

## ОСОБЛИВОСТІ БІОЛОГІЧНОГО АНАЛІЗУ ЯКОСТІ ВОДИ. ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМНОВОДНИХ В ЯКОСТІ ІНДИКАТОРІВ

Вознюк Н.М., Копилова О.М.

Національний університет водного господарства  
та природокористування  
вул. Соборна, 11, 33000, м. Рівне  
Pralinetka92@mail.ru

Проаналізовано фактори, які потрібно враховувати при біологічному аналізі якості водного середовища: природні та антропогенні чинники, концентрації вмісту забруднюючих речовин, тривалість їх впливу, фізичні зміни середовища, розчинений кисень, кислотність та хелатування. Приділено увагу земноводним як біоіндикаторам стану гідроекосистем. Систематизовано основні показники стану амфібій на основі яких можливе проведення біологічного аналізу. *Ключові слова:* біологічний аналіз, водне середовище, гідробіоти, гідро екосистема, земноводні, індикатори, показники.

**Особенности биологического анализа качества воды.** Использование земноводных в качестве индикаторов. Вознюк Н.Н., Копилова О.М. В статье проанализированы факторы, которые нужно учитывать при биологическом анализе качества водной среды: природные и антропогенные факторы, концентрации содержания загрязняющих веществ, продолжительность их воздействия, физические изменения среды, растворенный кислород, кислотность и хелатирования. Уделено внимание земноводным как одним из биоиндикаторов состояния гидроекосистем. Систематизированы основные показатели состояния амфибий на основе которых возможно проведение биологического анализа. *Ключевые слова:* биологический анализ, водную среду, гидробионты, гидро экосистема, земноводные, индикаторы, показатели.

**Features biological analysis of water quality.** Using amphibians as indicators. Voznyuk N., Kopylova O. The article analyzes the factors that should be considered when analyzing the biological quality of the water environment, including: natural and anthropogenic factors, concentrations of pollutants content, duration of exposure, physical changes in the environment, dissolved oxygen, acidity and helatuvannya. Attention is paid to amphibians as one of bioindicators state hidroekosystem. Systematized basic indicators of amphibians on which of the possible biological analysis. *Keywords:* biological analysis, aquatic environment, hydrobionts, hydro ecosystem, amphibians, indicators, indicators.

Усі живі організми, які населяють будь-яке середовище, є його складовою. Під тиском антропогенного впливу на довкілля, починаються трансформаційні процеси, які виявляються через деградацію екосистеми та порушення функціонування всієї

біоти. Вплив на один компонент спричиняє ланцюгову реакцію, яка згодом відображується на житті та здоров'ї населення.

Розроблені нормативи деякою мірою упереджують негативні наслідки впливу поллютантів на орга-

нізм людини. Проте все частіше з'являється інформація про порушення, які виникають у гідробіонтів під впливом вмісту забруднюючих речовин і у межах гранично допустимих концентрацій. Тому виникають сумніви щодо ефективності науково обґрунтованих значень при нормуванні впливу шкідливих домішок.

Отже, основною зміни системи моніторингу поверхневих вод, що декларуються Водною Рамковою Директивою (ВРД), є перехід з хімічного контролю на біологічний і заміна критеріального підходу до оцінки якості еталонним чи референтним підходом. На сьогодні змінюється ідеологія системи біологічних оцінок, які нині 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 різних реакцій водних популяцій. Найбільш поширеними "відгуками" водних організмів на непридатні чи невідповідні умови середовища існування наведені у [1]:

- 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.

### Виклад основного матеріалу

Усі живі організми – це відкриті системи через які здійснюються кругообіг речовин і потік енергії, будь-якою мірою придатні для біомоніторингу та біологічної оцінки якості води. Флора і фауна в конкретних водних системах функціонують під впливом різних гідрологічних, фізичних і хімічних чинників. Тому варто враховувати фактори, які впливають на біологічні системи у водному середовищі [1]:

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 схем 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 довкілля. Здатність організмів вижити при різному рівні кисню у воді становить основу деяких біотичних показників та методів оцінки якості води. Витривалість низької концентрації 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. Наприклад, евтрофікація у водоймі – це довготривалий ефект.

