

Some aspects of the use of the method of bioindication for monitoring the ecological state of open water reservoirs

Lebed Svetlana, Associate Professor of Ecology, Petro Mohyla Black Sea National University (Mykolayiv, Ukraine).

This article is about the essence of the bioindication method. The article describes the advantages of using the bioindication method in comparison with the use of chemical, physical and other methods of water monitoring. Also in the work are the shortcomings of using bioindication and ways of their elimination.

Key words: bioindication, ecological monitoring, ecological condition of the reservoir, bioindicators

Деякі аспекти використання методу біоіндикації для дослідження екологічного стану води відкритих водойм

Проблема збереження навколишнього середовища в даний час концентрує на себе увагу дослідників усього світу. Стрімке зростання народонаселення, збільшення площ зрошувального землеробства, а також урбанізація та індустріалізація привели до небувалого використання водних ресурсів. За останні роки збільшився обсяг забруднень від сільського господарства – відходи тваринництва, птахівництва, підприємств, що переробляють сільськогосподарську сировину.

Під впливом антропогенної діяльності відбуваються якісні та кількісні зміни водних об'єктів. Особливо гостро стоїть проблема забруднення малих річок, яких нараховується в Україні 225 тис., а їхній басейн формує понад 60% водних ресурсів. Погіршення якості води приводить до зміни типових для певних місцевостей біоценозів. У водоймах складається нове співтовариство організмів, що відповідає новим екологічним умовам.

Виявити хімічне забруднення інколи буває складно, тому сьогодні в умовах впливу забруднюючих речовин, широко застосовують методи біоіндикації води, за допомогою якої здійснюють оцінку якості води. Найбільшої уваги заслуговує одна з останніх класифікацій якості поверхневих вод, розроблена в Інституті гідробіології НАН України. На відміну від інших вона поряд з фізико-хімічними показниками не меншою мірою враховує біологічні.

Саме за допомогою гідробіологічних показників (кількісних і якісних характеристик різних груп водного населення, що використовують для оцінки еколого-санітарного стану водних екосистем) якості води можна отримати об'єктивні дані, для виявлення довготривалих змін у водних екосистемах; визначати екологічний стан водних об'єктів; оцінювати якість поверхневих вод як середовища життя організмів, що населяють водоймища, водотоки; визначати сумарний ефект дії забруднюючих речовин; визначати специфічний хімічний склад води та його походження; перевіряти наявність або відсутність повторного забруднення вод; виявляти довгострокові зміни, що відбуваються у водних об'єктах.

Ці показники також є допоміжною інформацією при визначенні умов скиду, характеру та меж розповсюдження стічних вод; при дослідженні біотрансформації забруднюючих речовин; при боротьбі з цвітінням води та заростанням водоймищ вищими рослинами; при проектуванні гідротехнічних споруд тощо.

За допомогою біоіндикації можна оцінити: комплексний, інтегральний вплив забруднюючих речовин на видовий склад і кількісний розвиток гідробіонтів, характеризуючи якість води, як середовища їх існування; якість води протягом тривалого часу (бо зміна видового складу відбувається вже при дуже слабкому забрудненні водойм, яке неможливо виявити за допомогою хімічного чи бактеріологічного методу); характеристику якості води щодо її придатності для господарської діяльності та особистої потреби людини. Використання біоіндикаційного методу дозволить значно зменшити затрати

і ресурси при оцінці стану екосистем.

Відповідно до Рамкової водної директиви Європейського Союзу повинні бути розроблені моніторингові програми, які будуть основою для управління водними ресурсами. При цьому основна мета Директиви - досягнення гарного екологічного статусу для всіх водних систем. Очевидно, що для визначення екологічного статусу біологічна складова, заснована на даних про угруповання водних організмів, є вирішальною.

Вказаний документ, дав істотний поштовх розвитку й удосконаленню систем біоіндикації в країнах ЄС. Зокрема, це стосується створення мережі еталонних створів, процесів інтеркалібровки, уніфікації методів відбору проб, їх обробки і наступного аналізу. Отже, проблеми дослідження стану водних об'єктів в Україні є досить актуальними, й зокрема це стосується використання в цьому процесі методів біоіндикації.

Велике розмаїття методик біоіндикації, в яких використовується безліч таксономічних груп організмів різних царств живої природи дозволяє досліднику обрати ті методи, які є адекватними для конкретної водойми, конкретного регіону.

Зупинимось детальніше на сутності поняття «біоіндикація».

