



УКРАЇНА

(19) UA (11) 27519 (13) U

(51) МПК (2006)  
G01W 1/100  
A01G 15/00  
A01G 23/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ  
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

## (54) СПОСІБ КОМПЛЕКСНОЇ БІОІНДИКАЦІЇ СТАНУ АТМОСФЕРИ НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

1

2

(21) u200704037

(22) 12.04.2007

(24) 12.11.2007

(72) КОРНЕЛЮК НАДІЯ МИКОЛАЇВНА, UA,  
МИСЛЮК ОЛЬГА ОЛЕКСАНДРІВНА, UA, МИСЛЮК  
ЄВГЕН ВАСИЛЬОВИЧ, UA(73) ЧЕРКАСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ  
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, UA

(56)

(57) 1. Спосіб комплексної біоіндикації стану атмосфери навколишнього природного середовища, що включає біоіндикацію забрудненого атмосферного повітря за допомогою тест-об'єктів на деревах, де прораховують кількість балів, за якими визначають рівень забруднення атмосфери, який відрізняється тим, що як тест-об'єкт використовують кору тополі пірамідальної (*Populus pyramidalis*) віком більше

20 років, при цьому закладають трансекту на карті території за пануючими вітрами, через проміжки відстані від початку трансекти до її закінчення помічають тополі пірамідальні, беруть зразки кори з них, потім підсушують зразки до повітряно-сухого стану, подрібнюють, озолують і проводять спектрофотометричне визначення вмісту важких металів, за результатом визначення яких складають таблицю забруднення і маршрути перенесення важких металів на відстань, створюють довгостроково банк даних концентрацій забруднень, за якими визначають ступінь забруднення по відношенню до фонового забруднення атмосфери.

2. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що проміжки відстані трансекти мають довжину в залежності від розміру території, що підлягає моніторингу, наприклад, 50 або 100 м і більше.

Корисна модель відноситься до галузі прикладної екології, а саме може бути використана для біомоніторингу вмісту важких металів, кислотоутворюючих оксидів в атмосферному повітрі навколишнього природного середовища, як особливо небезпечних речовин для здоров'я людини.

Відомий спосіб визначення рівня забруднення атмосфери [РД 52.04.186 - 89. Государственный комитет по гидрометеорологии. Министерство здравоохранения СССР. - М., 1991. - С.404], який дає опис контролю забруднюючих речовин в атмосферному повітрі та надає розрахунок індексу забруднення ( $I_3$ ) за окремою домішкою:

$$I_3 = \sum_{i=1}^n I_i = \sum_{i=1}^n (g / \text{ГДК}_{\text{СД}})^{C_i},$$

де  $g$  - середня концентрація  $i$ -тої домішки,  $\text{мг}/\text{м}^3$ ;  $\text{ГДК}_{\text{СД}}$  - гранично допустима концентрація  $i$ -тої речовини, середньодобова,  $\text{мг}/\text{м}^3$ ;  $C_i$  - ступінь, безрозмірна константа, що характеризує ступінь небезпечності  $i$ -тої речовини.

Опис особливостей забруднення атмосфери, обумовлених розташуванням промислових підприємств дається за складом і кількістю викидів, умовами метеорологічного режиму та показників рівня забрудненості атмосфери.

Недоліки: складне апаратне оформлення технології процесу визначення рівня забруднення, великі затрати електроенергії, пального і хімічних реактивів на проведення контролю, великий персонал обслуговування, складність хіміко-аналітичного аналізу та багатостадійність обробки результатів.

Відомий спосіб визначення забруднення атмосфери за допомогою біоіндикаторів [Шапиро И.А. Лишайники: удивительные организмы и индикаторы состояния окружающей среды: Учебное пособие. - СПб.: Крисмас +, 2003. -108с], включає картографування території дослідження, вибір дерев, стовбури яких заселені лишайниками. За відсотком заселення стовбурів дерев визначається рівень забруднення: забруднення відсутнє; забруднення слабе; забруднення

(13) U

(11) 27519

(19) UA

середнє; забруднення значне (лишайникова пустеля).

До недоліків можна віднести те, що спосіб не дає конкретного розрахунку рівнів забрудненості повітря на локальних територіях.

Відомий спосіб використання лишайників для визначення рівня забруднення атмосферного середовища [Гайнріх Д., Гергг М. Екологія: dtv - Atlas. Пер. з 4-го видання / Наук. ред. пер. з нім. В.В. Серебрякова. - К.: Знання - Прес, 2001. - С.224-225], який описує моніторинг поллютантів, що чинять негативний вплив на атмосферне повітря.

До недоліків способу можна віднести неможливість точного визначення рівня забруднення, оскільки описується тільки їх придатність для вивчення негативного впливу забруднювачів повітря міст і не описується як саме проводиться оцінка рівня забруднення.