5. *Концентрація.* Фізіологічні або поведінкові реакції водних організмів залежить від концентрації природних речовин і забруднювачів у навколишньому середовищі. Фактична екологічна 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 – 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 пов'язані іони металів назад у воду. Хелатотворна здатність води, таким чином, залежить від вмісту гумінових кислот та інших лігандів, а також від жорсткості води. Твердість відіграє важливу роль в розподілі водної біоти і багато видів можна виділити в якості показників для жорсткої або м'якої води. Організмам з раковинами, 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 твердості води. Наприклад, токсичність міді і цинку змінюється, в широкіх 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 внаслідок 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 оточуючих вододіл (Meubeck і співавт., 1989). При низькому рН (нижче 5.5) збільшений вміст алюмінію є токсичним для багатьох безхребетних і риби. 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.

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

Існують дослідження науковців щодо впливу стану водного середовища на його мешканців, визначення якісних характеристик середовища за їхньої допомоги. З цією метою нами обиралися як індикаторні організми рослинного світу гідроекосистем та і зоопредставники. В закордонній інформації [2], переважно виділяють такі організми для аналізу стану вод: бактерії, найпростіші, водорості, макрозообентос, макрофіти, риба. Кожна група з яких має свої переваги та недоліки при використанні їх якості індикаторних організмів (табл. 1). Наприклад, Бедункова О. О. значну увагу приділяє саме ридам, Гроховська Ю. Р. – вищим водним рослинам. Свій внесок в розвиток біологічних методів дослідження стану водних екосистем також здійснили:

Таблиця 1

**Переваги та недоліки різних груп організмів як індикаторів якості води**

Організми	Переваги	Недоліки
Бактерії	Добре розроблена методика. Швидка реакція на зміни, в тому числі забруднення. Індикатори фекального забруднення. Легкість відбору проб.	Клітини можуть не утворюватися в точці відбору проб. Популяції швидко відновлюються від періодичного забруднення. Необхідне спеціальне обладнання.
Найпростіші	Сапробні значення добре відомі. Швидкі відповіді на зміни. Простота відбору проб.	Потрібні хороші засоби і таксономічні вміння. Клітини можуть не утворюватися в точці відбору проб, індикаторні види також зазвичай, утворюються в нормальному середовищі.
Водорості	Допустимий вміст забруднення добре задокументований, індикатори евтрофікації та збільшення каламутності.	Необхідні таксономічні експертні знання. Не дуже ефективно для органічного або фекального забруднення. Деякі вибірки і проблеми перерахування деяких груп

Закінчення таблиці 1

Макро-зообентос	Різноманітність форм і звичок. Багато осілих видів можуть вказувати на вплив у місці відбору проб. Цілі угруповання можуть реагувати на зміни. Довгоживучі види можуть вказувати на ефект комплексного забруднення понад час. Якісний відбір проб легкий. Просте обладнання для відбору проб. Хороші таксономічні показники.	Складні кількісні вибірки. Типи субстрату важливі при відборі проб. Види можуть дрейфувати в рухомих водах. Знання життєвих циклів необхідно інтерпретувати щодо відсутності видів. Деякі групи складно визначити.
Макрофіти	Види зазвичай кріпляться, легко побачити і визначити. Хороші показники зважених твердих речовин та біогенних елементів.	Допустимий вміст забруднення не добре задокументований. Часто витривалі до періодичного забруднення. В основному сезонні події.
Риба	Методи добре розроблені. Безпосередні фізіологічні ефекти можуть бути очевидними. Може вказувати на ефекти харчових ланцюгів. Легкість ідентифікації.	Види можуть мігрувати, щоб уникнути забруднення.

Федоров, Израель, Ніколаєвський, Реймерс, Равера, Ньюман, Хайнс, Мосс, Кольквіц, Марсон, Лібман, Сладечек та інші дослідники.

