**ТЕМА 4. БІОІНДИКАЦІЯ НА РІЗНИХ РІВНЯХ ОРГАНІЗАЦІЇ ЖИВОГО. МОЛЕКУЛЯРНИЙ ТА КЛІТИННИЙ РІВЕНЬ**

**Мета:** визначити особливості біоіндикаційних досліджень на молекулярному та клітинному рівнях організації живої матерії. Розкрити біоіндикаційні ознаки молекулярного та клітинного рівня. Довести доцільність проведення таких досліджень.

**План**

1. Молекулярний рівень: діагностичне значення біохімічних і фізіологічних показників; показові ушкодження молекулярного рівня.

2.Клітинний рівень біоіндикації.

**🖉Основні поняття:** макромолекули, концентрація речовин, ферменти, енергетичний потенціал, лізосомний комплекс, фотосинтез, обмін речовин.

**1. Молекулярний рівень: діагностичне значення біохімічних і фізіологічних показників; показові ушкодження молекулярного рівня**

Розглядаючи [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) організми на молекулярному рівні, що належать до 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) родини, a іноді й до різних таксонів, ми спостерігаємо більше подібності, чим розходження. Високий ступінь подібності молекулярно-клітинної організації й біохімічних перетворень у порівнянні з більш високими рівнями організації характерний для всього живого. Це простежуєтьсяпереходячи від найнижчого рівня організації живого до вищого. Суттєві розходження [виявляються, 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) у близькоспоріднених видів тількипереходячи на більш високі рівні організації (тканинно-органний, організмовий, популяційно-видовий).

Тому, відповідні реакції різних організмів, що [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) до однієї родини або роду, [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) дією токсичних речовин на молекулярному рівні не будуть сильно різнитися. Ц[е](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) [у свою чергу](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%82%D0%B0%D0%BA-%D1%81%D0%B0%D0%BC%D0%BE-%D1%96-%D1%81%D0%BE%D0%B1%D1%96) [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)ає можливість екстраполювати результати, що отримані в [дослідах](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D1%81%D0%B2%D1%96%D0%B4) з одними організмами на клітинному і тканинному рівні на інші.

Діагностичне значення біохімічних і фізіологічних показників. З біоіндикацією тісно пов’язані динамічна рівновага і стабільність біологічних систем. [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) зміні [факторів](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) середовища й під впливом стресорів, тобто антропогенно навантаженні екосистеми можуть переходити в інші стабільні стани. Організми теж [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) у визначених межах адаптуватися до змінених умов існування. У меншому ступені це [стосуєть](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)ся органел, таки[х як мітохондрії](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) або хлоропласти, а також до біохімічних або фізіологічних реакцій. Межі [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) протікання [порівняно](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) вузькі, тому вони досить чуттєві до порушень.

На рівні організмів і екосистем вплив стресорів помітний завдяки появі зовнішніх симптомів – ушкоджень. Наприклад, реакцію індикаторних рослин можна простежити [за](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%BE) виникненням певного ушкодження (некроз, хлороз). На клітинному й субклітинному рівнях вплив стресорів найчастіше прихований від спостереження. Як синоніми в літературі широко використовуються поняття «фізіологічні ушкодження», «латентні ушкодження», «тонкі ушкодження». Однак,досягнувши визначених кількісних параметрів стресора невидимі ушкодження призводять до зниження продуктивності, появі морфологічної мінливості або тератов [і т.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)

Якщо необхідно вчасно запобігти необоротної зміни, то рання діагностика саме цих порушень стає вирішальною, тому що біохімічні і фізіологічні параметри реагують на дуже незначні концентрації стресора. Крім того, біоіндикація на біохімічному і фізіологічному рівні [дає](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) розуміння механізму дії стресорів:

* [видимі](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) симптоми якого-небудь ушкодження – результат змін в обміні речовин рослин і тварин;
* точне знання механізмів дії стресора [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) провести ранню діагностику порушень;
* можна встановити механізм адаптацій і почати [захисні](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) заходи[.](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BC%D1%96%D1%80%D0%B0-%D0%B7%D0%B0%D1%85%D1%96%D0%B4)

Обмін речовин кожної живої клітини підкоряється [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) принципам:

* прив’язаний до молекулярних і надмолекулярних структур;
* організований за типом функціональної і структурної ієрархії;
* високоекономічний;
* [здатний](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 саморегуляції.

Його [задачі](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B0-%D0%B7%D0%B0%D0%B4%D0%B0%D1%87%D0%B0-%D1%96-%D0%B7%D0%B0%D0%B2%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F) можна звести до [таких:](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)

* постачання енергії у формі АТФ, необхідної для численних реакцій;
* постачання попередників – мононуклеотидів, амінокислот, моносахаридів – для синтезу нуклеїнових кислот, білків, вуглеводів;
* біосинтез біомакромолекул – ферментів, гормонів, пігментів, резервних речовин.

За всі процеси обміну речовин, [насамперед](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BD%D0%B0%D1%81%D0%B0%D0%BC%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4-%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4%D1%83%D1%81%D1%96%D0%BC-%D1%89%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D0%B9%D0%BF%D0%B5%D1%80%D1%88%D0%B5),несуть відповідальність нуклеїнові кислоти (носії генетичної інформації) і білки (ферменти і структурні елементи). Необхідно, щоби ці макромолекули функціонували з відповідною швидкістю. Регуляція обміну речовин здійснюється [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) численних ферментів, тому найбільш чуттєві з них можуть бути важливими індикаторами порушень. Стресори насамперед впливають на активність і кількість ферментів.

Показові ушкодження молекулярного рівня. Для біоіндикації вирішальне значення мають дії стресорів на таких етапах обміну речовин:

1) концентрація макромолекул (наприклад, змінюється кількість ферментів);

2) активність макромолекул (наприклад, ферментативна) – [загалом](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B7%D0%B0%D0%B3%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%BC) спостерігається збільшення активності [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) низьких концентраціях забруднюючих речовин і зниження – [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) високих;

3) зниження енергетичного балансу;

4) порушення процесу фотосинтезу;

5) продукування речовин із [захисними](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) функціями (наприклад, пролину), збільшення сахарози і фруктози длясамозахисту;

6) передчасне включення механізмів старіння організму: характерною [ознакою 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) є збільшення вмісту гормонів, що регулюють дозрівання плодів, старіння й опадання листя [і т.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) (етилен, абсцизова кислота й ін.).

Біоіндикаційні ознаки молекулярного рівня.

1. Концентрація (кількість) ферментів, пігментів:

а) хлорофіл – у якості біоіндикаторної ознаки в рослин використовують зменшення вмісту хлорофілу, співвідношення хлорофілі[в а](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) і б, збільшення змісту феофітіну. Зниження вмісту зелених пігментів у [листах може 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)ідбуватися внаслідок руйнування хлорофілів і перетворення [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) у феофітіни під впливом стресорів, що впливають на ферменти, які каталізують утворення цього пігменту;

б) співвідношення каротіноїдів – у листі і хвої, що потрапили під дію фотоокислювачів (фотохімічного смогу) і викидів двоокису сірки, вміст лютеїну підвищується, а β-каротіну знижується;

в) металотіонеїни – процеси детоксикації деяких важких металів у багатьох видів йдуть [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) зв’язування металів із металотіонеїновими білками;дія ртуті в концентрації 5 мкг/л на лосося спонукала значне збільшення концентрації ртуті в тканинах; [тоді, коли](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)  при концентрації ртуті 1 мкг/л такого ефекту не спостерігалося, очевидно, тому, що весь метал утворив комплекси з металотіонеїнами;

г) стероїди – виявлена достовірна кореляція між впливом сублетальних концентрацій деяких забруднюючих речовин і концентрацією стероїдних гормонів у птахів, риб і морських ссавців. Сублетальні концентрації забруднюючих речовин можуть вплинути на ферментні системи, відповідальні за стероїдогенез, щ[о](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) [у свою чергу](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%82%D0%B0%D0%BA-%D1%81%D0%B0%D0%BC%D0%BE-%D1%96-%D1%81%D0%BE%D0%B1%D1%96) [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)изначає функціонування гомеостатичного механізму тварин.

2. Ферментативна активність. За біохімічними і фізіологічними реакціями на антропогенні стресори можна простежити [за](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%BE) [змінами](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%BE-%D0%B8%D1%85-%D0%B0%D1%85-%D1%8F%D1%85) активності визначених ферментів. Вони можуть бути індикаторами порушень обміну речовин:

а) глюкозо-6-фосфатдегідрогеназа – ключовий фермент прямого окислення глюкози, реагує підвищенням активності на різні [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) стресу; підвищення активності [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) перехід на енергетично невигідне розщеплення глюкозишляхом гліколізу;

б) ферменти амінокислотного обміну під дією полютантів змінюють активність, у [результаті 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) підсилюється розпад і знижується синтез білків;

в) пероксидази – підвищують активність у відповідь на посилення утворення токсичних перекисів Н2О2. Визначення цієї активності [дає можливість](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) виявити порушення обміну речовин, що виникає під дією фтористих, транспортних викидів, викидів, що містять двоокис сірки або озон;

г) оксігенази зі змішаною функцією – цитохром P-450 – гемопротеїд, що міститься в оксігеназних системах, можна без перебільшення вважати універсальною молекулою. Вона виявлена в бактерій, вищих рослин і ссавців. Поряд з основними функціями цитохром P-450 [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)рати участь у метаболізмі чужорідних сполук. У певних умовах зміна активності оксігенази організмів природних популяцій, [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)відчити про хронічне або гостре забруднення території нафтопродуктами.