Відомий спосіб використання кори шестидесятирічної шотландської сосни (*Pinus sylvestris* L.) [Relations between sulphate, ammonia, nitrate, acidity and trace element concentrations in tree bark in The Netherlands Journal Water, Air, & Soil Pollution Gernot Huhn, Horst Schulz, Hans - Joachim Stärk, Rainer Tölle and Gerrit Schüürmann. Pages 367-383 Monday, December 06, 2004], в якому беруть кору сосни на території, що досліджується, екстрагують з кори важкі метали, аналізують ICP - AES і ICP - MS методами і визначають аеротехногенні емісії важких металів.

До недоліків способу можна віднести те, що він пропонується для моніторингу стану тільки лісових екосистем, не досліджує вміст важких металів та кислотоутворюючих оксидів в повітрі індустріально розвинених районів, оскільки даний тест-об'єкт *Pinus sylvestris* L. є типовим для лісових екосистем.

Відомий спосіб використання лишайників, як біоіндикаторів забруднення повітря кислотними залишками: діоксиду сірки, оксидами азоту, вуглецю, сполуками фтору та ін. [Жизнь растений. т.3. Водоросли, лишайники /под ред. М.М. Голлербаха. - М.: Просвещение, 1977. - С.431-432], який описує самі лишайники і вказує на можливість їх використання для біоіндикації атмосфери.

До недоліків можна віднести те, що він не визначає ступеня забрудненості атмосферного повітря.

Прототипом запропонованого способу є найбільш досконалий з технологічної точки зору спосіб [патент України №67482 «Спосіб локальної біоіндикації стану атмосфери навколишнього природного середовища». Кл. G 01W 1/00, A01H15/00. Бюл. №6, від 15.06.2004], який здійснює локальну біоіндикацію атмосфери навколишнього природного середовища, що включає біоіндикацію забрудненого атмосферного повітря за допомогою тест-об'єктів на деревах - лишайників, та розрахунок декількох рівнів забруднення атмосфери, де використовують три групи лишайників, заселених не менше ніж на десяти деревах, визначають відсоток заселення дерев лишайниками і середній відсоток ділять на кількість груп, а потім прораховують кількість балів

(від 0 до 3,0 балів), за якими визначають рівень забруднення атмосфери з п'яти рівнів.

До недоліків можна віднести неточність розрахунку груп лишайників - накипні, листуваті і куцисті, заселених не менш ніж на десяти деревах, які можуть бути ушкодженими, або зовсім відсутніми на деревах за умов значного забруднення навколишнього середовища. Крім того, візуальне визначення відсотку заселення дерев лишайниками не є досконалим і точним.

В основу корисної моделі поставлено задачу покращити технологічність процесу дослідження забрудненості атмосфери навколишнього природного середовища урбанізованих (міських) територій не тільки на локальному, а й на регіональному рівнях шляхом введення нових операцій біоіндикації за допомогою нового тест-об'єкта - кори тополі пірамідальної (*Populus pyramidalis*), та інструментального аналізу, забезпечити довгострокове спостереження процесів накопичення важких металів і точне визначення ступеня забруднення атмосфери по відношенню до фонових концентрацій на умовно чистих територіях міста.

Суть корисної моделі полягає в тому, що у способі комплексної біоіндикації стану атмосфери навколишнього природного середовища, що включає біоіндикацію забрудненого атмосферного повітря за допомогою тест-об'єктів на деревах, де прораховують кількість балів, за якими визначають рівень забруднення атмосфери, відповідно до корисної моделі як тест-об'єкт використовують кору тополі пірамідальної (*Populus pyramidalis*) віком більше 20 років, при цьому закладають трансекту на карті території за пануючими вітрами, через проміжки відстані від початку трансекти до її закінчення помічають тополі пірамідальні, беруть зразки кори з них, потім підсушують зразки до повітряно-сухого стану, подрібнюють, озолують і проводять спектрофотометричне визначення вмісту важких металів, за результатом визначення яких складають таблицю забруднення і маршрути перенесення важких металів на відстань, створюють довгостроково банк даних концентрацій забруднень, за якими визначають ступень забруднення по відношенню до фонового забруднення атмосфери.

Проміжки відстані трансекти мають довжину в залежності від розміру території, що підлягає моніторингу, наприклад, 50 або 100м і більше.

Порівняльний аналіз з прототипом дозволяє зробити висновок, що технічне рішення, яке заявляється, відрізняється від прототипу наявністю нового тест-об'єкту - кори тополі пірамідальної (*Populus pyramidalis*), нових операцій біоіндикації, інструментального аналізу, за результатами визначення якого складають карту забруднення території і створюють довгостроково банк даних концентрацій забруднень. Завдяки цьому підвищується точність та якість оцінки ступеня забруднення атмосфери протягом декількох років і навколишнього середовища в цілому.

