### РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ БІОІНДИКАЦІЇ ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМ

### ТЕМА 7. ДЕНДРОІНДИКАЦІЯ

**Мета:** опанувати основні положення дендроіндикації, визначити роль судинних росли[н 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) забруднень.

**План**

1.Використання судинних рослин у якості біоіндикаторів.

2.Критерії добору рослин для використання у якості біоіндикаторів.

3.Рослини-індикатори й рослини-монітори. Оцінювання реакції рослин на забруднення.

4.Адаптація рослин до умов техногенного забруднення.

**🖉Основні поняття:** дендроіндикація,реєструвальна біоіндикація, біоіндикація за акумуляцією, рослина-індикатор, рослина-монітор, загальний адаптаційний синдром, адаптація.

**1.Використання судинних рослин у якості біоіндикаторів**

Стійкість екосистеми визначатися станом видів – едіфікаторов природного угрупування, від [стану, 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) залежить його подальше існування. Для лісових екосистем такими об’єктами є деревні рослини. Для біоіндикації вибирають найбільш чутливі до досліджуваних [факторів](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) біологічні системи або організми. Для дерев найкращим вегетативним органом вважається лист рослини. [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) антропогенним впливом у листі відбуваються морфологічні зміни (поява асиметрії, зменшення [площі](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BC%D0%B0%D0%B9%D0%B4%D0%B0%D0%BD) листкової пластини). Добрими біоіндикаторами в місті є листя берези, дерева з високими поглинаючими якостями.

[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) формування листової пластини, у [міру](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BC%D1%96%D1%80%D0%B0-%D0%B7%D0%B0%D1%85%D1%96%D0%B4) накопичення токсичних речовин, відбувається гальмування ростових процесів, і деформація листа. [П](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)ісля остаточного формування листових пластин на деревах, які відчувають високе техногенне навантаження, [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) [площі](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BC%D0%B0%D0%B9%D0%B4%D0%B0%D0%BD) менше, ніж на деревах, які ростуть у більш сприятливих екологічних умовах.

Деревні породи, [стають](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B1%D1%83%D1%82%D0%B8-%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D0%BE%D0%B1%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B8) у ролі едифікаторів і саме вони відіграють основну роль у створенні біосередовища і формуванні структури біоценозу. Рослинність нижніх ярусів відіграє підпорядковану рольщодо деревних порід, але для характеристики і визначення лісорослинних умов вона [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) або в рівнозначному, або в більш значущому положенні (особливо в штучно створених насадженнях). Але за будь-яких умов кожний конкретний [вид](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%80%D1%96%D0%B7%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B4-%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%94%D0%B2%D0%B8%D0%B4-%D0%BF%D0%BE%D1%81%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BA%D0%B0-%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7-%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D0%B8) має неперевершене значення. Втім, кваліфікований спеціаліст лісового господарствавизначаючи тип лісорослинних умов одночасно оцінює весь комплекс вказаних показників – і видовий склад, і співвідношення видів, і [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) розміри, і зовнішній вигляд насадження. Важливе значення для ідентифікації типів лісорослинних умов має співвідношення тих чи інших видів на конкретній ділянці лісу. Цей показник вказує на потенційну продуктивність ґрунтів та ступінь [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) вологості.

[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) рослин можна провести біоіндикацію всіх природних середовищ. Індикаторні рослини застосовуються [для](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B1%D1%96%D0%BB%D1%8F-%D0%BA%D1%80%D0%B0%D0%B9-%D0%B7%D0%B0-%D0%BF%D1%96%D0%B4-%D1%87%D0%B0%D1%81-%D1%83-%D1%80%D0%B0%D0%B7%D1%96) оцінювання механічного й кислотного складу ґрунтів, [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) родючості, зволоженості та засолення, ступеню мінералізації ґрунтових вод і ступеню забруднення атмосферного повітря газоподібними сполуками, а також [для](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B1%D1%96%D0%BB%D1%8F-%D0%BA%D1%80%D0%B0%D0%B9-%D0%B7%D0%B0-%D0%BF%D1%96%D0%B4-%D1%87%D0%B0%D1%81-%D1%83-%D1%80%D0%B0%D0%B7%D1%96) виявлення трофічних властивостей водойм і ступеню їхнього забруднення полютантами. Наприклад, на вміст у ґрунті свинцю вказують [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) костриці (*Festuca ovina*), мітлиці (*Agrostis tenuis*), цинку – відділ фіалки (*Viola tricolor*), купруму та кобальту – смольовка (*Silеne vulgaris*), багато злаків та мохи.

Чутливі індикатори вказують на присутність забруднюючої речовини в повітрі або в ґрунті ранніми морфологічними реакціями – зміною забарвлення листя (поява хлорозів; жовте, буре чи бронзове забарвлення), різні форми некрозів, передчасним ув’яданням та опаданням листя. У багаторічних рослин забруднюючі речовини [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) зміну розмірів, форму та кількість органів, [напрямок](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BD%D0%B0%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%BC) росту пагонів або зміну плодючості. Подібні реакції зазвичай неспецифічні.

**2.Критерії добору рослин для використання у якості біоіндикаторів**

Ідеальний біологічний індикатор [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) задовольняти [низку](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BD%D0%B8%D0%B7%D0%BA%D0%B0) потреб:

* бути типовим для [певних](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) умов;
* мати високу чисельність у досліджуваному екотопі ;
* мешкати в [певному](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%86%D0%B5%D0%B9-%D0%B7%D0%B0%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B9-%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B9) місці й [упродовж](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%83%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B6) багатьох років, що дає можливість простежити динаміку забруднень;
* [знаходитися](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) [в](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B7%D0%B0%D0%BC%D1%96%D0%BD%D0%B0-%D1%81%D1%8C-%D0%BD%D0%B0-%D1%81%D1%8F) умовах, які зручні для [добору](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D0%B1%D1%96%D1%80) проб;
* давати можливість проводити прямі аналізи без попереднього концентрування проб;
* характеризуватися [позитивною](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) кореляцією між концентрацією забруднюючих речовин в організмі-індикаторі й об’єкта дослідження;
* використовувати в природних умовах цього існування;
* має короткий період онтогенезу, щоби була можливість відслідковувати вплив чинника на [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) покоління.

Критерії вибору біоіндикатора:

* швидка відповідь;
* надійність (помилка <20 %);
* простота;
* моніторингові можливості (постійно присутній у природі об’єкт).