3. Енергетичний баланс. Показник енергетичного стану організмудає змогу оцінювати кількість хімічно зв’язаної енергії, запасеної в пулі аденінових нуклеотидів і доступної в [даний](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) момент для метаболічних процесів в організмі.

Енергетичний стан клітини характеризують [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) «енергетичного заряду» і визначається [за](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%BE) формулою:

$$е.з. =\frac{\left[АТФ\right]+0,5[АДФ]}{АТФ+АДФ+АМФ}.$$

Це [відношення](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) є контрольним критерієм і [мірою](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BC%D1%96%D1%80%D0%B0-%D0%B7%D0%B0%D1%85%D1%96%D0%B4) життєздатності системи. Завдяки механізмам регуляції обміну система АТФ – АДФ – АМФ [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) стабільна.

Встановлено, що активність одних ферментів залежить від концентрації АТФ, активність інших визначається концентраціями АДФ, АМФ або співвідношеннями АТФ/АМФ; АТФ/АДФ. [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) [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 стресорів на утворення АТФ. [Під](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) дією стресора «енергетичний заряд» знижується з 0,8 до 0,2. Зниження його значення до 0,5-0,75 означає, що процеси споживання й акумулювання енергії розбалансовані під впливом несприятливих [факторів.](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) У стресових умовах значення енергетичного потенціалу нижче 0,5. Після видалення стресора енергетичний потенціал знову досягає своєї первісної величини.

Основні переваги методу «енергетичного потенціалу[», як 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) впливу забруднюючих речовин на біоту:

1) різниця між значеннями енергетичного потенціалу в нормальних і стресових умовах є величина постійна для [певного](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) організму;

2) внутрішньовидові розбіжності значень енергетичного потенціалу дуже малі, що [дає можливість](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) працювати з вибіркою невеликого обсягу;

3) відповідь на стресовий [вплив 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 зареєстрована швидше, ніж [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) використанні інших показників.

4. Фотосинтез. Цей процес дуже чуттєвий до зміни [факторів](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) зовнішнього середовища. Під дією стресорів фотосинтез пригнічується. Фотосинтетична активність хлоропластів пов’язана з пігментами, що поглинають випромінювання з [довжиною](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B7%D0%B0%D0%B2%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B6%D0%BA%D0%B8) хвиль від 400 до 700 нм. Хлорофіл виявляє здатність до флуоресценції – спонтанному випромінюванню світла. Ця особливість хлорофілу була запропонован[а як індикаторна](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) ознака порушень, що виникають у рослин під впливом газодимових викидів.

5.Асиміляція СО2. Під дією [SО3]2-, спостерігається гальмування фотосинтетичної фіксації СО2, через конкурентне зв’язування біологічно активною формою двоокису сірки ключового ферменту фотосинтезу – рібулозодіфосфаткарбоксілази.

**2.Клітинний рівень біоіндикації**

Біоіндикація на клітинному рівні [ґрунтується 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) вузьких межах протікання біотичних та фізіологічних реакцій.

Біоіндикації на клітинному рівніспирається на те, що органоїди клітини мають високу чутливість до порушень, 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) дуже швидко виявити незначні концентрації полютантів.

Результат дії полютантів:

* порушення проникності біомембран;
* зміна концентрацій та активності макромолекул;
* акумуляція шкідливих речовин;
* порушення фізіологічних показників клітини, зміна розміру клітини.

Розглянемо вплив полютантів на клітини на прикладі рослин.

Сірчаний газ руйнує клітинну мембрану, у результаті знижується буферна ємність цитоплазми клітини, змінюється її кислотність. Озон та інші окиснювачі порушують проникність мембран. Цей ефект посилюється в присутності йонів важких металів.

Дія полютантів на ферменти: порушується процес нормального приєднання ферменту до субстрату, що відбувається трьома способами:

* до ферменту замість субстрату приєднується полютант-інгібітор з утворенням комплексу Ф-І (отруєння СО2);
* полютант інгібує фермент, розщеплюючи його зв’язок із субстратом;
* приєднуючись до субстрату з ферментом, полютант інгібує його активність – утворюється стійкий комплекс С-Ф-І. У підсумку порушуються біохімічні процеси, наприклад, асиміляція вуглекислого газу в процесі фотосинтезу.

Розглянемо вплив полютантів на біомембрани на прикладі клітин рослин:

Сірчистий газ. SO2 проникає в лист через продихи, потрапляє в міжклітинний простір, розчиняється у воді з утворенням [SO3]2-, [HSO3]- іонів, що руйнують клітинну мембрану. У результаті знижується буферна ємність цитоплазми клітини, змінюються її кислотність і редокс-потенціал.

Озон та інші окисники, наприклад, пероксиацетилнітрат порушують проникність мембран. Цей ефект посилюється в присутності йонів важких металів. У всіх випадках особливому впливу піддаються тилакоїдні мембрани хлоропластів. [Їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) руйнування – основна причина зниження фотосинтезу під впливом полютантів.

Двооксид сірки зв’язується з активним центром ключового ферменту фотосинтезу (рибулозодифосфаткарбоксилази) замість СО2 і гальмує фіксацію СО2 в циклі Кальвіна. Газообмін СО2 гіпотетично є придатним для біоіндикації. Взаємодія SO2 з HS- групами білків, призводить до руйнування ферментів (доведено для малатдегідрогенази).

У клітин рослин під дією різних порушень накопичуються певні [захисні](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) речовини: пролін, аланін, пероксидаза й супероксиддисмутаза, пігменти, аденозинтрифосфорна кислота, білки, вуглеводи, ліпіди.

Показником забруднення [середовища 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)лужити підвищена концентрація полютантів у клітинах живих організмів. Так, виявлена кореляція між вмістом свинцю в листках тису й інтенсивністю автомобільного руху в містах. Накопичення ртуті в пір’ї птахів [дало можливість](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) з використаннямопудал простежити динаміку забруднень ртуттю. Виявлено, що з початку 40-х років ХХ століття вміст ртуті в пір’ї фазанів, куріпок, сапсанів та інших збільшився в 10-20 разів, у порівнянні з 1840-1940 рр.

[Наступний](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) показник забруднення середовища на клітинному рівні – зміна розмірів клітин. Показано, що за газодимового забруднення збільшуються клітини смоляних ходів у хвойних дерев та зменшуються клітини епідермісу листя.

Забруднення середовища також [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) порушення фізіологічних процесів у клітині та плазмоліз. У клітинах рослин під дією кислот і SO2 цитоплазма відшаровується від клітинної стінки.

Шкідливі сполуки, що поглинаються організмом, можуть бути або перетвореніу процесі обміну речовин, або включені в загальний метаболізм. Однак [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) елементів шкідливих [речовин 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 використана лише в невеликих кількостях і присутня в незабруднених організмах лише у вигляді слідів (хлор, важкі метали – свинець, кадмій, цинк), акумуляція яких вище природного [вмісту 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 використан[а як індикаційна](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) ознака для визначення рівня стресового навантаження. Так, наприклад, виявлено тісний зв’язок між вмістом свинцю в листах рослин і інтенсивністю руху в містах.

Зменшення вмісту розчинних білків – загальна індикаторна ознака на клітинному рівні, причиною чого є збільшення [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) розпаду до амінокислот. У вищих рослинах білок пролін бере участь у здійсненні водного балансу, ця амінокислота є індикатором стресу, особливо водного; після впливу багатьох стресорів кількість вільного проліну збільшується.

У рослинах, оброблених SO2, збільшується вміст глюкози і фруктози, що забезпечує механізм самозахисту рослин. Автомобільні викиди й солі свинцю впливають на метаболізм вуглеводів менше, ніж двоокис сірки.

З ростом забруднення газодимовими викидами (ліс → парк → центр міста) відбуваються значні зміни складу жирних кислот, що входять до складу ліпідів. Особливо збільшується концентрація лінолевої й ліноленової кислот. Підвищення концентрації цих кислот спостерігається в листках рослин, що старіють, тому можна вважати, що стресори прискорюють процеси старіння. Автомобільні викиди сильніше діють на збільшення концентрації жирних кислот, чим двоокис сірки.

Далі розглянем[о як забруднення](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) впливає на стан органоїдів клітин.

А. Біомембрани. Будівля і склад біомембрани (бімолекулярної ліпоїдної плівки з білковими шарами, відкладеними з обох її сторін) забезпечують виборчу проникність і спрямований транспорт речовин всередину клітини. SO2 дифундує, подібно СО2 через мембрани клітин, розчиняється у воді клітинної стінки, утворює іони [SO3]2- / [HSO3]-, які руйнують клітинну мембрану. Ці порушення виявляються в підвищенні проникності, зміні рН, ферменти, зв’язані з мембраною, вивільняються й переходять в інші ділянки.

Нормальна клітина [захищена](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) від змін рН. Поглинання SO2 і його перетворення в сірчисту кислоту, змінює буферну ємність клітини, найчастіше вона значно знижується. А так, як каталітичні функції ферментів залежать від рН, зниження буферної [ємності 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 значних порушень обміну речовин. Ушкоджують мембрани клітин озон, важкі метали – кадмій, цинк, нікель.

Б. Зміна внутрішньоклітинних структур:

* розширення цистерн ендоплазматичного ретикулума під впливом Zn;
* відкладення кристалічних включень у хлоропластах квасолі під впливом Cl;
* грануляція цитоплазми й руйнування хлоропластів під впливом SO2, Cl.