Запропоноване технічне рішення відповідає критерію «ознаки, що відрізняються», оскільки в

ньому відсутнє рішення зі схожими ознаками у прототипі та в інших відомих рішеннях. «Ознаки, що відрізняються» забезпечують досягнення позитивного ефекту щодо точності аналізу інформації про забруднення навколишнього середовища та просторового перенесення важких металів.

Запропоноване технічне рішення пояснюється рисунками: на Фіг.1 - карта-схема побудови трансекти за пануючими вітрами від точкового джерела забруднення з нанесенням місць розташування тест-об'єктів; Фіг.2 - зразок тест-об'єкту - кори тополі пірамідальної (*Populus pyramidalis*).

Спосіб комплексної біоіндикації стану атмосфери навколишнього природного середовища містить наступні етапи:

- вибір території, що досліджується, та закладання трансекти;
- взяття зразку кори тополі пірамідальної;
- підсушення зразку до повітряно-сухого стану;
- подрібнення зразку;
- озолення зразку;
- проведення спектрофотометричного визначення концентрації важких металів у зразку;
- проведення потенціометричного визначення кислотності кори;
- створення довгостроково банку даних за допомогою комп'ютеру;
- визначення ступеню забруднення атмосфери;
- складання на карті маршруту перенесення важких металів на відстань;
- організація довгострокового спостереження за територією і порівняльний аналіз забруднення території через відповідний термін.

Приклад конкретного виконання комплексної біоіндикації стану атмосфери навколишнього природного середовища.

Вибирають район дослідження та тест-об'єкт на території, що підлягає біоіндикації. Кора тополі пірамідальної (*Populus pyramidalis*) віком більше 20 років відповідає основним вимогам щодо тест-об'єкту, саме вона досить широко представлена як елемент озеленення урболандшафтів, має пористу та грубу текстуру поверхні, значну площу, мінімальну природну кислотність, володіє кумулятивним ефектом і характеризується відсутністю фізіологічних бар'єрів.

Одночасно на карті графічно зображують розу вітрів, за допомогою якої визначають пануючі напрямки вітру, графічно закладають трансекту (у вигляді відрізків лінії) за пануючими вітрами, на якій через 50, 100м позначають місця розташування тест-об'єкту (наприклад, на Фіг.1 - від вибраної точки 1 і далі помічають точки 2, 3...). Відповідно карті згідно точкам на трансекті маркують тополі пірамідальні на досліджуваній території.

Зразки кори беруть у суху погоду з чотирьох за сторонами світу напрямків, підсушують до повітряно-сухого стану, подрібнюють, утворюють усереднену пробу, поміщають у тигель та зважують. Наважку беруть згідно чутливості приладу на елемент, що визначається. Наприклад,

чутливість приладу на свинець невелика, тому наважка продукту, що досліджується, повинна бути не менша за 90г сухої речовини. Наважку подрібненої кори у кварцовому тиглі поміщають на електроплитку для обвуглювання до припинення виділення диму, потім тигель переносять до муфельної печі для остаточного озолення при температурі 250°C. В муфельній печі, наприклад «СНОЛ-1», проводять озолення проб з поступовим підвищенням температури на 50°C через кожні 30 хвилин з поступовим доведенням температури до 450°C. За цих умов озолують до утворення сірої золи. Тиглі з золою виймають, охолоджують до кімнатної температури (20°C) і додають 1,0см<sup>3</sup> розчину азотної кислоти, яку потім випарюють на електричній плитці при слабкому нагріванні. Отриманий зразок знову піддають нагріванню у муфельній печі з початковою температурою 250°C, яку протягом однієї години, через кожні 20 хвилин збільшують приблизно на 70°C та доводять до 450°C. Озолення вважається закінченим за умов білого забарвлення зразка без обвуглених частинок. Якщо зразок містить обвуглені залишки, повторюють операцію з обробкою азотною кислотою.

Після проведення озолення готують розчин зразків з подальшим їх дослідженням. Отриману золу розчиняють при нагріванні в азотній кислоті (1:1) за об'ємом з розрахунку 1-5см<sup>3</sup> азотної кислоти в залежності від зольності. Розчин випарюють до вологих солей, осад розчиняють у 20см<sup>3</sup> 1% азотної кислоти, розчин переносять у мірну колбу об'ємом 25см<sup>3</sup> та доводять до мітки 1% розчином азотної кислоти. Для контролю застосовують «холосту» пробу з розчином азотної кислоти, масова доля якої становить 1%.