У теперішній час оцінка ступеня екологічної небезпеки традиційно здійснюється шляхом визначення в навколишньому середовищі окремих потенційно шкідливих речовин або впливів і порівняння отриманих результатів із законодавчо встановленими для них гранично припустимими величинами. У той же час такий спосіб контролю має ряд істотних недоліків. Аналітичні методи, як правило, трудомісткі, не завжди експресні, вимагають дорогого, іноді дефіцитного обладнання й реактивів, а також висококваліфікованого обслуговуючого персоналу. Але головний їхній недолік у тім, що ці методи не можуть гарантувати достовірної оцінки екологічної небезпеки, яким би широким не був спектр аналізованих речовин. Адже важливі не самі рівні забруднень і впливів, а ті біологічні ефекти, які вони можуть викликати й про які не може дати інформацію навіть

самий точний хімічний або фізичний аналіз.

Помітимо, що використовувані в практиці екологічного й санітарно-гігієнічного нормування показники (гранично допустимі концентрації - ГДК, гранично допустимі дози - ГДД, гранично допустимі рівні - ГДР), що завжди базуються на токсикологічних дослідженнях з тестуванням окремих біоб'єктів, не можуть урахувати змін токсичності забруднювачів за рахунок ефектів синергізма або антагонізму при взаємній дії антропогенних факторів. Ці нормативи не відбивають залежності токсичної дії забруднення від фізичних факторів середовища, не враховують процеси природних трансформацій речовин у навколишньому середовищі або зникнення їх у ході детоксикації середовища від конкретних забруднювачів. Тому поряд з фізико-хімічними методами необхідно використовувати методи біологічного контролю й діагностики - біоіндикацію й біотестування, що дають об'єктивні інтегральні оцінки якості середовища й підстави для прогнозу стану екосистем. Контроль якості навколишнього середовища з використанням біологічних об'єктів в останні десятиліття оформився як актуальний науково-прикладний напрямок.

Щоб розрізнити дуже близькі по цілям застосування й використанню поняття, пояснимо значення термінів «біоіндикація» й «біотестування».

Біотестування (bioassay) - процедура встановлення токсичності середовища за допомогою тест-об'єктів, що сигналізують про небезпеку незалежно від того, які речовини й у якому сполученні викликають зміни життєво важливих функцій у тест-об'єктів. Для оцінки параметрів середовища використовуються стандартизовані реакції живих організмів (окремих органів, тканин, клітин або молекул). В організмі, що перебуває контрольний час в умовах забруднення, відбуваються зміни фізіологічних, біохімічних, генетичних, морфологічних або імунних систем. Об'єкт виймається із середовища перебування, і в лабораторних умовах проводиться необхідний аналіз. Живий організм може тестуватися також у спеціальних камерах або на стендах, де створюються умови досліджуваного

забруднення (що дуже важливо для виявлення реакцій організму на те або інше домінуюче забруднення або цілий комплекс відомих забруднюючих речовин на даній території перебування).

Біоіндикація (bioindication) - виявлення й визначення екологічно значимих природних й антропогенних навантажень на основі реакцій на них живих організмів безпосередньо в середовищі їхнього перебування. Біологічні індикатори мають ознаки, властиві системі або процесу, на підставі яких провадиться якісна або кількісна оцінка тенденцій змін, визначення або оцінна класифікація стану екологічних систем, процесів й явищ. У наш час можна вважати загальноприйнятним, що основним індикатором сталого розвитку є якість середовища існування.

Згідно визначенню Н.Ф. Реймерса “Біоіндикатор: група особин одного виду або угруповання, по наявності, стану й поведженню яких судять про зміни в середовищі, у тому числі про присутність і концентрацію забруднювачів... Угруповання індикаторне - співтовариство, по швидкості розвитку, структурі й благополуччю окремих популяцій мікроорганізмів, грибів, рослин і тварин якого можна судити про загальний стан середовища, включаючи його природні й штучні зміни ”. Безумовно, об'єктивні факти свідчать про існування тісного впливу факторів середовища на біотичні процеси екосистем (щільність популяцій, динаміку видової структури, поведінкові особливості). Такі фактори середовища, як світло, температура, водний режим, біогенні елементи (макро- і мікроелементи), солоність й інші мають функціональну важливість для організмів на всіх основних етапах життєвого циклу. Однак можна використовувати зворотну закономірність і судити, наприклад, по видовому складу організмів про тип фізичного середовища. Тому “Біоіндикація - це визначення біологічно значимих навантажень на основі реакцій на них живих організмів й їхніх співтовариств. Повною мірою це відноситься до всіх видів антропогенних забруднень” .