В. Стабільність лізосом. Лізосоми в багатьох відносинах є ідеальною клітинною органелою для досліджень інтегральної реакції на вплив несприятливих [факторів](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) середовища. Лізосомний комплекс утворює внутрішньоклітинну травну систему, що [здатна](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) катаболізуват[и як ендогенні](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) клітинні компоненти, так і екзогенні речовини. Вважають, що в нормі основною функцією лізосом є розщеплення цитоплазматичних компонентів всередині вакуолі. У стресових умовах лізосоми можуть перейти на гетерофагію, що включає ендоцитоз (піноцитоз і фагоцитоз). Таким [чином](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) [може 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)ідбуватися внутрішньоклітинне споживання речовин. Однією з фундаментальних біохімічних властивостей лізосом є ізоляція гідролітичних ферментів, щомають величезну руйнівну силу. [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) порушенні стабільності лізосом можлива активізація гідролітичних ферментів і в деяких випадках вихід [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) у цитоплазму, що [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 часткового або повного цитолізу. Виявлено, що лізосоми [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) накопичувати ароматичні вуглеводні, азбест, кремнезем, похідні аміноазобензина, бериліт, металеві порошки і віруси, a також іони Купруму Феруму, Плюмбуму, Цинку, Нікелю, Арґентуму, Ртуті і Плутонію. Коли нагромадження цих речовин у лізосомах перевищувало деякий рівень, мембрани лізосом руйнувалися і, як наслідок, спостерігалася активація та вихід ферментів у цитоплазму.

Г. Зміни розмірів клітини – зменшення клітин епідермісу листів під впливом SO2.

Д. Плазмоліз – відшаровування плазми від клітинної [стінки 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 наслідком дії кислот і SO2.

Е. Хромосомні порушення. Хронічна або випадкова присутність забруднюючих речовин антропогенного [походження 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 різних порушень генетичного плану.

Але, фізіологічні, біохімічні й особливо ферментні аналізи дуже складні й пов’язані з відповідними вимірювальними приладами.

Далеко не в кожному випадку реакція, що спостерігається, [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 ідентифікована з антропогенним стресором. Так, забруднення повітря чітко виявляється лише тоді, коли його вплив суттєво перевищує вплив усіх інших [факторів](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) середовища. Однак біоіндикація на молекулярному і клітинному рівнях із [метою ранньої](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) діагностики необхідна в [областях](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 забрудненням від низького до середнього, де спостерігати [видимі](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) ушкодження організмів ще неможливо.

**ТЕМА 5. БІОІНДИКАЦІЯ НА РІЗНИХ РІВНЯХ ОРГАНІЗАЦІЇ ЖИВОГО.**

**ТКАНИННИЙ ТА ОРГАНІЗМОВИЙ РІВЕНЬ**

**Мета:** засвоїти особливості проведення біоіндикаційних досліджень на тканинному та організмовому рівні. Усвідомити принципи використання ссавців та комах у біоіндикації.

**План**

1.Тканинний рівень біоіндикації: загальна характеристика анатомо-морфологічних відхилень у результаті стресових впливів; макроскопічні зміни морфології рослин; патологічні прояви у тварин.

2.Організмовий рівень біоіндикації: зміна забарвлення листя й тіла тварин, скульптури поверхні; зміна розмірів і продуктивності рослин і тварин; зміна темпів росту, екобіоморфних ознак, показники пошкодження тварин.

3.Ссавці – біоіндикатори забруднення наземних екосистем. Ентомоіндикація.

**🖉Основні поняття:** некрози, хлорози, патологічні прояви у тварин, показники поведінки, фізіологічні показники, ентомоіндикація, популяційні характеристики комах.

**1.Тканинний рівень біоіндикації: загальна характеристика анатомо-морфологічних відхилень у результаті стресових впливів; макроскопічні зміни морфології рослин; патологічні прояви у тварин**

Ще в середині ХІХ ст. були описані пошкодження рослин димом навколо бельгійських і англійських содових фабрик. В деяких країнах морфологічні індикатори використовуються в національній системі моніторингу вже більш 30 років. [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) методів біоіндикації, [що ґрунтуються 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) морфології рослин, отримана велика кількість картосхем антропогенного впливу. Одним із методів, що широко використовуються для екологічної [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 [навколишнього середовищ](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F)а є аналіз особливостей морфологічної будови біологічних об’єктів. Нагромадження полютантів в організмі, порушення метаболізму, призводять до зміни будови тканин, органів і [загалом](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B7%D0%B0%D0%B3%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%BC) до модифікації діагностичних ознак видів.

[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) екологічного стану [навколишнього середовищ](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F)а [використовуючи](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%BE%D0%B1%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%B2%D0%B8%D0%BD) у якості індикаторів морфологічні відхилення організмів, необхідно обирати найбільш чутливі [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 [мають](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) добре виражені, яскраві реакції, які легко розпізнаються на певний антропогенний вплив. Чутливість живих організмів до полютантів залежить від генетичної структури, стадії розвитку, умов зовнішнього середовища, концентрації полютанту і змінюється [протягом](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%83%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B6) вегетаційного сезону залежно від віку біологічн[ого об’єкту.](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B9-%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BC%D1%96%D0%BD%D0%BE%D0%BA-%D0%BE%D0%B1_%D1%94%D0%BA%D1%82%D0%B0)

На практиці такі відхилення вивчаються візуально. Візуальне дослідження анатомо-морфологічних ознак не потребує великих матеріальних витрат, має особливе практичне значення для експрес-оцінки інтенсивності техногенного впливу на екосистеми.

Як індикаторні ознаки ефективно використовувати такі морфологічні показники: висота рослин, довжина й ширина листя, міжвузлів, габітус. У деревних видів можливе дослідження таких морфологічних ознак, як висота стовбурів, висота прикріплення крони, першої живої гілки, висота кірки, що відшаровується, стан і розрідженість крони й ін.

Можливість 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) перерахованих параметрів [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) порівняльному аналізі фонових і антропогенно-порушених територій із застосуванням математичної статистики підвищує надійність і вірогідність прогнозу антропогенної сукцесії і висновків щодо стану екосистеми.

Виникнення виродливих форм (тератов), поява хлорозу й некрозу є крайньою формою прояву стресового впливу. Але такі яскраві відхилення в розвитку організму є лише якісними ознаками стресової ситуації й не дають [уяви](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%83%D1%8F%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F) щодо інтенсивності впливу або частоти стресу.

Перехід до кількісної характеристики досягаєтьсязавдяки використанню бонітировочних шкал некрозів, хлорозів або, наприклад, шкали тривалості життя хвої (листя) деревних порід. Інтенсивність впливу діагностується ступенем поразки (% покриття) листів хлорозом або некрозом, представленої у [вигляді](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) відповідних класів.

Морфологічні показники деревостою можуть свідчити про погіршення середовища мешкання в результаті порушень і (або) забруднень. Такі показники, як висота, діаметр, форма крони, середня відстань між деревами, висота мертвої відірваної кірки, висота прикріплення крони, наявність сушняку і пнів, порівнюються з відповідними фоновими характеристиками. Зміни в порівнянні з фоновими значеннями свідчать про несприятливі умови [місцеперебуванн](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BE%D1%81%D1%96%D0%B4%D0%BE%D0%BA)я деревних видів.

Для добору показників біоіндикації на тканинному й організмовому рівнях пропонуються такі критерії:

1) наявність [даних,](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) що показують зв’язок захворювання з забрудненням;

2) мінливість аномалії залежно від місця, сезону, a також віку й розміру організму;

3) легкість і точність виміру аномалії;

4) відносна стійкість аномалії;

5) витрати часу і вартість одержання [даних;](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)

6) відповідність специфічності аномалії й забруднення;

7) [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) для яких характерна така аномалія;

8) наявність [даних](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) про біологію й екологію видів, що використовуються.

Біоіндикація на тканинному рівні ґрунтується на таких ознаках:

1) відмирання тканин – некроз;

2) передчасне в'янення й опадання листя (дефоліація);

3) патологічні відхилення у тварин.

Макроскопічні зміни морфології рослин.

А. Некрози – відмирання обмежених ділянок тканини, досить специфічні; варто розрізняти (рис. 7):

* крапкові і плямисті некрози – відмирання тканин у [вигляді](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) крапок і плям [(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) дії озону);
* міжжилкові некрози – відмирання листової пластинки між бічними жилками першого [порядку](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%B1%D0%BB%D0%B8%D0%B7%D0%BD%D0%BE-%D0%BB%D0%B0%D0%B4) [(під](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 SO2);
* крайові некрози – характерні, чітко помітні відмирання тканин [по](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%BE) краю листової пластини, наприклад, [спричинений](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B2%D0%B8%D0%BA%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B9-%D1%8F%D0%BA%D1%89%D0%BE-%D0%BF%D0%BE%D0%B7%D0%B8%D1%82%D0%B8%D0%B2) [дією повареної](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) солі, яка використовувалася для танення льоду; сполучення міжжилкових і крайових некрозів [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 появи візерунка типу «риб’ячого кістяка»;
* верхівкові некрози – характерні для хвойних, темно-бурі, різко відмежовані некрози кінчиків хвої під впливом SO2 або знебарвлені – під впливом HF.

[Під час](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) розвитку некрозів спочатку спостерігаються зміни в забарвленні, потім, після загибелі клітин. уражені ділянки призводять до розривів листкової пластинки.

Б. Передчасне в’янення – під дією етилену в теплицях, квітки гвоздики не розкриваються, в’януть пелюстки орхідей.

