V. viviparus* – 7,8–8,0. Отклонение от зоны оптимума pH усиливает токсический эффект воздействия тяжелых металлов. Индикаторные виды *β*-мезосапробной малакофауны отражают токсическое воздействие ионов цинка, свинца, кадмия и хрома.

Биоиндикация, урбосистема, малакофауна, пространственная вариабельность, гидрохимические показатели

Одними з кращих біоіндикаторів рівня забруднення водних екосистем виступають прісноводні молюски. Серед досліджень гідробіонтів виділяють три основних напрямки [5]: фундаментальні дослідження, що стосуються аналізу видового складу молюсків різних регіонів; локальні – дослідження про вплив окремих забруднюючих речовин на загальний стан гідробіонтів; спеціальні дослідження, в яких водні молюски піддаються лабораторному впливу і виявляються «ізольованими» з навколишнього середовища.

Контроль за якістю водного середовища найчастіше здійснюється за допомогою хімічних та фізико-хімічних методів [10]. Показано, що молюски є точними індикаторами, які миттєво реагують на зміни навколишнього водного середовища. У ряді країн вже апробовані нові системи біоконтролю якості води, які засновані на обліку змін серцебиття прісноводних молюсків унаслідок збільшення кількості токсичних речовин. У разі появи забруднюючих речовин, частота серцевого ритму у гідробіонтів різко підвищується, що виявляється в зміні показників кардіограми. Дані прикріпленого до молюска оптосенсора зі

світловипромінюючим і світлочутливим діодами передаються на монітор комп'ютера [3–6, 8, 13, 15 та ін.].

Проте встановлення і відстеження даних кардіограми за допомогою оптичних сенсорів можливо тільки за наявності спеціальної матеріально-технічної бази. Крім того, аналіз окремих хімічних речовин у поверхневих водах міста не дає повної картини результатів наслідків шкідливої дії антропогенних факторів. Цих недоліків позбавлений такий метод оцінки якості вод як малакоіндикація, за допомогою якого можна визначити стан поверхневих вод міста [1].

Метою роботи є виконати екотоксикологічну та малакоіндикаційну оцінку екологічного стану поверхневих водотоків міста Мелітополь.

Матеріали та методи досліджень

Водні об'єкти міста Мелітополя представлені наступними поверхневими водотоками: струмок Піщаний, струмок Кізіярський і річка Молочна. Перелік показників для вимірювання включав: сухий залишок; хімічне поглинання кисню або біхроматна окислюваність (ХПК); біохімічне поглинання кисню ($БПК_5$); концентрація хлоридів, сульфатів; вміст рухомих форм важких металів (Cd, Pb, Zn, Cr).

Відбір і аналіз проб проводився з урахуванням специфіки структурно-функціональної організації урбосистеми посезонно (навесні і восени) за стандартними методиками [11, 14]. pH визначався потенціометричним методом за допомогою pH-метра мілівольтметра pH-121 (іономір ЕВ 74). Для вимірювання концентрацій шкідливих речовин у воді застосовували атомно-абсорбційний спектрометр VARIAN AA240Z.

Залежно від ступеню забруднення води, прісноводні молюски можуть бути розподілені на три групи з відповідними ваговими коефіцієнтами [2]: олігосапробіонти – живуть у відносно чистій воді (W=1); α-мезосапробіонти – живуть у помірно забрудненій воді (W=0,6); β-мезосапробіонти – живуть у середньо забрудненій воді (W = 0,4).

В якості організмів-біоіндикаторів поверхневих вод урбосистеми Мелітополя були використані 2 види черевоногих молюсків – *Lymnaea stagnalis* (Linnaeus, 1758), *Viviparus viviparus* (Linnaeus, 1758). Вибір даних біооб'єктів був обумовлений еколого-зональним типом і складом поверхневих вод міста [12].

Результати малакоіндикації поверхневих вод міста Мелітополя зіставлялися з показниками екотоксикологічної оцінки

водних об'єктів у різних функціональних зонах. На підставі отриманих даних оцінювався екологічний стан поверхневих вод урбосистеми Мелітополя. Прісноводні молюски визначались за стандартними визначниками [9].

Результати та їх обговорення

Вплив токсикогенних факторів на живі організми має комплексний характер та є результатом скорельованої варіації вмісту токсичних речовин у навколишньому середовищі. У цьому зв'язку оцінка варіювання чисельності видів у градієнті окремих токсикогенних факторів є надлишковою. Виявлення загальних закономірностей поведінки системи «живі організми – токсичне навантаження» потребує застосування статистичних процедур зниження розмірності простору ознак токсичного впливу, до числа яких належить аналіз головних компонент. Проведений аналіз дозволив виявити три головні компоненти, які пояснюють 51,54 % варіювання простору гідрохімічних характеристик водойм м. Мелітополь. Ці головні компоненти віддзеркалюють наявність явищ скорельованої динаміки між різними показниками властивостей води. Причини варіабельності, які викликають синхронізовані (скорельовані) патерни показників води, можуть бути обумовленими забруднювачами природного та штучного походження. Також, не можна виключати взаємний зв'язок між хімічними показниками, який виникає внаслідок певної хімічної активності розчинених або колоїдних форм речовин природного або антропотехногенного походження.