Біологічна оцінка якості поверхневих вод має ряд переваг перед хімічними та фізичними методами, оскільки угруповання живих організмів віддзеркалюють усі зміни екологічного стану водного середовища, одночасно реагуючи на комплекс різноманітних чинників і забруднювачів [3]. У більшості випадків науковці зупиняють увагу на дослідженні найпримітивніших індикаторних організмів (хірономіди, олігохети, молюски, ракоподібні, веснянки, поденки, черви, планктонні види тощо). З розвитком науки з'являється можливість

розглядати організми вищої форми організації та розвитку (риби, земноводні) і отримувати при цьому вагому інформацію.

Недостатньо уваги на теренах України приділено земноводним як індикаторам стану гідроекосистем (Марченковська О. О., Рузіна О. М.) на відміну від території Росії, де амфібії – одні із найважливіших показників деструктивних та еталонних ділянок водного середовища (Вершинін В. Л., Файзулін О. І, Закс М. М., Спіріна О. В. та інші).

Земноводні наділені всіма вимогами, що висуваються до біоіндикаторних організмів. Їхні види досить чисельні і поширені, мають чіткі та зручні для дослідження ознаки; ікра

та личинки чутливі до забруднювачів; протягом всього життя вони прив'язані до невеликої за площею території. Тривалість життя амфібій у природі 4-7 років, що дає можливість вивчати ефекти довготривалої дії антропогенних факторів [4, 5].

Після відбору зразків земноводних подальше дослідження можливе за такими показниками та параметрами [6, 7]:

1 – *морфометричні ознаки*. Заміри фіксуються по наступних показниках (рис. 1): L – довжина тіла (від кінця роstrума до переднього краю клоакального отвору); L.c. – довжина голови (від кінця роstrума до заднього кута щелепи); Lt.c. – максимальна ширина голови в основі нижніх щелеп (на рівні кутів рота); Lt.r. – ширина роstrума (відстань між внутрішніми краями носових смуг біля передніх країв ока); L.o. – довжина ока (при

натисканні на горло знизу); Lt.p. – найбільша ширина верхньої повіки; L.pr. – найбільша довжина паротиди (залози); Lt.pr. – найбільша ширина паротиди; L.tym. – найбільша довжина барабанної перетинки; D.r.-o – довжина роstrума (від кінця морди до переднього краю ока); D.r.-n. – відстань від ніздрі до кінця морди; D.n.-o. – відстань від ніздрі до переднього краю ока; Sp.ip. – найменша відстань між внутрішніми краями верхніх повік; D.tym.-o. – найменша відстань від переднього краю барабанної перетинки до заднього краю ока; L.m. – довжина передньої стопи (від основи першого пальця до кінця найдовшого пальця); Lt.m. – ширина кисті в основі 1-го пальця; D.p. – довжина 1-го пальця; F. – довжина стегна; T – довжина гомілки; L.c.s. – довжина додаткової гомілки; Lt.c.s.– ширина додаткової гомілки; D.h. – довжина 1-го пальця задньої кінцівки; D.q. – довжина 4-го пальця задньої кінцівки; L.t.ci. – найбільша довжина п'яtkового горбика в його основі; A.t.ci. – найбільша висота п'яtkового горбика. Отримані дані використовуються для розрахунку відносних показників – індексів пропорційності, флюктууючої асиметрії.