В. Опадання листя (дефоліація) – 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) випадків з’являється після появи хлорозів і некрозів. [Прикладами 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 зменшення тривалості життя хвої, її опадання, передчасне опадання листя в липи, кінських каштанів, в аґрусу і смородини під дією SO2.

Дефоліація призводить до зменшення асимілюючої [площі,](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BC%D0%B0%D0%B9%D0%B4%D0%B0%D0%BD) скороченню приросту, пробудженню бруньок і передчасному утворенню нових пагонів.

Зручним об’єктом дослідження в таких випадках є хвойні породи, з багаторічною хвоєю. У чистих природних екосистемах середній вік хвої сосни складає в [півд](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D1%96%D0%B2-%D0%BE%D0%BA%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%BE)енної форми 3-4 року, у [півн](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D1%96%D0%B2-%D0%BE%D0%BA%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%BE)ічної – 8-9 років, хвої ялинки – 7-8 років. [Під](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 токсичних газів вік хвої скорочується, так що вдеяких випадках на деревах залишається тільки однолітня хвоя.

Для біоіндикації задимлених територій використовують хвою. Зручними параметрами для цього є верхівкові некрози хвої і тривалість її життя. Такі дослідження можна проводити [упродовж](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%83%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B6) року і використовувати для складання картосхем зон газодимового стресу.

Визначаючи морфологічні зміни варто враховувати вплив кліматичних і едафічних (ґрунтових) [факторів](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) на стійкість рослин. [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) газовому забрудненні на формування некрозів вирішальним чином впливає вологість і освітленість:за високою вологістю повітря і ґрунту рослини [стають 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) сприйнятливими. Узимку зниження стійкості [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) низькими температурами.

Патологічні прояви у тварин. Виразки на шкірі, спостерігалися в багатьох видів риб, що були виловлені поблизу узбережжя й удалині від нього. У тріски, що мешкає у водах [Півн](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D1%96%D0%B2-%D0%BE%D0%BA%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%BE)ічної Європи, часта поява таких виразок [одержала](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 «виразкового синдрому». [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) зв’язок між сезонними проявами цього синдрому, ступенем забруднення вод вуглеводнями і збільшенням у воді концентрацій, потенційно патогенних для риб.

Навесні відсоток хворих риб біля узбережжя вище, ніж удалині, але влітку ця залежність стає менш очевидною. Тому [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) вилові риби [для](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%89%D0%BE%D0%B1-%D0%B4%D0%BB%D1%8F) моніторингу потрібно враховувати сезон. Крім того, варто проводити мікробіологічні тести проб, відібраних із донних опадів і водної товщі.

Ерозія плавців. Це одне з найбільш розповсюджених захворювань риб, яке пов’язане із забрудненням естуарного і прибережного середовища.

Є [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 ерозії плавців. У донних риб, у результаті прямого контакту з забрудненими донними опадами уражаються спинний і анальний плавці, a у пелагічних прибережних риб спостерігається загальна ерозія, але з деякою переважною поразкою хвостового плавця.

Причини ерозії мають комплексний характер і можуть залежати від хімічних агентів (які впливають на епітелій), дефіциту розчиненого кисню у воді і вторинного бактеріального зараження. Систематичне зараження бактеріями не обов’язково пов’язано з появою ерозії плавця, хоча в пробі виразки виявлено багато видів бактерій. Спостереження за цим показником рекомендується проводити з урахуванням сезону року, розміру риб, чутливості [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) умов мешкання й міграції.

Аномалії кістяка. 3a останні роки збільшилося число випадків аномалії кістяка в риб. У літературі наводиться безліч прикладів спинних фузій і скривлень, хребетного стиску (сплощення), аномалій голови і плавця. Такі порушення [трапляються](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 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) природних популяцій, але найчастіше вони спостерігаються в забруднених акваторіях. Зв’язок між частотою появи аномалій кістяка водних хребетних і забрудненням була підтверджена експериментально. Наприклад, хлорорганичний пестицид Кепон, [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) сколіоз у міног, [під](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) дією важких металів у риб спостерігалися викривлення й розриви хребта.

Отже, моніторинг морських хребетних на тканинному рівні включає ретельний огляд риб для виявлення явних аномалій із подальшою рентгеноскопією для виявлення схованих деформацій, наприклад, хребетних спайок. Не представляє особливих труднощів обстеження зябрових тичинок і спинних плавців. Інформативними є планктонні проби [для](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%89%D0%BE%D0%B1-%D0%B4%D0%BB%D1%8F) виявлення виродливих личинок і аномалій у ранньої молоді.

Пухлини були виявлені в представників усіх класів холоднокровних хребетних, двостулкових молюсків і комах. У 60 морських видів тварин із різних груп і місцеперебувань були виявлені інфекційні пухлини. Пухлини в риб і молюсків є потенційно корисним показником для моніторингу морського середовища, але обмежене географічне поширення видів, що мають пухлини, і [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) пухлин у видів, що мають широке географічне поширення, a також нестача [даних](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) про причини дають неможливим використовувати один [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) морської риб[и як універсальний](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.

Використання двостулкових молюсків для моніторингу хімічних канцерогенів у [навколишньому середовищ](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F)і має значні переваги, тому що вони, на відміну від риб, профільтровують великі кількості води [протягом](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%83%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B6) тривалого часу. Важливо також те, що [порівняно](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) невелике число видів живе майже у всіх естуаріях Світового океану.

До того ж[,](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE-%D1%82%D0%BE%D0%B3%D0%BE-%D0%B6-%D0%BA%D1%80%D1%96%D0%BC-%D1%82%D0%BE%D0%B3%D0%BE) рак крові у двостулкових молюсків описаний для чотирьох континентів, і, хочає [докази](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D1%82%D0%B8) на корист[ь як вірусної,](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 хімічної етіології цього захворювання, його виникнення, очевидно, пов’язане з присутністю забруднювача. Методика визначення рака крові в молюсків надзвичайно проста й полягає в спостереженні за каламутністю 0,5 см3 рідини, отриманої з тіла молюска. Нормальні гемоцити прилипають до скла, і крапля швидко стає прозорою. Ракові клітини стають круглими, не прилипають до скла, і [сама крапля](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) дуже схожа на краплю молока.

Імунна реакція. Сучасними імунологічними дослідженнями показано, що риби на противагу безхребетним виробляють високо специфічні антитіла. Виявилось, що антитіла, патогенні для людини, [трапляються](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BF%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%B8%D1%81%D1%8F) в 1,5-6 % риб, що мешкають у затоці Чесапік. Це було відзначено переважно в естуарних районах поблизу великих поселень, причому кроскореляция [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) антитіл невелика.

Ємало [доказів](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D1%82%D0%B8) придушення імунних реакцій безпосередньо забрудненнями. Так, під дією кадмію на риб виявлене зниження ефективності реакції фагоцитів. Були отримані [дані](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) про генетичний добір риб із більш високими рівнями антитіл. [Таким чином](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BE%D1%82%D0%B6%D0%B5-%D1%83-%D1%82%D0%B0%D0%BA%D0%B8%D0%B9-%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%81%D1%96%D0%B1), тест на присутність у риб антитіл, патогенних для людини, [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 важливою частиною моніторингу, особливо цінним для тих видів риб, що мають строго обмежений ареал мешкання.

Лімфоцитоз – захворювання, широко розповсюджене [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) плоских риб. Воно характеризується утворенням пухлиноподібної тканини під шкірою, що містить гіпертрофовані фібробласти розміром до 2 мм. Це захворювання має вірусне походження. [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) думка, що лімфоцитозом частіше хворіють риби, що живуть у забруднених і теплих водах. Тому цей показник можна використовувати для моніторингу, хоча варто пам’ятати, що лімфоцитоз іноді [трапляється](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BF%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%B8%D1%81%D1%8F) [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) популяцій риб і в незабрудненому районі в результаті епідемії. Відомо, що деякі хвороби риб [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) у схованому стані й можуть бути спровоковані дією несприятливих [факторів.](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA)Отже, лімфоцитоз служить раннім сигналом несприятливого стану середовища й [може у](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) визначених умовах успішно використовуватися в системах моніторингу.

Зяброва гіперплазія. [Риба може р](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)еагувати на хімічні речовини гіперплазією (клітинною проліферацією) зябрового епітелію. Але кількісний зв’язок «причина-ефект» не відомі. [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) зяброві проби не представляє особливих труднощів.

Зміна тканини печінки. Відомо, що печінка відіграє важливу роль у детоксикації забруднень. [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) експериментальні [дані,](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) що під дією забруднюючих речовин відбуваються різні паралогічні зміни в тканині печінки, у тому числі утворення пухлин.

**2.Організмовий рівень біоіндикації: зміна забарвлення листя й тіла тварин, скульптури поверхні; зміна розмірів і продуктивності рослин і тварин; зміна темпів росту, екобіоморфних ознак, показники пошкодження тварин**

Основна мета добору біологічних показників на організмовому рівні зводиться до [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) фізіологічного стану особини і її поведінки, a також біологічної [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) концентрації забруднюючих речовин у тілі організмів.Біоіндикація на організмовому рівні використовує такі ознаки:

1) зміна забарвлення листя й тіла тварин, а також скульптури поверхні;

2) зміна розмірів і продуктивності рослин і тварин;

3) зміна форми росту, екобіоморфних ознак;

4) показники поведінки тварин.