Головна компонента 1 пояснює 29,98 % варіювання ознак. Ця компонента відображає загальний рівень токсичного навантаження, так як найбільшою мірою скорельована з індексом забруднення водотоків (рис. 1).

Головна компонента 1 вказує на те, що основними джерелами токсичного навантаження є вміст у воді іонів плюмбуму та цинку. Також чутливим до токсичного впливу є показник $БСК_5$. Безумовно, певний внесок у інтегральну токсичну дію здійснюють іони кадмію та хрому, але цей внесок дещо менший.

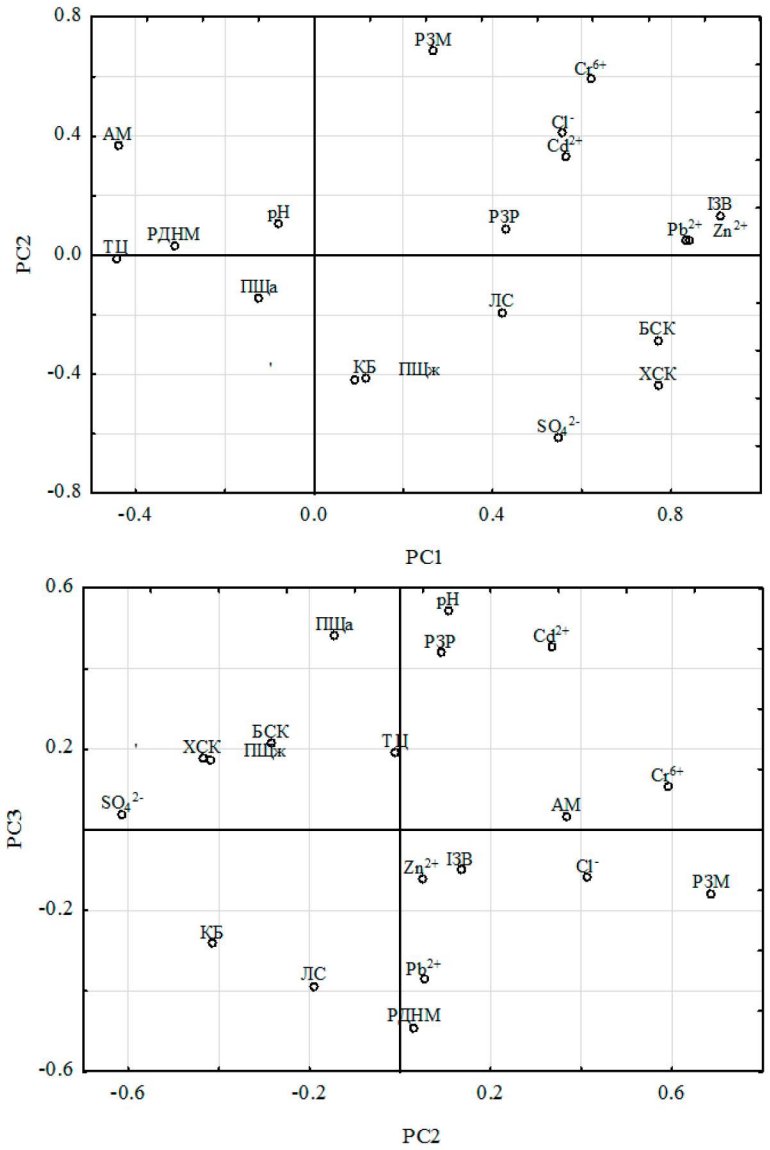

Рисунок 1 – Результати аналізу головних компонент мінливості показників забруднення поверхневих вод м. Мелітополь

Figure 1 – Results of the analysis of the main components of the variability of indicators of surface water pollution in Melitopol

