

УДК 504.45

Вознюк Н. М., к.с.-г.н., доцент, Копилова О. М., аспірант
(Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

БІОМОНІТОРИНГ В СИСТЕМІ ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ ГІДРОЕКОСИСТЕМ

Акцентовано увагу на понятті “біомоніторинг” та різних підходах до його розуміння. Проаналізовано низку факторів, що впливають на живі організми при дослідженні гідроекосистем та які є головними елементами проведення біологічного аналізу якості поверхневих вод.

Ключові слова: біомоніторинг, біологічний аналіз, гідроекосистема, індикатор, якість води.

З появою та розвитком людини у світі пов’язана велика низка позитивних моментів (будівництво визначних споруд, наукові відкриття, розвиток культури і мистецтва тощо), а ще більше негативних наслідків масштабної антропогенізації. Людина почала підлаштовувати природу під себе, свої власні потреби.

Відомий американський еколог Баррі Коммонер у 1974 році сформулював найпримітивніші, але влучно підмічені закони екології, одним із яких є “природа знає краще”. Чим начебто закликав нас “назад до природи”, а головне бути обережними у спілкуванні з нею. Достатньо бід натворила людина, створюючи комфортні умови для себе, і тим самим трансформуючи природні екосистеми. Так, наприклад, протягом вісімнадцятого століття, під впливом значного антропогенного навантаження, від річки Темзи, що тече через Лондон, доносився такий сморід, що в парламенті висіли простирадла замочені в оцті, для того щоб хоча б частково компенсувати отруєне повітря, що розповсюджувалось від водотоку (Gameson, Wheeler, 1975). Проте, навіть в таких умовах парламент не діяв швидко, до тих пір, доки не виникла загроза здоров’ю населення, а саме поширення черевного тифу та холери [1].

Таким чином, дуже важливо знати, яка якість води у водних об’єктах, біля яких ми живемо, відпочиваємо, звідки беремо воду. Це необхідно не лише для констатації факту: чистою чи забрудненою є вода, але й для розробки комплексу заходів органами місцевої влади та громадами щодо покращення екологічної ситуації гідросфери [2, С. 4].

Наприкінці ХХ ст. до практики визначення екологічного стану водойм, поряд із традиційними (гідрохімічними, гідрофізичними, гідоморфологічними), долучилися й біологічні методи. Значного розвитку та поширення набув біологічний моніторинг водного середовища.

Його зародження, ймовірно, бере свій початок із спостережень простих рибалок, наглядачів та охоронців водойм, прибережних жителів. Вони, самі того не підозрюючи, не з наукової точки зору, а з практичної, помічали і відмічали певні особливості тих чи інших змін якісних і кількісних характеристик гідробіонтів, на основі чого робили певні висновки про стан водного середовища, яке вони використовували. З розвитком суспільства, коли людство отримало добре підготовлених вчених, такі спостереження набули наукового підґрунтя, почали використовуватися при вивченні гідросфери.

Сам же термін “моніторинг” з’явився перед проведенням Стокгольмської конференції ООН з питань навколишнього середовища в 1972 році. Після цього біологічний моніторинг – як один із його видів, розглядався низкою науковців та дослідників.

Загальне розуміння і перші основи саме біологічного моніторингу давали такі науковці, як Федоров, Ізраель, Ніколаєвський, Реймерс. Серед закордонних науковців свій внесок зробили Розенберг, Реч (1992), Хербст, Ру (1993), Зварт, Слуф, Нотенбум (1995). Також варто згадати прізвища Кольквіца, Марсона, Лібмана, Сладечека, Одума та ін., які розглядали біоіндикатори, що на даний момент є головною складовою методології проведення біомоніторингу. За індикаторами, що розглядалися ними (найпримітивніші) була можливість визначити зони сапробності, проте враховуючи розвиток науки є можливість розглядати організми вищої форми організації та розвитку, отримуючи при цьому вагомий інформацію. Таким чином, на сьогодні, біомоніторинг набув вагомих обертів і дедалі частіше до нього, обираючи різного роду індикатори, звертаються дослідники сучасності: Бедункова, Гроховська, Стецюк, Петрук, Єгорова, Карпова, Мельничук, Мелехова та інші.

Біологічний моніторинг – система спостереження, оцінки та прогнозування будь-яких змін у біотичних компонентах, що викликані факторами антропогенного походження (Федоров, 1974; Ізраель, 1977) і проявляються на організменному, популяційному чи екосистемному рівнях.