Методи біоіндикації поділяються на [два](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B2%D1%96%D1%80%D1%82%D0%B5-%D1%83%D0%B7%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D1%96%D0%B7-%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D1%96%D0%B2%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%BC) [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) ***реєструвальна біоіндикація*** і ***біоіндикація за акумуляцією***.

Реєструвальна біоіндикація [лає 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) зробити висновок про вплив чинників середовища за станом особин [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) або популяції, а біоіндикація за акумуляцією використовує властивість рослин накопичувати ті чи інші хімічні речовини.

Відповідно до цих методів розрізняють реєструвальні й накопичувальні індикатори.

Реєструвальні індикатори реагують на зміни стану [навколишнього середовищ](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F)а зміною чисельності, пошкодженням тканин, соматичними проявами (в тому числі повторюваність), зміною швидкості росту та іншими добре помітними ознаками.

Накопичувальні індикатори концентрують забруднювальні речовини у своїх тканинах, певних органах і частинах тіла, які в подальшому використовуються для визначення ступеня забруднення [навколишнього середовищ](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F)а [за допомогою](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%BE-%D0%B4%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B3%D1%83) хімічного аналізу.

Дуже часто [для](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%89%D0%BE%D0%B1-%D0%B4%D0%BB%D1%8F) біоіндикації використовують різні аномалії росту й розвитку рослин (рис.12) – відхилення від загальних закономірностей. Вчені систематизували [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) у [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, пов’язані:

* з гальмуванням чи стимулюванням нормального росту (карликовість і гігантизм);
* з деформацією стебел, листя, коренів, плодів, суцвіть;
* з виникненням новоутворень (до цієї групи відносять аномалії росту, а також пухлини).





Рис. 12 – Аномалії росту та розвитку рослин

Гігантизм і карликовість багато вчених вважають каліцтвом. Наприклад, надлишком у ґрунті міді вдвічі зменшує розміри каліфорнійського маку, а надлишок свинцю призводить до карликовості смілки.

Для біоіндикації цікаві [такі](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%82%D0%B0%D0%BA%D0%B8%D0%B9-%D1%83-%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BB%D1%96%D0%BA%D1%83) деформації рослин:

* фасціації – стрічкоподібні сплощення і зростання стебел, коренів і квітконосів;
* махровість квіток, у яких тичинки перетворюються на пелюстки;
* проліфікації – проростання квіток і суцвіть;
* асцидія – воронкоподібні, чашоподібні і трубчасті листя рослин із пластинчастими листям;
* редукція – зворотній розвиток органів рослин, виродження;
* ниткоподібність – нитчаста форма листкової пластинки;
* фітоподії тичинок – перетворення в перетворення в пласке листове утворення.

**3.Рослини-індикатори й рослини-монітори. Оцінювання реакції рослин на забруднення**

За особливостями реакції на вплив забруднювачів рослини поділяють на рослини-індикатори і рослини-монітори.

**Рослина-індикатор** – рослина, у якої ознаки ушкодження виявляються [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 фітотоксичної концентрації забруднюючих речовин або [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) суміші.

Рослина-індикатор є хімічним сенсором, [який 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)иявити в повітрі присутність забруднюючої речовини, але спостереження за нею не дають змоги [одержати](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) [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 її кількість.

Індикаторами можуть бути такі рослини, які акумулюють у тканинах забруднюючу речовину або продукти метаболізму, утворені внаслідок взаємодії рослини із зовнішніми чинниками: важкими металами (свинець і кадмій), газоподібними речовинами, таким[и як фтористий](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) водень (НF) або сульфат (SО4). Внаслідок [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) дії в рослин можуть змін[юватися п](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B7%D0%B0%D0%BC%D1%96%D0%BD%D0%B0-%D1%81%D1%8C-%D0%BD%D0%B0-%D1%81%D1%8F)араметри розвитку: швидкість і якість росту й дозрівання, цвітіння, утворення плодів і насіння, процесів розмноження; знижуватися продуктивність і врожайність.

Кожний параметр окремо або [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) комплекс можна використати, щоби визначити наявність забруднюючих речовин у повітрі і [(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) проведення дослідів) у контрольованих умовах для того, щоби зіставити ознаки ушкодження або зміни в стані рослини з наявністю певної забруднюючої речовини або [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) суміші. Такі дослідження засвідчили, наприклад, що тютюн дуже чутливий до дії озону й реагує характерними ушкодженнями. Також виявлено, що кількість зав’язі і врожайність помідорів значно зменшуються [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) хронічним впливом на цю рослину озону в низьких концентраціях. У соєвих бобів за дії певних доз SО2 з’являються небажані ознаки, змінюються швидкість росту і врожайність.

Лишайники і мохи відом[і як накопичувачі](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) забруднюючих речовин, переважно важких металів, які ці рослини можуть акумулювати в кількостях, що значно перевищують [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) концентрацію в [навколишньому середовищ](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F)і.

Отже, поява в рослин типової ознаки ушкодження вказує на наявність у повітрі забруднюючої речовини або [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) суміші.

Зважаючи на важливість 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) особливо інформативними є організми, які в певний спосіб реагують саме на кількість забруднювача в довкіллі, тобто рослини-монітори.

***Рослина-монітор*** – рослина, за ознаками [ушкодження на якій](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) можна [одержати](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) інформацію про кількість забруднюючих речовин або [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) суміші в довкіллі.

[Звичайно,](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B7%D0%B0%D0%B7%D0%B2%D0%B8%D1%87%D0%B0%D0%B9) з цією метою використовують різноманітні прилади. Однак прилади коштують дуже дорого, для [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) роботи необхідні живлення, калібрування, спостереження за функціонуванням. Іноді вони надто чутливі й непридатні для роботи в умовах суворого клімату. На відміну від них рослини дешеві, легко відновлюються, швидко розмножуються й по-різному реагують на вплив, даючи змогу вибрати одну або кілька найхарактерніших реакцій для певного дослідження. Можна також використати недовговічні (трав’яні) рослини, які оновлюються кожного сезону чи кілька разів [упродовж](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%83%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B6) одного вегетаційного періоду, або дерев’янисті рослини (дерева, кущі), котрі можна висадити на потрібних ділянках і використовуват[и як індикатори](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) [протягом](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%83%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B6) довгого періоду.