Зміна фарбування листя – в [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) випадків неспецифічна реакція на стресори:

хлороз – бліде фарбування листів між жилками (важкі метали, сполуки хлору, хлор); хлороз викликається порушенням співвідношення в організмі Fe і Са; у природних умовах він виникає у рослин [з](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) порушеним водним чи світловим режимом. [Трапляється](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BF%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%B8%D1%81%D1%8F) міжжилковий, верхівковий та інші [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) хлорозу. Ступінь ушкодження [листя 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 виражена в бальній [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) і використовуватис[я як кількісна](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) характеристика [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) аналізі й картографуванні поширення газоподібних токсикантів (рис. 9);

* пожовтіння листя або [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) ділянок листових пластинок (у листяних порід під впливом хлоридів);
* почервоніння листя – нагромадження пігменту антоциану під дією SO2;
* побуріння й побронзовіння (початкова стадія важких некротичних ушкоджень, під дією О3);
* фарбування, [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) яким листові пластинки мають вигляд просочених водою, подібне до морозного пошкодження (початкова стадія некрозів, що [спричинені](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) пероксіацетілнітратом);

Зміна забарвлення тіла тварин. [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) реакцій фарбування тіла на антропогенну зміну середовища, найбільш відомої є «індустріальний меланізм» або «меланізм великих міст». Під меланізмом мається на увазі помітне потемніння первісних світлих форм.

Зміна скульптури поверхні. У комах установлено чітку кореляцію між структурою поверхні тіла, що вивчається [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) електронного мікроскопу й рівнем забруднення середовища.

Зміна розмірів і розташування органів рослин – найчастіше неспецифічна реакція. Аномальна конфігурація листя виявлена в деревних рослин після радіоактивного опромінення. У результаті локальних некрозів виникає виродлива деформація, здуття [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) ділянок листкової пластинки, викривлення пагонів, зрощення й розщеплення [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) органів, збільшення або зменшення частин квітки.

Зміна приросту і плодючості рослин – найчастіше неспецифічні прояви, але широко використовуються в біоіндикації; вимірюють в основному радіальний приріст стовбурів дерев, приріст у довжину пагонів і листків, довжину коренів; зменшення утворення плодових тіл у грибів.

Зміна структури деревини – зниження якості соснової деревини в результаті незначного її утворення влітку і випадання річних кілець під дією SO2; одеревіння коренів злаківпісля обробки гербіцидами.

Ріст – один із найважливіших параметрів, що характеризує стан популяції в конкретних умовах [навколишнього середовищ](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F)а. Оскільки зниження швидкості росту тварин є неспецифічною реакцією на будь-які стресові впливи, варто бути дуже уважнимивикористовуючи цей показник та аналізуючи дані[.](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) Уповільнення [росту 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 через зниження інтенсивності харчування або збільшення витрати енергії, що пов’язано з диханням або виділенням, під дією різних екологічних [факторів](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) – температури, солоності, концентрації О2, концентрації іонів металів, нафти, швидкості руху води й ін. Ріст [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) особин можна вимірювати прямим або непрямим методом. Непрямий метод, або фізіологічна [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) росту є інтегральним, оскільки включає вимір таких фізіологічних змінних, котрі окремо й разом характеризують стан особини.

Незважаючи на те, що лабораторні й польові дослідження з впливу забруднення на показники росту в основному виконані на ракоподібних і двостулкових молюсках, a для риб [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 лабораторні, цей показник варто активно використовувати в програмах моніторингу.

Харчування. Процес харчування складний і включає не тільки травлення, а й поведінкові компоненти: пошук їжі, вибір і лов здобичі, фільтрація їжі з водного стовпа, добування в донних опадах і ін. Зміна швидкості харчування й утворення фекалій служать показниками фізіологічного стану в умовах забруднення. Показник швидкості харчування в природних умовах змінюється в широких межах. Він досить [чуттєвий 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) до невеликих змін кількості доступної їжі, що дуже ускладнює [задачу](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B0-%D0%B7%D0%B0%D0%B4%D0%B0%D1%87%D0%B0-%D1%96-%D0%B7%D0%B0%D0%B2%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F) визначення фонового рівня.

Швидкість споживання кисню. Показник свідчить про фізіологічний ста[н як цілого](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) організму, а так і ізольованих тканин. Однак інтерпретація цього показника утруднена через те, щ[о, 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) не враховується вплив інших екологічних [факторів,](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) таких, як солоність, температура, пора року й ін.

Респіраторна активність. B програмах моніторингу використовуються [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) показники активності дихання в прісноводних риб: частота кашлю, частота оперкулярного руху й частота серцебиття. Частота кашлю змінюється під дією фізичних (зважені тверді частки) або хімічних (важкі метали) [факторів](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) на епітелій зябер. Виміри частоти оперкулярного руху проводилися на багатьох [видах](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) риб у присутності різних забруднювачів. Змін[а](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),[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)ов’язана з рівнем споживання кисню, хоча, [останній 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 збалансований [завдяки](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B7%D0%B0-%D0%BA%D0%BE%D1%88%D1%82-%D0%B7%D0%B0%D0%B2%D0%B4%D1%8F%D0%BA%D0%B8-%D0%B2%D0%BD%D0%B0%D1%81%D0%BB%D1%96%D0%B4%D0%BE%D0%BA) регуляції амплітуди рухів. Зміна частоти серцебиття також пов’язана зі змінами споживання кисню, хоча й у цьому випадку [компенсація 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 досягнута [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 глибини дихання. З трьох показників частота кашлю, очевидно, найбільш чуттєвий і зручний для дослідника.

Виділення й азотний баланс. Продукти виділення морських тварин включають аміак, сечу, амінокислоти й пурини. Баланс між речовинами, що надходять в організм, з їжею і [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) виділенням із продуктами життєдіяльності розраховують [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) рівняння енергетичного балансу й показників росту. У тих випадках, коли вміст азоту в їжі лімітовано, втрата азоту у [виділеннях](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) свідчить про азотне порушення балансу. Швидкість виділення, що перевищує значення норми, свідчить про стресову ситуацію, через порушення харчування під впливом забруднення. Швидкість виділення [азоту 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)ати більше інформації про стан тварини, якщо її розглядати поряд з іншим фізіологічними показниками. [Відношення](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) спожитого кисню до виділеного азоту [(відношення](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) O/N) є індексом катаболічного балансу білка, вуглеводів і липоїдів, та[м як атомні](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) еквіваленти спожитого кисню [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) катаболізмі і виділеного азоту коливаються. Високе значення індексу O/N вказує на перевагу ліпідного або вуглеводного катаболізму над розпадом білків. Теоретичне мінімальне значення O/N [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) винятково білковому катаболізмі дорівнює приблизно 7.

Репродуктивність. Зниження значень показників [росту 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 зниження плідності тварини, тому що на утворення гамет витрачається істотна частина енергії, що запасається. Будь-які зниження показників росту, що спостерігаються, особливо під час дозрівання гамет, можуть бути сигналом різкого зниження репродуктивної здатності батьківського організму. Ембріональні й личинкові стадії розвитку, як правило, найбільш чутливі до токсикантів у порівнянні з дорослими особинами.Вивчаючи дії забруднюючої речовини на відтворення варто мати на увазі, що частина її [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)акопичуватися в ікринках і зберігатися там тривалий час. Контроль за цим нагромадженням [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) з деякою часткою ймовірності прогнозувати [наступні](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) стадії розвитку організму.

Склад крові. [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) стану риб і [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) реакції на зміну [навколишнього середовищ](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F)а в останні роки [почали](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BB%D1%96-%D0%BF%D0%BE%D1%87%D0%B0%D0%BB%D0%B8) частіше використовувати гематологічні методи. Дослідження крові безхребетних у зв’язку з впливом [фактору](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) [навколишнього середовищ](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F)а нечисленні.

Показники поведінки тварин. Перший етап на шляху використання показників поведінки в програмах біоіндикації полягає у [розробці](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%80%D0%BE%D0%B7%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F) якісних і кількісних критеріїв [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) зміни поведінки [під](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) дією антропогенних [факторів.](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) Розрізняють [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) підходи 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) поведінкових реакцій. Перший підхід припускає спостереження за поведінкою тварин, що живуть у природних умовах. Другий – передбачає перенос тварин із лабораторних умов або контрольованих акваторій на деякий час у природні умови. Третій підхід полягає в переносі води й донних опадів із природних умов в акваріуми, у які поміщають тест-організми. Остаточне рішення щодо включення показників поведінки в програми біоіндикаційних досліджень приймають після [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) [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) екологічної [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) і зв’язку з рівнем нагромадження 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 контрольних організмах.

Вибір організму або груп організмів – перший, необхідний крок [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) [розробці](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%80%D0%BE%D0%B7%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F) програм біоіндикації – ґрунтується, на властивостях антропогенно-навантаженої екосистеми. Обраний для біоіндикації організм [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) із появою забруднення своєю поведінкою сигналізувати про зміну умов існування.

**3.Ссавці – біоіндикатори забруднення наземних екосистем. Ентомоіндикація**

Для біоіндикації забруднення наземних екосистем доцільно використовувати [ряд](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BD%D0%B8%D0%B7%D0%BA%D0%B0) ссавців, які значною [мірою](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BC%D1%96%D1%80%D0%B0-%D0%B7%D0%B0%D1%85%D1%96%D0%B4) відповідають вищенаведеним вимогам. Використання природних популяцій ссавці[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) видів є виправданим ще й тому, що в медичній токсикології накопичено чимало [даних,](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) які стосуються впливу різних ксенобіотиків на лабораторних і [свійських](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%81%D0%B2%D1%96%D0%B9%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9) тварин. Це суттєво спрощує вирішення багатьох методологічних проблем саме на ссавцях. З-поміж уже визнаних і потенційних індикаторних видів є мешканці ґрунту й підстилки, що його вкриває, травоїдні [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) гризунів до [великих](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) копитних і, нарешті, хижаки. У таблиці 5 представлені деякі з цих видів. З-поміж них можна знайт[и як консументів](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 порядків, так і масові домінантні [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) консументів нижчих порядків із порівняно коротким життєвим циклом і стійкою динамікою чисельності популяцій. Із комахоїдних заслуговують уваги кроти. Вони поширені на всій території лісової зони, є еврітопними, осілими й антисинантропними. Кроти є вищою ланкою трофічного ланцюжкащодо ґрунтової мезофауни.

