

# КОМП'ЮТЕРНІ ЗАСОБИ, МЕРЕЖІ ТА СИСТЕМИ

*Yu. Kolesnik, V.S. Fedak*

## **METHODS FEATURES OF FLUORESCENT PHYTOMONITORING CITY ENVIRONMENT**

*The features of the environment of the city, especially its methodical monitoring phytomonitoring environment and monitoring fluorescent allow to use fluorescent phytomonitoring environment of the city.*

*Key words: city environmental monitoring, fluorescent monitoring.*

*Рассмотренные особенности окружающей среды города, методические особенности ее мониторинга, фитомониторинга среды и флуоресцентного мониторинга позволяют использовать их для флуоресцентного фитомониторинга окружающей среды города. Ключевые слова: окружающая среда города, мониторинг, флуоресцентный мониторинг.*

*Розглянуті особливості довкілля міста, методичні особливості його моніторингу, фітомоніторингу довкілля та флуоресцентного моніторингу дозволяють використати їх для флуоресцентного фітомоніторингу довкілля міста. Ключові слова: довкілля міста, моніторинг, флуоресцентний моніторинг.*

© Ю.С. Колесник, В.С. Федак,  
2016

УДК 381.3

Ю.С. КОЛЕСНИК, В.С. ФЕДАК

## **МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ФЛУОРЕСЦЕНТНОГО ФІТОМОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ МІСТА**

**Мета, задачі, об'єкти та види моніторингу довкілля.** Мета – це організація систем моніторингу, оцінювання та прогнозування функціонування екосистем, вплив на них природних та антропогенних чинників.

Задача моніторингу довкілля міста – це спостереження за станом біосфери, оцінка і прогноз стану, визначення ступеню антропогенного впливу, визначення чинників і джерел впливу. Види моніторингу довкілля міста наведені в табл. 1.

ТАБЛИЦЯ 1. Види моніторингу довкілля

Санітарно-екологічний	Фоновий
Біологічний	Контактний
Літосферний	Дистанційний
Геофізичний	Періодичний
Кліматичний	Систематичний
Супутниковий	Фітомоніторинг
Стандартний	Геосистемний, природно-господарчий, прогноз стихій
Кризовий	

Об'єктом є навколишнє середовище, його елементи, джерела впливу, повітря, метеоумови, забруднення тощо.

Кожен із зазначених видів моніторингу включає:

спостереження – активне, цілеспрямоване, навмисне сприйняття об'єкта і формуванням уявлення про нього;

вимірювання – визначення числового

значення величини; аналіз – розчленування на складові, з метою вивчення – діагностика;

прогнозування змін – передбачення.

В табл. 2 наведені джерела впливу на стан довкілля міста. Визначення стану довкілля міста, його змін та прогноз здійснюють за станом рослин та їх угруповань шляхом фітомоніторингу та фітоіндикації. Вони мають спільні риси та відмінності.

ТАБЛИЦЯ 2. Впливи на довкілля міста

Позитивні впливи	Негативні впливи
Озеленення вулиць	Викиди та скиди
Фітомеліорація	Викиди транспорту
Поливка вулиць	Вирубка дерев
Економія тепла	Вивіз листя восени
Боротьба з пилом	Викиди пилу
Лісополоси	Викиди тепла

**Вибір місця проведення моніторингу.** Визначають у місті розташування промислових зон, їх спеціалізації та окреслюють площу впливу на довкілля.

В місцевому метеоцентрі визначають напрямок переважних вітрів у місті.

Позначають на карті міста місця знаходження джерел забруднень, їх потужність та переважні напрямки розповсюдження з урахуванням рельєфу.

Позначають на карті розташування дерев на шляху пересування забруднень, їх вид, висоту, вік, показники крони.

Позначають наявні чагарникові та трав'янисті домінуючі види та їх проективне покриття.

Намічають геоботанічний профіль з урахуванням джерел забруднення, рози вітрів, житлових масивів, зелених насаджень тощо.