Показник pH певною мірою індиферентний до варіювання токсичних речовин. Очевидно, що концентрація іонів водню є результатом дії багатьох біотичних та абіотичних процесів. Тому, підсумкове варіювання показнику pH залишається дещо незалежним від характеристик токсичної дії у рамках лінійної моделі, яка знаходиться в основі аналізу головних компонент. Головна компонента 2 описує 12,29 % варіабельності простору ознак. Вона показує ще один важливий тренд мінливості токсичності, який пов'язаний з хромом та кадмієм. Цей тренд дещо схований головним трендом мінливості токсичності, який віддзеркалюється головною компонентою 1. Слід відзначити, що при прямій оцінці токсичного забруднення значення головної компоненти 2 є не дуже очевидним, хоча, як буде показано у подальшому, така диференціація у токсичному впливі відбивається і на живих організмах. Головна компонента 3 пояснює 9,27 % варіювання простору ознак. Маркером цієї компоненти є значення pH. Слід відзначити, за особливостями аналізу головних компонент, осі, які виділяються, є ортогональними, або незалежними. Тому відзначаємо, що варіювання pH води є певною мірою незалежним показником. Особливості головної компоненти 3 свідчать про те, що високий вміст кадмію, як правило, пов'язаний з більш лужним середовищем, тоді як більша концентрація плюмбуму пов'язана с більш кислим середовищем. Таким чином, головні осі 1–3 можуть розглядатися як маркери екологічного гіперпростору, в межах якого змінюються умови для життя водних молюсків. Одержані результати свідчать про закономірний характер варіювання чисельності молюсків у просторі відповідних головних компонент (рис. 2, 3).

Головні компоненти 1 та 2, як маркери токсичного навантаження, негативно впливають на чисельність молюска *L. stagnalis*. Головні компоненти є незалежними змінними, але у своєму впливу на молюсків між ними спостерігається взаємозв'язок, внаслідок чого виникають складні патерни варіювання чисельності молюсків у просторі головних компонент. У області високих значень головних компонент 1 та 2 чисельність молюска *L. stagnalis* є найменшою. У свою чергу, при низькому рівні забруднення за головною компонентою 1 молюски цього виду демонструють певний рівень резистентності до забруднення за компонентою 2.

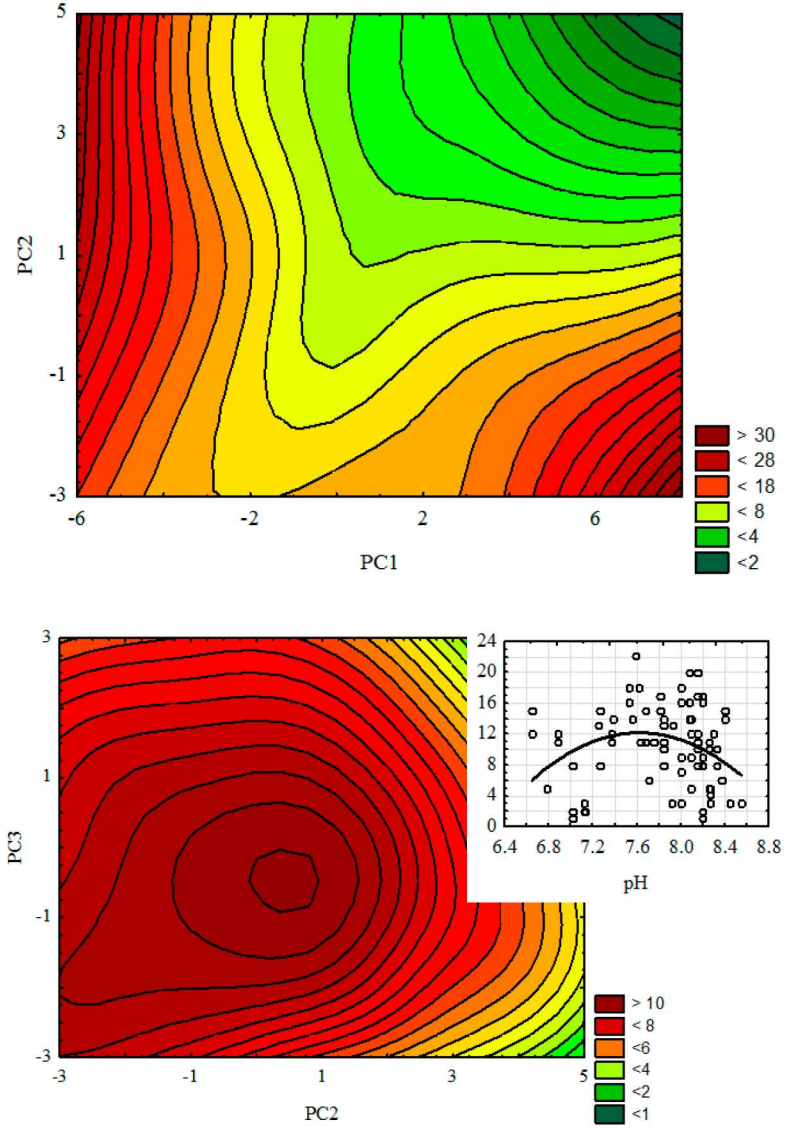

Рисунок 2 – Ареал молюска *L. stagnalis* у просторі головних компонент 1–3

Figure 2 – The area of mollusk *L. stagnalis* in the space of principal components 1–3

