**РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ БІОІНДИКАЦІЇ, РІВНІ БІОІНДИКАЦІЇ**

**ТЕМА 1.ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ БІОІНДИКАЦІЇ**

**Мета:** розкрити основні положення біоіндикації, історію розвитку та структуру сучасної науки, з’ясувати закономірності впливу екологічних та антропогенних [факторів.](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA)

**План**

1.Предмет, об’єкт, завдання, методи та структура сучасної біоіндикації.

2.Історія розвитку біоіндикаці[ї, як науки.](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B0-%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4-%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%B2%D0%BD%D1%8F%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%BC-%D0%B7%D0%B2%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BC)

3. Закономірності впливу екологічних [факторів](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) на живі організми: закон оптимуму.

4.Антропогенні [фактори,](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) що [спричиняють](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B2%D0%B8%D0%BA%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D1%96-%D1%81%D0%BF%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B8%D0%BD%D1%8F%D1%82%D0%B8) стрес.

**🖉Основні поняття**: біоіндикація, аутбіоіндикація, синбіоіндикація. альгоіндикація, ліхеноіндикація, біоіндикація, фітоіндикація, дендроіндикація, зооіндикація, екологічні [фактори,](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) абіотичні та біотичні [фактори,](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) антропогенні [фактори,](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) закон оптимуму, екологічний стрес.

**1.Предмет, об’єкт, завдання, методи та структура сучасної біоіндикації**

У наш час, у зв’язку з інтенсивним впливом людини на природу змінилося [ставлення](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%81%D1%83%D0%BD%D0%BE%D0%BA-%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D1%89%D0%BE%D0%B4%D0%BE) [суспільства](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B3%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B4%D0%B0-%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%80%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE-%D1%81%D0%B2%D1%96%D1%82) до стану [навколишнього середовищ](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F)а, його повітряного басейну, ґрунту, водоймищ, та продуктів харчування. Контроль стану [навколишнього середовищ](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F)а, [оцінка](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BE%D1%86%D1%96%D0%BD%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F) його якості – це найважливіша [складова](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%81%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%BA) частина діяльності людини, яка [спрямована](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%81%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%BC%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B9-%D0%BD%D0%B0%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%BC%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B9-%D0%BD%D0%B0%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B9) на освоєння та використання природних ресурсів для забезпечення своєї життєдіяльності.

***Біоіндикація*** (грец. *bіоs* – життя, лат. *іndісо* – вказую) – це визначення біологічно [значущих](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B7%D0%BD%D0%B0%D1%87%D1%83%D1%89%D0%B8%D0%B9) навантажень на основі реакцій на них живих організмів та [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) угрупувань. Повною [мірою](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BC%D1%96%D1%80%D0%B0-%D0%B7%D0%B0%D1%85%D1%96%D0%B4) цестосується всіх видів антропогенних забруднень.

***Головна мета біоіндикації*** – діагностика стану [навколишнього середовищ](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F)а [через](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B7-%D0%B7%D0%B0-%D0%B4%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D1%8E-%D1%83-%D1%82%D0%B0%D0%BA%D0%B8%D0%B9-%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%81%D1%96%D0%B1) встановлення здатності організмів до [адаптації](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%B4%D0%B0%D0%BF%D1%82%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F) у відповідних умовах довкілля.

Основні завдання біоіндикації – виявлення організмів та груп організмів-біоіндикаторів, які найбільш чуттєві до змін у [навколишньому середовищ](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F)і, які виникли під дією природних і антропогенних [факторів,](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) і добір видів-індикаторів із високим порогом чутливості до антропогенних змін.

Біоіндикацію можна охарактеризувати [таким](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%82%D0%B0%D0%BA%D0%B8%D0%B9-%D1%83-%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BB%D1%96%D0%BA%D1%83) чином:

* як розділ екології, що оцінює екологічні [фактори](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) [по](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%BE) [біологічним](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%BE-%D0%B8%D1%85-%D0%B0%D1%85-%D1%8F%D1%85) ознакам;
* наука, що вивчає залежність між біотичними ознаками і станом екосистем та [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) [складників](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%81%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%BA) загалом[;](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B7%D0%B0%D0%B3%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%BC)
* наука, що вивчає питання діагностики стану екосистем [за](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%BE) [показниками](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%BE-%D0%B8%D1%85-%D0%B0%D1%85-%D1%8F%D1%85) біотичних ознак та властивостей.

***Об’єктом біоіндикації*** є екологічні характеристики та біотичні ознаки біологічних об’єктів. Під біологічними об’єктами розуміють будь-які біологічні системи на різних рівнях організації живої матерії (молекули органічних речовин, клітини, тканини, органи та системи органів, організми [загалом,](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B7%D0%B0%D0%B3%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%BC) популяції, [види,](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%80%D1%96%D0%B7%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B4-%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%94%D0%B2%D0%B8%D0%B4-%D0%BF%D0%BE%D1%81%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BA%D0%B0-%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7-%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D0%B8) угруповання організмів). [Для](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%89%D0%BE%D0%B1-%D0%B4%D0%BB%D1%8F) біоіндикації використовуються генетичні, біохімічні та фізіологічні порушення в біосистемах хромосом, біомембран, органел, обміну речовин (білків, вуглеводів, жирів), енергетичного та мінерального обміну, [включно](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B2%D0%BA%D0%BB%D1%8E%D1%87%D0%BD%D0%BE-%D0%B7) фотосинтез, активність гормонів та ферментів; морфологічні, анатомічні, біоритмічні, поведінкові відхилення; флористичні, фауністичні, популяційно-динамічні, біогеоценотичні та ландшафтні зміни.

***Предмет біоіндикації*** – закономірність зв’язків між екологічними характеристиками та біотичними ознаками.

Методи біоіндикаці[ї як правило,](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B0-%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4-%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%B2%D0%BD%D1%8F%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%BC-%D0%B7%D0%B2%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BC) достатньо прості у використанні й не потребують спеціального обладнання та великих витрат. Методи біоіндикації ґрунтуються на положенні, що для функціонування, росту та розмноження організмів необхідне певне середовище. Угруповання організмів і [деякі](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%B5%D1%8F%D0%BA%D0%B8%D0%B9-%D0%BF%D0%BE%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%BE%D0%BA%D0%B8%D0%B9-%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B9) особини не тільки реагують на зміни в довкіллі, але й самі активно його формують, забезпечуючиу такий спосіб біологічне самоочищення. Тому, будь-яке порушення умов існування угрупування живих організмів призводить до зміни його структури. Причиною можуть бути не лише токсичні речовини, а й фізичні [фактори.](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA)

***Переваги методів біоіндикації*:**

* мають інтегральний характер;
* підсумовують усі без винятку біологічно важливі параметри [навколишнього середовищ](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F)а і відбивають його стан [загалом;](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B7%D0%B0%D0%B3%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%BC)
* виявляють наявність у навколишньому природному середовищі комплексу забруднювачів;
* [дають змогу](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%B0%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D0%B7%D0%BC%D0%BE%D0%B3%D1%83-%D0%BD%D0%B0%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D1%83) оцінити ступінь шкідливості тих або інших речовин для живої природи й людини;
* дають можливість контролювати дію багатьох синтезованих людиною сполук;
* в умовах хронічного антропогенного навантаження біоіндикатори можуть реагувати на дуже слабкі впливи [через](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B7-%D0%B7%D0%B0-%D0%B4%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D1%8E-%D1%83-%D1%82%D0%B0%D0%BA%D0%B8%D0%B9-%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%81%D1%96%D0%B1) акумуляцію дози;
* фіксують швидкість змін, що відбуваються в довкіллі;
* показують шляхи й місця скупчень різного роду забруднень в екологічних системах і можливі шляхи попадання цих речовин в організм людини;
* допомагають нормувати припустиме навантаження на різні [за](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%BE) стійкістю до антропогенного впливу екосистеми, коли однаковий склад і обсяг [забруднень може](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D1%96%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%BC%D0%B8-%D0%B2%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B8%D1%85-%D1%81%D0%BB%D1%96%D0%B2) [призвести](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%B7%D0%B2%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B8-%D0%BD%D0%B0%D0%B2%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B8-%D0%BD%D0%B0%D0%B4%D0%B0%D1%82%D0%B8) до неоднакових реакцій природних систем у різних географічних зонах;
* роблять необов’язковим застосування дорогих трудомістких фізичних і хімічних методів для виміру біологічних параметрів;
* живі організми постійно присутні в [навколишньому середовищ](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F)і й реагують на короткочасні й залпові викиди токсикантів, що [може н](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D1%96%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%BC%D0%B8-%D0%B2%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B8%D1%85-%D1%81%D0%BB%D1%96%D0%B2)е зареєструвати автоматизована система контролю з періодичним добором проб на аналізи.

Методи біоіндикації класифікуються в залежності:

* від рівня організації живих організмів, що досліджуються (напр.: біоіндикація на клітинному рівні, органному рівні, тканинному рівні…);
* від систематичних груп організмів, що досліджуються (напр.: ліхеноіндикацція, дендроіндикація…);
* від середовища, у якому проводяться дослідження (напр.: методи біоіндикації води, атмосфери, ґрунту).

Структура сучасної біоіндикації – сукупність методів, що використовуються для дослідження антропогенних змін у довкіллі (рис. 1).

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Структура сучасної біоіндикації | | | | |
|  |  |  |  |  |
| Біоіндикація різних рівнів екосистем | |  | аутбіоіндикація |
|  | синбіоіндикація |
|  |  |  |  |
| Біоіндикація з використанням різних систематичних груп організмів, | |  | альгоіндикація |
|  | ліхеноіндикація |
|  | бріоіндикація |
|  | фітоіндикація |
|  | дендроіндикація |
|  | зооіндикація |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
| Сфера використання біоіндикації | |  | Агроіндикація |
|  | Лісова індикація |
|  | Геоіндикація |
|  | Інженерна біоіндикація |
|  | Гідробіоіндикація |
|  | Біоіндикація повітря |

Рис.1 – Структура сучасної індикації

***Аутбіоіндикація*** – дослідження стану [навколишнього середовищ](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F)а, що ґрунтуються на спостереженні за змінами [деяких](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%B5%D1%8F%D0%BA%D0%B8%D0%B9-%D0%BF%D0%BE%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%BE%D0%BA%D0%B8%D0%B9-%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B9) організмів чи ознак.

***Синбіоіндикація*** – дослідження стану [навколишнього середовищ](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F)а, що ґрунтуються на спостереженні за угрупованнями організмів (популяції, [види](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%80%D1%96%D0%B7%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B4-%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%94%D0%B2%D0%B8%D0%B4-%D0%BF%D0%BE%D1%81%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BA%D0%B0-%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7-%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D0%B8) [і т.](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%96-%D0%BF%D0%BE%D0%B4-%D1%96-%D1%82-%D1%96%D0%BD-%D1%82%D0%B0-%D1%96%D0%BD-%D1%82%D0%BE%D1%89%D0%BE) [ін.](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%96-%D0%BF%D0%BE%D0%B4-%D1%96-%D1%82-%D1%96%D0%BD-%D1%82%D0%B0-%D1%96%D0%BD-%D1%82%D0%BE%D1%89%D0%BE)).

***Альгоіндикація*** – це оцінювання стану [навколишнього середовищ](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F)а [за допомогою](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%BE-%D0%B4%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B3%D1%83) водоростей.

***Ліхеноіндика́ція*** (від грец. *λειχήν* – лишай, лишайник і лат. *indico* – вказую, визначаю) – це оцінювання стану [довкілля](http://esu.com.ua/search_articles.php?id=20479)з використанням лишайників. [Серед](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%81%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%89%D0%B5) ліхеноіндикаційних показників найінформативнішими є картування поширення лишайникових угруповань, розрахунок синтетичних показників – індексів (чистоти повітря, полеотолерантності тощо), а також картування поширення індикаторних видів.

***Бріоіндикація*** – (від грец. *bryon* – мох і лат. *indico* – вказую, визначаю) застосування мохоподібних у якості біоіндикаторів.

***Фітоіндикація*** – (від грец. *φυτόν* – росина та лат. *іndicatio* – вказую, визначаю) застосування у якості біоіндикаторів рослин.

***Дендроіндикація*** – (від грец. *dendron* – дерево та лат. *indicatio* – вказую, визначаю). Використання деревних рослин для [оцінки](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BE%D1%86%D1%96%D0%BD%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F) стану та змін [навколишнього середовищ](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F)а під впливом екологічних [факторів.](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA)

***Зооіндикація*** – (від грец. *ζῷον* – тварина, та лат. *іndicatio* – вказую, визначаю) використання тварин у якості індикаторних організмів.