За визначенням Ніколаєвського В.С. (1981), біологічний моніторинг – це визначення стану живих систем на всіх рівнях організації і реакція їх на забруднення середовища.

За М. Ф. Реймерсом (1990), біологічний моніторинг – спостережен-

ня за біологічними об'єктами (наявністю видів, їх станом, появою випадкових інтродуцентів і т. д.) і оцінка якості навколишнього середовища за допомогою біоіндикаторів [3, С. 14].

Ми ж будемо розуміти під поняттям “біомоніторинг водного середовища” систему спостереження, оцінювання та прогнозування стану гідросфери за показниками водної біоти.

Дехто ототожнює поняття “біомоніторинг” з “біоіндикацією” та “біотестуванням”, проте вважати це одним і тим же, взаємозамінним, звичайно, не правильно. Лише комплексний підхід до проведення біологічного моніторингу (поєднання методів біоіндикації та біотестування, використання об'єктів різних рівнів організації) при систематичному спостереженні дозволить говорити про перспективи зміни структури угруповань, продуктивності популяцій та стійкості водних екосистем по відношенню до антропогенних факторів [4, С. 11].

Біоіндикація (bioindication) – виявлення і визначення екологічно значущих природних і антропогенних навантажень на основі реакцій на них живих організмів безпосередньо у середовищі їх існування.

Біотестування (bioassay) – дія спрямована на визначення токсичності середовища за допомогою тест-об'єктів, що сигналізують про небезпеку, незалежно від того, які речовини і в якому поєднанні викликають зміни життєво-важливих функцій у тест-об'єктів [4, С. 4].

Хоча підходи дуже близькі за кінцевою метою дослідження, потрібно пам'ятати, що біотестування здійснюється на рівні молекули, клітини чи організму і характеризує можливі наслідки забруднення водного середовища для біоти, а біоіндикація – на рівні організму, популяції, спільноти і характеризує, як правило, результат забруднення.

Всі живі організми – відкриті системи, через які здійснюється кругообіг речовин і потік енергії. Всі вони тою чи іншою мірою придатні для біомоніторингу [4, С. 5]. Проте, все-таки, варто розмежовувати поняття “організм-індикатор” та “організм-монітор”, розуміти їх взаємозв'язок та віднаходити можливості переведення індикаторів у монітори.

Організм-індикатор – організм, у якого ознаки ушкодження виявляються при впливі токсичної концентрації забруднюючих речовин або їх суміші. Тоді як організм-монітор – це організм, за ознаками ушкодження якого можна отримати інформацію про кількість забруднюючих речовин або їх суміші у довкіллі.

На нашу думку, будь-який живий організм, який здатен бути монітором уже є індикатором, проте не кожен індикатор може стати монітором. Складність цього питання полягає у проведенні довготривалих експериментів та лабораторних досліджень. Враховувати необхідно як

особливості середовища існування, так і вплив поллютантів, їх комбінованої дії.

Для того, щоб індикатор став монітором, тобто міг інформувати про якісні і кількісні характеристики забруднювача, необхідно визначити і використати залежності між реакцією організму на забруднення і концентрацією цієї речовини в навколишньому середовищі. Для цього використовують три основні способи:

- зіставлення ступеня ушкодження, спричиненого забруднюючою речовиною, із відомою концентрацією забруднюючої речовини у довкіллі;
- використання організму як живого колектора (накопичувача забруднюючих речовин);
- вимірювання кількості забруднюючої речовини або метаболітів (новоутворених речовин), які з'явилися в тканинах організму після дії забруднювача, і зіставлення отриманих значень з концентрацією забруднюючої речовини в повітрі [5, С. 299-301].

У даній роботі, висвітлені аспекти розглянуті у зв'язку з тим, що піддаючи довкілля антропогенному впливу, ми запускаємо трансформаційні процеси, які безпосередньо виявляються як у деградації екосистеми, так і у порушенні функціонування всієї біоти. Вплив на один компонент спричиняє ланцюгову реакцію, яка згодом знайде своє відображення на житті та здоров'ї населення.

Розроблені нормативи в деякій мірі попереджають негативні наслідки впливу поллютантів на організм людини. Проте, все частіше з'являється інформація про порушення, які виникають у гідробіонтів під впливом вмісту забруднюючих речовин, що знаходяться в межах гранично допустимих концентрацій. Виникають сумніви, щодо ефективності науково обґрунтованих значень при нормуванні впливу шкідливих домішок.