При середньому рівні забруднення за головною компонентою 1 та низькому – за компонентою 2 чисельність *L. stagnalis* знижується, але при подальшому нарощуванні забруднення за компонентою 1 чисельність виду веде себе контроверсійно: вона у відповідь більшого забруднення збільшується. Таке можливе тільки за умов низького рівня забруднення за компонентою 2. Вже незначне збільшення цього показника при високому рівні за компонентою 1 призводить до різкого зниження чисельності молюска. Найбільш вірогідним поясненням таких трендів є наявність біотичних взаємовідносин серед мешканців бентосу на фоні токсичного впливу. Можна припустити, що при високих рівнях забруднення є більш чутливі конкуруючі види в угрупованні, які поступаються місцем в екологічному просторі при певних рівнях забруднення.

Варіювання чисельності у просторі головної компоненти 3 свідчить про наявність області оптимуму за показником pH. Відповідно на збільшення або зменшення pH чисельність виду реагує своїм зниженням. Прямий градієнтний аналіз (урізка на рис. 2) вказує на те, що оптимальним значенням pH для молюска *L. stagnalis* є 7,6–7,7. Також важливою особливістю є те, що значення pH впливають на токсичність інших речовин. Відхилення від зони оптимуму pH підсилюють токсичний ефект важких металів, який відображено головною компонентою 2.

Складний характер реагування на варіювання чинників урбосередовища спостерігається для *V. viviparus*. Цей молюск більшою мірою чутливий до забруднення, яке позначається головною компонентою 2, ніж превалюючою головною компонентою 1. Так, при високих значеннях головної компоненти 1 та низьких значеннях компоненти 2 чисельність молюска *V. viviparus* сягає найбільшого рівня. Але збільшення забруднення за головною компонентою 2 призводить до різкого зниження чисельності цього виду.

Характер варіювання у просторі компоненти 3 свідчить про те, що як pH здійснює модулюючий вплив на характер реакції на токсичні агенти, так і токсичне навантаження звужує зону оптимуму та витискає її у більш кислу зону. Прямий градієнтний аналіз вказує на більш лужний преферендум pH для *V. viviparus*, ніж у попереднього виду. Він становить 7,8–8, але при помірному токсичному навантаженні зона оптимуму переміщається у область більш кислих значень pH.

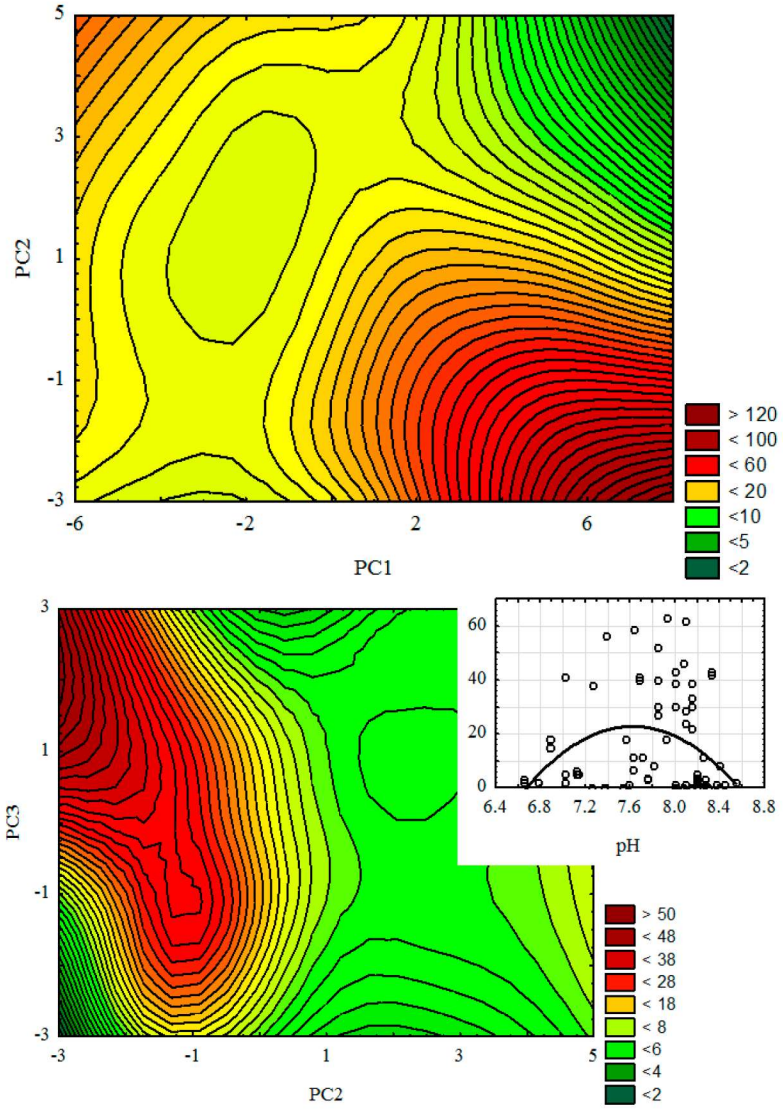

Рисунок 3 – Ареал молюска *V. viviparus* у просторі головних компонент 1–3

Figure 3 – The area of mollusk *V. viviparus* in the space of principal components 1–3