**2.Історія розвитку біоіндикаці**[**ї, як науки**](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B0-%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4-%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%B2%D0%BD%D1%8F%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%BC-%D0%B7%D0%B2%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BC)

Біоіндикація має давню історію. Перші біоіндикаційні спостереження були зроблені античними вченими, які звернули увагу на зв’язок морфології рослин з умовами [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) зростання. Так, Теофраст (327-287 рр. до н.е.) у роботі «Природа рослин», описував, як за характером рослинності можна судити про властивості земель. Аналогічні відомості є в працях римлян Катона і Плінія Старшого. Так, у працях Катона Старшого (234–149 рр. до н. е.) є думка про те, що густота травостою до [переорювання може д](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D1%96%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%BC%D0%B8-%D0%B2%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B8%D1%85-%D1%81%D0%BB%D1%96%D0%B2)опомогти вибрати ділянки, придатні для посіву культур бобових. У висловлюваннях римського вченого й письменника Плінія Старшого (23 або 24-79 рр.) містяться застереження про занадто спрощене [уява](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%83%D1%8F%D0%B2%D0%B0) про зв’язок ґрунтів і рослинності. Він пише, що не завжди високі дерева або пишні луки і високі трави служать ознакою родючості ґрунту.

У I ст. до н. е. римський письменник і агроном Ю. Колумелла сформував ідею біоіндикації [по](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%BE) рослинах – [по](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%BE) листю дерев, [по](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%BE) [травах](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%BE-%D0%B8%D1%85-%D0%B0%D1%85-%D1%8F%D1%85) або [по](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%BE) [плодах](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%BE-%D0%B8%D1%85-%D0%B0%D1%85-%D1%8F%D1%85) він міг судити про властивості ґрунту і знати, які культури на цьому ґрунті дадуть найбільший урожай. Це [напрям,](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BD%D0%B0%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%BC) [отримав](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B7%D0%B4%D0%BE%D0%B1%D1%83%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D0%B4%D1%96%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D0%BD%D0%B0%D0%B1%D1%83%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B8) назву ландшафтної біоіндикації, і сьогодні успішно використовується в практичних цілях.

Засновником індикаційного підходу вважають американського ботаніка Ф. Клементса, який у 1920 році в праці «Рослинні сукцесії та індикатори» [зауважив,](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B7%D0%B0%D0%B7%D0%BD%D0%B0%D1%87%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D1%81%D0%B2%D1%8F%D1%82%D0%BA%D1%83%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B8) що кожна рослина, або рослинне угруповання є найкращою [мірою](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BC%D1%96%D1%80%D0%B0-%D0%B7%D0%B0%D1%85%D1%96%D0%B4) умов, у яких росте. Однак, ще [наприкінці](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BD%D0%B0%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%BA%D1%96%D0%BD%D1%86%D1%96) минулого століття В.В. Докучаєв вважав, що всі елементи природи взаємопов’язані між собою й що [по](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%BE) одному з них можна судити про всіх інших.

Засновником біоіндикційного використання рослин, [оцінки](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BE%D1%86%D1%96%D0%BD%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F) властивостей ґрунтів і підстилаючих гірських порід [за](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%BE) [особливостями](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%BE-%D0%B8%D1%85-%D0%B0%D1%85-%D1%8F%D1%85) розвитку рослин і складу рослинного покрив[у, безперечно, в](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D1%96%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%BC%D0%B8-%D0%B2%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B8%D1%85-%D1%81%D0%BB%D1%96%D0%B2)важають А.П. Карпінского, роботу якого, опубліковану в 1841 р. та присвячену приуроченості рослин до різних гірських порід використовують і нині.

Основою біоіндикації є взаємозв’язок і взаємозумовленість всіх явищ природи. Вона є прикладом застосування ідей В. В. Докучаєва про зв’язок усіх елементів умов середовища з вирішенням практичних завдань. В. В. Докучаєвим (1883, 1893 г.) було розвинене [уявлення](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%83%D1%8F%D0%B2%D0%B0) про ґрун[т, як про](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B0-%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4-%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%B2%D0%BD%D1%8F%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%BC-%D0%B7%D0%B2%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BC) особливе природно-історичне утворення. В.В. Докучаєвим (1898) був сформульований «закон cталості взаємин між ґрунтом і рослинними організмами, що ростуть на ньом[у, як у](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B0-%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4-%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%B2%D0%BD%D1%8F%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%BC-%D0%B7%D0%B2%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BC) часі, так і в просторі». Глибокі зв’язки між ґрунтом, геологічною породою й рослинністю викладені в працях П.А. Костичева (1890). [Приклади](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B8-%D0%BF%D1%80%D0%B8%D1%82%D1%83%D0%BB%D0%B8%D1%82%D0%B8) практичного використання індикаторів ґрунтів наведені Ф.І. Рупрехтом (1866).

У зв’язку з цим одним із перших [напрямків](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BD%D0%B0%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%BC) у біоіндикації була індикаційна геоботаніка. З теоретичних робіт [по](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%BE) біоіндикації першою найбільш фундаментальною і видатною була робота Ф. Клементса (Clement, 1920), яка покладена в основу вчення про рослинні індикатори.

Значнуцікавість представляють роботи [з](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%BE) використання рослиннос[ті як](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B0-%D0%BC%D1%96%D0%B6-%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8-%D1%81%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE-%D1%80%D0%B5%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F) [показника](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B0-%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4-%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%B2%D0%BD%D1%8F%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%BC-%D0%B7%D0%B2%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BC) клімату; типів лісу; рівня залягання ґрунтових вод. Ідеї В.І. Вернадського (1926,1934), А.П. Віноградова (1952, 1954) обґрунтували можливості використання рослин і рослинних угруповань для індикації корисних копалин.

Широко використовуються рослинні індикатори [для](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B1%D1%96%D0%BB%D1%8F-%D0%BA%D1%80%D0%B0%D0%B9-%D0%B7%D0%B0-%D0%BF%D1%96%D0%B4-%D1%87%D0%B0%D1%81-%D1%83-%D1%80%D0%B0%D0%B7%D1%96) вивчення сільськогосподарських угідь, [оцінці](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BE%D1%86%D1%96%D0%BD%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F) засолення, зволоження, механічного складу ґрунтів, [стадій пасовищної](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B2%D1%96%D1%80%D1%82%D0%B5-%D1%83%D0%B7%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D1%81%D0%BB%D1%96%D0%B2) дигресії. Послідовний аналіз екологічних умов земель і [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) [оцінка](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BE%D1%86%D1%96%D0%BD%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F) за рослинним покривом містяться в працях Л.Г. Раменского (1938, 1941), В.І. Ларіна (1953).

Для удосконалення [захисту](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B5%D1%86%D1%8C-%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%B8-%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%BD%D1%8F%D1%82%D0%B8) зовнішнього середовища й розширення біоіндикаційного [напрямку](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BD%D0%B0%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%BC) в моніторингу стану природних об’єктів на XXI загальній асамблеї Міжнародної [спілки](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%81%D0%BF%D1%96%D0%BB%D0%BA%D0%B0) біологічних наук (Оттава, 1982 р.) була відпрацьована програма «Біоіндикатори». Основні [напрямки](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BD%D0%B0%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%BC) діяльності (об’єкти, цілі, організація, методи) сформульовані академіком АН Угорської Народної Республіки Н. Шаланкі – одним із творців програми. Основні [тези](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BD%D0%B0%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%BC) програми: стандартизація методів дослідження, задоволення регіональних і національних проблем; створення мережі спеціалістів із біоіндикації; розширення біоіндикаційних досліджень у моніторингу [навколишнього середовищ](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F)а. Крім того, проводяться також міжнародні симпозіуми з біоіндикації антропогенних забруднень (Індія, 1984; Канада, 1985; СРСР, 1989 та інші).

Відомості про рослинні індикатори узагальнені в статті А. Семпсона (Sampson, 1939) «Рослинні індикатори»; Б.В. Віноградова (1964) «Рослинні індикатори…»; С.В. Вікторова, Г.Л. [Ремезовой](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B7%D0%B0%D0%BA%D1%96%D0%BD%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D0%BE%D0%B9-%D0%B8%D0%B9) (1988) «Індикаційна геоботаніка». В останній роботі особлива увага приділяється застосуванню в біоіндикації дистанційних методів із використанням [аеро-,](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%96%D0%BD%D1%88%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B2%D0%BD%D1%96-%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%BE%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B8-%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%BC) [фото-](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%96%D0%BD%D1%88%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B2%D0%BD%D1%96-%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%BE%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B8-%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%BC-3) і космічних знімків, які послужили основою для інтенсивного розвитку нового [напряму](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BD%D0%B0%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%BC%D0%BE%D0%BA) – ландшафтної індикації.

Поряд із геоботанікою індикаційний [напрямок](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BD%D0%B0%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%BC) з’явилося й у гідробіології (гідробіологічна індикація), де в якості індикатора стану вод використовувався планктон.

У середини XX ст. розвився ще один практичний [напрямок](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BD%D0%B0%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%BC) біоіндикації – зоологічний метод діагностики ґрунтів (ґрунтова зооіндикація). Він [ґрунтується](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%89%D0%BE-%D2%91%D1%80%D1%83%D0%BD%D1%82%D1%83%D1%94%D1%82%D1%8C%D1%81%D1%8F-%D0%BD%D0%B0) [на](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%89%D0%BE-%D2%91%D1%80%D1%83%D0%BD%D1%82%D1%83%D1%94%D1%82%D1%8C%D1%81%D1%8F-%D0%BD%D0%B0) взаємозв’язку і взаємозумовленості організмів і середовища [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) проживання, що особливо чітко проявляється в ґрунті, який представляє не тільки середовище проживання організмів, але й результат [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) сукупної діяльності. Засновником цього [напрямку](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BD%D0%B0%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%BC) є академік М.С. Гіляров, який у монографії «Зоологічний метод діагностики ґрунтів» (1965) узагальнив свої дослідження.

Вчення В.І. Вернадського про біосферу, ноосферу, полягло в основу біогеохімічного [напряму.](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BD%D0%B0%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%BC%D0%BE%D0%BA) Вивчення хімічного складу живої речовини і зв’язок його з хімізмом [навколишнього середовищ](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F)а поклали початок біогеохімічному методу пошуків корисних копалин і геохімічної екології.

З кінця 60-х років XX ст. в Скандинавських країнах почали широко використовувати мохи, лишайники [при](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B1%D1%96%D0%BB%D1%8F-%D0%BA%D1%80%D0%B0%D0%B9-%D0%B7%D0%B0-%D0%BF%D1%96%D0%B4-%D1%87%D0%B0%D1%81-%D1%83-%D1%80%D0%B0%D0%B7%D1%96) [оцінці](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BE%D1%86%D1%96%D0%BD%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F) забруднення атмосферного повітря. Так, Гріндон [зазначав](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B7%D0%B0%D0%B7%D0%BD%D0%B0%D1%87%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D0%B2%D0%BA%D0%B0%D0%B7%D1%83%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D1%81%D0%B2%D1%8F%D1%82%D0%BA%D1%83%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B8) значне скорочення числа лишайників через вирубку старих лісів і припливу фабричного диму. Ліхеноіндікаційна зйомка проведена на території багатьох великих міст: у Києві, Харкові, Лондоні, Львові, Парижі, Нью-Йорку, Москві, Санкт-Петербурзі, Запоріжжі, Дніпрі та ін.

На ранніх етапах розвитку біоіндикації переважало використання живих об’єкті[в як індикаторів](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B0-%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4-%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%B2%D0%BD%D1%8F%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%BC-%D0%B7%D0%B2%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BC) природних компонентів біогеоценозів. Однак із погіршенням екологічних умов [навколишнього середовищ](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F)а і виникненням проблем її охорони все більшого значення набувають біоіндикаційні дослідженн[я як природних,](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B0-%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4-%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%B2%D0%BD%D1%8F%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%BC-%D0%B7%D0%B2%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BC) так і антропогенних забруднень води, повітря, ґрунту, рослинного покриву, тваринного населення (тобто порушених біоценозів).

Вчення про важкі метали, що виникло понад сто років тому, стало основою біоіндікаційних досліджень забруднень. Одним із засновників його є К.Я. Тімірязєв, який у 1872 р, встановив [позитивну](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B5%D1%80%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%B9-%D0%B4%D0%BE%D0%B4%D0%B0%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%B9) дію Zn на ріст і розвиток рослин.