Хоча підходи до біоіндикації та біотестування дуже близькі по кінцевій меті досліджень, треба пам'ятати, що біотестування здійснюється на рівні молекули, клітини або організму й характеризує можливі наслідки забруднення навколишнього середовища для біоти, а біоіндикація - на рівні організму, популяції й співтовариства й характеризує, як правило, результат забруднення. Живі об'єкти - відкриті системи, через які йде потік енергії й круговорот речовин. Всі вони тією чи іншою мірою придатні для цілей біомоніторингу.

Застосування організмів, що реагують на забруднення середовища існування зміною візуальних ознак, має ряд переваг. Воно дозволяє істотно скоротити або навіть виключити застосування дорогих і трудомістких фізико-хімічних методів аналізу. Біоіндикатори інтегрують біологічно значимі ефекти забруднення. Вони дозволяють визначати швидкість змін, що відбуваються, шляхи й місця скупчення в екосистемах різних токсикантів, робити висновки про ступінь небезпеки для людини й корисної біоти конкретних речовин або їхніх сполук .

Основним завданням біоіндикації є розробка методів і критеріїв, які могли б адекватно відбивати рівень антропогенних впливів з урахуванням комплексного характеру забруднення й діагностувати ранні порушення в найбільш чутливих компонентах біотичних співтовариств. Біоіндикація, як і моніторинг, здійснюється на різних рівнях організації біосфери: макромолекули, клітини, органа, організму, популяції, біоценозу . Очевидно, що складність живої матерії й характеру її взаємодії із зовнішніми факторами зростає в міру підвищення рівня організації. У цьому процесі біоіндикація на нижчих рівнях організації повинна діалектично включатися в біоіндикацію на більш високих рівнях, де вона з'являється в новій якості й може слугувати для пояснення динаміки більш високоорганізованої системи.

Вважається, що використання методу біоіндикації дозволяє вирішувати завдання екологічного моніторингу в тих випадках, коли сукупність факторів антропогенного тиску на біоценози важко або незручно вимірювати

безпосередньо. На жаль, сучасна практика біоіндикації носить значною мірою феноменологічний характер, виражений у великому викладі помічених дослідником фактів поведження різних видів організмів у конкретних умовах середовища. Іноді ці описи супроводжуються не завжди обґрунтованими висновками, що носять, як правило, суґубо оцінний характер (типу "добре / погано", "чисто / брудно" і т.д.), заснованими на чисто візуальних методах порівняння або використанні недостатньо достовірних індексів.

Істотні методологічні труднощі біоіндикації виникають і при оцінці стану біоценозу по співвідношенню видів у конкретній екосистемі вибірковим методом. Якщо виходити з розуміння популяції, як сукупності особин, то інформація, що ми одержали, не може бути екстрапольована за межі часового періоду або станції (полігона), на якому здійснена вибірка. Необхідно одержати інформацію про форму розподілу ймовірностей знаходження особин у тій або іншій точці простору екосистеми. Виходячи зі знайденого закону розподілу, можна розрахувати число необхідних проб, що забезпечують задану точність інтерполяції. Такий підхід можливий для оцінки стану популяцій на невеликих площах, наприклад, у невеликих замкнутих мілководних водоймах. Для великих водойм кількість вибірок обмежується часом, за які можна зробити проби в подібних умовах (наприклад, навіть протягом доби може відбутися перерозподіл планктонних особин у просторі). Проблеми, пов'язані з вивченням просторово-тимчасової диференціації зоопланктону при проведенні моніторингових досліджень, показані, наприклад, на великому експериментальному матеріалі О.М. Кожовою і Б.К. Павловим .

Таким чином, біоіндикацію можна визначити як сукупність методів і критеріїв, призначених для пошуку інформативних компонентів екосистем які могли б:

- адекватно відображати рівень впливу середовища, включаючи комплексний характер забруднення з урахуванням явищ синергізму діючих факторів;

- діагностувати ранні порушення в найбільш чутливих компонентах біотичних співтовариств й оцінювати їх значимість для всієї екосистеми в найближчому й віддаленому майбутньому.

У той же час, на цей момент склалися умови, що дозволяють перебороти деяку математичну недосконалість біоіндикації:

- сформовано банки багаторічних даних спостережень за природними екосистемами;
- розроблено й апробовано ряд методів і математичних моделей інтегральної оцінки стану складних систем різного типу, що дозволяють, по термінології А.П. Левича й А.Т.Терьохіна, здійснювати “пошук детермінації й розпізнавання образів у багатомірному просторі екологічних факторів для виділення меж між областями нормального й патологічного функціонування екосистем”;
- розвиваються апаратні й програмні інформаційні комп'ютерні технології, що дозволяють аналізувати необхідні масиви екологічних даних;
- існує величезний обсяг неформальних знань висококваліфікованих фахівців, частково сконцентрований у методичних розробках .