Таким чином нами встановлено, що два індикаторні види молюсків – *L. stagnalis* та *V. viviparus* – віддзеркалюють токсичний вплив двох формально незалежних аспектів забруднення водного середовища, які позначаються головними компонентами 1 (загальне забруднення, яке найбільш пов'язане з цинком та свинцем) та 2 (певна частина загального забруднення, пов'язана з кадмієм та хромом).

Для обох видів встановлено наявність зони оптимуму стосовно головної компоненти 3 (pH водного середовища, найбільш вірогідно, що у цій компоненті переважає природна складова). Але токсичний контекст значним чином модулює реакцію популяцій молюсків на природний градієнт.

За екотоксикологічними та гідрохімічними показниками було проведено кластерний аналіз (рис. 4).

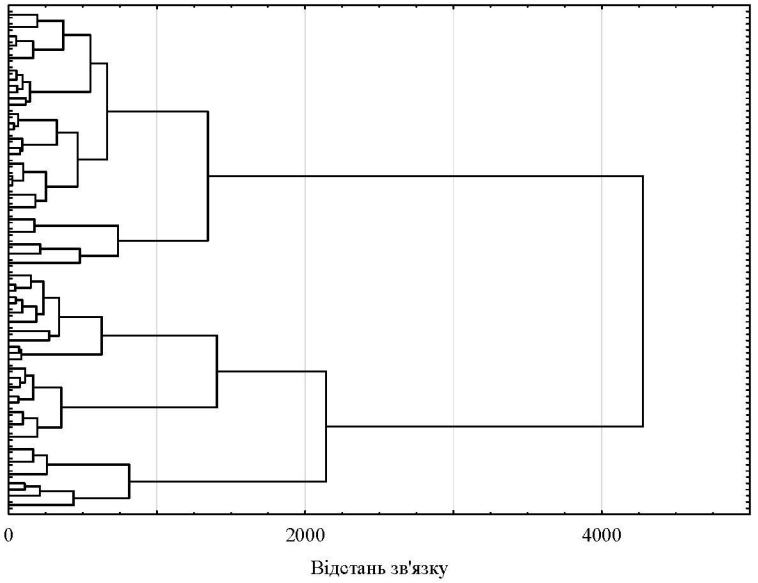

Рисунок 4 – Кластерний аналіз точок відбору проб за гідрохімічними та екотоксикологічними показниками (відстань Евкліда, метод Варда). Вертикальна лінія – рішення с п'ятьма кластерами

Figure 4 – Cluster analysis of sampling sites for hydrochemical and ecotoxicological parameters (Euclidean distance, Ward method). Vertical Line is the solution with five clusters

У результаті аналізу було обране рішення, яке представлене п'ятьма кластерами. Ці кластери статистично вірогідно відрізняються за Індексом забруднення водоймищ (F = 54,16, p = 0,000) (рис. 5). Кластер 2 характеризується найменшим рівнем забруднення, а кластер 3 – найбільшим.

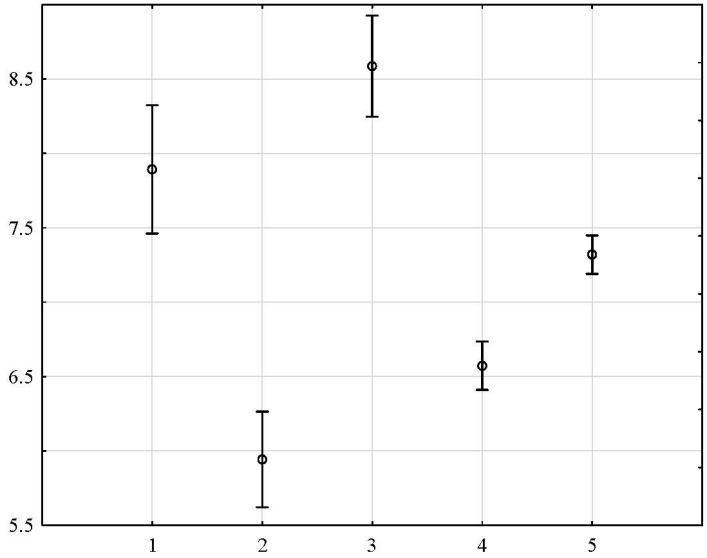

Рисунок 5 – Значення показнику Індексу забруднення водоймищ для кластерів 1–5. Ось абсцис – кластери, ось ординат – Індекс забруднення водоймищ