Кінець XX ст. та початок ХХІ ст. ознаменувався різким посиленням уваги до вирішення екологічних питань і свого роду «екологізації» всіх наук. У [наш](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%86%D0%B5%D0%B9-%D0%B7%D0%B0%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B9-%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B9) час встановлено й широко використовуються групи видів-індикаторів різних антропогенних впливів, евтрофікації водних об’єктів, хімічного забруднення ґрунтів, впливу на біоту рекреаційного навантаження, особливостей сукцесій, що виникають після пожарів, впливу на живі організми радіонуклідів, пріоритетних полютантів, у тому числі ксенобіотиків, хлорорганічних з’єднань, поліциклічних ароматичних вуглеводнів (ПАВ), синтетичних поверхнево-активних речовин (СПАР), фенолів та ін.

Зростаюча увага до проблеми охорони природи зумовила необхідність проведення міжнародних взаємоузгоджених заходів із питань біоіндикації. У [більшості](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B7%D0%B4%D0%B5%D0%B1%D1%96%D0%BB%D1%8C%D1%88%D0%BE%D0%B3%D0%BE) країн вони здійснюються переважнонаціональними академіями наук і програмами ООН (ЮНЕП, ФАО та ін.).

У якості індикаторів антропогенного навантаження досліджені порушення репродуктивних функцій, динаміка чисельності та зміна структури популяцій, видового різноманіття, зміни мікробіологічної активності ґрунтів та багато інших показників.

У наш час біоіндикація забруднення широко використовуєтьсядля охорони [навколишнього середовищ](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F)а та раціонального природокористування.

**3. Закономірності впливу екологічних** [**факторів**](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) **на живі організми: закон оптимуму**

***Екологічні*** [***фактори***](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) – це всі компоненти довкілля, що впливають на живі організми та [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) угруповання. Екологічні [фактори](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) поділяються залежно від природи та особливостей дії на абіотичні, біотичні та антропогенні.

***Абіотичні*** [***фактори***](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) є компонентами та властивостями неживої природи. Вони впливають на живі організми прямо чи опосередковано. Це такі [фактори,](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) як: температура, освітленість, газовий склад повітря, солоність, вологість тощо.

***Біотичні*** [***фактори***](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) – це всі форми взаємодії між організмами в популяції. Організми взаємодіють між подібними собі – внутрішньовидові зв’язки та з особинами інших видів – міжвидові зв’язки.

***Антропогенні*** [***фактори***](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) – це зміна людиною середовища існування під впливом інтенсивної господарської діяльності. Діяльність людини впливає або прямо, або опосередковано на живі організми.

Екологічні [фактори](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) (сила тяжіння, солоність морської води, склад газів атмосфери тощо) можуть залишатися незмінними [упродовж](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%83%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B6) тривалого часу (стала інтенсивність дії [фактору)](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) чи змінюватись (температура, вологість, освітленість) [протягом](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%83%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B6) доби, сезонів, року (мінлива інтенсивність дії [фактору)](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA).

Зміни екологічних [факторів](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) бувають:

* періодичними (залежно від часу доби, пори року, положення Місяця [відносно](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%89%D0%BE%D0%B4%D0%BE-%D0%BF%D1%80%D0%BE-%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%B2%D0%BD%D1%8F%D0%BD%D0%BE) Землі);
* неперіодичними (землетруси, урагани),
* тривалими (зміни клімату, площ суходолу тощо).

[Більшість](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B7%D0%B4%D0%B5%D0%B1%D1%96%D0%BB%D1%8C%D1%88%D0%BE%D0%B3%D0%BE) видів у живій природі не досягає такої чисельності, яка загрожувала б їм повним знищенням власних ресурсів. Їхнє життя протікає під постійним впливом різних [факторів,](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) що змінюють силу впливу й що змушують пристосовуватися до них. Екологічні [фактори](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) по-різному впливають на організми. Однак у дії всіх [факторів](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) [є](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%96%D1%81%D0%BD%D1%83%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D0%B1%D1%83%D1%82%D0%B8) щось спільне, що [спричиняє](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B2%D0%B8%D0%BA%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D1%96-%D1%81%D0%BF%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B8%D0%BD%D1%8F%D1%82%D0%B8) цілком закономірні відповідні реакції, які можна передбачити і відобразити кількісно. Цим загальним законам підкоряється й людин[а, як біологічна](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B0-%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4-%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%B2%D0%BD%D1%8F%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%BC-%D0%B7%D0%B2%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BC) істота.

Живі організми пристосовуються до умов середовища. На них діє не [поодинокий](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%B5%D1%8F%D0%BA%D0%B8%D0%B9-%D0%BF%D0%BE%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%BE%D0%BA%D0%B8%D0%B9-%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B9) [фактор,](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) а цілий комплекс. Тому організми пристосовуються до всього комплексу екологічних [факторів.](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) Сукупність умов, у яких мешкають певні особини, популяції, угруповання організмів називається середовищем існування.

Пристосування організмів до умов середовища існування називаються адаптаціями. Адаптації виробляють усі організми, які [є](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%96%D1%81%D0%BD%D1%83%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D0%B1%D1%83%D1%82%D0%B8) на планеті. Вони [існують](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%96%D1%81%D0%BD%D1%83%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D0%B1%D1%83%D1%82%D0%B8) доти, доки не змінюються умови довкілля. Тому адаптації непостійні.

Основні закономірності впливу [факторів](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) на організми:

1) правило екологічної індивідуальності – не [існує](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%96%D1%81%D0%BD%D1%83%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D0%B1%D1%83%D1%82%D0%B8) двох близьких видів, подібних за своїми адаптаціями. Наприклад, кріт – риє ґрунт кінцівками, а сліпак – різцями;

2) правило відносної незалежності адаптації – добра пристосованість організмів до певного чинника не означає такої самої пристосованості до інших. Наприклад, річкові раки живуть на дні та живляться живими організмами та рештками, але дуже чутливі до забруднення води;

3) закон оптимуму – кожен [фактор](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) позитивно впливає на організм лише в певних межах.

Основна закономірність у впливі екологічних [факторів](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) на організминазивається закону оптимуму. Результати дії змінного [фактору](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) залежать насамперед від сили його прояву, або дозування. [Фактори](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) позитивно впливають на організми лише в певних межах. Недостатня або надлишкова [їхня](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) дія позначається на організмах негативно.

***Зона оптимуму*** – це сприятлива інтенсивність впливу екологічного [фактору](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) для організмів певного [виду.](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%80%D1%96%D0%B7%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B4-%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%94%D0%B2%D0%B8%D0%B4-%D0%BF%D0%BE%D1%81%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BA%D0%B0-%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7-%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D0%B8)

***Зона песимуму*** – відхилення інтенсивності дії певного екологічного [фактору](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) від оптимальної в той чи інший бік і виявлення його пригнічуваної дії.

[Верхня](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B3%D0%BE%D1%80%D1%96%D1%88%D0%BD%D1%96%D0%B9) та нижня межі витривалості (критичні точки максимуму та мінімуму) – це значення інтенсивності дії екологічного [фактору,](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) за якими існування організмів стає неможливим (рис. 2).



Рис.2 – Крива толерантності (графічне зображення закону оптимуму)

Закон оптимуму універсальний. Він визначає межі умов, у яких можливе існування видів, а також межі коливання цих умов. Ці прості й інтуїтивно давно зрозумілі закони часто грубо порушуються в господарській діяльності, що призводить до забруднення середовища й екологічних катастроф. Надлишок добрив, внесених у ґрунт – причина широко поширеної евтрофікації (цвітіння) водойм. Змивання фосфору й азоту з [полів](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B1%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B3%D0%B8-%D0%BA%D1%80%D0%B8%D1%81%D0%B8) у прісні водойми [спричинює](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B2%D0%B8%D0%BA%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D1%96-%D1%81%D0%BF%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B8%D0%BD%D1%8F%D1%82%D0%B8) бурхливе розмноження бактерій і водоростей. Надлишок отрутохімікатів, що застосовуються в боротьбі зі шкідниками, у кінцевому рахунку через продукти харчування і воду надходять в організм людини, підриваючи здоров’я. Ці складності створюються [самою людиною,](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BD%D0%B0%D0%B9%D0%B2%D0%B8%D1%89%D0%B8%D0%B9-%D1%81%D1%82%D1%83%D0%BF%D1%96%D0%BD%D1%8C-%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%B2%D0%BD%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D1%8F) що не дотримується кількісних норм впливу на [навколишнє середовищ](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F)е.

***Екологічна валентність певного*** [***виду***](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%80%D1%96%D0%B7%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B4-%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%94%D0%B2%D0%B8%D0%B4-%D0%BF%D0%BE%D1%81%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BA%D0%B0-%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7-%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D0%B8) – це діапазон інтенсивності дії екологічного [фактору,](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) у якому можливе існування певного [виду.](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%80%D1%96%D0%B7%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B4-%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%94%D0%B2%D0%B8%D0%B4-%D0%BF%D0%BE%D1%81%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BA%D0%B0-%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7-%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D0%B8) Широку екологічну валентність позначають префіксом *еври*- (евритермні, еврибатні тощо), вузьку – *стено*- (стенотермні, стенобатні). [Види,](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%80%D1%96%D0%B7%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B4-%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%94%D0%B2%D0%B8%D0%B4-%D0%BF%D0%BE%D1%81%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BA%D0%B0-%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7-%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D0%B8) що живуть у широкому діапазоні коливань інтенсивності дії [факторів,](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) називаються ***еврибіонтами***, ті, що у вузькому – ***стенобіонтами***.

Оптимум та межі витривалості організму щодо певного чинника залежать від інтенсивності дії інших [факторів.](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) Наприклад, надмірну вологість повітря легше перенести в прохолодну погоду.

Явище взаємодії екологічних [факторів](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) – [щодо](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%89%D0%BE%D0%B4%D0%BE) будь-якого чинника середовища оптимум і межі витривалості можуть зсуватися в певний бік залежно від того, з якою силою і в якому поєднанні діють інші чинники.

Взаємокомпенсація життєво важливих екологічних [факторів](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) має певні межі. Жоден із них не [може б](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D1%96%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%BC%D0%B8-%D0%B2%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B8%D1%85-%D1%81%D0%BB%D1%96%D0%B2)ути замінений іншими. Існування [виду](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%80%D1%96%D0%B7%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B4-%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%94%D0%B2%D0%B8%D0%B4-%D0%BF%D0%BE%D1%81%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BA%D0%B0-%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7-%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D0%B8) стає неможливим, якщо інтенсивність ді[ї хоча](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B0-%D0%BC%D1%96%D0%B6-%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8-%D1%81%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE-%D1%80%D0%B5%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F) б одного чинника виходить за межі витривалості, незалежно від оптимальної інтенсивності дії інших. Наприклад, [при](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B1%D1%96%D0%BB%D1%8F-%D0%BA%D1%80%D0%B0%D0%B9-%D0%B7%D0%B0-%D0%BF%D1%96%D0%B4-%D1%87%D0%B0%D1%81-%D1%83-%D1%80%D0%B0%D0%B7%D1%96) недостатній освітленості зріст і розвиток рослини буде гальмуватись, незважаючи на оптимальний полив, мінеральні додатки, родючий ґрунт тощо.

***Обмежувальний*** [***фактор***](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) – це такий [фактор,](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) інтенсивність [дії якого](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B0-%D0%BC%D1%96%D0%B6-%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8-%D1%81%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE-%D1%80%D0%B5%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F) виходить за межі витривалості. Цей [фактор](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) визначає територію розселення виду – ареал. Наприклад, тварини, що живуть на [півн](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D1%96%D0%B2-%D0%BE%D0%BA%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%BE)очі (білий ведмідь), не оселяються на [півд](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D1%96%D0%B2-%D0%BE%D0%BA%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%BE)ні.

Для існування [виду](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%80%D1%96%D0%B7%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B4-%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%94%D0%B2%D0%B8%D0%B4-%D0%BF%D0%BE%D1%81%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BA%D0%B0-%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7-%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D0%B8) інтенсивність дії екологічних [факторів](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) не [повинна](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D0%BC%D1%83%D1%81%D0%B8%D1%82%D0%B8-%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D0%BD) бути надмірною або недостатньою.