Для [того, щоб](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) індикатор став монітором, тобто міг інформувати про якісні й кількісні характеристики забруднювача, необхідно визначити і використати залежності між реакцією рослин на забруднення й [концентрацією цієї](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) речовини в [навколишньому середовищ](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F)і. Для цього використовують [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 способи:

1) зіставлення ступеню ушкодження, [спричиненого](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) забруднюючою речовиною, із відомою [концентрацією забруднюючої](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) речовини в довкіллі;

2) використання рослин[и, як живого](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) колектора (накопичувача забруднюючих речовин);

3) вимірювання кількості забруднюючої речовини або метаболітів (новоутворених речовин), які з’явилися в рослинних тканинах після дії забруднювача, і зіставлення отриманих значень із [концентрацією забруднюючої](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) речовини в повітрі.

Оскільки внаслідок притаманної рослинам змінності [види](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%80%D1%96%D0%B7%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B4-%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%94%D0%B2%D0%B8%D0%B4-%D0%BF%D0%BE%D1%81%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BA%D0%B0-%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7-%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D0%B8) і сорти рослин по-різному реагують на вплив [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) [факторів,](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) [треба](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%82%D1%80%D0%B5%D0%B1%D0%B0) відбирати ті рослини, реакція яких передбачувана. Такими є мохи, папороті, голо- і покритонасіннєві, які використовуют[ь 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) і (або) біомонітори.

Отже, моніторинг природних популяцій можна поєднувати із розведенням та селекцією [для](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%89%D0%BE%D0%B1-%D0%B4%D0%BB%D1%8F) отримання чутливих до впливу забруднюючих речовин рослин із передбачуваними реакціями. Можливе виведення нових видів рослин, придатних для моніторингу забруднення повітря.

[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) проведення дослідів для моніторингу довкілля вивчають ознаки ушкодження рослин, зміни [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) у рості та розмноженні, зниження врожайності або продуктивності, а також зміни ареалів поширення різних видів. Однак такі реакції також значною [мірою](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BC%D1%96%D1%80%D0%B0-%D0%B7%D0%B0%D1%85%D1%96%D0%B4) залежать від віку рослини, [факторів](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) довкілля та способів обробітку ґрунту. Тип ґрунту, вміст у ньому мінеральних речовин, відносна вологість, топографічні та метеорологічні умови впливають на тип реакції рослини, на дію певної концентрації або дози будь-якої забруднюючої речовини або [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) суміші. У зв’язку зі змінністю [рослин 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) на території певної популяції [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) здійснення моніторингу необхідно використовувати велику кількість різних рослин і розміщувати [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) у такий спосіб, щоби вони [мали](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BC%D0%B0%D1%94-%D0%B1%D1%83%D1%82%D0%B8-%D1%82%D1%80%D0%B5%D0%B1%D0%B0) максимальний вплив вітрів.

**4.Адаптація рослин до умов техногенного забруднення**

У будь-якому живому організмі відбувається безперервний ланцюг адаптаційних змін, спрямованих на збереження та відновлення динамічної сталості внутрішнього середовища, або гомеостазу.

Стрес, або загальний адаптаційний синдром, – це необхідна ланка неспецифічної реакції організму, складник та етап його адаптації до умов життя, компонент нормальної життєдіяльності, [фактор](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) збереження гомеостазу. Адаптаційні властивості рослин багато дослідників пов’язують з особливостями складу та метаболізму ліпід-пігментних компонентів фотосинтетичних мембран. Якщо адаптація до стресу на цьому рівні можлива, то не [завжди зрозуміло,](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) чи біохімічні зміни ліпідів являють собою частину загальної адаптивної реакції організму, чи лише короткочасну відповідь на дію стресора.

Комплекс реакцій організму на стресори становить адаптаційний синдром, у якому виділяють [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) стадії:

* тривога, коли розвивається гальмування великої кількості процесів;
* адаптація, коли відбувається пристосування до [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) стресора;
* виснаження, якщо адаптивний потенціал особини недостатній для подолання впливу стресора.

Теорія стресу [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) не витрачати зусилля на кількісне порівняння інтенсивності різних стресорів. Оцінити будь-який несприятливий чинни[к, як стресор,](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) можна опосередковано, через інтенсивність реакції на нього. Будь-який [фактор](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) можна назвати стресором лише в тому випадку, якщо в результаті розвивається відповідь організму на його дію.

Адаптивний процес до зовнішніх умов має різну тривалість, 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) можна виділити декілька його типів:

* еволюційна адаптація – ґрунтується на утворенні нової генетичної інформації, яка, визначає нові адаптивні фенотипові ознаки. Формується [протягом](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%83%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B6) багатьох генерацій.
* аклімація та акліматизація – процеси пристосування відбуваються впродовж життєвого циклу організму і тривають від кількох годин до кількох місяців. Типовим прикладом є різноманітні сезонні зміни в рослин.
* миттєва адаптація – це пристосувальні процеси, які відбуваються в організмі одразу після дії подразника.
* компенсаторна адаптація – реакція організму, [направлена](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%81%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%BC%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B9-%D0%BD%D0%B0%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%BC%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B9-%D0%BD%D0%B0%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B9) на формування зворотних змін, спрямованих на відновлення до контрольного рівня його функціональних спроможностей.

Деяк[і](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) адаптаційні зміни створюють принципово нові можливості для використання організмом власного природного середовища або ж навіть для експансії в нові умови. Адаптацію такого типу називають *експлуативною*. На відміну від компенсаторної, яку супроводжує відновлення пристосувальних процесів, експлуативна адаптація не є необхідною. Організм нормально функціонує без нових можливостей, але завдяки ним значно краще пристосовується до нових, раніше не доступних умов існування.

До механізмів формування загального адаптаційного синдрому рослин відносять неспецифічні реакції ліпідного та пігментного комплексів фотосинтетичних мембран, нейтралізацію вільних оксидних радикалів антиоксидантними системами, осморегуляцію, продукування абсцизової кислоти (АБК), жасмонатів, шаперонів, білків теплового шоку та ін. Важливе значення для аналізу взаємодії рослин з умовами середовища, а також для дослідження [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) адаптації до [факторів](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) посухи має вивчення фізіологічних функцій – фотосинтезу, дихання, транспорту асимілятів тощо. Досліджені функції дають надзвичайно цінну інформацію про шляхи реалізації адаптивного потенціалу рослин у конкретних умовах існування, однак через високу лабільність фізіологічні процеси важко інтерпретувати за умов багатофакторного впливу складників ґрунтово-кліматичної системи на рослину. Для розуміння принципів організації біологічних систем необхідно застосовувати порівняльний підхід до проблеми адаптації, адже специфічність пристосувальних процесів не є абсолютна й будь-який вплив несприятливих умов довкілля [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) комплекс відповідних [захисних](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) реакцій, частина яких має загальний характер, а частина – специфічний.