Figure 5 – The value of the Index of pollution of reservoirs for clusters 1–5. The axis of abscissa is a cluster, the axis of ordinate is the index of pollution of reservoirs

Ці кластери можна оцінити за допомогою процедури класифікаційних дерев на основі відомостей про чисельність індикаторних видів молюсків *Lymnaea stagnalis* та *Viviparus viviparus* (рис. 6). Одержане дерево свідчить про те, що чисельність обох видів характеризується індикаційною цінністю. Також важливим є те, що чисельність видів не є монотонним індикатором забруднення водного середовища. Так, дихотомії класифікаційного дерева з вибором найбільших варіантів чисельності молюсків приведе нас до кластеру 1, який характеризується забрудненням трохи меншим від найбільшого. У цілому, дихотомічний ключ не є монотонним. Це проявляється у тому, що, наприклад, кластер 5

може бути ідентифікований за умов чисельності *V. viviparus* більше 20 та менше 35,5 екз./м^2, або якщо чисельність цього виду більше 35,5 екз./м^2, але чисельність *L. stagnalis* менше 10,5 екз./м^2. Саме ця особливість класифікаційного дерева дозволяє кодифікувати складні нелінійні залежності у вигляді порівняно простих дихотомічних правил біоіндикації, які надають можливість зробити висновок про рівень забруднення водного середовища.

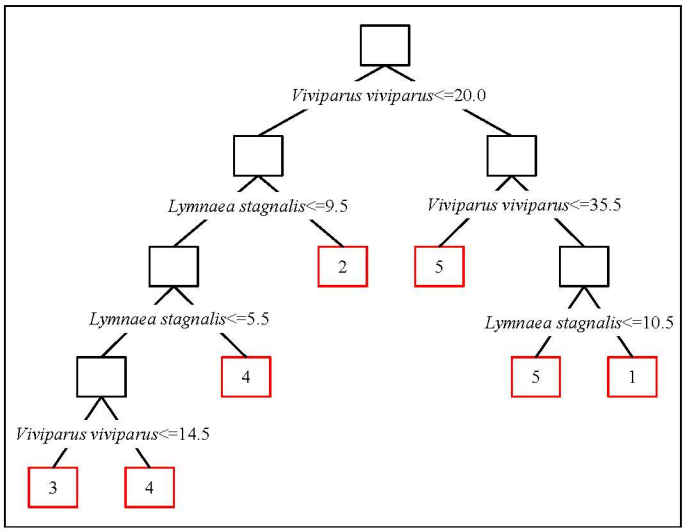

Рисунок 6 – Класифікаційне дерево для біологічної діагностики рівнів забруднення водотоків м. Мелітополь. Точки прийняття рішень вказують чисельність молюсків у екз./м^2

Figure 6 – Classification tree for biological diagnostics of pollution levels of water currents in Melitopol. Decision-making points indicate the number of mollusks in an ex./m^2

Після процедури біоіндикаційної класифікації кластери перетворюються на класи забруднення води. Відповідно, їх п'ять і якісно можна їх охарактеризувати наступним чином: Найбільше забруднення → Забруднення → Помірне забруднення → Слабке забруднення → Умовно чистий біотоп.

Застосування відомостей про чисельність індикаторних видів молюсків дозволило провести біоіндикаційну оцінку забруднення водного середовища (табл. 1).

Таблиця 1 – Біоіндикаційна класифікаційна матриця біотопів за класами забруднення

Table 1 – Bioindicational classification matrix of biotopes according to pollution classes

Біотопи	Клас				
	Найбільше забруднення	Забруднення	Помірне забруднення	Слабке забруднення	Умовно чисте
	Кластер				
	3	1	5	4	2
АМ	–	–	–	–	100,00%
КБ	–	33,34%	22,22%	–	44,44%
ЛС	–	88,89%	11,11%	–	–
ПЩа	55,56%	–	–	44,44%	–
ПЩж	–	55,56%	44,44%	–	–
РДНМ	11,11%	–	11,11%	–	77,78%
РЗМ	100,00%	–	–	–	–
РЗР	33,34%	11,11%	44,44%	11,11%	–
ТЦ	–	–	–	–	100%

Одержані дані свідчать про те, що тільки окремі біотопи регулярно можуть бути віднесені до одного біоіндикаційного класу забруднення водного середовища. Це стосується району заводу МЗТГ (промислова зона) – 100 % випадків індиковано як найбільше забруднення, а також Авіамістечка (житловий масив) – 100 % випадків індиковано як умовно чистий біотоп.