2 – у представників земноводних можна помітити *морфологічні аномалії*: ектромелія – зменшена кількість фаланг пальців; мікродактилія – зменшена довжина пальців; циклопія – вроджена відсутність одного ока; полідактилія – наявність зайвих пальців чи роздвоєння фаланг;

3 – визначення накопичення важких металів з водного середовища у внутрішніх органах амфібій;

4 – дослідження фенотипової мінливості за показниками забарвлення

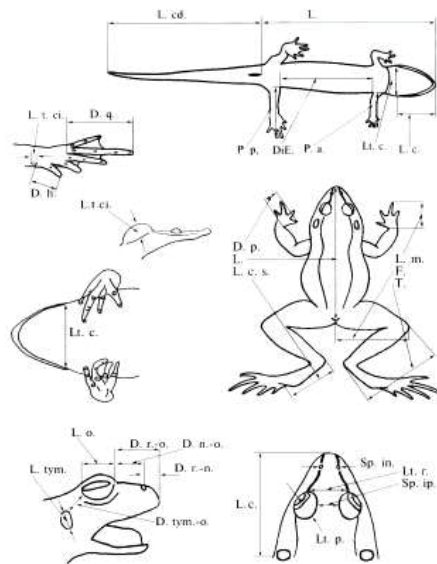


Рис. 1. Схема головних промірів елементів тіла земноводних [Писанец Е. М., 2007]

тіла: striata (S); non-striata (non-St); maculata (M); hemimaculata (hm); punctata (P); hemipunctata (Hp); burnsi (B), ragoza (R), по вентральній частині тулуба – albicollis (AC), nigricollis (NC), albiventris (AV), nigriventris (NV).

5 – аналіз статеві-вікової та чисельної структур.

### Висновки

1. Біологічний аналіз якості водного середовища – перспективний метод оцінки стану води, який потребує подальшого розвитку та постійного вдосконалення.

2. Потрібно враховувати низку факторів, що впливають на живі організми при дослідженні гідроекосистем. Це природні та антропогенні чинники, які зумовлюють їх трансформацію, фізичні зміни, вміст розчиненого кисню, концентрація забруднюючих речовин та токсикантів, кислотність водного середовища. Свої особливості викликають хелату-

вання та тривалість впливу окремих факторів.

3. Практично будь-який гідробіонт здатен бути індикатором стану водного середовища. Значна увага приділена найпримітивнішим організмам без факту, що особини вищого рівня розвитку нестимуть інформативніше навантаження.

4. Незначну увагу в нашій державі приділено земноводним як біоіндикаторам стану гідросфери. Проте особливості існування, чутливість до забруднення та інші ознаки роблять їх важливим показниками стану водних екосистем.

5. Біологічний аналіз водойм та водотоків досліджується по таких показниках земноводних: морфологічна та фенотипові мінливості, статеві-вікова, чисельна структура популяції, аномальні відхилення. Особливої оцінки потребує накопичення важких металів у внутрішніх органах земноводних.

### Література

1. 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.
2. Hellawell, J.M. 1977 Biological surveillance and water quality monitoring. In: J.S. Alabaster [Ed.] Biological Monitoring of Inland Fisheries, Applied Science Publishers Ltd, London, 69-88.
3. Карпова Г., Зуб Л., Мельничук В., Проців Г. Оцінка екологічного стану водойм методами біоіндикації. Перші кроки до оцінки якості води. – Бережани, 2010. – 32с.
4. Вершинин В. Л. Методологические аспекты биоиндикационных свойств амфибий // Биоиндикация наземных экосистем // Сб. науч. работ. – Свдловск: УрО АН СССР, 1990. – С. 3-17.
5. Спирина Е. В. Амфибии как биоиндикационная тест-система для экологической оценки водной среды обитания: Автореф. дис... канд. биол. наук: 03.00.16 / Ульяновский государственный университет. – Ульяновск, 2007. – 23 с.
6. Закс М.М. Экология зеленых лягушек (*Rana esculenta* complex) Пензенской области: распространение, популяционная изменчивость, влияние антропогенных факторов: Автореф. дис... канд. биол. наук: 03.02.08 / Пензенский государственный университет. – Пенза, 2013. – 20 с.
7. Максимов С. В. Биоиндикация состояния сред обитания с использованием земноводных рода *rana* в условиях Южного Нечерноземья России (на примере Брянской области): Автореф. дис... канд. биол. наук: 03.02.08 / Брянский государственный университет имени академика И. Г. Петровского. – Брянск, 2010. – 24 с.