У підстилці, яка утворена травами, що загинули, і листям, яке опало, живе багато видів комах. Забруднюючі атмосферу компоненти осаджуються насамперед на підстилці. Тому комахи, які харчуються рослинними залишками, і різноманітні зоофаги утворюють харчовий ланцюжок, у якому відбувається швидка біомагніфікація. Вищим хижакам цього компоненту екосистем є землерийки роду *Sorex*. Найбільш [велика](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) з них, до того ж із широким ареалом поширення – бурозубка звичайна (*S. Araneus* L.).

Таблиця 5 – Ссавці-біоіндикатори забруднення наземних екосистем

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Індикаторний [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) | Середовище існування | Харчова спеціалізація |
| Крот (*Talpa europaea* L. і *Т. altaica* Nikolsky) | Ґрунт | Комахоїдні, ґрунтова мезофауна |
| Землерийка-бурозубка (*Sorexaraneus* L.) | Лісова підстилка | Комахоїдні, мезофауна підстилки |
| Європейська руда полівка (*Clethrionomus glareolus* Schreber) і сибірська червона полівка (*СІ. rutilus* Pall.) | Лісова підстилка | Рослиноїдні |
| Ондатра (мускусний пацюк)(*Ondatra zibethica*) | Прибережна зона | Рослиноїдні |
| Козуля європейська (*Capreolus capreolus*) | Лісова зона | Рослиноїдні |
| Куниця лісова (*Martes lupus*) і соболь (*M. zibellina*) | Лісова зона | Хижаки, лісові гризуни |
| Лисиця звичайна (*Vulpes vulpes*) | Лісова зона | Хижаки, лісові і польові гризуни |

З-поміж дрібних гризунів найбільшу цікавість [як біоіндикатори](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) становлять хом’якоподібні – європейська рижа й сибірська червона полівки, які мають схожі риси екології та охоплюють усю лісову зону Євразії і в цьому сенсі доповнюють один одного, а також поширені тварини, які мешкають біля води – полівка-економка й ондатра. Полівки мають високу й достатньо стійку чисельність, тому використання [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) у біоіндикації забезпечує безперервність спостережень.

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) європейських країн визнанн[я як біоіндикатор](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) [здобула](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) козуля. Очевидно, парним (таким, що доповнює і взаємозамінює) для неї індикаторним [видом](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) [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)лугувати лось, ареал якого останнім часом поширився. Промислові хижаки, що харчуються дрібними гризунами, – куниця й соболь – є схожими за екологією. Ареал їхнього поширення перекриває всю лісну зону Євразії. Проте для того, щоби використовувати ці [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 парні](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) індикатори, необхідно вивчити особливості накопичення ними екотоксикантів у районах спільного існування.

Характерною особливістю лисиці є те, що значна частина харчового раціону добувається нею на сільськогосподарських угіддях. Тому [вона 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)лугувати індикатором забруднення [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) отрутохімікатами сільськогосподарського призначення (різноманітними пестицидами) і важкими мінералами, що містяться в мінеральних добривах.

У літературі накопичена значна кількість [даних](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) про зміну параметрів популяцій комах в антропогенно трансформованих екосистемах. Ці [дані](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) цікаві в плані використання комах як об’єктів біоіндикації. Комахи, дійсно, є перспективною групою тварин для біоіндикаційних досліджень. Вони відрізняються великими видовою та екологічною різноманітністю, різною стійкістю до антропогенних впливів та різними характерними реакціями на них.

[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) визначенні екологічного стану району біоіндикаторне значення мають такі популяційні характеристики комах:

* щільність (відносна чисельність) комах. В екосистемах, що зазнали або зазнають антропогенного впливу, щільність одних видів комах зменшується, інших – збільшується, третіх – істотно не змінюється, четвертих – зазнає стрибкоподібних змін (спочатку зменшується, потім збільшується або навпаки). Різна [реакція 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)рослідковуватися в популяціях одного й того самого [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)
* аналіз фазових портретів комах із різним типом динаміки чисельності (складається [за допомогою](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) графічної інтерпретації щільності популяції та коефіцієнту розмноження) [дає можливість](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) провести імітаційне моделювання багаторічної динаміки [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 у популяції;
* фенотипова структура комах. Мінливість фенотипової структури (співідношення фенотипових форм імаго) [може к](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)орелювати з рівнем забруднення повітря, наприклад, підвищення частки меланістичних (чорних) особин у популяціях. Але тут треба враховувати й те, що ця [мінливість 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 пов’язана із сезонними коливаннями чисельності та річними особливостями клімату, а в деяких видів співвідношення різнозабарвлених [особин 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 стабільною ознакою;
* рівень асиметрії білатеральних морфологічних ознак – різке збільшення рівня асиметрії в популяціях спостерігається у двох випадках: [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) порушенні генного балансу популяції [через](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B7%D0%B0-%D0%BA%D0%BE%D1%88%D1%82-%D0%B7%D0%B0%D0%B2%D0%B4%D1%8F%D0%BA%D0%B8-%D0%B2%D0%BD%D0%B0%D1%81%D0%BB%D1%96%D0%B4%D0%BE%D0%BA) міграцію особин із популяцій, адаптованих до інших умов існування; [під](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 незвичайних умов середовища (індустріального забруднення, температури, радіації тощо);
* статева структура популяцій. На співвідношення статей у комах можуть впливати різні [фактори.](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) Встановити, який [фактор](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) вирішальний тут дуже важко, аледетально досліджуючи популяції модельного [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) в екосистемах можна за індексом співвідношення статей встановити ступінь [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) антропогенної трансформації;
* просторовий розподіл комах у біоценозах – впливають мікрокліматичні умови, структура ландшафту та антропогенні [фактори,](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) [зокрема](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B8-%D0%B1%D1%96%D0%BB%D1%8F-%D0%B7%D0%BE%D0%BA%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B0) вплив пестицидів, солей важких металів, [агро-](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) та лісотехнічні заходи. Вони можуть [спричиняти](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) підвищення активності домінантних видів та [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) міграцію в інші біотопи (збільшується кількість видів – r-стратегів);
* сезонна динаміка імаго. Кліматичні [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) фотоперіодичні та температурні реакції комах, [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) [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) річні цикли. У різних видів вони різні. Співвідношення груп, виділених за типом активності імаго в різних біотопах, [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) кількість можна використовувати для визначення ступеня антропогенного впливу на [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) угруповання;
* внутрішньовидові розміри тіла комах. Доведена тенденція збільшення розмірів тіла комах для популяцій у біотопах із посиленим антропогенним навантаженням;
* спектр життєвих форм. Вивчення спектра життєвих форм імаго населення модельних видів дає змогу охарактеризувати структуру [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) угруповань і встановити зміни, що відбуваються під впливом антропогенної діяльності;
* чисельність екологічних груп в угрупованні комах за біотопічним преферендумом. Об’єктивний показник антропогенної трансформованості біотопів – чисельність екологічних груп за категоріями реліктності в угрупованні, особливо чисельності еврібіонтних видів, які збільшуються в біотопах із підвищенням антропогенного впливу. Кількість стенобіонтних видів у таких біотопах зменшується;
* індекс угруповань модельної групи комах. Цей індекс – об’єктивний показник ступеня антропогенного впливу на біотопи. За його допомогою можна визначити ступінь порушення кожного з біотопів без порівняння з контрольним місцезнаходженням. Індекс угруповань збільшується від біотопів із сильним антропогенним впливом до біотопів зі слабкішим впливом людини, найнижчі його показники – у біотопах із найменшим ступенем антропогенної трансформації. [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) угруповань модельної групи комах на основі індексу [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) угруповань дає змогу виявити найцінніші природні екосистеми, які потребують охорони;
* виявлення основних груп комах щодо [фактору](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) антропогенного впливу. За своїмставленням до антропогенного [фактору](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) комах можна поділити на [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) основні групи: антропофільні, антропоіндиферентні та антропофобні [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) Антропофільні [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) переважають у антропогенних ландшафтах, вони стійкі до антропогенних впливів. Антропоіндиферентні [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) трапля[ються](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BF%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%B8%D1%81%D1%8F) [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) природних, так і в антропогенних ландшафтах, але слабкопорушених. Антропофобні [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) єтільки в природних ландшафтах. У кожній із наведених груп можна виділити дві підгрупи залежно від чисельності [певного](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) [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) в угрупованнях: [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) з високою та низькою чисельністю.

Ступінь антропогенного навантаження на [навколишнє середовищ](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F)е можна визначати й за такими показниками: видовий склад і стаціальний розподіл комах; динаміка, структура та спектри домінування видів; характер вертикального розподілу популяцій ґрунтових комах у профілі ґрунтів; характер анатомо-морфологічних, біохімічних, фізіологічних, імунологічних, цитогенетичних, біоритмологічних і поведінкових відхилень під впливом антропогенних стресорів; визначення концентрації хімічних забруднювачів і радіонуклідів у тілі комах тощо.