Варіабельність режиму забруднення та процеси відновлення біотичної цілісності бентичних систем призводять до певних біоіндикаційних розподілів оцінок забруднення, що само по собі також є важливим джерелом інформації про рівень забруднення середовища. Так, зона Лісопарку індикована як перехідна між забрудненою та помірно забрудненою. Тоді як водотоки у зоні заводу «Рефма» демонструють діапазон рівнів забруднення від найбільшого до слабкого рівня.

Висновки

1. Одержані результати свідчать про те, що показники біологічного та хімічного поглинання кисню не перевищують критичні рівні забруднення. Показники ХПК та $БПК_5$ статистично

вірогідно корелюють між собою (r = 0,46, p = 0,00). Восени показники $БПК_5$ та ХПК вірогідно вищі, ніж навесні.

2. Показник вмісту сульфатів перевищує критичні рівні забруднення у 1,29–2,44 разів, хлоридів – у 1,00–1,87 разів, свинцю – від 0,04 до 4,14 (тільки у 9,5 % випадків концентрація менше ГДК), кадмію – від 0,79 до 3,33 ГДК (тільки у 19,4 % випадків концентрація кадмію менша, ніж ГДК). Вміст цинку та хрому не перевищують ГДК у водах м. Мелітополь. Восени показник вмісту сульфатів вірогідно вищий, ніж навесні, а свинцю, хрому, кадмію та цинку, навпаки – вищий навесні, ніж восени.

3. У якості індикаторів стану водного середовища обрані два найбільш чисельні види, які мешкають у водоймах м. Мелітополь – *L. stagnalis* та *V. viviparus*. Прямий градієнтний аналіз вказує на те, що оптимум pH для молюска *L. stagnalis* становить 7,6–7,7, а для *V. viviparus* – 7,8–8. Відхилення від зони оптимуму pH підсилює токсичний ефект дії важких металів.

4. Індикаторні види молюсків – *L. stagnalis* та *V. viviparus* – віддзеркалюють токсичний вплив двох формально незалежних аспектів забруднення водного середовища – загальне забруднення, яке найбільш пов'язане з цинком та свинцем, та певну частину загального забруднення, яка пов'язана з кадмієм та хромом.

5. Біоіндикаційне оцінювання дозволило встановити п'ять класів забруднення вод: Найбільше забруднення → Забруднення → Помірне забруднення → Слабке забруднення → Умовно чистий біотоп.

Література:

1. Бадтиев Ю.С. Биоиндикация – малозатратный и эффективный метод познания / Ю.С. Бадтиев, А.А. Кулемин // Экологический вестник России. – 2001. – № 1. – С. 38–41.

Badtiev Yu.S. Bioindikatsiya – malozatratnyiy i effektivnyiy metod poznaniya / Yu.S. Badtiev, A.A. Kulemin // Ekologicheskiy vestnik Rossii. – 2001. – № 1. – S. 38–41.

2. Бадтиев Ю.С. О критериях оценки экологической обстановки / [Бадтиев Ю.С., Антонов В.А., Губин В.В., Каганов В.М.] // Экологический вестник России. – 2003. – № 4. – С. 30–33.

Badtiyev Yu.S. O kriteriyakh otsenki ekologicheskoy obstanovki / [Badtiyev Yu.S., Antonov V.A., Gubin V.V., Kaganov V.M.] // Ekologicheskiy vestnik Rossii. – 2003. – № 4. – S. 30–33.

3. Биргер Т.И. О некоторых биохимических механизмах резистентности водных беспозвоночных к токсическим

веществам / Т.И. Биргер, А.Я. Маляревская // Гидробиол. журн. – 1977. – 13, № 6. – С. 69–73.

Birger T.I. O nekotorykh biokhimicheskikh mekhanizmakh rezistentnosti vodnykh bespozvonochnykh k toksicheskim veshchestvam / T.I. Birger, A.Ya. Malyarevskaya // Gidrobiol. zhurn. – 1977. – 13, № 6. – S. 69–73.

4. *Выскушенко Д.А. Реагирование прудовика озерного Lymnaea stagnalis на воздействие сульфата меди и хлорида цинка / Д.А. Выскушенко // Гидробиологический журнал. – 2002. – Т. 38. – № 4. – С. 86–91.*

Vyskushenko D.A. Reagirovaniye prudovika ozernogo Lymnaea stagnalis na vozdeystviye sulfata medi i khlorida tsinka / D.A. Vyskushenko // Gidrobiologicheskiy zhurnal. – 2002. – T. 38. – № 4. – S. 86–91.

5. Гордзялковский А.В. Водные моллюски – перспективные объекты для биологического мониторинга / А.В. Гордзялковский, О.Н. Макурина // Вестник СамГУ – Естественнонаучная серия. – № 7 (47). – 2006. – С. 37–44.