На геоботанічному профілі вибирають майданчики для спостережень.

На майданчиках проводять геоботанічний опис рослинності та добовий замір метеопказників синхронно з замірами на місцевій метеостанції.

На майданчиках спостережень вибирають дерева, чагарники та трав'янисті рослини, на яких планується проводити вимірювання флуоресценції.

Вибирають та узгоджують із співвиконавцями періодичність та об'єм вимірювань на майданчиках та порядок взаємообміну інформацією.

**Фітоіндикація.** Оцінка екологічних чинників або екосистем за допомогою флористичних ознак видів, угруповань, їх сукупності і взаємовідносин [1].

Для них характерні швидка фізіологічна реакція (наприклад, зміна електропотенціалів у межах листа або гілки); прямий та опосередкований зв'язок з чинником (грунт, підземні води, солі, заболочування); антропогенні зміни (наприклад, переполив при меліорації) тощо.

Індикатори:

- види рослин;

- внутрішньовидові розділи , сорти;
- рослинні співтовариства;
- стан окремих рослин.

Приклад чутливого індикатора – кульбаба лікарська. Вона – індикатор концентрації хлорофілу.

**Фітомоніторинг.** Використання рослин для оцінки стану довкілля як моніторів, коли рослини накопичують забруднення більше від інших або від середовища. Рослина монітор пошкоджується від забруднення. Зміни – швидкість росту, відтворення, фотосинтез. Це довгостроковий процес [2].

**Спостереження в місті з використанням рослин моніторів.** Джерела забруднення повітря газами. Забруднення пилом різної природи. Токсичні аерозолі різної природи. Викиди газів міським та транзитним транспортом. Пари асфальту, бітуму та азбесту влітку. Викиди агрохімії та біопрепаратів. Моніторинг поверхневих і стічних вод.

**Особливості ознак, необхідних для фітомоніторингу міста.** Основний функціональний процес – фотосинтез та флуоресценція хлорофілу. Фотосинтез здійснюється хлорофілом хлоропластів палисадного та губчатого мезофілу листа. Флуоресценцію трактують як випромінювання надлишку енергії поглинутої хлорофілом. Зміна флуоресценції у часі має характерний вигляд кривої ІФХ (індукція флуоресценції хлорофілу). Форма кривої та значення окремих показників, індексів, можуть слугувати індикаторами певних фізіологічних процесів [3].

При цьому необхідно враховувати ряд визначень, умов та обмежень:

- показники флуоресценції ІФХ;
- порівняльна діагностика;
- допоміжні ознаки та умови;
- нативність хлорофілу;
- інтактність листів;
- екологічність показників. Виконання екологічних законів: Шелфорда, Лібіха та інших;
- кількісний діапазон показників;
- нормальний розподіл значень кількісних показників.

**Вимірювані показники та діагностичні ознаки.** Із зазначених вище методик фітомоніторингу та фітоіндикації докладніше розглянемо флуоресцентну методику [4, 5]. Методика полягає у використанні індексів флуоресценції хлорофілу для визначення стану рослин, його змін у часі та під впливом різних стресорів. Індекси флуоресценції хлорофілу визначають з характерних значень індукції флуоресценції хлорофілу (ІФХ), які отримують з поточних значень флуоресценції нативного хлорофілу під час опромінення інтактного листа рослини світлом у діапазоні хвиль (350 – 650) нм і вимірювання флуоресценції у діапазоні хвиль (670 – 770) нм. З поточних значень флуоресценції будують характерну криву індукції флуоресценції, на якій виділяють характерні значення  $F_0$ ,  $F_{PL}$ ,  $F_m$ ,  $F_{st}$ ,  $F^{\prime}0$ ,  $F^{\prime}m$ . Із характерних значень визначають індекси, кожен з яких є індикатором певних процесів в апараті фотосинтезу, як, наприклад,  $(F_m - F_{st})/F_{st}$  – індекс життєздатності. Одне вимірювання ІФХ (цикл вимірювання)

включає темнову адаптацію – 3 – 20 хв., опромінення робочої плями листа 3 – 10 хв. Тому цикл одного вимірювання триває 6 – 30 хв.