До первинних неспецифічних процесів, що відбуваються на клітинному рівні рослин за умов сильної і швидко наростаючої дії стресора, відносять такі:

1. Підвищення проникності мембран, деполяризація мембранного потенціалу плазмолеми.

2. Вхід Са2+ у цитоплазму (із клітинних стінок і внутрішньоклітинних компартментів: вакуолей, ЕС-клітини, мітохондрій).

3. Зсув рН цитоплазми в кислу сторону.

4. Активація збирання актинових мікрофіламентів і сіток цитоскелета в [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) зростає в’язкість і світлорозсіювання цитоплазми.

5. Підвищення поглинання кисню, прискорення витрат АТФ, розвиток вільнорадикальних реакцій.

6. Посилення гідролітичних процесів.

7. Активація й синтез стресових білків.

8. Посилення активності Н + -помп у плазмолемі (і, можливо, у тонопласті), що перешкоджає несприятливим змінам іонного гомеостазу.

9. Збільшення синтезу етилену й АБК, гальмування поділу й росту, поглинальної активності клітин і інших фізіологічних і метаболічних процесів, що здійснюються у звичайних умовах. Гальмування функціональної активності клітин відбувається в результаті дії інгібіторів і витрати енергетичних ресурсів на подолання несприятливих умов.

Перераховані стресові реакції спостерігаються внаслідок дії будь-яких стресорів. Вони спрямовані на [захист](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) внутрішньоклітинних структур і усунення несприятливих змін у клітинах. Особливе зацікавлення [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) [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 активацію в клітинах в умовах стресу синтезу так званих стресових білків з одночасним ослабленням продукуванням білків, що утворюються в нормальних умовах. Так, у багатьох рослин виявлені білки теплового шоку.

Відомо, що деякі з цих білків [існують](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%96%D1%81%D0%BD%D1%83%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D0%B1%D1%83%D1%82%D0%B8) у цитоплазмі постійно в невеликій кількості, а в умовах стресу [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) синтез збільшується [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) фрагментування. У ядрі та ядерці білки теплового шоку утворюють гранули, що зв’язують матриці хроматину, необхідні для нормального метаболізму. Після припинення дії стресових чинників ці матриці вивільняються й починають функціонувати. Один із білків теплового шоку стабілізує плазмолему, проникність якої для внутрішньоклітинних речовин в умовах стресу зростає.

За несприятливих умов у клітинах зростає вміст вуглеводів, проліну, що беруть участь у [захисних](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) реакціях, стабілізуючи цитоплазму. У разі водного дефіциту й засолення в [ряді](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BD%D0%B8%D0%B7%D0%BA%D0%B0) рослин (ячмінь, шпинат, бавовник та ін.) концентрація проліну в цитоплазмі зростає в 100 і більше разів. Завдяки своїм гідрофільним групам [пролін 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)творювати агрегати, що мають властивості гідрофільних колоїдів. Незвичайний характер взаємодії агрегатів проліну з білками підвищує розчинність останніх і [захищає](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) [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) від денатурації. Нагромадження пролін[у як осмотично](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) активної органічної речовини сприяє утриманню води в клітині.

Незначні за ступенем вияву повторювані стреси сприяють загартовуванню організму, причому в багатьох випадках доведено, що загартування одним стресовим [фактором](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) підвищує стійкість організму й до деяких інших стресорів.

На різних рівнях організації пристосування рослин до екстремальних умов здійснюється неоднаково. Чим вищий рівень біологічної організації (клітина, організм, популяція), тим більша кількість механізмів одночасно бере участь в адаптації рослин до стресових впливів.

На організмовому рівні не тільки зберігаються всі механізми адаптації, клітині, але й виникають нові, що відбивають взаємодію органів у цілій рослині. Насамперед це конкурентні відносини між органами за фізіологічно активні речовини і трофічні [фактори,](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) побудовані на силі притягання. Подібний механізм [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) змогурослинам в екстремальних умовах формувати такий мінімум генеративних органів, який вони в змозі забезпечити необхідними речовинами для нормального дозрівання.

Найважливіший і дуже характерний для рослин механізм [захисту](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B5%D1%86%D1%8C-%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%B8-%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%BD%D1%8F%D1%82%D0%B8) від наслідків дії екстремальних [факторів](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) – заміна пошкоджених чи втрачених органів [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) регенерацію і ріст пазушних бруньок. У разі несприятливих умов існування в рослинах різко зростає утворення етилену й АБК, які знижують обмін речовин, гальмують ростові процеси, [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) старіння й опадання органів, переходу організму в стан спокою. Одночасно в тканинах знижується вміст ауксину, цитокініну й гіберелінів. Ця стереотипна реакція гормональної системи на екстремальні умови дуже характерна для рослинних організмів.

За умов тривалого й сильного стресу на популяційному рівні в період виснаження гинуть ті індивідууми, у яких норма реакції на [певний](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) екстремальний [фактор](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) обмежена генетично. Ці рослини усуваються з популяції, а насіннєве потомство утворюють лише генетично стійкі рослини. У результаті загальний рівень стійкості популяції зростає. [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), у стресову реакцію включається додатковий [фактор](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) – добір, внаслідок якого з’являються більш пристосовані до нових умов організми (генетична адаптація). Передумовою виникнення цього механізму служить внутрішньопопуляційна варіабельність рівня стійкості до того чи іншого [фактору](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) або групи [факторів.](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) Стійкість рослин до стресових [факторів](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA) значно залежить від фази онтогенезу: якщо в стані спокою рослини найбільш стійкі, то в періоди пророщування або формування – найбільш уразливі.