**4.Антропогенні** [**фактори,**](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) **що** [**спричиняють**](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B2%D0%B8%D0%BA%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D1%96-%D1%81%D0%BF%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B8%D0%BD%D1%8F%D1%82%D0%B8) **стрес**

***Стрес*** – це стан критичного навантаження, який проявляється у вигляді специфічного синдрому, що складається з неспецифічних змін всередині біологічної системи. Стрес можна розділити на [два](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B2%D1%96%D1%80%D1%82%D0%B5-%D1%83%D0%B7%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D1%96%D0%B7-%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D1%96%D0%B2%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%BC) типи: ***еустрес*** – характеризується фізіологічними процесами, які [дають змогу](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%B0%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D0%B7%D0%BC%D0%BE%D0%B3%D1%83-%D0%BD%D0%B0%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D1%83) організму пристосуватися до змінених умов середовища, та ***дистрес*** – означає патологічні процеси, [при](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B1%D1%96%D0%BB%D1%8F-%D0%BA%D1%80%D0%B0%D0%B9-%D0%B7%D0%B0-%D0%BF%D1%96%D0%B4-%D1%87%D0%B0%D1%81-%D1%83-%D1%80%D0%B0%D0%B7%D1%96) постійних навантаженнях, які організм не в змозі регулювати короткий або тривалий час.

У біоіндикації під стресом розуміється реакція біологічної системи на екстремальні [фактори](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) середовища (стресори), які можуть залежно від сили, інтенсивності, тривалості впливу, більш або менш сильно впливати на систему.

У природних умовах організми часто піддаються впливу різних абіотичних і біотичних стресорів. До екстремальних умов середовища, які ритмічно повторюються, наприклад, холоду, посухи, спеки багато організмів пристосувалися [через](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B7-%D0%B7%D0%B0-%D0%B4%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D1%8E-%D1%83-%D1%82%D0%B0%D0%BA%D0%B8%D0%B9-%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%81%D1%96%D0%B1) зміни активності (сплячка, анабіоз), що робить [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) стійкими до стресу.

Інші організми можуть ухилятися від впливу екстремальних умов [за допомогою](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%BE-%D0%B4%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B3%D1%83) специфічних пристосувань (уникнення стресу) – це глибоке укорінення, перехід в інші зони проживання. Толерантність і уникнення створюють стійкість до стресу.

Антропогенні [фактори,](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) це тіла, речовини, процеси та явища, які виникають унаслідок господарської та іншої діяльності людини й діють на природу разом із [факторами](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) природними. Усю різноманітність антропогенних [факторів](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) можна поділити на такі групи:

***Фактори-тіла*** – це, наприклад, штучний рельєф (кургани, терикони), водойми (водосховища, канали, ставки), споруди й будівлі тощо. [Фактори](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) цієї підгрупи характеризуються чіткою просторовою визначеністю та тривалою дією. Вироблені колись, вони часто [існують](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%96%D1%81%D0%BD%D1%83%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D0%B1%D1%83%D1%82%D0%B8) віками й навіть тисячоліттями. Багато з них поширені на значні [площі.](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BC%D0%B0%D0%B9%D0%B4%D0%B0%D0%BD)

***Фактори-речовини*** – це звичайні та радіоактивні хімічні речовини, штучні хімічні сполуки та елементи, аерозолі, стічні води тощо. Вони, на відміну від першої групи, не мають конкретної просторової визначеності, постійно змінюють концентрацію та переміщуються, змінюючи відповідно ступінь впливу на елементи природи. Частина з них із часом руйнується, інші можуть бути присутні в середовищі десятки, сотні й навіть тисячі років (наприклад, деякі радіоактивні речовини), що зумовлює можливість [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) акумуляції в природі.

***Фактори-процеси*** – це група антропогенних [факторів,](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) до якої належать вплив на природу свійськихтварин та рослин, знищення шкідливих та розведення корисних організмів, випадкове або цілеспрямоване переміщення організмів у просторі, видобування корисних копалин, ерозія ґрунтів тощо. Ці [фактори](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) часто займають обмежені ділянки природи, але іноді можуть охоплювати й великі простори. Крім прямого впливу на природу, часто [спричиняють](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B2%D0%B8%D0%BA%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D1%96-%D1%81%D0%BF%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B8%D0%BD%D1%8F%D1%82%D0%B8) і низку опосередкованих змін. Усі процеси мають високу динаміку й часто односпрямовані.

***Фактори-явища*** – це, такі як, тепло, світло, радіохвилі, електричне й електромагнітне [поля,](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B1%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B3%D0%B8-%D0%BA%D1%80%D0%B8%D1%81%D0%B8) вібрація, тиск, звукові ефекти та ін. На відміну від інших груп антропогенних [факторів,](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) явища здебільшого мають точні параметри. Як правило, [по](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%BE) [мірі](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BC%D1%96%D1%80%D0%B0-%D0%B7%D0%B0%D1%85%D1%96%D0%B4) віддалення від джерела [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) вплив на природу зменшується.

На основі викладеного, антропогенними [факторами](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) можна називати лише ті вироблені людиною тіла, речовини, процеси та явища, яких не [було](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%96%D1%81%D0%BD%D1%83%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D0%B1%D1%83%D1%82%D0%B8) в природі до появи людини. У тому випадку, якщо певні антропогенні [фактори](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) не [існували](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%96%D1%81%D0%BD%D1%83%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D0%B1%D1%83%D1%82%D0%B8) до появи людини лише у якомусь (певному) регіоні, [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) називають регіональними антропогенними [факторами;](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) якщо [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) не було лише якогось сезону, то [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) називають сезонними антропогенними [факторами.](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA)

Небезпека антропогенних стресорів полягає насамперед у тому, що біологічні системи недостатньо адаптовані до них. Антропогенні стресори створюються з такою швидкістю, що ці системи не встигають активізувати адаптаційні процеси (рис. 3).



Рис. 3 – Хід адаптації до довготривалих екстремальних умов середовища

Виявляючи та вивчаючи антропогенні [фактори](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) основна увага приділяється не тим засобам, якими вони вироблені, а тим [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) елементам, які [викликають](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B2%D0%B8%D0%BA%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D1%96-%D1%81%D0%BF%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B8%D0%BD%D1%8F%D1%82%D0%B8) зміни в природі.

[Є](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%96%D1%81%D0%BD%D1%83%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D0%B1%D1%83%D1%82%D0%B8) багато класифікацій антропогенних [факторів](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) за різними ознаками.

***За природою*** антропогенні [фактори](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) поділяють на:

* механічні – тиск колесами автомобілів, вирубка лісів, перешкоди на шляху руху організмів тощо;
* фізичні – тепло, світло, електричне поле, колір, зміни вологості тощо;
* хімічні – дія різних хімічних елементів та [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) сполук;
* біологічні – вплив інтродукованих організмів, розведення рослин і тварин, лісопосадки тощо.
* ландшафтні – штучні ріки та озера, пляжі, ліси, луки та ін.

***За часом походження*** і тривалістю дії антропогенні [фактори](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) поділяють на такі групи:

– [фактори,](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) вироблені в минулому:

а) ті, що припинили свою дію, але її наслідки відчуваються й нині (знищення певних видів організмів, надмірний випас худоби тощо);

б) ті, що [далі](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%96-%D0%B4%D0%B0%D0%BB%D1%96) діють у наш час (штучний рельєф, водосховища, інтродуковані [види](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%80%D1%96%D0%B7%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B4-%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%94%D0%B2%D0%B8%D0%B4-%D0%BF%D0%BE%D1%81%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BA%D0%B0-%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7-%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D0%B8) тощо);

– [фактори,](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) які виробляються в наш час:

а) ті, що діють лише в момент виробництва (радіохвилі, шум, світло);

б) ті, що діють певний час і після закінчення виробництва (стійкі хімічні забруднення, вирубаний ліс та ін.).

***За ступенем здатності до міграції*** антропогенні [фактори](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) поділяють на ті, які:

* не мігрують – діють лише в місці виробництва та на деякій відстані від нього (рельєф, вібрація, тиск, звук, світло, завезені людиною нерухомі організми тощо);
* мігрують із потоками води й повітря (пил, тепло, хімічні речовини, гази, аерозолі та ін.);
* мігрують із засобами виробництва (кораблі, поїзди, л[ітаки](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%82%D0%B0%D0%BA%D1%96) тощо);
* мігрують самостійно (завезені людиною рухомі організми, здичавіли [свійські](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%81%D0%B2%D1%96%D0%B9%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9) тварини).

***За здатністю накопичуватися в природі***, антропогенні [фактори](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) поділяються на:

* ті, що [є](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%96%D1%81%D0%BD%D1%83%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D0%B1%D1%83%D1%82%D0%B8) лише в момент виробництва, тому за своєю природою не [здатні](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B7%D0%B4%D1%96%D0%B1%D0%BD%D0%B8%D0%B9-%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%82%D0%B8%D0%B9) до накопичення (світло, вібрація тощо);
* ті, які [здатні](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B7%D0%B4%D1%96%D0%B1%D0%BD%D0%B8%D0%B9-%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%82%D0%B8%D0%B9) зберігатися в природі тривалий час після [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) виробництва, що призводить до [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) накопичування – акумуляції – і посилення впливу на природу.

До другої групи антропогенних [факторів](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) можна зарахувати штучний рельєф, водосховища, хімічні та радіоактивні речовини тощо. Ці [фактори](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) є дуже небезпечними, оскільки з часом зростають [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) концентрації й ареали, відповідно й інтенсивність впливу на елементи природи. Деякі радіоактивні речовини, здобуті людиною з надр Землі та уведені в активний кругообіг речовин, можуть виявляти радіоактивність [упродовж](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%83%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B6) сотень і тисяч років, здійснюючи [при цьому](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D1%87%D0%B0%D1%81) [негативний](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B7%D0%B0%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9-%D0%B2%D1%96%D0%B4_%D1%94%D0%BC%D0%BD%D0%B8%D0%B9) вплив на природу. Здатність до акумуляції різко посилює роль антропогенних [факторів](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) у розвитку природи, а в [поодиноких](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%B5%D1%8F%D0%BA%D0%B8%D0%B9-%D0%BF%D0%BE%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%BE%D0%BA%D0%B8%D0%B9-%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B9) [випадках, навіть](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B0-%D0%B4%D0%BB%D1%8F-%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D1%96%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D0%B7%D0%B2%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%82%D1%96%D0%B2) є вирішальною у визначенні можливості існування [окремих](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%B5%D1%8F%D0%BA%D0%B8%D0%B9-%D0%BF%D0%BE%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%BE%D0%BA%D0%B8%D0%B9-%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B9) видів та організмів.

***За періодичністю*** антропогенні [фактори](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) поділяються на:

* безперервно діючі – забруднення атмосфери, води та ґрунту викидами промислових підприємств та вилучення з надр корисних копалин;
* періодичні [фактори](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) – оранка ґрунту, вирощування та збирання сільськогосподарських культур, випас [свійських](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%81%D0%B2%D1%96%D0%B9%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9) тварин та ін. Ці [фактори](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) прямо діють на природу лише [в певні годин](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BE-%D0%BA%D0%BE%D1%82%D1%80%D1%96%D0%B9-%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D1%96)и, тому вони пов’язані із сезонною й добовою періодичністю дії;
* спорадичні [фактори](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) – аварії транспортних засобів, що призводять до забруднення природного середовища, вибухи ядерних і термоядерних пристроїв, лісові пожежі та ін. Вони діють у будь-який час, хоча в деяких випадках можуть бути прив’язані до певного сезону.

Дуже важливо розрізняти антропогенні [фактори](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) за тими змінами, до яких призводить [або може п](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D1%96%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%BC%D0%B8-%D0%B2%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B8%D1%85-%D1%81%D0%BB%D1%96%D0%B2)ризводити їхня дія на природу й живі організми. Тому [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) поділяють також за стійкістю змін, що вони зумовлюють у природі:

* антропогенні [фактори,](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) що [спричиняють](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B2%D0%B8%D0%BA%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D1%96-%D1%81%D0%BF%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B8%D0%BD%D1%8F%D1%82%D0%B8) тимчасові зворотні зміни: будь-яка тимчасова дія на природу, що не [призводить](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%B7%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D1%82%D0%B8-%D1%81%D0%BF%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B8%D0%BD%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D0%BD%D0%B0%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D1%82%D0%B8) до повного знищення видів; забруднення води або повітря нестійкими хімічними речовинами тощо;
* антропогенні [фактори,](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) що [спричиняють](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B2%D0%B8%D0%BA%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D1%96-%D1%81%D0%BF%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B8%D0%BD%D1%8F%D1%82%D0%B8) [відносно](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%89%D0%BE%D0%B4%D0%BE-%D0%BF%D1%80%D0%BE-%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%B2%D0%BD%D1%8F%D0%BD%D0%BE) незворотні зміни, – [деякі](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%B5%D1%8F%D0%BA%D0%B8%D0%B9-%D0%BF%D0%BE%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%BE%D0%BA%D0%B8%D0%B9-%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B9) випадки інтродукції нових видів, створення невеликих водосховищ, знищення деяких водойм та ін.;
* антропогенні [фактори,](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) що [спричиняють](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B2%D0%B8%D0%BA%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D1%96-%D1%81%D0%BF%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B8%D0%BD%D1%8F%D1%82%D0%B8) абсолютно незворотні зміни в природі, – суцільне знищення [певних](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%B5%D1%8F%D0%BA%D0%B8%D0%B9-%D0%BF%D0%BE%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%BE%D0%BA%D0%B8%D0%B9-%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B9) видів рослин і тварин, повне вилучення з родовищ корисних копалин тощо.

