

УДК 574.24:504.5:574.2(045)

**БІОІНДИКАЦІЙНА ОЦІНКА РАДІОЕКОЛОГІЧНОГО
СТАНУ ЕКОСИСТЕМ В УМОВАХ ТЕХНОГЕННОГО
НАВАНТАЖЕННЯ**

Грицак Л. Р.¹, Колісник Х. М.¹, Бойко Д. А.²

¹Тернопільський національний педагогічний університет імені
Володимира Гнатюка

²Львівський національний університет ветеринарної медицини та
біотехнологій імені С. З. Гжицького

E-mail: kolisnikhristina32@gmail.com

Біоіндикація в умовах поєднаних екологічних ризиків виступає одним із базових елементів системи просторово-часового скринінгу (ПЧС) та біосурвейлансу, оскільки дає змогу здійснювати цілісну оцінку сукупного впливу різнотипних стресорів – радіонуклідних, хімічних і антропогенно трансформованих ландшафтів – на функціонування екосистем і стан живих організмів. Застосування біоіндикаційних підходів у межах ПЧС забезпечує можливість оперативного моніторингу довкілля на різних просторових рівнях, що набуває особливого значення за умов одночасної дії кількох екологічних чинників. Для адекватної оцінки стану біоти за комбінованого антропогенного навантаження, зокрема радіаційного та хімічного забруднення, доцільно використовувати комплексні тест-системи, які поєднують фізіолого-біохімічні, цитогенетичні та морфологічні показники. Такі підходи дозволяють із високою чутливістю фіксувати реакції організмів на стресові впливи. Перспективним напрямом є використання рослин як біоіндикаторів радіаційного забруднення [1]. Оцінювання морфофізіологічних змін асиміляційного апарату, зокрема скорочення довжини хвої та проявів хлорозу чи некрозу, дає змогу визначати не лише інтенсивність радіаційного впливу, а й тривалість його дії. Висока чутливість рослин до іонізуючого випромінювання зумовлює їхню ефективність як індикаторів порушення екологічної рівноваги [3].

У системі біосурвейлансу, що доповнює ПЧС, важливе місце посідають інтегровані підходи, які об'єднують фізіолого-біохімічні, цитогенетичні та хімічні показники. Зокрема, аналіз

вмісту фотосинтетичних пігментів, сполук нітрогену та інших метаболітів відображає реакцію рослин на стрес, тоді як цитогенетичні дослідження (мітотичні аберації, мікроядра) дозволяють оцінити рівень геномної нестабільності під дією мутагенних чинників. Хімічний аналіз ґрунтів і рослин дає змогу виявляти накопичення радіонуклідів і токсикантів [4]. Урахування взаємодії стресорів на різних рівнях організації екосистем є ключовим для об'єктивної оцінки екологічних ризиків. Дослідження в Північній Буковині показали, що поєднання радіаційного та хімічного забруднення призводить до зниження біорізноманіття та змін у функціонуванні екосистем. Підвищені рівні радіоактивності у ґрунтах і рослинах підтверджують комплексний характер впливу. Застосування інтегрованого біоіндикаційного підходу в системі ПЧС забезпечує як кількісну оцінку екологічних ризиків, так і своєчасне виявлення негативних змін у довкіллі, формуючи основу для прийняття ефективних природоохоронних рішень і відновлення порушених екосистем [2].

У наукових дослідженнях показано, що просторовий розподіл радіаційного навантаження має виражений неоднорідний характер і може ефективно оцінюватися за допомогою біомоніторингових підходів. Рівні β - та γ -фону використовуються як інформативні індикатори антропогенного впливу на біоту. Зокрема, мінімальні значення радіаційного фону характерні для гірських територій (6–9 мкР/год), тоді як у зонах спалювання біомаси фіксуються локальні підвищення, пов'язані з накопиченням радіонуклідів у попелі. У межах населених пунктів середні показники γ -фону становлять близько 15–16 мкР/год із окремими перевищеннями нормативів, що відображає мозаїчність забруднення, особливо в районах техногенного навантаження [2].