Таким чином, основа зміни системи моніторингу поверхневих вод, що декларуються Водною Рамковою Директивою (ВРД), це перехід, від хімічного контролю на біологічний, і заміна критеріального підходу до оцінки якості, еталонним чи референтним підходом. Сьогодні змінюється ідеологія системи біологічних оцінок, які на даний момент стають головним інструментом для визначення екологічного статусу (стану) водойм та водотоків.

Надлишок природних та шкідливих речовин у водних об'єктах, зміни, що виникають під їхнім впливом призводять до різного роду реакцій водних популяцій. Деякими з найбільш поширених "відгуків" водних організмів на непридатні чи невідповідні умови середовища існування є:

- зміни видового складу угруповань гідро біонтів;

- зміни в домінуючих групах організмів середовища існування;
- збіднення видів;
- висока смертність на чутливих етапах життя, наприклад, яйця, личинки;
- смертність серед населення водного середовища в цілому;
- зміни в поведінці організмів;
- фізіологічні зміни в обміні речовин,
- гістологічні та морфологічні деформації [6, С. 188-189].

Приділяючи увагу біологічному аналізу та біомоніторингу якості поверхневих вод, варто враховувати те, що флора і фауна, що присутні в конкретних водних системах, функціонують у поєднанні впливу різних гідрологічних, фізичних і хімічних чинників, тому варто враховувати фактори, які впливають на біологічні системи у водному середовищі, серед них [6, С. 184-188]:

1. Антропогенний вплив (наприклад, надходження токсинів, підвищення вмісту завислих речовин, модифікація середовища існування, зменшення вмісту кисню). Такі зміни формують основу оцінки якості води з використанням біоти як індикатора інтенсивності забруднення.

2. Фізичні зміни у водному середовищі. Наявність або відсутність конкретних водних організмів залежить від фізичних показників середовища і пов'язаних з ними місць існування, таких як швидкість течії, наявність великих каменів чи валунів або стоячі води з незначними відкладами. Такі характеристики можуть бути легко трансформовані внаслідок діяльності людини (створення річкових дамб, каналізаційних і дренажних мереж тощо), а також можливі природні їх зміни через місцеві кліматологічні та географічні умови.

3. Розчинений кисень. Кисень є важливим фактором для водних організмів та хімічних характеристик доквілля. Здатність організмів виживати при різному вмісті кисню у воді становить основу деяких біотичних показників та методів оцінки якості води. Витривалість низькою концентрацією кисню змінюється від виду до виду, навіть у межах одного роду, тому більш доцільно працювати на видовому рівні для деяких методів біологічної оцінки.

4. Тривалість впливу. У біологічному сенсі, це тривалість фактичного впливу шкідливих концентрацій або іншої змінної в навколишньому середовищі, що цікавить. Тіло організму потребує деякий час (секунди або довше), щоб поглинати токсини і потім реагувати. Тим не менш, багато водних організмів реагують дуже швидко, особливо на токсичні речовини, і це може бути перевагою для розвитку методів біомоніторингу. Всмоктування поживних речовин водними організмами є зазвичай швидким, але їх подальше засвоєння вимагає часу.

Так, наприклад, евтрофікація у водоймі – це довготривалий ефект.

5. Концентрація. Фізіологічні або поведінкові реакції водних організмів залежать від концентрації природних речовин і забруднювачів у навколишньому середовищі. Фактична концентрація речовини або сполуки спричиняє токсичний вплив на організм, також на нього можуть впливати багато інших чинників навколишнього середовища (наприклад наявність інших токсинів, недостатнє забезпечення поживними речовинами, недоліки фізичних факторів, таких як зміни середовища існування, седиментація, посуха чи нестача кисню). Організм в стані стресу не зможе вижити при тій самій концентрації забруднюючої речовини, як при оптимальних умовах навколишнього середовища. Отже, токсична дія, що визначається лабораторними аналізами, може змінюватися залежно від різних експериментальних умов. Багато речовин мають суттєві відмінності в їх токсичності для різних видів. Тому, щоб визначити екологічні наслідки повною мірою, необхідно використовувати набір тестів під стандартизовані обставини.