Проводять спектрофотометричне визначення вмісту важких металів, наприклад, за допомогою атомно-абсорбційного спектрофотометра - 115М1.

Для визначення ступеню забруднення атмосфери кислотоутворюючими оксидами вимірюють кислотність кори наступним чином:

- зразки підсушують до повітряно-сухого стану, подрібнюють та додають дистильовану воду у співвідношенні 1:10, час експозиції - 24 години;
- вимірюють кислотність об'єднаним рН-метром та потенціометром, наприклад Radiometer PHM82 and CDM3, попередньо профільтрував розчин зразку.

На теперішній час відсутні нормативи гранично допустимих концентрацій, що регламентують рівень забруднення важкими металами представників дикорослих видів флори, у тому числі і кори тополі пірамідальної, тому для оцінки ступеню забруднення використовувалися концентрації важких металів у корі на фонівій (умовно чистій) території міста.

Приклад конкретного розрахунку ступеню забруднення атмосфери.

Для оцінки ступеню забруднення атмосферного повітря важкими металами запропоновано шкалу балів, у відповідності до сумарного показника забруднення  $Z_c$  (таблиця 1).

Оцінка ступенів забруднення важкими металами	400	46,5	28,1	45,2	5,3
	500	50,2	29,2	49,9	5,7

Бали	Ступень забруднення атмосфери	Техніко-економічний аспект	Значення показника забруднення атмосфери	Метод визначення
1	мінімальна	початність оцінки	ступень забруднення атмосфери	визначена
2	низька	за допомогою	інструментальною	методу аналізу,
3	помірна	забезпечується	довгострокове	спостереження
4	висока	процесів накопичення	важких металів	
5	надзвичайно висока	Спосіб, що пропонується	в першій частині	час

Як бачимо з таблиці 1, із збільшенням значення сумарного показника забруднення ступень забруднення атмосфери оцінюється від мінімальної ( $Z_c$  менше 8,0) до надзвичайно високої ( $Z_c$  більше 128,0).

За отриманими результатами вмісту важких металів в корі розраховують коефіцієнт концентрації хімічного елемента ( $K_c$ ) за формулою:

$$K_c = \frac{C}{C_\phi}$$

де  $C$  - концентрація елемента в корі;

$C_\phi$  - фонова концентрація елемента в корі.

Розраховують сумарний показник забруднення важкими металами ( $Z_c$ ) за формулою:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_c - (n - 1),$$

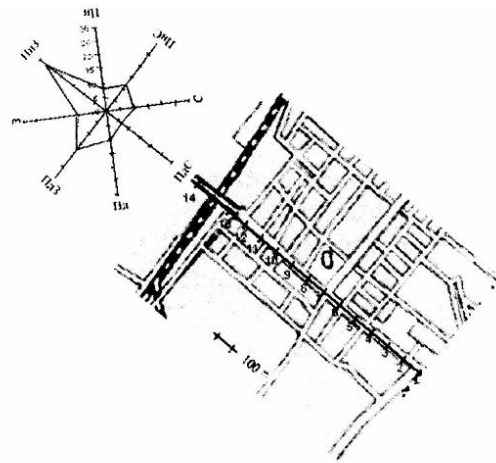
де  $K_c$  - коефіцієнт концентрації хімічного елемента;

$n$  - кількість хімічних елементів, що аналізуються.

У відповідності до розрахунків значення сумарного показника забруднення по відношенню до фонової концентрації за шкалою балів визначають ступень забруднення атмосфери, дані записують у таблицю 2.

Як бачимо з таблиці 2, банк даних має, наприклад маршрут №1 на відстані від 100 до 500м, на якому ступень забруднення атмосфери визначений балом 2 як низький при сумарному показнику забруднення  $Z_c$  від 11,8 до 14,6. На маршруті №2 ступень забруднення атмосфери визначений балами 4 та 5 як високий й надзвичайно високий при сумарному показнику забруднення  $Z_c$  від 60,7 до 132,0.

Банк даних коефіцієнтів концентрування у корі тополі пірамідальної та ступі



Фіг. 1



Фіг. 2

Маршрут перенесення	Відстань, м	Коефіцієнт концентрації						
		Cu	Zn	Pb				
№1	100	5,1	7,2	2,8	2,5	14,6	2	низька
	200	5,4	5,8	1,7	1,9	11,8	2	низька
	300	5,8	5,8	2,9	3,0	14,5	2	низька
	400	5,5	5,6	2,6	2,7	13,4	2	низька
	500	5,7	5,7	2,5	2,9	13,8	2	низька
№2	100	25,3	10,6	24,1	3,7	60,7	4	висока
	200	38,7	22,1	22,2	3,9	83,9	4	висока
	300	39,9	27,8	20,4	4,0	89,1	4	висока