[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) доборі кома[х як модельних](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) об’єктів ентомобіоіндикації керуються загальноприйнятими вимогами до організмів-біомоніторів – добра вивченість [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) та внутрішньовидових таксонів, широкий ареал, низька міграційна активність, антисинантропність, висока індикаційна пластичність [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) простота збирання в природі, достатня кількість для відбирання серії проб.

За можливості ентомобіоіндикація забрудненості екосистеми [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) включати [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) [напрями](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BD%D0%B0%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%BC%D0%BE%D0%BA) досліджень: підбір видів-біомоніторів прогнозування раннього антропогенного впливу; прогнозування стану [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) біотичних компонентів екосистеми; діагностику стану екосистеми загалом.

Якщо виходити з положення, що 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) мати спектр кількісної та якісної різноманітності, то пріоритетними в цьому [напрямку](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BD%D0%B0%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%BC) будуть комахи-герпетобіонти, які мешкають у [верхньому](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B3%D0%BE%D1%80%D1%96%D1%88%D0%BD%D1%96%D0%B9) ґрунтовому горизонті – важливій ланці в процесах міграції пестицидів та інших екотоксикантів. [Зазвичай,](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B7%D0%B0%D0%B7%D0%B2%D0%B8%D1%87%D0%B0%D0%B9) що це не виключає використання комах-хортобіонтів, педобіонтів та інших груп. Важливий аспект ентомобіоіндикації – контроль за потенційно небезпечними [видами](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) шкідників, які дають спалахи масового розмноження в особливих екологічних ситуаціях, пов’язаних із господарською діяльністю людини.

Перед проведенням еколого-ентомологічного моніторингу проводять детальне вивчення біологічних параметрів майбутніх видів-біоіндикаторів. Потім складається інтегрована програма діагностики екосистеми з використанням методів ентомобіоіндикації. [Ця](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) програма [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) включати систему тестів для аналізу стану екосистеми, яка базується на сукупності ентомобіоіндикаторів і особливостях [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) реакції відповіді на забруднення середовища. У зв’язку з тим, що можливості використання [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) біологічних параметрів популяцій комах для моніторингу обмежені, виникає необхідність обліку [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) сукупності та тривалих (багаторічних) спостережень на стаціонарних [площах](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BC%D0%B0%D0%B9%D0%B4%D0%B0%D0%BD) двох типів (із сильним і слабким антропогенним впливом). Це дає змогу встановити, спрямований або неспрямований характер мають зміни біологічних параметрів популяцій комах, за якими ведуться спостереження.

### ТЕМА 6. БІОІНДИКАЦІЯ НА ВИЩИХ ІЄРАРХІЧНИХ РІВНЯХ: ПОПУЛЯЦІЯ, ЕКОСИСТЕМА, БІОЦЕНОЗ

**Мета:** набути знання щодо [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) екологічного стану [навколишнього середовищ](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F)а на вищих рівнях існування живої матерії – популяційному, екосистемному та біоценотичному.

**План**

1.Популяційний рівень: добір показових видів; показники популяційного рівня; вплив антропогенних стресорів на динаміку популяцій; вплив антропогенних стресорів на характер поширення рослин і тварин.

2.Біоіндикація на екосистемному та біоценотичному рівні.

**🖉Основні поняття:** екосистема, біоценоз, популяція, екотип, показові ознаки екосистемного рівня, метод комплексної біоіндикації.

**1.Популяційний рівень: добір показових видів; показники популяційного рівня; вплив антропогенних стресорів на динаміку популяцій; вплив антропогенних стресорів на характер поширення рослин і тварин**

Як зазначалося раніше, об’єктом біоіндикаційного [спостереження 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 будь-яка група організмів: від мікрофлори до мегафауни. B тих випадках, коли передбачене використання маловивчених видів, обов’язкове додаткове дослідження їхньої фізіології та біохімії. [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) доборі видів варто враховувати їхній просторовий розподіл. Обмежена [доступність 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) необхідність багаторазового добору проб, a ц[е](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) [у свою чергу](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%82%D0%B0%D0%BA-%D1%81%D0%B0%D0%BC%D0%BE-%D1%96-%D1%81%D0%BE%D0%B1%D1%96) [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)мушує розробляти відповідні вимоги у [відношенні](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) обсягу вибірки й частоти [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) [відбору.](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D0%B1%D1%96%D1%80) Перевагу [слід](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%82%D1%80%D0%B5%D0%B1%D0%B0) віддавати тим [видам,](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 чуттєві до потенційних забруднень, навіть якщо вони мають обмежене екологічне і промислове значення. Можуть виникати труднощі добору проб, що пов’язані з особливостями поведінки організмів залежно від сезону, віку й міграцій. [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) [розробці](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%80%D0%BE%D0%B7%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F) програм біоіндикації варто брати широко розповсюджені в районі, що досліджується [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) [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) доборі видів для біоіндикації віддають перевагу [видам,](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 представляють різні трофічні рівні.

Показники популяційного рівня. Використання показників популяційного рівня залежить від обраних видів. У біоіндикації використовують такі біоіндикаційні показники на популяційному рівні.

А. Ростові показники – [дані](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) про абсолютну або відносну швидкість росту можна [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) вивчаючи структуру популяції або видів певного віку. Оскільки маркірування організмів проводити дуже важко, найкраще використовувати 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 утворюються щорічні мітки.

Б. Зміна плідності особин, що входять у популяцію, [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)відчити про порушення репродуктивного процесу. Цей показник доцільно використовувати для видів, що відкладають [порівняно](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) невелике число яєць.

В. Розподіл і різноманіття видів – є важливим показником стану популяції осілих видів, особливо [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) вивченні градієнту забруднення. Однак показник різноманіття для рухливих форм має велику мінливість, тому його цінність для біоіндикації порівняно невелика.

Г. Структура популяції – 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) цього показника можна використовувати методи визначення вікових груп. Максимальна чутливість структурного показника популяції досягається [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) спостереженні за змінами динаміки популяції.

Д. Біомаса – це структурний показник, визначення якого не представляє великих труднощів. У трав’янистих угрупуваннях зручніше й найпростіше проводити облік біомаси в період максимального розвитку травостою. Одним із найбільш розповсюджених методів, є метод укосів. Для цього на [площі](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BC%D0%B0%D0%B9%D0%B4%D0%B0%D0%BD) розміром 20×25 м розміщають 20 ділянок 0,25×0,25 м, 0,5×0,5 м або 1×1м. Вибір оптимального розміру ділянок визначається загальними запасами й багатством травостою.

Е. Багатство – ця величина змінюється більше, ніж біомаса, якщо вона розглядається для певних груп особин. Сумарне значення багатства, очевидно, менш мінливо, чим багатство [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) популяцій.

Ж. Видове різноманіття – число видів у [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) таксоценоз[і](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),[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)ильно залежить від числа й розміру проби. Вимір різноманіття [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) сумарному числі видів і особин і відносному розмаїтті особинпевного [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)

З. Число вищих таксонів – простим методом [біоіндикації 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 реєстрація числа особин із визначенням [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) [приналежності](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B5%D0%B6%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B5%D0%B6%D0%BD%D0%B8%D0%B9) до роду, родини або [порядку.](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%B1%D0%BB%D0%B8%D0%B7%D0%BD%D0%BE-%D0%BB%D0%B0%D0%B4) Наприклад, виявлено поступове зниження числа таксономічних груп мезофауни в [напрямку](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BD%D0%B0%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%BC) від [відкритого](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B2%D1%96%D0%B4%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B9-%D1%80%D0%BE%D0%B7%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%83%D1%82%D0%B8%D0%B9-%D0%B2%D1%96%D0%B4%D1%96%D0%BC%D0%BA%D0%BD%D1%83%D1%82%D0%B8%D0%B9) моря до забруднених прибережних зон.

Співвідношення первинних продуцентів або [консументів 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 пов’язано із сукцесією і стабільністю угрупування, a співвідношення видів c різними типами [харчування може 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)казувати на переважний [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) енергії, що доступна угрупуванню.

К. Порівняння угруповань – методи порівняння угруповань у просторі й часі [за](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%BE) своєю природою носять статистичний характер. Багато методів зараз широко використовуються і вже маються у [вигляді](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) стандартних обчислювальних програм.

Вплив на динаміку рослинних популяцій. Антропогенні стресори можуть впливати на всі ознаки рослинних популяцій. Найбільше відчутно реагує продуктивність, [яка 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)агаторазово зрости в результаті ослаблення конкуруючих видів. Змінюються також показники народжуваності і смертності, а в результаті щільність популяції (число особин/площа). Популяції з малою чисельністю особин [перебувають](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 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) великою загрозою. У відповідь на антропогенне порушення відбувається розширення або скорочення ареалу популяції. У крайньому випадку це [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 зникнення популяції й до вимирання [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) Дуже важливий, для біоіндикації, добір стійких екотипів до дії антропогенних стресорів.

Екотип – сукупність особин будь-якого [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) організмів, яка пристосована до умов [місцеперебуванн](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BE%D1%81%D1%96%D0%B4%D0%BE%D0%BA)я, має спадкоємні ознаки, що [зумовлені](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B7%D1%83%D0%BC%D0%BE%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B9) екологічно.

У природі різноманіття екотипів є основою для [підтримки](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D1%96%D0%B4%D1%82%D1%80%D0%B8%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F) однакової продуктивності популяції [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) змінними умовами мешкання. [При цьому](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D1%87%D0%B0%D1%81) популяції багатьох видів містять екотипи з високою толерантністю до визначених антропогенних стресорів.