**❓** *Питання для самоконтролю*

1. Які особливості судинних рослин використовуються в біоіндикації?
2. Які потребимає задовольняти ідеальний біоіндикатор?
3. Чим відрізняються рослини-індикатори від рослин-моніторів?
4. Що таке загальний адаптаційний синдром?
5. Стадії адаптаційного синдрому.
6. Типи адаптивного процесу.
7. Розкрийте механізм [захисту](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B5%D1%86%D1%8C-%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%B8-%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%BD%D1%8F%D1%82%D0%B8) від наслідків дії екстремальних [факторів.](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA)

**✍***Практичні завдання*

1.На думку фахівців, з нафти, що потрапила у воду (густина нафти дорівнює 0,87 т/м3), тільки 55% випаровується і біохімічно розкладається за першу добу, а нафта, що залишилася, – 45%, деградує повністю лише за 10 років. У середньому, у Світовий океан щорічно надходить 2,3 млн тон нафти. Оцініть кількість нафтопродуктів, що накопичуються у Світовому океані за рік.

2.Щорічні втрати оброблюваних земель становлять 50000 км2. На частку сільськогосподарських угідь припадає близько 10% від усього земельного фонду планети. Підрахуйте, через скільки років сільськогосподарські угіддя можуть деградувати повністю. В оцінках прийняти, що радіус Землі становить 6370 км, а на частку суші доводиться 1/3 від усієї площі поверхні Землі.

3.Оцініть наслідки для популяції коропа у замкненому водоймищі, якщо у нього почали скидати стічні води крохмально-патокового заводу. У стічних водах міститься 60 мг/л цукрів (С12Н22О11). Потужність скидання за контрольний період склала 1000 м3. Рівноважна концентрація О2 у водоймищі до скидання стічних вод – 9 мг/л, об’єм водоймища – 10000 м3. Для нормальної життєдіяльності риби необхідно мінімум 3 мг/л кисню.

4.При розгляданні планів реконструкції парку, у якому росло багато старих лип, ялин і тополь, було запропоновано значно обновити віковий склад дерев за рахунок вибіркового видалення старих і підсадження нових. Екологи виступили проти таких планів. Вони дали згоду тільки на видалення частини сімдесятирічних тополь. Чим керувалися екологи? Які аргументи вони навели?

**ТЕМА 8. ЛІХЕНОІНДИКАЦІЯ ТА БРІОІНДИКАЦІЯ**

**Мета**: розглянути особливості використання мохів та лишайників у біоіндикації.

**План**

1.Характеристика мохів та лишайників як об’єктів біоіндикації.

2.Характеристика видів забруднень, що визначаються [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) мохів та лишайників.

3.Історія використання мохів і лишайників у якості біоіндикаторів.

**🖉Основні поняття:** ліхеноіндикація, бріоіндикація, мохи, лишайники, ліхенофлора, епіфіти, індекс чистоти повітря.

**1.Характеристика мохів та лишайників як об’єктів біоіндикації**

***Мох*** – природний біоіндикатор, який реагує на забруднення або, наприклад, посуху, залежно від того, що відбувається навколо, він змінює форму й щільність, а [може й](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) повністю зникнути. Мох поглинає воду й поживні речовини там, де він росте, і це є хорошим показником змін в екосистемах. Спостерігаючи за цими змінами в природному середовищі [(або 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 певних заданих людиною умовах), вчені можуть встановити рівень забруднення повітря, яки[й](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) [може 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)авдати шкоди здоров’ю людей.

Японський вчений Йошитака Оіші, провів дослідження в місті Хатіодзі на [півн](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D1%96%D0%B2-%D0%BE%D0%BA%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%BE)ічному заході Токіо, де була довгий час посуха, а також у цьому районі мох показав високі азотні забруднення, 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) [спричинило](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) стурбованість у дослідника.



Рис.13 – Мохи

Мох росте не тільки, у лісі, але й у міських парках і його можна [зустріти 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) на [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) деревах у центрах мегаполісів. Щороку 88 відсотків міських жителів наражаються на серйозну небезпеку – рівень забруднення повітря рік від року тільки збільшується, у рази перевищуючи рекомендації за якістю повітря Всесвітньої організації охорони здоров’я. Сьогодні найбільші викиди в атмосферу відбуваються в [Півд](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D1%96%D0%B2-%D0%BE%D0%BA%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%BE)енно-Східній Азії, на східному Середземномор’ї, у країнах Латинської Америки й Африки. [Мох 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 економічним методом моніторингу, 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) [дізнатися, наскільки](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) все погано в цих країнах.

Брюссельська компанія Green City Solutions встановлює подібність мобільних стін, на яких росте мох – у центрі міст, такі стіни діют[ь як невеликі](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) переносні поглиначі.

Як індикатори забруднення наземних екосистем успішно використовуються мохи, які [здатні](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B7%D0%B4%D1%96%D0%B1%D0%BD%D0%B8%D0%B9-%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%82%D0%B8%D0%B9) накопичувати потенційно токсичні елементи. Унаслідок фізіологічних особливостей, вони поглинають мінеральні речовин[и як із](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) повітряного середовища, так і з гумусового шару ґрунту. Тому мохи застосовують 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) атмосферного забруднення, а також для тестування стану [верхнього](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B3%D0%BE%D1%80%D1%96%D1%88%D0%BD%D1%96%D0%B9) шару ґрунтового покриву. У якості індикаторів важких металів використовують епіфітні бріофіти *Нурпит revolutum* (Mitt.) Lindb., *Distichium capillaceum, Orthotrichum fallax*. Широко використовують і епігейні [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) *Dicranum scoparium*, *Pottia bryoides*, *Tortula inermis* (Brid.) Mont., *Hylocomium splendens* (Hedw.) B.S.G., *Pohlia nutans, Pleurozium schreberi, Funaria hygrometrica* та багато інших.

Як показники екологічних умов використовують видовий склад мохів і [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) кількість, а вміст мінеральних речовин в організмі мохів є інтегральним показником рівня забруднення, що відображає більш-менш усереднене зміст поллютантов за тривалий період.

***Ліхеноіндикація*** – один із найважливіших і корисних методів екологічного моніторингу. Однак цей метод не завжди застосовують. Справа в тім, що лишайники, як і будь-які живі організми, відчувають зміни [навколишнього середовищ](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F)а. Тому в природі часто не можна встановити конкретну причину тих або інших ушкоджень лишайників. Простий вплив температури або [вологості 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)ерекривати вплив забруднення, [особливо, якщо](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) концентрація забруднюючих речовин невелика.



Рис.14 – Лишайники

Один із [провідних](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%B9-%D1%82%D1%8F%D0%B3%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B9) ліхенологів, X. Трас, розділив методи ліхеноіндикації (тобто індикації [за допомогою](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%BE-%D0%B4%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B3%D1%83) лишайників) 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) групи.