Дія деяких антропогенних [факторів](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) [може](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D1%96%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%BC%D0%B8-%D0%B2%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B8%D1%85-%D1%81%D0%BB%D1%96%D0%B2) [спричинити](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B2%D0%B8%D0%BA%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D1%96-%D1%81%D0%BF%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B8%D0%BD%D1%8F%D1%82%D0%B8) так званий антропогенний стрес екосистем, який буває двох різновидів:

* гострий стрес, для якого характерні раптовий початок, швидкий підйом інтенсивності й невелика тривалість порушень компонентів екосистем;
* хронічний стрес, який характеризується порушеннями незначної інтенсивності, але вони тривають достатньо довго або часто повторюються.

Природні екосистеми мають здатність протистояти гострому стресу або відновлюватися після нього. Потенційні стресори містять, наприклад, промислові відходи. Особливо небезпечними [серед](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%81%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%89%D0%B5) них є ті, до [складу котрих](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B0-%D0%BC%D1%96%D0%B6-%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8-%D1%81%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE-%D1%80%D0%B5%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F) входять вироблені людиною нові хімічні речовини, до яких компоненти екосистеми ще не мають пристосувань. Хронічна ж дія цих [факторів](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) [може п](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D1%96%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%BC%D0%B8-%D0%B2%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B8%D1%85-%D1%81%D0%BB%D1%96%D0%B2)ризвести до істотних змін у структурі та функціях спільнот організмів у процесі акліматизації та генетичної адаптації до них.

**ТЕМА 2. БІОІНДИКАТОР ТА ОБ’ЄКТ БІОІНДИКАЦІЇ**

**Мета:** розкрити сутність поняття «біоіндикатор», дати характеристику основних властивостей біоіндикатора, що використовуються в екологічних дослідженнях. Визначити переваги біоіндикації, її доцільність рівні та принципи здійснення.

**План**

1.Визначення й переваги біоіндикації перед хімічними та фізико-хімічними методами аналізу.

2.Основні принципи застосування біоіндикації.

3. Доцільність біоіндикації. Абсолютні та відносні калібровані стандарти.

4.Рівні біоіндикації і принципи добору біологічних показників для біоіндикації.

5.Поняття біоіндикатор. Чутливість і вірогідність біоіндикаторів. Вимоги до біоіндикаторів.

6. Неспецифічна і специфічна біоіндикація.

**🖉Основні поняття:** біотестування, біоіндикатор, чутливість біоіндикатора, вирогідність біоіндикатора, біоіндикаційні дослідження.

**1.Визначення й переваги біоіндикації перед хімічними та фізико-хімічними методами аналізу**

Біоіндикація – метод виявлення й [оцінки](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BE%D1%86%D1%96%D0%BD%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F) дії абіотичних і біотичних [факторів](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) [за допомогою](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%BE-%D0%B4%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B3%D1%83) біологічних систем. [Є](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%96%D1%81%D0%BD%D1%83%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D0%B1%D1%83%D1%82%D0%B8) [два](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B2%D1%96%D1%80%D1%82%D0%B5-%D1%83%D0%B7%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D1%96%D0%B7-%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D1%96%D0%B2%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%BC) основних методи біоіндикації: пасивний і активний. Пасивна біоіндикація – дослідження у вільно живучих організмів видимих або непомітних ушкоджень і відхилення від норми, що є ознаками несприятливого впливу. Активна індикація, або, біотестування – дослідження тих же впливів у стандартних умовах на найбільш чуттєвих до [цього](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%86%D0%B5%D0%B9-%D0%B7%D0%B0%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B9-%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B9) [фактору](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) істотах – тест-організмах.

Живі індикатори не [мають](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D0%BC%D1%83%D1%81%D0%B8%D1%82%D0%B8-%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D0%BD) бути занадто чуттєвими й занадто стійкими до забруднення. Необхідно, щоб у них був досить тривалий життєвий цикл. Важливо, щоби такі організми були широко поширені [на](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%BE) планеті, причому кожен [вид](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%80%D1%96%D0%B7%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B4-%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%94%D0%B2%D0%B8%D0%B4-%D0%BF%D0%BE%D1%81%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BA%D0%B0-%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7-%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D0%B8) [має](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D0%BC%D1%83%D1%81%D0%B8%D1%82%D0%B8-%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D0%BD) бути присвячений до визначеного [місцеперебуванн](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BE%D1%81%D1%96%D0%B4%D0%BE%D0%BA)я.

Наприклад, лишайники цілком відповідають усім цим вимогам. Вони реагують на забруднення інакше, чим вищі рослини. Довгостроковий вплив низьких концентрацій забруднюючих речовин [спричиняє](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B2%D0%B8%D0%BA%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D1%96-%D1%81%D0%BF%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B8%D0%BD%D1%8F%D1%82%D0%B8) в лишайників такі ушкодження, що не зникають аж до загибелі їхніх сланей. Це пов’язане з тим, що лишайники відновлюють свої клітки дуже повільно, у той ча[с як у](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B0-%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4-%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%B2%D0%BD%D1%8F%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%BC-%D0%B7%D0%B2%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BC) вищих рослин пошкоджені тканини замінюються новими досить швидко. Біоіндикація має [низку](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BD%D0%B8%D0%B7%D0%BA%D0%B0) переваг перед інструментальними методами. Вона відрізняється високою ефективністю, не вимагає великих витрат і дає можливість охарактеризувати стан середовища за тривалий проміжок часу.

[Фактори](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) середовища досить строго визначають, які організми можуть жити в [цьому](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%86%D0%B5%D0%B9-%D0%B7%D0%B0%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B9-%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B9) місці, а які не можуть. [З огляду на](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B7-%D0%BE%D0%B3%D0%BB%D1%8F%D0%B4%D1%83-%D0%BD%D0%B0) це, можна використати обернену закономірність і судити про фізичне середовище організму, який у ньому проживає. Так з'явився метод біоіндикації середовища, [який особливо](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B0-%D0%B4%D0%BB%D1%8F-%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D1%96%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D0%B7%D0%B2%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%82%D1%96%D0%B2) широко використовують у лісовій типології, фітоценології, а також для визначення рівня забруднення атмосферного повітря [за допомогою](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%BE-%D0%B4%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B3%D1%83) лишайників (ліхеноіндикація), мохів (бріоіндикація) чи грибів (мікоіндикація).

Ю. Одум наводить [низку](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BD%D0%B8%D0%B7%D0%BA%D0%B0) суттєвих зауважень, які [треба](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%82%D1%80%D0%B5%D0%B1%D0%B0) брати до уваги під час використання біоіндикації.

1. Стенотопні [види,](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%80%D1%96%D0%B7%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B4-%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%94%D0%B2%D0%B8%D0%B4-%D0%BF%D0%BE%D1%81%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BA%D0%B0-%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7-%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D0%B8) як правило, є кращими індикаторами, ніж евривиди. Наприклад, копитняк – виражений мезофіт; він трапляється в діброві, де репрезентує багаті умови зростання.

2. [Крупні](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B2%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%B8%D0%B9-%D1%87%D0%B8%D0%BC%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B9-%D0%B1%D1%83%D0%B9%D0%BD%D0%B8%D0%B9-%D0%B4%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%B9) [види](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%80%D1%96%D0%B7%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B4-%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%94%D0%B2%D0%B8%D0%B4-%D0%BF%D0%BE%D1%81%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BA%D0%B0-%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7-%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D0%B8) є кращими індикаторами, ніж дрібні, оскільки на [даному](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%86%D0%B5%D0%B9-%D0%B7%D0%B0%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B9-%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B9) потоці [енергії може п](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D1%96%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%BC%D0%B8-%D0%B2%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B8%D1%85-%D1%81%D0%BB%D1%96%D0%B2)ідтримуватися більша біомаса або «врожай на корені», і ця біомаса розподіляється між [крупними](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B2%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%B8%D0%B9-%D1%87%D0%B8%D0%BC%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B9-%D0%B1%D1%83%D0%B9%D0%BD%D0%B8%D0%B9-%D0%B4%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%B9) організмами. Наприклад, анемона дібровна – [вид](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%80%D1%96%D0%B7%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B4-%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%94%D0%B2%D0%B8%D0%B4-%D0%BF%D0%BE%D1%81%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BA%D0%B0-%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7-%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D0%B8) дібровних умов зростання, який рясно представлений у буковому лісі лише в час цвітіння (весняний аспект). Однак уже в червні годі знайти його сліди. У той ча[с як бук](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B0-%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4-%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%B2%D0%BD%D1%8F%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%BC-%D0%B7%D0%B2%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BC) – індикатор родючих бучин – завжди буде представлений і відіграватиме в будь-який час роль індикатора.

3. Числове співвідношення різних видів, популяцій і цілих угруповань часто служить кращим індикатором, ніж чисельність одного [виду,](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%80%D1%96%D0%B7%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B4-%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%94%D0%B2%D0%B8%D0%B4-%D0%BF%D0%BE%D1%81%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BA%D0%B0-%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7-%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D0%B8) оскільки ціле краще, ніж частина, відбиває загальну суму умов. Наприклад, чисті угруповання сосни високих бонітетів є індикаторами свіжих борових та суборових пісків. Коли говоримо про діброви, то беремо до уваги багаті ґрунти і благодатний клімат. Зарості кропиви дводомної індикують багаті на азот землі.

Застосування біоіндикації має [низку](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BD%D0%B8%D0%B7%D0%BA%D0%B0) переваг перед фізико-хімічними методами аналізу: не завжди вдається виявити нестійкі сполуки або кількісно визначити ультрамалі концентрації екотоксикантів фізико-хімічним методом. Доволі часто відбуваються випадки, коли виконаний сучасними заходами хімічний аналіз не виявляє наявність токсикантів, у той ча[с як використання](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B0-%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4-%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%B2%D0%BD%D1%8F%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%BC-%D0%B7%D0%B2%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BC) тест-об’єктів свідчить про [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) присутність у дослідному середовищі. Біоіндикація дає можливість [отримати](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B7%D0%B4%D0%BE%D0%B1%D1%83%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D0%B4%D1%96%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D0%BD%D0%B0%D0%B1%D1%83%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B8) інтегральну [оцінку](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BE%D1%86%D1%96%D0%BD%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F) токсичності, що робить дуже привабливим її застосування в [дослідах.](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D1%81%D0%B2%D1%96%D0%B4)

***Перевагою методів біоіндикації*** перед фізико-хімічними методами є інтегральний характер відповідних реакцій організмів, що:

* підсумовують усі без винятку біологічно важливі відомості про [навколишнє середовищ](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F)е і відбивають її стан [загалом;](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B7%D0%B0%D0%B3%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%BC)
* виявляють наявність у навколишньому природному середовищі комплексу забруднювачів;
* [дають змогу](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%B0%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D0%B7%D0%BC%D0%BE%D0%B3%D1%83-%D0%BD%D0%B0%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D1%83) визначити ступінь шкідливості тих або інших речовин для живої природи й людини;
* дають можливість контролювати дію багатьох синтезованих людиною сполук;
* в умовах хронічного антропогенного навантаження біоіндикатори можуть реагувати на дуже слабкі впливи [через](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B7-%D0%B7-%D0%BE%D0%B3%D0%BB%D1%8F%D0%B4%D1%83-%D0%BD%D0%B0) акумуляції дози;
* фіксують швидкість змін, що відбуваються в [навколишньому середовищ](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F)і;
* вказують шляхи й місця скупчень різного роду забруднень в екологічних системах і можливі шляхи потрапляння цих речовин в організм людини;
* допомагають нормувати припустиме навантаження на екосистеми, які розрізняються [по](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%BE) своїй стійкості до антропогенного впливу;
* роблять необов’язковим застосування дорогих трудомістких фізичних і хімічних методів для виміру біологічних параметрів;
* живі організми постійно присутні в [навколишньому середовищ](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F)і й реагують на короткочасні й залпові викиди токсикантів, що [може н](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D1%96%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%BC%D0%B8-%D0%B2%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B8%D1%85-%D1%81%D0%BB%D1%96%D0%B2)е зареєструвати автоматизована система контролю з періодичним добором проб на аналізи.