**Подвійна роль рослинності у фітомоніторингу.** Способом ІФХ визначають стан рослинності за станом фотосинтетичного апарату. Флуоресценція нативного хлорофілу дає стан живого листа дерева, а флуоресценція інтактного листа показує стан дерева, а стан ряду дерев дають стан деревостою.

З другого боку дерева є елементом фітоценозу, і їх стан є станом фітоценозу, як складової довкілля. Таким чином рослинність є одночасно елементом фітоценозу і елементом довкілля, а її стан є одночасно станом рослинності довкілля.

Так як фітомоніторинг являє собою неперервну діагностику стану рослинності довкілля то необхідно з переліку показників довкілля вибрати головні, які необхідні для характеристики довкілля.

Діагностика стану довкілля полягає у порівнянні його поточного стану за вибраними показниками з наперед заданим станом.

#### **Методи моніторингу довкілля.**

1. Фізичні – теплофізичні, оптичні, електричні, метеорологічні.
2. Хімічні – елементний склад, сполуки.
3. Біологічні – анатомічні, морфологічні, фізіологічні.
4. Соціальні – господарча діяльність.

Оптичні методи – контактні і дистанційні часто використовують разом для наземної прив'язки [6].

Серед оптичних методів виділяють відбиття, поглинання та флуоресценцію. Відбиття та поглинання світла використовують при структурних визначеннях. Структурні показники використовують здебільшого для моніторингу повільних незворотних змін і при відтермінованому аналізі змін.

Функціональні ознаки використовують при швидкій зміні реакцій фітоелементів на стресові чинники. Функціональні ознаки доцільно використовувати при дослідженні дії чинників.

До структурних показників належать анатомічні та морфологічні ознаки рослин. Такі ознаки змінюються повільно і незворотньо. Зміни в більшості якісні і морфометричні.

До функціональних ознак належать фізіологічні процеси: біофізичні, фото та біохімічні реакції. Результат визначають шляхом вимірювань. Швидкість фізіологічних реакцій досить велика, особливо фотохімічних, від 0,0001 сек до 100 сек. Для їх вимірювань використовують прилади. Так для оптичних вимірювань використовують фотометри, фотоколориметри, спектрофотометри та флуорометри, універсальні та спеціальні [7]. Моніторинг структурних змін здійснюють епізодично і навіть періодично, а моніторинг функціональних змін – систематично і навіть неперервно з прив'язкою до періоду вегетації.

**Передумови для побудови діагностичних ознак.** Стан рослин при проведенні фітомоніторингу визначають за кількісними і якісними миттєвими значеннями вибраного переліку ознак.

Границі допустимих значень ознак визначають діапазон лімітування, за межами якого лежать критичні значення.

Вплив чинника на стан рослини визначають шляхом порівняння значень вибраного показника дослідної і контрольної (зразкової) рослин.

Контрольну рослину вибирають за максимальною ідентичністю з дослідною рослиною за видом, культурою, сортом, габітусом, розміром крони, експозицією тощо. Необхідно вибрати або забезпечити однакові екологічні умови ґрунту, повітря, вологості, інсоляції тощо протягом всього експерименту.

Порівняльні вимірювання або визначення слід виконувати синхронно між контролем і дослідом [8].

Контроль і дослід повинні мати однакову передісторію.

При визначенні впливу діючого чинника слід забезпечити вплив цього чинника тільки на дослідну рослину, без впливу на контрольну. Значення інших показників та умов мають бути однаковими або знаходитись в межах зони толерантності.

Тестовими рослинами мають бути рослини ендифікатори – дерева, чагарники, трав'янисті рослини, ефемероїди та мох.

**Методика проведення екологічного дослідю.** Екологічний моніторинг довкілля являє собою багаточинниковий геоботанічний експеримент. Важливо в межах геоботанічного профілю вибрати станції для вимірювань і спостережень і дотримуватись їх при систематичних визначеннях.