На перше місце він поставив методи, що [дають 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) вивчати зміни, що відбуваються в будівлі й життєвих функціях лишайників під впливом забруднення.

Методи другої групи базуються на описі видів лишайників, що живуть у районах із різним ступенем забруднення атмосфери.

Третя група включає методи вивчення цілих лишайникових співтовариств у забруднених районах і складання спеціальних карт.

Використовуючи методи першої групи можна вибрати показовий [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) лишайника, що досить легко відзивається на погіршення якості [навколишнього середовищ](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F)а. Відмінний приклад такого індикаторного [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) – гіпогімнія роздута, і багато ліхенологів використовують цей лишайник [для](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B1%D1%96%D0%BB%D1%8F-%D0%BA%D1%80%D0%B0%D0%B9-%D0%B7%D0%B0-%D0%BF%D1%96%D0%B4-%D1%87%D0%B0%D1%81-%D1%83-%D1%80%D0%B0%D0%B7%D1%96) проведення своїх досліджень. Так, вивчаючи поширення викидів сталеливарних заводів у [Півн](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D1%96%D0%B2-%D0%BE%D0%BA%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%BE)ічній Фінляндії, вчені зібрали зі стовбурів дерев гіпогімнію роздуту, що виростала на різних відстанях від заводів. У [міру](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BC%D1%96%D1%80%D0%B0-%D0%B7%D0%B0%D1%85%D1%96%D0%B4) наближення до джерела викидів сильно мінялися такі показники стану рослини, як кислотність клітинного соку, електропровідність, зміст хлорофілу, сірки й заліза в слань і ступінь пошкодження фотобіонта.

[До речі,](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%B5%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9) за станом водорості в лишайнику легко спостерігати, користуючись флуоресцентним мікроскопом. Здорові клітки в синім або ультрафіолетовому світлі мають характерне червоне світіння. У [міру](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BC%D1%96%D1%80%D0%B0-%D0%B7%D0%B0%D1%85%D1%96%D0%B4) руйнування кліток колір стає спочатку коричневим, потім жовтогарячим і потім білим. Щоби визначити, наскільки швидко зміниться лишайник під впливом забруднення, користуються методом трансплантації, тобто пересаджування рослини в забруднені райони.

Уперше трансплантацію лишайників здійснив німецький учений Ф. Арнольд у 1892 році. Він переніс трохи надґрунтових видів цих рослин із сільської місцевості в місто Мюнхен. Дуже незабаром усі «переселенці» загинули. У 1959 році з Хібін у Ботанічний сад Тартуського університету привезли п’ять арктоальпійських лишайників. Уже в перші місяці перебування на новому місці лишайники сполотніли, [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) апотеції втратили свій ошатний [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) ріст припинився. Через рік усі лишайники загинули. Довше інших протрималася нефрома арктична.

Надґрунтові лишайники переносять разом із ґрунтом, вирізуючи ділянки розміром 20×20 або 50×50 см. Рунисті [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) можна переносити в спеціальних пластмасових горщиках або підвішувати в сіточках. Епіфітні [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) переносять разом із гілками або шматочками кори, на яких вони росли. Для висікання дисків із кори користуються особливими бурами діаметром 4-6 см. У забрудненому районі кору й гілки з епіфітами прибивають на дерева тих же порід, що й дерева, з яких вони були вилучені, або на спеціальні дошки і стовпи. Через кілька тижнів або місяців лишайники досліджують і визначають ступінь їхньої пригніченості. Пересадження дає зведення про індивідуальну стійкість видів.

[Стосовно](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%89%D0%BE%D0%B4%D0%BE) забруднення повітря [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) лишайників та мохів можна розділити 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) категорії:

1) низько чуттєві, зникаючі [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) перших симптомах забруднення;

2) середньочуттєві, що приходять на зміну загиблим чуттєвим [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) з якими вони не могли конкурувати, поки повітря було чистим;

3) [самі витривалі,](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) толерантні до забруднення.

Іноді стійкість лишайників до забруднення [обумовлена](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) зовнішніми умовами. Виявляється, що слань, що добре змочується, страждає від забруднення більше, ніж змочувана погано. Але іноді пояснення причини стійкості лишайника до забруднення потрібно шукати усередині самого лишайника.

Важливу роль грає щільність покривного шару, проникність кліток, присутність деяких лишайникових речовин, що нейтралізують кислотні випадання.

На основі індивідуальних особливостей лишайників були зроблені шкали, що [дають змогу](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%B0%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D0%B7%D0%BC%D0%BE%D0%B3%D1%83-%D0%BD%D0%B0%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D1%83) встановити рівень забруднення конкретного району [за](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%BE) наявністю або [відсутністю](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) в ньому визначених видів лишайників. [Прикладом 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 шкала полеотолерантності епіфітів, тобто стійкості до міських умов. Цю шкалу склав X. Трас. Шкала включає десять класів.

У 1-й, 2-й і 3-й класи входять лишайники, що живуть тільки в природних ландшафтах (у лісах, болотах, удалині від населених пунктів) і в слабко окультуреній місцевості (у лісових масивах поруч із населеними пунктами, лугах).

У 4-й, 5-й і 6-й класи попадають лишайники, що більш-менш часто [зустрічаються](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BF%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%B8%D1%81%D1%8F) в помірковано окультуреному ландшафті (у селищах, малих містах, парках в околицях великих міст і на цвинтарях).

Нарешті, класи 7, 8, 9 і 10 поєднують ті [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) лишайників, що поширені в сильно окультурених районах (у великих і середніх містах). Іноді лишайникам допомагають вижити [самі несподівані](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) щасливі обставини. Так, краще виживають ті колонії, у [розпорядженні 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) більше живильних речовин. Помічено скупчення лишайників на краях міських дахів, де багато пташиного калу, а також на гниючих суках старих дерев. Важливим є й переважне в [певному](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) районі [напрямок](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BD%D0%B0%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%BC) вітрів, що несуть згубні гази й пил.

Ліхенологічні [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) [дають 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) спостерігати за змінами, що відбуваються в стані повітря [протягом](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%83%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B6) 20-50 років. Ці методи вимагають не дуже значних витрат і з успіхом можуть доповнити, а іноді й замінити більш точні фізико-хімічні методи дослідження повітря, для яких необхідна дорога апаратура. [Щоправда,](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%89%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%B4%D0%B0) для складання карт необхідно досить повно вивчити ліхенофлору в досліджуваному районі.