Підсумовуючи важливість біоіндикаційних методів дослідження, необхідно [зазначити,](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B7%D0%B0%D0%B7%D0%BD%D0%B0%D1%87%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D0%B2%D0%BA%D0%B0%D0%B7%D1%83%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D1%81%D0%B2%D1%8F%D1%82%D0%BA%D1%83%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B8) що біоіндикація передбачає виявлення забруднення [навколишнього середовищ](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F)а, що вже відбулося або відбувається [за](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%BE) функціональними характеристиками особин і екологічними характеристиками угруповань організмів.

**2.Основні принципи застосування біоіндикації**

У природі всі [види](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%80%D1%96%D0%B7%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B4-%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%94%D0%B2%D0%B8%D0%B4-%D0%BF%D0%BE%D1%81%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BA%D0%B0-%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7-%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D0%B8) біоіндикації включені в ланцюг реакцій і процесів, що послідовно протікають. Якщо антропогенний [фактор](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) діє безпосередньо на біологічний елемент, то мова йде про пряму біоіндикацію. Але часто біоіндикація стає можливою лише після зміни стану під впливом інших елементів. У цьому випадку ми маємо справу з непрямою біоіндикацією й біоіндикатором. Часто бажано завчасно виявити біологічну дію антропогенного [фактору,](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) для того щоб в певних умовах мати можливість впливати на цю дію. Присутність дуже чутливих біоіндикаторів [призводить](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%B7%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D1%82%D0%B8-%D1%81%D0%BF%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B8%D0%BD%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D0%BD%D0%B0%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D1%82%D0%B8) до ранньої індикації, коли реакція проявляється [за](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B1%D1%96%D0%BB%D1%8F-%D0%BA%D1%80%D0%B0%D0%B9-%D0%B7%D0%B0-%D0%BF%D1%96%D0%B4-%D1%87%D0%B0%D1%81-%D1%83-%D1%80%D0%B0%D0%B7%D1%96) мінімальними дозами, за короткий проміжок часу і проходить у місці дії [фактору](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) на елементарні молекулярні й біохімічні процеси.

Вбіоіндикації варто враховувати [***чотири***](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B2%D1%96%D1%80%D1%82%D0%B5-%D1%83%D0%B7%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D1%96%D0%B7-%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D1%96%D0%B2%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%BC) ***основних принципи***:

1. Відносна швидкість проведення досліджень. Біоіндикаційні дослідження [мають](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D0%BC%D1%83%D1%81%D0%B8%D1%82%D0%B8-%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D0%BD) охоплювати одну фенологічну фазу з порівняно однорідними метеорологічними умовами. Біоіндикаційні дослідження [для](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%89%D0%BE%D0%B1-%D0%B4%D0%BB%D1%8F) вивчення закономірностей міграції хімічної речовини [за](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%BE) харчовими ланцюгами рекомендується проводити в період максимальної біологічної продуктивності угрупувань.

2. Одержання достатньо точних і відтворених результатів.

3. Велика кількість об’єктів біоіндикації з однорідними властивостями. Добір індикаторів із високою зустрічальністю. Біоіндикатори [мають](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D0%BC%D1%83%D1%81%D0%B8%D1%82%D0%B8-%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D0%BD) бути добре вивчені й мати на всій території досліджень однорідні властивості.

4. Діапазон похибок у порівнянні з іншими методами тестування [має](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D0%BC%D1%83%D1%81%D0%B8%D1%82%D0%B8-%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D0%BD) складати не більш 20%.

**3. Доцільність біоіндикації. Абсолютні та відносні калібровані стандарти**

У біоіндикації розглядається не [оцінка](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BE%D1%86%D1%96%D0%BD%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F) присутності, концентрації або інтенсивності того чи іншого параметра, а реакцію біологічних систем, тобто біологічний вплив [фактору.](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) Антропогенні впливи являють собою, з одного боку, нові параметри середовища, з іншого боку – [зумовлюють](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B7%D1%83%D0%BC%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%82%D0%B8-%D0%B7%D1%83%D0%BC%D0%BE%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BE) антропогенну модифікацію вже наявних природних [факторів](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) і тим самим зміна властивостей біологічних систем. Якщо ці нові параметри значно відхиляються від відповідних вихідних величин, то можлива біоіндикація (рис. 4).

Для кількісної [оцінки](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BE%D1%86%D1%96%D0%BD%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F) [значущості](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B7%D0%BD%D0%B0%D1%87%D1%83%D1%89%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C) відхилень необхідні абсолютні або відносні стандарти. [При](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B1%D1%96%D0%BB%D1%8F-%D0%BA%D1%80%D0%B0%D0%B9-%D0%B7%D0%B0-%D0%BF%D1%96%D0%B4-%D1%87%D0%B0%D1%81-%D1%83-%D1%80%D0%B0%D0%B7%D1%96) біоіндикації антропогенних [факторів](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) використовують такі стандарти:

***Абсолютні стандарти порівняння***:

а) порівняння з показниками біологічної системи, вільної від впливу антропогенного [фактору;](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA)

б) експериментальне [виключення](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D1%8F%D1%82%D0%BE%D0%BA-%D0%B2%D0%B8%D0%BA%D0%BB%D1%8E%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F) антропогенних [факторів;](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA)

в) порівняння з біологічними системами, які в минулому піддавалися впливу, або слабо чи зовсім не підданих дії антропогенних [факторів.](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA)



Рис. 4 – Схема доцільності біоіндикації

***Відносні стандарти порівняння***:

а) кореляція зі змінами антропогенних [факторів;](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA)

б) встановлення еталонних об’єктів, що випробують незначний або відомий антропогенний вплив.

**4.Рівні біоіндикації і принципи добору біологічних показників для біоіндикації**

Біоіндикація проводиться на всіх рівнях організації живого: макромолекул, клітин, організмів, популяцій, угрупувань і екосистеми.

У відповідності з організаційними рівнями біологічних систем можна встановити різні рівні біоіндикації:

1-й рівень: біохімічні і фізіологічні реакції;

2-й рівень: анатомічні, морфологічні, біоритмічні й поведінкові відхилення;

3-й рівень: флористичні і фауністичні зміни;

4-й рівень: ценотичні зміни;

5-й рівень: біогеоценотичні зміни;

6-й рівень: зміна ландшафтів.

[Зазвичай](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B7%D0%B0%D0%B7%D0%B2%D0%B8%D1%87%D0%B0%D0%B9) [з](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D1%96%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%BC%D0%B8-%D0%B2%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B8%D1%85-%D1%81%D0%BB%D1%96%D0%B2) підвищенням рівня організації біологічних систем зростає і складність будови, й одночасно ускладнюються їхні зв’язки з [навколишнім середовищ](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F)ем. [При цьому](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D1%87%D0%B0%D1%81) біоіндикація на нижчих рівнях є [складовою](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%81%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%BA) біоіндикації на вищих рівнях. У той ча[с як на](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B0-%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4-%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%B2%D0%BD%D1%8F%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%BC-%D0%B7%D0%B2%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BC) нижчих рівнях організації біологічних систем переважають прямі, специфічні [види](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%80%D1%96%D0%B7%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B4-%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%94%D0%B2%D0%B8%D0%B4-%D0%BF%D0%BE%D1%81%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BA%D0%B0-%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7-%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D0%B8) індикації, зв’язані з впливом будь-якого визначеного стресора, на вищих рівнях здійснюється непряма біоіндикація.

Механізми, що лежать в основі пошкодження [деяких](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%B5%D1%8F%D0%BA%D0%B8%D0%B9-%D0%BF%D0%BE%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%BE%D0%BA%D0%B8%D0%B9-%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B9) клітин, організмів, популяцій, або угруповань живих організмів [за](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B1%D1%96%D0%BB%D1%8F-%D0%BA%D1%80%D0%B0%D0%B9-%D0%B7%D0%B0-%D0%BF%D1%96%D0%B4-%D1%87%D0%B0%D1%81-%D1%83-%D1%80%D0%B0%D0%B7%D1%96) впливом того самого [фактору,](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) що ушкоджує, будуть відрізнятися, тому що кожен із рівнів структури живого описується визначеним набором показників, що належать тільки до [цього](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%86%D0%B5%D0%B9-%D0%B7%D0%B0%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B9-%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B9) рівня.

Добір цих показників для біоіндикації проводиться [виходячи з](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B7%D0%B2%D0%B0%D0%B6%D0%B0%D1%8E%D1%87%D0%B8-%D0%BD%D0%B0-%D0%B7-%D0%BE%D0%B3%D0%BB%D1%8F%D0%B4%D1%83-%D0%BD%D0%B0) визначених критеріїв, що утворюють [три](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B2%D1%96%D1%80%D1%82%D0%B5-%D1%83%D0%B7%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D1%96%D0%B7-%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D1%96%D0%B2%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%BC) групи. Перша група складається з критеріїв, що характеризують фундаментальність біологічного впливу, це:

1) існування зв’язку між обраною змінною й такими показниками, як ріст, відтворення, виживаність особин, популяцій, угруповань і екосистеми [загалом;](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B7%D0%B0%D0%B3%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%BC)

2) характер зв’язку між змінною, що спостерігається й реакціями на нижчих і вищих рівнях організації;

3) специфічність реакції змінної на [фактор,](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) що його [спричиняє;](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B2%D0%B8%D0%BA%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D1%96-%D1%81%D0%BF%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B8%D0%BD%D1%8F%D1%82%D0%B8)

4) можливість повернення змінної до свого первісного значення після припинення дії [фактору;](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA)

5) специфічність дії [фактору](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) для визначеної групи організмів.

Друга група включає критерії, що оцінюють ефективність біологічних вимірів, це:

1) характер зв’язку реакції змінної з діючим забрудненням;

2) інтенсивність діючого [фактору,](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) що [спричиняє](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B2%D0%B8%D0%BA%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D1%96-%D1%81%D0%BF%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B8%D0%BD%D1%8F%D1%82%D0%B8) реакцію змінної, що спостерігається

3). межі зміни величини діючого [фактору,](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) що [викликає](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B2%D0%B8%D0%BA%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D1%96-%D1%81%D0%BF%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B8%D0%BD%D1%8F%D1%82%D0%B8) ефект, що спостерігається;

4) величина проміжку часу, [упродовж](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%83%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B6) якого формується реакція (години, дні, роки);

5) легкість виявлення перевищення реакції над природним фоном;

6) точність виміру реакції змінної, що спостерігається.

Третю групу утворюють критерії, що характеризують практичну цінність змінних, обраних для біоіндикації, це:

1) [оцінка](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BE%D1%86%D1%96%D0%BD%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F) вартості виміру реакції змінної, котра включає вартість капітального устаткування, навчання персоналу і штатів;

2) [оцінка](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BE%D1%86%D1%96%D0%BD%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F) діапазону використання реакції змінної.

**5.Поняття біоіндикатор. Чутливість і вірогідність біоіндикаторів. Вимоги до біоіндикаторів**

Організми або угруповання організмів, життєві [функції яких](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B0-%D0%BC%D1%96%D0%B6-%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8-%D1%81%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE-%D1%80%D0%B5%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F) тісно корелюють із визначеними [факторами](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) середовища й можуть застосовуватися для їхньої [оцінки,](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BE%D1%86%D1%96%D0%BD%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F) називаються біоіндикаторами.

Біотичний компонент геосистем, що [є](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B1%D1%83%D1%82%D0%B8-%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B1%D1%83%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D0%BC%D1%96%D1%81%D1%82%D0%B8%D1%82%D0%B8%D1%81%D1%8F) під впливом літосфери й атмосфери й має велику чутливість до умов середовища існування, можна розглядат[и як індикатор.](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B0-%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4-%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%B2%D0%BD%D1%8F%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%BC-%D0%B7%D0%B2%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BC)

[За допомогою](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%BE-%D0%B4%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B3%D1%83) біоіндикаторів принципов[о можливо:](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D1%96%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%BC%D0%B8-%D0%B2%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B8%D1%85-%D1%81%D0%BB%D1%96%D0%B2)

* виявляти місця скупчень в екологічних системах різного роду забруднень;
* простежити швидкість змін, що відбуваються в [навколишньому середовищ](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F)і;
* тільки [за](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%BE) [біоіндикаторами](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%BE-%D0%B8%D1%85-%D0%B0%D1%85-%D1%8F%D1%85) можна судити про ступінь шкідливості тих або інших речовин для живої природи;
* спрогнозувати подальший розвиток екосистеми.