Gordzyalkovskiy A.V. Vodnyye mollyuski – perspektivnyye obyekty dlya biologicheskogo monitoringa / A.V. Gordzyalkovskiy, O.N. Makurina // Vestnik SamGU – Estestvennonauchnaya seriya. – № 7 (47). – 2006. – S. 37–44.

6. Дегтяренко О.В. Сучасний стан популяції Viviparus viviparus (L. 1758) (Molluska; Gastropoda) річок Приазов'я / О.В. Дегтяренко // Зб. наук. праць ХНПУ ім. Г. С. Сковороди – Біологія та Валеологія. – Вип. 11. – 2009. – С. 11–15.

Degtyarenko O.V. Suchasniy stan populyatsiyi Viviparus viviparus (L. 1758) (Molluska; Gastropoda) rIchok Priazov'ya / O.V. Degtyarenko // Zb. nauk. prats HNPU Im. G. S. Skovorodi – Biologiya ta Valeologiya. – Vip. 11. – 2009. – S. 11–15.

7. Дмитренко В.П. Экологический мониторинг техносферы: учебное пособие / Дмитренко В.П., Сотникова Е.В., Черняев А.В. – СПб.: Лань, 2012. – 368 с.

Dmitrenko V.P. Ekologicheskiy monitoring tekhnosfery: uchebnoye posobiye / Dmitrenko V.P., Sotnikova E.V., Chernyayev A.V. – SPb.: Lan.,2012. – 368 s.

8. Йоркіна Н.В. Прісноводні молюски як біоіндикатори якості поверхневих вод урбосистеми міста Мелітополя / Н.В. Йоркіна // Питання біоіндикації та екології: Періодичне наукове видання. – Запоріжжя: ЗНУ. – 2013. – Вип. 18. – 174–179.

Yorkina N.V. Prisnovodni molyuski yak bioindikatori yakosti poverhnevih vod urbosistemi mista Melitopolya / N.V. Yorkina //

Pitannya bioindikatsiyi ta ekologiyi. – Zaporizhzhya: ZNU. – 2013. – Vip. 18. – 174–179.

9. Лукашов Д.В. Визначник прісноводних молюсків. Для студентів біологічних факультетів / Д.В. Лукашов. – К.: КНУ, 2004. – 44 с.

Lukashov D.V. Viznachnik prisnovodnih molyuskiv. Dlya studentiv biologichnih fakultetiv / D.V. Lukashov. – K.: KNU, 2004. – 44 s.

10. Метелев В.В. Водная токсикология / Метелев В.В., Канаев А.И., Дзасохова Н.Г. – М.: Колос, 1971. – 247 с.

Metelev V.V. Vodnaya toksikologiya / Metelev V.V., Kanayev A.I., Dzasokhova N.G. – M.: Kolos. 1971. – 247 s.

11. Новиков Ю.В. Методы исследования качества воды водоемов / Новиков Ю.В., Ласточкина К.О., Болдина З.Н. – М.: Медицина, 1990. – 400 с.

Novikov Yu.V. Metody issledovaniya kachestva vody vodoyemov / Novikov Yu.V., Lastochkina K.O., Boldina Z.N. – M.: Meditsina. 1990. – 400 s.

12. Редина М.М. Нормирование и снижение загрязнений окружающей среды: учебник для бакалавров / М.М. Редина, А.П. Хаустов. – М.: Юрайт, 2015. – 431 с.

Redina M.M. Normirovaniye i snizheniye zagryazneniy okruzhayushchey sredy: uchebnik dlya bakalavrov / M.M. Redina, A.P. Khaustov. – M.: Yurayt. 2015. – 431 s.

13. *Шитиков В.К. Количественная гидробиология: методы, критерии, решения / Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. – Книга 2. – М.: Наука, 2005. – 337 с.*

Shitikov V.K. Kolichestvennaya gidrobiologiya: metody, kriterii, resheniya / Shitikov V.K., Rozenberg G.S., Zinchenko T.D. – Kniga 2. – M.: Nauka. 2005. – 337 s.

14. *Якість води. Відбирання проб. Частина 6. Настанови щодо відбирання проб з'річок і струмків : ДСТУ.ISO 5667-6:2009 – ISO 5667-6:2005, IDT. – [Чинний від 03.12.2009]. – К.: Держспоживстандарт України, 2011. – 22 с. – (Національні стандарти Україні).*

Yakist vodi. Vidbirannya prob. Chastina 6. Nastanovi schodo vidbirannya prob z richok i strumkiv : DSTU.ISO 5667-6:2009 – ISO 5667-6:2005, IDT. – [Chinniy vid 03.12.2009]. – K.: Derzhspozhivstandart Ukrayini, 2011. – 22 s. – (Natsionalniy standarti Ukrayini).

15. *Plummer J.D. Monitoring source water for microbial contamination: Evaluation of water quality measures / J.D. Plummer,*

View publication stats