Зробити геоботанічний опис профілю, рослин, ґрунту, метеоумов тощо.

Визначити середньо добові, середньо сезонні та середньорічні кліматичні показники.

Описати наявність засобів захисту рослин, антропогенні та агрохімічні забруднення тощо.

Вибрати або висадити рослини індикатори та контрольні рослини.

По всіх станціях спостережень вести польовий щоденник.

Показники ІФХ бажано міряти на світанку, до сходу сонця, не раніше ніж за добу після дощу.

При порівняльних визначеннях стану дерев та чагарників рослини слід вибрати однакові, що знаходяться в однакових умовах [9].

Листя для вимірювань вибирають з верхньої частини пагонів (2 – 3 листи).

Кількість повторних вимірювань більше 3 на рослину і бажано охопити експозиції і яруси даної рослини.

Контроль з 3–5 рослин або їх фрагментів, що знаходяться в однакових умовах.

При використанні кривої ІФХ як контрольну вибирають усереднену криву. До вимог експерименту слід віднести визначення умов у межах зони толерантності умов.

Порівняння здійснюють між значеннями показників контрольної і дослідної рослин.

Правильне визначення  $F_0$  та важливе для подальшого представлення процесів, що відбуваються протягом світлового дня.

**Висновки.** Особливості довкілля міста, методичні особливості його моніторингу, особливості фітомоніторингу довкілля та методичні особливості флуоресцентного моніторингу дозволяють використати його для флуоресцентного фітомоніторингу довкілля міста.

Для охоплення різних екоотопів довкілля міста система моніторингу має бути розосередженою із централізованим збором і обробкою інформації.

Для розосередженої системи моніторингу необхідні оптоелектронні автономні сенсори з використанням індукції флуоресценції хлорофілу.

Індекси флуоресценції нативного хлорофілу інтактного листа рослини доцільно використати як діагностичні ознаки фітомоніторингу довкілля міста.

Подвійна роль рослинності міста, зокрема дерев, дозволяє одночасно визначати їх стан і стан довкілля міста.

1. Глухов О.З., Сафонов А.І., Хижняк Н.А. Фітоіндикація металопресингу в антропогенно трансформованому середовищі. *Донецький ботанічний сад НАН України*. Донецьк: Норд-Пресс, 2006. 358 с.
2. Дідух Я. П., Плюта П. Г. Фітоіндикація екологічних факторів. *Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного*. К.М. Ситник (відп. ред.). К.: Наукова думка, 1994.
3. Ольхович О.П., Мусієнко М.М. Фітоіндикація та фітомоніторинг: Метод. рек. *Київський національний ун-т ім. Тараса Шевченка*. К.: Фітосоціоцентр, 2005. 64с.
4. Федак В.С. Вибір показників середовища для фонових моніторингу забруднень. *Проблемно-орієнтовані комплекси та системи автоматизації та управління*. Київ: Ін-т кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України. С. 72–79.
5. Корнеев Д.Ю. Информационные возможности метода индукции флуоресценции хлорофилла. Київ: Альтпрес, 2002. 188 с.
6. Федак В.С., Ключан П.С. До особливостей автоматизації екологічного моніторингу. *Технічні та програмні засоби екологічного, медико-біологічного та промислового моніторингу*. Київ. Ін-т кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України. 1996. С. 14–21.
7. Федак В.С. Фоновий моніторинг з позицій еколога. *Проблемно-орієнтовані комплекси в системах автоматизації та управління*. Київ. Ін-т кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України. 1995. С. 66–71.
8. Артеменко Д.М., Федак В.С. Стан рослин та його діагностика. *Комп'ютерні засоби, мережі та системи*. 2012. № 11. С. 99–108.
9. Патент України на корисну модель № 72708. Спосіб діагностики стану рослин. Артеменко Д.М., Романов В.О., Федак В.С. Бюл. № 15, 2012 р.

Одержано 14.01.2016