Якщо біоіндикатор реагує значним відхиленням життєвих показників від норми, то він є чутливим біоіндикатором. Акумулятивні біоіндикатори, накопичують антропогенну дію без швидких проявів порушень. Таке значне накопичення, забруднення, поступово перевищує звичайний рівень, частіш[е за все](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BD%D0%B0%D0%B9%D0%B2%D0%B8%D1%89%D0%B8%D0%B9-%D1%81%D1%82%D1%83%D0%BF%D1%96%D0%BD%D1%8C-%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%B2%D0%BD%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D1%8F) проходить на рівні екофізіологічних або біоценотичних процесів.

Залежно від часу розвитку біоіндикаційних реакцій можна виділити шість різних типів чутливості.

І тип: біоіндикатор дає через певний час, [упродовж](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%83%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B6) якого він ніяк не відповідав на дію [(відсутність](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B7%D0%B0-%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BC-%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%83%D1%94-%D0%BD%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%94) ефективного рівня), одноразову сильну реакцію і втрачає чутливість (вище [верхнього](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B3%D0%BE%D1%80%D1%96%D1%88%D0%BD%D1%96%D0%B9) ефективного рівня).

ІІ тип: як і в першому випадку, реакція миттєва й сильна, але продовжується деякий [час після чого](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B0-%D0%BC%D1%96%D0%B6-%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8-%D1%81%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE-%D1%80%D0%B5%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F) різко зникає.

ІІІ тип: біоіндикатор реагує з моменту виявлення порушеної дії з однаковою інтенсивністю [упродовж](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%83%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B6) довгого проміжку часу.

IV тип: після миттєвої сильної реакції спостерігається її припинення, спочатку швидке, потім більш повільніше.

V тип: [при](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B1%D1%96%D0%BB%D1%8F-%D0%BA%D1%80%D0%B0%D0%B9-%D0%B7%D0%B0-%D0%BF%D1%96%D0%B4-%D1%87%D0%B0%D1%81-%D1%83-%D1%80%D0%B0%D0%B7%D1%96) появі порушеної дії починається реакція, яка стає все більш інтенсивною, поки не досягне максимуму, а потім поступово припиняється.

VI тип: реакція V-го типу багаторазово повторюється; виникає осциляція біоіндикаторних параметрів (рис. 5).



Рис. 5 – Типи чутливості біоіндикаторів, та розвитку реакції в часі (за Stocker, 1980), де: ч – чутливість, [с](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B7-%D1%96%D0%B7-%D0%B7%D1%96) – дія стресора

Біологічні системи, застосування яки[х можливо д](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D1%96%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%BC%D0%B8-%D0%B2%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B8%D1%85-%D1%81%D0%BB%D1%96%D0%B2)ля виявлення шкідливих антропогенних речовин, досить різноманітні.

Біоіндикатори розподілені [за](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%BE) ***шести групами***:

1.Мікробіологія. Мікроорганізми швидко реагують на забруднення води і ґрунту. Деякі [мікроорганізми особливо](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B0-%D0%B4%D0%BB%D1%8F-%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D1%96%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D0%B7%D0%B2%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%82%D1%96%D0%B2) чуттєві до визначених речовин, інші беруть участь у розпаді забруднень. Зміни в угрупуваннях мікроорганізмів, зменшення видового [складу може б](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D1%96%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%BC%D0%B8-%D0%B2%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B8%D1%85-%D1%81%D0%BB%D1%96%D0%B2)ути [спричинено](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B2%D0%B8%D0%BA%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D1%96-%D1%81%D0%BF%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B8%D0%BD%D1%8F%D1%82%D0%B8) присутністю в середовищі специфічних токсичних агентів.

2.Ботаніка. Для виявлення специфічних забруднень повітряного басейну і для відстежування його динаміки можливе застосування чуттєвих видів. До їхнього числа [належать](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%B2%D0%B8%D1%82%D0%B8%D1%81%D1%8F-%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B5%D0%B6%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%81%D1%83%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%81%D1%8F) нижчі рослини, лишайники, гриби, велика кількість вищих рослин. Відповідний добір організмів [дає змогу](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%B0%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D0%B7%D0%BC%D0%BE%D0%B3%D1%83-%D0%BD%D0%B0%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D1%83) знайт[и як тривалі,](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B0-%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4-%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%B2%D0%BD%D1%8F%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%BC-%D0%B7%D0%B2%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BC) так і короткочасні впливи забруднення. Толерантні або індикаторні [види](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%80%D1%96%D0%B7%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B4-%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%94%D0%B2%D0%B8%D0%B4-%D0%BF%D0%BE%D1%81%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BA%D0%B0-%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7-%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D0%B8) використовуються для визначення меж поширення певних ґрунтових умов. Вони вказують на рН ґрунту, його родючість, концентрацію важких металів і можуть бути використані для картографування ґрунтів.

3.Зоологія. Вивчення [певних](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%B5%D1%8F%D0%BA%D0%B8%D0%B9-%D0%BF%D0%BE%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%BE%D0%BA%D0%B8%D0%B9-%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B9) видів, а також цілих [угруповань може с](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D1%96%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%BC%D0%B8-%D0%B2%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B8%D1%85-%D1%81%D0%BB%D1%96%D0%B2)тати джерелом інформації, що стосується нагромадження хімічних речовин у тілі тварин.

4. Клітинна біологія і генетика. Чуттєвими біоіндикаторами є клітинні й субклітинні [(в т.ч.](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B2%D0%BA%D0%BB%D1%8E%D1%87%D0%BD%D0%BE-%D0%B7) хромосоми) компоненти організму, адаптовані до визначених умов природного середовища. Зараз [є](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%96%D1%81%D0%BD%D1%83%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D0%B1%D1%83%D1%82%D0%B8) чисельні тест-системи *in vitro* і *in vivo* для коротко- і довгострокового спостереження за змінами [навколишнього середовищ](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F)а.

5.Порівняльна фізіологія. Багато тварин, з появою нових агентів у [навколишньому середовищ](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F)і, змінюють свою поведінку. Забруднювач, потрапивши на покриви тіла або в органи [дихання може б](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D1%96%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%BC%D0%B8-%D0%B2%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B8%D1%85-%D1%81%D0%BB%D1%96%D0%B2)ути видалений рефлекторним [шляхом.](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B7-%D0%B7%D0%B0-%D0%B4%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D1%8E-%D1%83-%D1%82%D0%B0%D0%BA%D0%B8%D0%B9-%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%81%D1%96%D0%B1) Деякі забруднювачі так змінюють поверхню зіткнення, що порушуються життєво важливі обмінні процеси. Забруднення, що потрапило в організм з їжею – виводиться травним трактом, або проникає в організм, де впливає на функціонування ендокринної, нервової, м’язової, серцево-судинної і видільної систем, функціональні зміни можуть бути досліджені на морфологічному, біохімічному і фізіологічному рівнях і вказують на присутність у [навколишньому середовищ](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F)і небезпечних речовин.

6. Гідробіологія. Зони розподілу або спектр видів, чуттєвих до якості води, відображають стан водного басейну. Необхідно тільки обрати відповідний вид-індикатор для конкретних токсикантів.

Узагальнена схема сучасної класифікації біоіндикаторів представлена на рис. 6.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| БІОІНДИКАТОРИ | |  |
|  |  | |
|  | Прямі, непрямі | |
|  |  | |
|  | [Позитивні,](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B5%D1%80%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%B9-%D0%B4%D0%BE%D0%B4%D0%B0%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%B9) [негативні](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B7%D0%B0%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9-%D0%B2%D1%96%D0%B4_%D1%94%D0%BC%D0%BD%D0%B8%D0%B9) | |
|  |  | |
|  | Специфічні, неспецифічні | |
|  |  | |
|  | Часткові, комплексні | |
|  |  | |
|  | Панареальні, регіональні, локальні | |
|  |  | |
|  | Аерофотогенічні, ультрадеципієнтні | |

Рис. 6 – Класифікація біоіндикаторів

Біоіндикатори можуть бути ***прямими й непрямими***. Якщо реакція живого організму [спричинена](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%81%D0%BF%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B9-%D1%8F%D0%BA%D1%89%D0%BE-%D0%BD%D0%B5%D0%B3%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B2) безпосередньо впливом зовнішнього [фактору,](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) то мова йде про пряму індикацію. У непрямих індикаторів реакція виникає через систему опосередкованих взаємозалежних реакцій і прямо не зв’язана зі стресовим впливом.

Біоіндикатори бувають [***позитивними***](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B5%D1%80%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%B9-%D0%B4%D0%BE%D0%B4%D0%B0%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%B9) ***й*** [***негативними***.](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B7%D0%B0%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9-%D0%B2%D1%96%D0%B4_%D1%94%D0%BC%D0%BD%D0%B8%D0%B9) [Позитивні](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B5%D1%80%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%B9-%D0%B4%D0%BE%D0%B4%D0%B0%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%B9) біоіндикатори характеризуються збільшенням реакції (кількісних характеристик)зі збільшенням стресового [фактору.](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA)

***Залежно від реакції біоіндикатора на певний стресовий*** [***фактор***](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) виділяють специфічний і неспецифічний характер біоіндикації. У випадку специфічної біоіндикації реакція організму є характерною для якого-небудь стресора. [Є](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%96%D1%81%D0%BD%D1%83%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D0%B1%D1%83%D1%82%D0%B8) такі [види,](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%80%D1%96%D0%B7%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B4-%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%94%D0%B2%D0%B8%D0%B4-%D0%BF%D0%BE%D1%81%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BA%D0%B0-%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7-%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D0%B8) у яких можуть з’являтися явні симптоми впливу, що свідчать про присутність у [навколишньому середовищ](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F)і одного або декількох забруднюючих речовин. Вони можуть також виявляти і специфічні симптоми, що [дає змогу](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%B0%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D0%B7%D0%BC%D0%BE%D0%B3%D1%83-%D0%BD%D0%B0%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D1%83) проводити й кількісні виміри рівня забруднення. Однак часто в біоіндикаторів, особливо рослин, та [сама реакція](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BD%D0%B0%D0%B9%D0%B2%D0%B8%D1%89%D0%B8%D0%B9-%D1%81%D1%82%D1%83%D0%BF%D1%96%D0%BD%D1%8C-%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%B2%D0%BD%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D1%8F) [спричинена](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%81%D0%BF%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B9-%D1%8F%D0%BA%D1%89%D0%BE-%D0%BD%D0%B5%D0%B3%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B2) різними стресорами або [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) сукупністю.

Здатність організмів однаково реагувати на зміну [факторів](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) середовища ускладнює виявлення справжніх причин прояву реакції. У такому випадку говорять про неспецифічну індикацію. Ця властивість біоти ускладнює процес одержання інформації з принципу «вплив – реакція». Для виявлення причин порушень необхідні вивчення хімічного складу абіотичних компонентів екосистеми й порівняльна [оцінка](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BE%D1%86%D1%96%D0%BD%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F) нагромадження полютантів у рослинах із фоновими характеристиками.

Якщо [в](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B1%D1%96%D0%BB%D1%8F-%D0%BA%D1%80%D0%B0%D0%B9-%D0%B7%D0%B0-%D0%BF%D1%96%D0%B4-%D1%87%D0%B0%D1%81-%D1%83-%D1%80%D0%B0%D0%B7%D1%96) біоіндикаційних дослідженнях використовується один параметр, то говорять про ***частковий біоіндикатор***. У тому випадку, коли застосовується система біоіндикаційних ознак, говорять про ***комплексний біоіндикатор***.