Припустимо, потрібно скласти опис епіфітних [лишайників у якому](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) або парку. Для цього, рухаючись алеєю,описують ті лишайники, що ростуть [по](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%BE) обох її сторонах на пробних [майданчиках,](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BC%D0%B0%D0%B9%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D1%87%D0%B8%D0%BA-%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D1%89%D0%B0) на кожнім п’ятому (або третьому або десятому) дереві. Пробний майданчикобмежується на стовбурі дерев’яною рамкою, [наприклад 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)озміром 10×10 см, що розділена усередині тонкими дротиками на квадратики1 см2. [Вказують,](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B7%D0%B0%D0%B7%D0%BD%D0%B0%D1%87%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D0%B2%D0%BA%D0%B0%D0%B7%D1%83%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D1%81%D0%B2%D1%8F%D1%82%D0%BA%D1%83%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B8) які [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) лишайників [зустрілися](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BF%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%B8%D1%81%D1%8F) на ділянці, який відсоток загальної [площі](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BC%D0%B0%D0%B9%D0%B4%D0%B0%D0%BD) рамки займає кожен зростаючий там [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) Крім того, [зазначають](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B7%D0%B0%D0%B7%D0%BD%D0%B0%D1%87%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D0%B2%D0%BA%D0%B0%D0%B7%D1%83%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D1%81%D0%B2%D1%8F%D1%82%D0%BA%D1%83%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B8) життєздатність кожного зразка: є чи в нього плодові тіла, здорова або хирлява слань. На кожному дереві описують мінімум [чотири](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B2%D1%96%D1%80%D1%82%D0%B5-%D1%83%D0%B7%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D1%96%D0%B7-%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D1%96%D0%B2%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%BC) пробні [майданчики:](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BC%D0%B0%D0%B9%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D1%87%D0%B8%D0%BA-%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D1%89%D0%B0) дві в підстави стовбура (з різних його сторін) і дві на висоті 1-1,5 м. [Загалом, алеєю](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B7%D0%B0%D0%B3%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%BC) виходить значне число описів, а [у](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%BE) всьому парку – і того більше. Одні [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) відбивають присутність якогось 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) лишайників на [певній](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, інші подають додаткову інформацію про його достаток у різних крапках, на третіх позначене кількість видів лишайників, що виростають у зоні дослідження.

**2.Характеристика видів забруднень, що визначаються** [**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) **мохів та лишайників**

Мохи [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 у своєму організмі широкий спектр техногенних полютантів: від органічних речовин, [включаючи](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B2%D0%BA%D0%BB%D1%8E%D1%87%D0%BD%D0%BE-%D0%B7) пестициди, до важких металів і радіонуклідів. Вміст важких металів у зелених надґрунтових мохах тісно пов’язане зі змістом цих елементів у [верхньому](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B3%D0%BE%D1%80%D1%96%D1%88%D0%BD%D1%96%D0%B9) шарі ґрунту. У порівнянні з епіфітами, надґрунтові [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) менш придатні 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) вмісту важких металів в атмосфері.

Мохи [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) витягувати іони різних елементів прямо з атмосфери, якщо цих елементів немає в субстраті. Це пов’язано з тим, що мохоподібні позбавлені покривних тканин і вологу вбирають усією поверхнею тіла, яка дуже великащодо обсягу. Тому, мохи служать чудовими індикаторами наявності або [відсутності](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) різних елементів в атмосфері або субстраті. Найбільш перспективним є [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) використання [для](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B1%D1%96%D0%BB%D1%8F-%D0%BA%D1%80%D0%B0%D0%B9-%D0%B7%D0%B0-%D0%BF%D1%96%D0%B4-%D1%87%D0%B0%D1%81-%D1%83-%D1%80%D0%B0%D0%B7%D1%96) вивчення забруднення [навколишнього середовищ](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F)а важкими металами для індикації таких металів, як Pb, Zn, Cd, Сі, Fe, Ni.

Мохи є індикаторами особливостей місцезростань, вказують на певні якості цих місцезростань, на динамічні процеси, що відбуваються в ценозах. Так, *Syntrichia caninervis* Mitt. є індикатором вапнистих субстратів, *Polytrichum piliferum* Hedw. вказує на вкрай ксерофітні умови середовища.

Характеристика мохоподібни[х 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) стану [навколишнього середовищ](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F)а псамофітних ценозів. *Plagiomnium cuspidatum* (Hedw.) T. Kop. – індикатор неморальних умов середовища. *Brachythecium mildeanum* (Schimp.) Schimp. – індикатор лучних ценозів та подібних до них вологих субстратів. *Cephaloziella divaricata (Sm.)* Schiffn.– індикатор мохово-лишайникової стадії демутації псамофітних ценозів, у т. ч. постпірогенних сукцесій. *Didymodon rigidulus* Hedw. – піонер первинних сукцесій на вапнякових стінах та бетонних спорудах. *Didymodon sinuosus* (Mitt.) Delogne – піонер первинних сукцесій вапнистих субстратів (будівлі з вапняку, місця [добичі](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) вапняків тощо).

Мохи є визнаними індикаторами рівня забруднення селітебних територій За [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) наявністю або [відсутністю](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) встановлюються зони з визначеним рівнем забруднення. Індикаторами сильнозабрудненої ізотоксичної бріоіндикаційної зони проявили себе дуже толерантні до токсичної дії полютантів, крайні урбанофіли, бокоплідні мохи *Leskea polycarpa* Hedw. та *Pylaisia polyantha* (Hedw.) Schimp. Середньозабруднену ізотоксичну бріоіндикаційну зону презентують дуже толерантні до токсичної дії полютантів, помірні урбанофіли *Orthotrichum pumilum* Sw., *Brachythecium salebrosum* (Hoffm. ex F. Weber & Mohr) Schimp.. та крайні урбанофіли – *Amblystegium serpens* (Hedw.) Schimp. та *Platygyrium repens* (Brid.) Schimp. Слабкозабруднену ізотоксичну бріоіндикаційну зону презентують високочутливі до забруднення атмосферного повітря, урбанонейтрали *Оrthotrichum diaphanum* Schrad. ex Brid. та *Brachytheciastrum velutinum* (Hedw.) Ignatov & Huttunen, а також дуже толерантний до токсичної дії полютантів, помірний урбанофіл *Orthotrichum speciosum* Nees. та помірні урбанофоби – *Plagiothecium cavifolium* (Brid.) Iwats. та *P. nemorale* (Mitt.) Jaeg.