Аналітичний огляд літературних джерел [1, 2] свідчить про те, що багаторічні трави здатні акумулювати радіонукліди в підземних органах із подальшою їх транслокацією у надземну частину, формуючи локальні ділянки підвищеного радіаційного фону. У межах урбоекосистем середні рівні випромінювання, як правило, не перевищують допустимих значень, однак на дорожніх покриттях можуть виникати локальні аномалії,

ймовірно пов'язані з продуктами згоряння паливно-мастильних матеріалів. Донні відклади відіграють роль депо радіонуклідів, де рівні γ -фону суттєво перевищують ґрунтові показники. Використання дикорослих трав і листя дерев підтверджено як ефективний підхід для біоіндикації радіоактивного забруднення.

Біоіндикаційний аналіз хвойних порід дозволяє виявляти морфологічні зміни, зокрема зменшення довжини хвої та зростання частоти хлорозів і некрозів у зонах антропогенного впливу. Такі зміни тісно пов'язані з дією комплексу стресових чинників, серед яких важливе місце займають радіаційне забруднення та едафічні умови, включно з дефіцитом мінерального живлення. Порушення співвідношення білкових і небілкових форм нітрогену розглядається як показник дестабілізації метаболічних процесів. Водночас підстилка виконує акумулюючу функцію, сприяючи затриманню радіонуклідів у ґрунтовому профілі [2].

Узагальнення цих підходів свідчить, що комплексний біомоніторинг із залученням морфологічних і біохімічних показників є ефективним інструментом ранньої діагностики екологічних змін і дозволяє виявляти локальні осередки техногенного забруднення.

Отже, комплексне застосування біоіндикаційних і радіоекологічних методів забезпечує цілісну оцінку стану екосистем за умов техногенного навантаження. Виявлена мозаїчність забруднення та здатність біоти до акумуляції радіонуклідів свідчать про необхідність інтегрованого підходу до моніторингу довкілля. Біоіндикація є ефективним інструментом ранньої діагностики деградаційних процесів, що створює наукову основу для прогнозування екологічних ризиків і розроблення стратегій збереження біорізноманіття.

Список літератури:

1. Міхєєв О. М., Гуца М. І., Шиліна Ю. В., Овсяннікова Л. Г. Застосування рослинних тест-систем для оцінки комбінованої дії стресорів різної природи на екосистеми. *Наукові праці. Екологія*. 2006. Т. 53, № 40. С. 56–64. URL: <https://lib.chmnu.edu.ua/pdf/naukpraci/ecology/2006/53-40-10.pdf>
2. Morozova T. V., Pushkar N. M. Use of antheriferous method for bioindication in the voluntarily settling out areas of the

Chernonivtsy region. *Biodiversity. Ecology. Adaptation. Evolution*: IV International Young Scientists Conference : materials. 2009. P. 48–49.

3. Murshed H. Fundamentals of radiation oncology: physical, biological, and clinical aspects. 3rd ed. 2019. P. 57–87. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814128-1.00003-9>

4. Turkyilmaz, A., Sevik, H., Isinkaralar, K. et al. Use of tree rings as a bioindicator to observe atmospheric heavy metal deposition. *Environ Sci Pollut Res*. 2019. № 26. P. 5122–5130. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3962-2>

УДК 504.5:628.3:519.6.338

ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ ЗАБРУДНЕННЯ ВОД ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

Гуменюк Г. Б.¹, Гарматій Н. М.²

¹Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

²Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя

E-mail: gumenjuk@chem-bio.com.ua

Важкі метали, що переносяться водою, становлять значну загрозу як для навколишнього середовища, так і для здоров'я населення. Вкрай важливо вирішити проблему забруднення різних водойм цими небезпечними речовинами через їхню стійку природу та відсутність біорозкладності.

У роботі зібрано і узагальнено інформацію про вміст важких металів у воді річки Саксагань, яка протікає через м. Кривий Ріг та визначено рівень забрудненості ставів, утворених від р. Саксагань у м. Кривий Ріг.

Важливим напрямом є також зменшення антропогенного навантаження шляхом контролю промислових і шахтних стоків. Для інтегральної оцінки якості води застосовано індекс WQI (Water Quality Index), розрахований методом зваженого середнього [1].

Значення WQI визначали на основі узагальнення комплексу гідрохімічних показників з урахуванням їх відповідності гранично допустимим концентраціям (ГДК) для водойм