[Біоіндикація може п](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D1%96%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%BC%D0%B8-%D0%B2%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B8%D1%85-%D1%81%D0%BB%D1%96%D0%B2)роводитися [при](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B1%D1%96%D0%BB%D1%8F-%D0%BA%D1%80%D0%B0%D0%B9-%D0%B7%D0%B0-%D0%BF%D1%96%D0%B4-%D1%87%D0%B0%D1%81-%D1%83-%D1%80%D0%B0%D0%B7%D1%96) наземних польових дослідженнях і [при](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B1%D1%96%D0%BB%D1%8F-%D0%BA%D1%80%D0%B0%D0%B9-%D0%B7%D0%B0-%D0%BF%D1%96%D0%B4-%D1%87%D0%B0%D1%81-%D1%83-%D1%80%D0%B0%D0%B7%D1%96) дешифруванні аерокосмічних матеріалів. [***За***](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%BE) ***ступенем дешифрування*** індикатори діляться на аерофотогенічні (добре помітні на матеріалах дистанційних зйомок) й улътрадеципієнтні (помітні [при](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B1%D1%96%D0%BB%D1%8F-%D0%BA%D1%80%D0%B0%D0%B9-%D0%B7%D0%B0-%D0%BF%D1%96%D0%B4-%D1%87%D0%B0%D1%81-%D1%83-%D1%80%D0%B0%D0%B7%D1%96) детальних наземних дослідженнях).

***За******ступенем географічної стійкості*** зв’язку з об’єктом індикації виділяють індикатори: панареальні – що зберігають однаковий зв’язок з об’єктом індикації на всій території, у [межах якої](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B0-%D0%BC%D1%96%D0%B6-%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8-%D1%81%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE-%D1%80%D0%B5%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F) вони [зустрічаються,](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BF%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%B8%D1%81%D1%8F) тобто в межах усього ареалу; регіональні – що зберігають своє значення лише в межах однієї чи декількох [областей](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%81%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B0-%D0%B3%D0%B0%D0%BB%D1%83%D0%B7%D1%8C-%D0%B7%D0%BE%D0%BD%D0%B0-%D1%86%D0%B0%D1%80%D0%B8%D0%BD%D0%B0-%D0%B4%D1%96%D0%BB%D1%8F%D0%BD%D0%BA%D0%B0) із подібними фізико-географічними умовами; локальні – що [здатні](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D0%B7%D0%B4%D0%B0%D1%82%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C-%D0%BE%D0%BF%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D1%83%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B8) утворювати стійкий зв’язок з об’єктом індикації тільки на визначеній території.

Панареальні індикатор[и](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D1%96%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%BC%D0%B8-%D0%B2%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B8%D1%85-%D1%81%D0%BB%D1%96%D0%B2) [зазвичай](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B7%D0%B0%D0%B7%D0%B2%D0%B8%D1%87%D0%B0%D0%B9) [є](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D1%96%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%BC%D0%B8-%D0%B2%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B8%D1%85-%D1%81%D0%BB%D1%96%D0%B2) прямими, регіональні й локальні індикатори частіше бувають непрямими.

Істотною рисою біоіндикаторів є чутливість. Проява реакції організму [за](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B1%D1%96%D0%BB%D1%8F-%D0%BA%D1%80%D0%B0%D0%B9-%D0%B7%D0%B0-%D0%BF%D1%96%D0%B4-%D1%87%D0%B0%D1%81-%D1%83-%D1%80%D0%B0%D0%B7%D1%96) незначними відхиленнями характеризуєтьс[я як рання](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B0-%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4-%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%B2%D0%BD%D1%8F%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%BC-%D0%B7%D0%B2%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BC) індикація. Частина видів, навпаки, накопичує вплив без швидкого прояву. Такі біоіндикатори називаються акумулятивними. Якщо біоіндикатор реагує значним відхиленням життєвих проявів від норми, то він є чутливим біоіндикатором. До чутливих біоіндикаторів [належать](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%B2%D0%B8%D1%82%D0%B8%D1%81%D1%8F-%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B5%D0%B6%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%81%D1%83%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%81%D1%8F) лишайники, мохи, ґрунтові і водні мікроорганізми (водорості, бактерії, мікрогриби). У ролі біоіндикаторів можуть бути використані пилок рослин, хвоя сосни звичайної та ін.

[Серед](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%81%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%89%D0%B5) тварин також виділяють групи організмів, що позитивно або негативно реагують на різні форми антропогенної трансформації середовища (ракоподібні, хірономіди, молюски, та ін.).

Чутливими біоіндикаторами можуть слугуват[и як](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B0-%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4-%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%B2%D0%BD%D1%8F%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%BC-%D0%B7%D0%B2%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BC) [певні](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%B5%D1%8F%D0%BA%D0%B8%D0%B9-%D0%BF%D0%BE%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%BE%D0%BA%D0%B8%D0%B9-%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B9) процеси в клітині й організмі (зміна ферментативної активності, зміна в пігментному комплексі), так і морфологічні зміни (зміни форми й розміру листкової пластинки, зменшення тривалості життя хвої).

***За ступенем вірогідності*** виділяють [такі](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%82%D0%B0%D0%BA%D0%B8%D0%B9-%D1%83-%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BB%D1%96%D0%BA%D1%83) індикатори:

Виняткові – поширені тільки на об’єкті індикації й не [зустрічаються](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BF%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%B8%D1%81%D1%8F) на інших. Спряженість 95-100 %.

Постійні – поширені майже на всіх об’єктах індикації і практично не [зустрічаються](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BF%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%B8%D1%81%D1%8F) на інших. Спряженість 80-95 %.

Змінні – поширені здебільшого на об’єктах індикації, але [зустрічаються](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BF%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%B8%D1%81%D1%8F) й на інших. Спряженість 60-80 %.

Відносні – поширені на об’єктах індикації в тій же кількості, що й на всіх інших об’єктах. Спряженість 40-60 %.

Індиферентні – не мають переваги в поширенні на об’єкті індикації й [зустрічаються](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BF%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%B8%D1%81%D1%8F) рівнозначно на інших об’єктах. Спряженість 40-10 %.

[Негативні](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B7%D0%B0%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9-%D0%B2%D1%96%D0%B4_%D1%94%D0%BC%D0%BD%D0%B8%D0%B9) – поширені на об’єктах фону й не [зустрічаються](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BF%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%B8%D1%81%D1%8F) зовсім або дуже рідко на об’єкті індикації. Спряженість 0-10 %.

Одна з розповсюджених шкал вірогідності приведена нижче (табл. 2).

Таблиця 2 – Шкала вірогідності індикатора

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Число випадків, у % від загальної кількості | | Ступінь вірогідності |
| індикатор, що виявлений на об’єкті індикації | індикатор, що виявлений поза об’єктом індикації |
| 100 | 0 | Найвища (абсолютний індикатор) |
| 90 | 10 | Висока (надійний індикатор) |
| 75-89 | 11-25 | Достатня (задовільний індикатор) |
| 61-74 | 26-39 | Низька (сумнівний індикатор) |
| 60 | 40 | Незначна (індикація не можлива) |

Для [оцінки](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BE%D1%86%D1%96%D0%BD%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F) індикаторної [значимості](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B7%D0%BD%D0%B0%D1%87%D1%83%D1%89%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C) визначають частоту зустрічальності індикатора у відсотках, [по](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%BE) [величині якої](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B0-%D0%BC%D1%96%D0%B6-%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8-%D1%81%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE-%D1%80%D0%B5%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F) Б. В. Віноградов (1964) запропонував виділяти [такі](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%82%D0%B0%D0%BA%D0%B8%D0%B9-%D1%83-%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BB%D1%96%D0%BA%D1%83) індикатори:

Фонові – [зустрічаються](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BF%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%B8%D1%81%D1%8F) на 80-100 %майданчиків об’єкта індикації.

Рясні – [зустрічаються](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BF%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%B8%D1%81%D1%8F) на 60-80 % [майданчиків](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BC%D0%B0%D0%B9%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D1%87%D0%B8%D0%BA-%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D1%89%D0%B0) об’єкта індикації.

Спорадичні – [зустрічаються](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BF%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%B8%D1%81%D1%8F) на 40-60 % [майданчиків](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BC%D0%B0%D0%B9%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D1%87%D0%B8%D0%BA-%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D1%89%D0%B0)  об’єкта індикації.

[Рідкісні](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%80%D1%96%D0%B4%D0%BA%D1%96%D1%81%D0%BD%D0%B8%D0%B9-%D0%BD%D0%B5%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%B9) – [зустрічаються](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BF%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%B8%D1%81%D1%8F) на 20-40 % [майданчиків](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BC%D0%B0%D0%B9%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D1%87%D0%B8%D0%BA-%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D1%89%D0%B0)  об’єкта індикації.

Одиничні – [зустрічаються](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BF%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%B8%D1%81%D1%8F) на 5-20 % [майданчиків](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BC%D0%B0%D0%B9%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D1%87%D0%B8%D0%BA-%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D1%89%D0%B0) на об’єкта індикації.

Індикатори можуть мати різні спряженість і зустрічальність.З огляду на співвідношення спряженості й зустрічальності, виділяються [такі](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%82%D0%B0%D0%BA%D0%B8%D0%B9-%D1%83-%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BB%D1%96%D0%BA%D1%83) біоіндикатори:

Абсолютні – мають найбільше індикаторне значення. Вони характеризуються високою спряженістю і високої зустрічальністю.

Унікальні – мають високу спряженість і знижену зустрічальність на об’єкті індикації.

Вульгарні – мають низьку спряженість, але високу зустрічальність на об’єкті індикації.

Біологічні методи допомагають діагностувати [негативні](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B7%D0%B0%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9-%D0%B2%D1%96%D0%B4_%D1%94%D0%BC%D0%BD%D0%B8%D0%B9) зміни в природному середовищі [за](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B1%D1%96%D0%BB%D1%8F-%D0%BA%D1%80%D0%B0%D0%B9-%D0%B7%D0%B0-%D0%BF%D1%96%D0%B4-%D1%87%D0%B0%D1%81-%D1%83-%D1%80%D0%B0%D0%B7%D1%96) низькими концентраціями забруднюючих речовин. [При цьому](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D1%87%D0%B0%D1%81) [види,](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%80%D1%96%D0%B7%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B4-%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%94%D0%B2%D0%B8%D0%B4-%D0%BF%D0%BE%D1%81%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BA%D0%B0-%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7-%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D0%B8) що використовуються – біоіндикатори [мають](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D0%BC%D1%83%D1%81%D0%B8%D1%82%D0%B8-%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D0%BD) задовольняти [таким](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%82%D0%B0%D0%BA%D0%B8%D0%B9-%D1%83-%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BB%D1%96%D0%BA%D1%83) вимогам:

* індикаторами мають бути [види,](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%80%D1%96%D0%B7%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B4-%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%94%D0%B2%D0%B8%D0%B4-%D0%BF%D0%BE%D1%81%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BA%D0%B0-%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7-%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D0%B8) які характерні для природної зони, де розташовується об’єкт індикації;
* організми-індикатори [мають](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D0%BC%D1%83%D1%81%D0%B8%D1%82%D0%B8-%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D0%BD) бути поширені на всій території, що досліджується;
* індикатори [мають](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D0%BC%D1%83%D1%81%D0%B8%D1%82%D0%B8-%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D0%BD) мати чітко виражену кількісну і якісну реакцію на відхилення властивостей середовища існування від екологічної норми;
* біологіявидів-індикаторів [має](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D0%BC%D1%83%D1%81%D0%B8%D1%82%D0%B8-%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D0%BD) бути добре вивчена.

**6. Неспецифічна і специфічна біоіндикація**

Біоіндикаційні дослідження – важливий розділ екологічного моніторингу. Інструментальні методи вимірювання забруднення [навколишнього середовищ](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F)а не можуть замінити біоіндикації, значення якої полягає не у вимірюванні параметрів середовища, а у вивченні відповіді живих організмів на його вплив.

Залежно від реакції організму на [фактори](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) середовища можна виділити різні форми біоіндикації: неспецифічну та специфічну.

Для неспецифічної біоіндикації характерна реакція організму на комплекс [факторів,](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) тод[і як у](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B0-%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4-%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%B2%D0%BD%D1%8F%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%BC-%D0%B7%D0%B2%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BC) специфічної біоіндикації мова йде тільки про реакцію на один [фактор](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) середовища. У природі часто буває невідомим, на який із [факторів](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) середовища реагують популяції та угруповання тварин. [Разом із тим,](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D1%87%D0%B0%D1%81-%D0%B7%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%BC-%D1%81%D0%B0%D0%BC%D0%B5-%D1%82%D0%BE%D0%B4%D1%96) цінним є виявлення комплексної біологічної відповіді на вплив [навколишнього середовищ](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F)а, який неможливо [отримати](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B7%D0%B4%D0%BE%D0%B1%D1%83%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D0%B4%D1%96%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D0%BD%D0%B0%D0%B1%D1%83%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B8) [за допомогою](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%BE-%D0%B4%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B3%D1%83) інструментальних методів дослідження.