Біоіндикаційне значення має той факт, що в короткий термін (один або декілька вегетаційних періодів) відбувається витиснення чуттєвих і поширення стійких екотипів.

**2.Біоіндикація на екосистемному та біоценотичному рівні**

**Показові ознаки екосистемного рівня.** [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 антропогенних [факторів](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) на природні екосистеми виявляється в зміні [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) видового складу. [Маючи](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) певну стійкість до [негативних](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) впливів, [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) формують угрупування, що відрізняються біорізноманіттям, що [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 використане для біоіндикаційних цілей. Показовими ознаками на цьому рівні є:

1) видовий склад, видове різноманіття;

2) характер поширення [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) динаміка ареалу, у тому числі розширення ареалів синантропних видів;

3) популяційний аналіз (продуктивність, щільність, динаміка ареалу, вікова структура, смертність, внутрішньовидова диференціація, добір стійких екотипів).

[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) впливу забруднюючих речовин на екосистемному рівні зводиться до використання [даних,](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) отриманих на рівні популяції або угруповання. Структурною основою екосистеми є неорганічні й органічні речовини, [фактори](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) середовища (температура, світло, вітер і ін.), продуценти, консументи й редуценти. Складні взаємозалежні процеси функціонування екосистеми здійснюються [завдяки](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B7%D0%B0-%D0%BA%D0%BE%D1%88%D1%82-%D0%B7%D0%B0%D0%B2%D0%B4%D1%8F%D0%BA%D0%B8-%D0%B2%D0%BD%D0%B0%D1%81%D0%BB%D1%96%D0%B4%D0%BE%D0%BA) потоку енергії, харчових ланцюгів, кругообігу поживних речовин, зміни різноманіття, розвитку й еволюції в часі і просторі, ефективним виявилося попереднє виявлення таких ланок екосистем, [за](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%BE) [якими](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%BE-%D0%B8%D1%85-%D0%B0%D1%85-%D1%8F%D1%85) можна судити про стан екосистем.

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 [навколишнього середовищ](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F)а використовується метод комплексної біоіндикації, який полягає в комбінації [фіто-](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) и зооіндикаторів на різних системних рівнях.

Перевагою цього методу є:

* можливість оцінити стан екосистем[і як результат](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) взаємодії природних елементів екосистем і антропогенного впливу, виявити ступінь стійкості й реакцію екосистем на вплив людини;
* використання біоіндикаторів, а саме [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) фізіологічних індикаційних ознак, [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) визначити зміни в екосистемах на дуже ранніх етапах, коли вони ще не проявляються морфологічними і структурними змінами і [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) не можна виявити іншими методами;
* можливість передбачати порушення екосистем і вчасно вживати заходи, щоби [захистити](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) екосистему від ураження й тим самим не допустити великих народногосподарських втрат.

Метод комплексної біоіндикації має кілька послідовних етапів (рис. 10):

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Фізико- і економіко-географічна структура району |  |  |  | Антропогенний вплив |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | Визначення однорідних географічних одиниць |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| Вибір і характеристика ключових ділянок |  |  |  | Вибір біоіндикатора |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | Біоіндикаційне дослідження |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  | Збір додаткової інформації |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | [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) стану екосистем за станом індикаторів (оцінні шкали) |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | Класифікація стану [навколишнього середовищ](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F)а |  |  |

Рис. 10 – Логічна схема досліджень [по](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%BE) методу комплексної біоіндикації

Перший – виявлення структури території [за](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%BE) фізико-географічними і економіко-географічними [факторами,](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) виявлення антропогенного впливу й на основі цього – визначення подібних географічних одиниць.

Другий – визначення мережі ключових ділянок і [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) характеристик. Для різних типів екосистем необхідно мати кілька однотипних ключових ділянок, що відрізняються лише ступенем антропогенного впливу.

Третій – вибір індикаторів і біоіндикаційні дослідження обраних індикаторів, проводяться [упродовж](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%83%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B6) трьох років [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) рази в рік – навесні, влітку і восени, щоби виявити не тільки стан індикаторів, але й динаміку [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) змін.

Четвертий – збір додаткової інформації про стан ґрунту, води й господарську діяльність людини.

П’ятий – [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) стану [навколишнього середовищ](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F)а, у [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) етапи:

1) виявлення основних кількісних співвідношень між станом індикаторів і станом екосистем; побудова оцінних шкал;

2) екстраполяція станів екосистем на більш великі однорідні географічні одиниці. Побудова [карти](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BC%D0%B0%D0%BF%D0%B0-%D0%BA%D0%B0%D1%80%D1%82%D0%BA%D0%B0) стану [навколишнього середовищ](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F)а.

Біоіндикаційні спостереження ведуться на двох системних рівнях – популяції й індивіда. Для кожного рівня розроблені критерії для вибору індикаторів і індикаційних ознак.

На рівні індивіда вибирають індикаційні ознаки за [такими](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) критеріями: тісний зв’язок зі [значущими](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B7%D0%BD%D0%B0%D1%87%D1%83%D1%89%D0%B8%D0%B9) для життя реакціями організму;

* здатність відбивати поступові зміни стану організму, причому в ранніх стадіях, поки вони не виявляються в патологічному стані організму;
* здатність відбивати різну силу і якість [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) зміни, повернутися в первісний стан у зв’язку з адаптацією організму до [фактору](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) або зі зникненням [фактору;](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA)
* стандартний і простий спосіб добору проб і [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) збереження;
* стандартні і прості методи аналізу.

Останні [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) [критерії 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) важливі [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) фізіологічних спостереженнях, тому що [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) із них мають потребу в дотриманні точних експериментальних умов.

Основний критерій, [по](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%BE) якому визначається стан фітоіндикатора – рівень фотосинтезу. Фотосинтез визначає життєздатність рослин, [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) врожайність і добре відбиває всі зміни середовища мешкання. Але його рівень дуже важко виміряти безпосередньо, тому використовуються непрямі індикаційні ознаки – суха біомаса, кількість розчинних білків, активність пероксидази. Чим сильніше змінюється стан екосистеми в небажаному [напрямку,](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BD%D0%B0%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%BC) тим менше фотосинтез. У зелених наземних частинах рослин зменшується [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) суха біомаса, концентрація розчинних білків і активність фотосинтетичних ферментів.

Індикаційні ознаки зооіндикаторів: маса організму, маса органів (печінки, нирок), вміст важких металів в органах і вовні, активність церулопласміну – стресового ферменту. Це фермент крові, що містить у своїй молекулі іони Cu (він голубий) і чітко відбиває стан організму, підвищуючи свою активність [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) онкологічних захворюваннях, запаленнях і інших патологічних станах. Показано, що він також чітко відбиває і вплив [факторів](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) середовища існування, 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) введенні в організм важких металів 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) іммобілізації тварини.

Стан екосистем визначають зіставленням стану індикаторів – відхиленням [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) індикаційних ознак від фонового (оптимального) стану. Для побудови оцінних шкал доцільно виражати відхилення не в абсолютних величинах, а у відсотках, де за 100 % береться величина фонового стану.Оцінюючи,не можна ігнорувати, у яку сторону йде відхилення від фонових значень в екологічному і фізіологічному змісті. В екстремальних випадках можуть спостерігатися відхилення й у [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) сторону. У підсумку отримується набір величин, кількість і величина [відхилень, 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) відбиває стан екосистеми. Чим більше відмінність від фону й чим вище відхилення, тим «гірше» стан екосистем. Залежно від розподілу відхилень [за](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%BE) рівнями індикаторів (популяцій і індивідів) можна судити про ступінь і характер змін стану екосистем і біосфери в цілому(рис. 11).



Рис. 11 – Модель оцінної шкали: 1 – кількість видів; 2 – чисельність; 3 – біомаса; 4 – вага органів; 5 – активність ферментів

Різке відхилення фізіологічних індикаційних ознак і майже фонове значення екологічних свідчать про ранні стадії порушення екосистем. На стадії структурного порушення екосистем екологічні і фізіологічні ознаки досягають майже однакових відхилень і вони пропорційні. Про функціональне порушення екосистем свідчить перевищення відхилень екологічних ознак над фізіологічними. На цьому етапі фізіологічні ознаки вже не змінюються, більш якісна [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) виходить [завдяки](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B7%D0%B0-%D0%BA%D0%BE%D1%88%D1%82-%D0%B7%D0%B0%D0%B2%D0%B4%D1%8F%D0%BA%D0%B8-%D0%B2%D0%BD%D0%B0%D1%81%D0%BB%D1%96%D0%B4%D0%BE%D0%BA) екологічним ознакам.

Комбінацією різних [фіто-](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) і зооіндикаторів на двох системних рівнях можна оцінити поступові й малі зміни в стані екосистем. Завдяки правильному добору характерних для території, що досліджується ключових ділянок можна оцінити більш великі географічні одиниці і скласти [карту](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BC%D0%B0%D0%BF%D0%B0-%D0%BA%D0%B0%D1%80%D1%82%D0%BA%D0%B0) стану [навколишнього середовищ](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F)а.

На основі [карти](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BC%D0%B0%D0%BF%D0%B0-%D0%BA%D0%B0%D1%80%D1%82%D0%BA%D0%B0) й оцінних шкал у майбутньому можна швидко оцінити стан будь-який екосистеми відповідного типу [певного](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) регіону й дати рекомендації про оптимальну господарську діяльність на [цій](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) території.