6. Хелатування (здатність органічних сполук зв'язувати іони металів). Прикладами хелатотворних агентів є гумінові і фульвові кислоти і з'єднання, такі як ЕДТО (етилендіамінтетраоцтова кислота). Ці сполуки можуть також повільно вивільняти зв'язані іони металів назад у воду. Хелатотворна здатність води, таким чином, залежить від вмісту гумінових кислот та інших лігандів, а також від жорсткості води. Жорсткість відіграє важливу роль в розподілі водної біоти і багато видів можна виділити в якості показників для жорсткої або м'якої води. Організмам з мушлями, які складаються з карбонату кальцію, потрібна висока концентрація кальцію у воді, в той час як веснянкам і деяким видам черв'яків – характеристики м'якої води. Різні вимоги можуть бути знайдені в межах одного виду організмів. Токсичність мікроелементів може також варіюватися залежно від жорсткості води. Наприклад, токсичність міді і цинку змінюється в широких межах залежно від концентрації кальцію у воді. Чим вище концентрація кальцію, тим нижче токсичність обох металів. Токсичність металів може бути знижена у водах з високим вмістом гумінових кислот в результаті їх хелатуючого потенціалу.

7. Кислотність. Деякі організми чутливі до кислотності або лужності води. Водоносні горизонти, річки і озера, розташовані на водозбірних площах, що складаються з кислих порід або чистого кварцу мають води бідні кальцієм і магнієм, з низькою буферною ємністю. Додаткова кислота надходить з "кислотними дощами", що спричиняє зниження рН води і може призвести до збільшення концентрації активних форм алюмінію випущеного з ґрунту, оточуючого вододілу (Meuybeck і спі-

вавт., 1989). При низькому рН (нижче 5,5), збільшений вміст алюмінію є токсичним для багатьох безхребетних і риб. Інші побічні ефекти, пов'язані з підкисленням виникають від мобілізації ртуті і кадмію, які є високотоксичними і можуть бути накопичені рибами у тканинах їхнього організму.

Таким чином, враховуючи низку чинників, які впливають на стан водних організмів, необхідно шукати найбільш чутливі компоненти середовища для того, щоб достовірно встановлювати якість гідроєко-систем, допустимі межі для токсичних сполук тощо.

1. Gameson A. L. and A. Wheeler. 1975. Restoration and recovery of the Thames estuary. In Recovery and Restoration of Damaged Ecosystems, eds. J. Cairns, Jr., K. L. Dickson, and E. E. Henicks, Pp. 72–101, Univ. Press of Virginia, Charlottesville, VA. **2.** Оцінка екологічного стану водойм методами біоіндикації. Перші кроки до оцінки якості води / Карпова Г., Зуб Л., Мельничук В., Проців Г. – Бережани, 2010. – 32 с. **3.** Шитиков В. К. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации / Шитиков В. К., Розенберг Г. С., Зинченко Т. Д. – Тольятти : ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с. **4.** Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование : учеб. Пособие для студ. высш. учеб. заведений / О. П. Мелехова, Е. И. Егорова, Т. И. Евсеева и др.; под ред. О. П. Мелехова и Е. И. Егоровой. – М. : Издательский центр “Академия”, 2007. – 288 с. **5.** Клименко М. О., Прищепя А. М., Вознюк Н. М. Моніторинг довкілля: Підручник. – К. : Видавничий центр “Академія”, 2006. – 300 с. **6.** Water Quality Assessments – A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring – Second Edition. Edited by Deborah Chapman. Printed in Great Britain at the University Press, Cambridge, 1996, 609 p.

Рецензент: д.с.-г.н., професор Клименко М. О. (НУВГП)

Vozniuk N. M., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Kopylova O. M., Post-graduate Student (National University of Water Management and Nature Resources Use, Rivne)

BIOMONITORING IN THE ASSESSMENT OF AQUATIC ECOSYSTEMS

The attention is focused on the concept of “biomonitoring” and various approaches to its understanding. Analyzed a number of factors that affect living organisms in the study of aquatic ecosystems and are fundamental elements of conducting biological analysis of surface water quality.

Keywords: biomonitoring, biological analysis, hydroecosystem, indicator, water quality.

Вознюк Н. М., к.с.-х.н., доцент, Копылова О. М., аспирант
(Национальный университет водного хозяйства и природопользования,
г. Ровно)

БИОМОНИТОРИНГ В СИСТЕМЕ ОЦЕНИВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ГИДРОЭКОСИСТЕМ

Акцентируется внимание на понятие “биомониторинг” и различных подходах к его пониманию. Проанализирован ряд факторов, влияющих на живые организмы при исследовании гидроэкосистем и которые являются главными элементами проведения биологического анализа качества поверхностных вод.

***Ключевые слова:* биомониторинг, биологический анализ, гидроэкосистема, индикатор, качество воды.**