Мохами-індикаторами незабрудненої ізотоксичної бріоіндикаційної зони є 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) – *Homalia trichomanoides* (Hedw.) Brid. та *Anomodon attenuatus* (Hedw.) Huebener. Високорезистентними до забруднення атмосферного повітря, дуже толерантними до токсичної дії полютантів, антропофільними, урбанофільними [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) є *Atrichum undulatum* (Hedw.) P. Beauv., *Bryum argenteum Hedw., В. capillare Hedw., Syntrichia ruralis (Hedw.).*

До індикаторів пилового забруднення належать листуваті лишайники – представники родів феофісція (*Pheophyscia orbicularis*), фісція (*Physcia stellaris, Ph. adscendens, Ph. tenella*), ксанторія, або золотянка (*Xanthoria parietina*), масюкіелла (*Massjukiella polycarpa*), а також накипний лишайник леканора Хагена (*Lecanora hagenii*). Групу видів лишайників та мохоподібних, поширених у непорушених людською діяльністю лісових масивах, називають індикаторами старих лісів, або індикаторами пралісів.

Для індикації кислотного забруднення повітря застосовують групу лишайників дуже чутливих до кислот. забруднювачів (сірчистого ангідриду, оксидів вуглецю, азоту, аміаку тощо) кущистих та середньочутливих листуватих лишайників, а також низку токситолерантних накипних видів. Високочутливими індикаторами кислот. забруднення повітря є лишайники родів рамаліна (*Ramalina*), уснея (*Usnea*), бріорія (*Bryoria*), евернія (*Evernia*), псевдевернія (*Pseudevernia*), анаптихія (*Anaptychia*), які повністю зникають в осередках із підвищеним вмістом вказаних забруднювачів. [Їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) можна виявити на околицях великих міст або на теріторіях, значно віддалених від промислових підприємств. До цієї ж групи індикаторів належать середньочутливі до атмосферного забруднення листуваті лишайники (*Parmelia sulcata, Hypogymnia physodes*). На відміну від кущистих та листуватих, накипні [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) стійкі до кислот. забруднення атмосфери. Прикладом таких видів є *Lecanora conizaeoides* та *Scoliciosporum chlorococcum*. Виникнення *Lecanora conizaeoides* пов’язують із першою індустріальною революцією в Європі. Обидва [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) суттєво поширилися в Україні у 2-й половині 20 ст.

**3.Історія використання мохів і лишайників у якості біоіндикаторів**

Вперше зникнення лишайників задокументував А. Нюляндер 1866 у Парижі. Це дало йому підстави назвати [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) гігієнометрами. В Україні зміни лишайник. покриву зареєстрував Г. Шпек (1870) в околицях Харкова. У 1920-х рр. Р. Сернандер уперше виділив ліхеноіндикаційні зони в місті, [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) так звану зону пустелі, зону боротьби та зону слабкого впливу. 1968 у Великій Британії створено біоіндикаційну шкалу, за якою на основі [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 лишайникові угруповання можна визначити рівні забруднення повітря SO2 (від 30 до 170 мг/м3).

У 1960-і рр. запропоновано декілька індексів. Індекс чистоти повітря (ІЧП) – синтетичний показник, який розраховують на основі вивчення угруповань епіфітних лишайників (зростають на корі дерев) у населених пунктах та індустріальних регіонах для порівняльного оцінювання стану атмосферного повітря. Його розробили канадські дослідники Де Слувер та Ле Блан у 1967 році.

В Україні застосований під час ліхеноіндикаційного картування в Луцьку, Львові, Івано-Франківську, Рівному, Тернополі, Чернігові, Кременчукі (Полтавська обл.) та ін.

Визначення класу полеотолерантності потребує наявності відомостей щодо екології лишайників у природних та антропогенно змінених екосистемах [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. У зв’язку з цим індекс використано лише в Естонії та деяких інших регіонах. [Загалом,](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B7%D0%B0%D0%B3%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%BC) в Україні оцінювання стану атмосферного повітря [за допомогою](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%BF%D0%BE-%D0%B4%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B3%D1%83) лишайників, [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) індексів чистоти повітря та його модифікованого варіанта, проведено наприкінці 1980-х і в 1990-і рр. у Львові, Харкові, Києві, Луцьку, Івано-Франківську, Рівному, Тернополі, Чернігові, Кременчузі та ін., а також на територіях, що прилягають до промислових об’єктів Івано-Франківська та Львівської [області.](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)

Унаш час склалася ситуація, [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) якою для здійснення біоіндікаційних робіт повсюдно в якості біоіндикаторів застосовують лишайники, водорості, квіткові й голонасінні рослини й рідко – мохоподібні. Бріологія розвинулася в 19 столітті в результаті робіт [Й. Гедвіга](https://uk.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%99%D0%BE%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D0%BD_%D0%93%D0%B5%D0%B4%D0%B2%D1%96%D0%B3&action=edit&redlink=1), [В. Гофмейстера](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D1%96%D0%BB%D1%8C%D0%B3%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BC_%D0%93%D0%BE%D1%84%D0%BC%D0%B5%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B5%D1%80), [К. Гебеля](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B0%D1%80%D0%BB_%D1%84%D0%BE%D0%BD_%D0%93%D0%B5%D0%B1%D0%B5%D0%BB%D1%8C) та інших. Якщо з 1896 р опубліковано понад 800 робіт із проблеми «Атмосферний забруднення й лишайники», то про використання мохів – не [більше 200](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B1%D1%96%D0%BB%D1%8C%D1%88-%D0%BD%D1%96%D0%B6-%D0%BF%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D0%B4). Не дивлячись на це, представники відділу Моховидних (бріофіти) можуть успішно використовуватися в якості індикаторних рослин. Вони відповідають усім вимогам, мають досить тривалий життєвий цикл; [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) приурочені до строго визначеним місцезнаходженнія; [зустрічаються](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BF%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%B8%D1%81%D1%8F) в багатьох географічних зонах земної кулі; пошкодження [деяких](http://onlinecorrector.com.ua/%D0%B4%D0%B5%D1%8F%D0%BA%D0%B8%D0%B9-%D0%BF%D0%BE%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%BE%D0%BA%D0%B8%D0%B9-%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B9) особин або агрегацій мохів зберігаються аж до [їх](http://onlinecorrector.com.ua/%D1%97%D1%85-%D1%96-%D1%97%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%B9) загибелі.