



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **43978** (13) **U**
(51) МПК (2009)
A01G 7/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ**ОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**видається під
відповідальність
власника
патенту**(54) СПОСІБ ОЦІНЮВАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ЛИШАЙНИКІВ РАДІОАКТИВНОГО ЗАБРУДНЕННЯ СУБСТРАТІВ ПОРОДНИХ ВІДВАЛІВ**

1

2

(21) u200903732

(22) 16.04.2009

(24) 10.09.2009

(46) 10.09.2009, Бюл.№ 17, 2009 р.

(72) ГЛУХОВ ОЛЕКСАНДР ЗАХАРОВИЧ, АВЕРЧУК
АНТОН СЕРГІЙОВИЧ, ХАРХОТА ГАННА ІВАНІВ-
НА(73) ДОНЕЦЬКИЙ БОТАНІЧНИЙ САД НАН УКРАЇ-
НИ(57) Спосіб оцінювання за допомогою лишайників радіоактивного забруднення субстратів породних відвалів, що включає фіксацію наявності лишайникового покриву та обчислення його зустрічальності, який **відрізняється** тим, що в серединній лінії горизонтального профілю відвалу закладають 100 облікових ділянок 1х1 м, на яких визначають наявність лишайникових синузій та встановлюють тип

домінуючої слані, а потім за допомогою статистичних обчислень за формулою

$$IP3 = P \times \left(\frac{k + l + n}{3} \right),$$

де:

IP3 - індекс радіоактивного забруднення;

P - відсоток зустрічальності лишайників на відвалах;

k - кількість куцистих лишайників на відвалі;

l - кількість листуватих лишайників на відвалі;

n - кількість накипних лишайників на відвалі
розраховують інтегральний показник радіоактивного забруднення субстратів даного породного відвалу.

Корисна модель відноситься до екології, промислової ботаніки, біоіндикації та може бути використана для індикації забруднення навколишнього середовища радіонуклідами.

В наш час поряд з різними типами токсичного забруднення навколишнього середовища, що є наслідком неконтрольованої діяльності людини, з'являється ще один, не менш важливий тип забруднення радіоактивне. З розвитком вугільної промисловості на земній поверхні накопичується велика кількість породи, добутої з надр, утворюючи, як наслідок, численні відвали, які і є техногенним джерелом радіації, оскільки вміст ^{238}U та ^{232}Th у кам'яному вугіллі Донецького басейну складає 22,1 та 11,5 Бк/кг, відповідно [1].

Існує безліч інструментальних методів вимірювання іонізуючого випромінювання, однак вони дають тільки кількісний аналіз радіаційного фону, не враховуючи явища сумісного поєднання шкідливого впливу цілих груп радіоактивних забруднювачів.

Існує метод вимірювання доз випромінювання від продуктів розпаду радону. Дозиметр містить детектори альфа-випромінювання та пристрої для визначення дози випромінювання, що відповідають радіонуклідам Ra-218Po та Ra-214Po [2].

Також використовується детектор для вимірювання дози альфа-випромінювання від продуктів розпаду радону, який містить аерозольний фільтр, чутливий елемент, установлений на виході фільтр, скінтіляційний екран й фотоприймач, виконаний на рентгенівській плівці [3].

Існують способи підсилення виміру енергетичного спектра слабкого радіовипромінювання. Один з таких полягає у тім, що підсилює вихідний сигнал приймальної антени за допомогою вибіркового підсилювача, що настроюється на частоту, що відповідає певній ділянці спектра [4].

Є спосіб локації радіоактивних об'єктів на забрудненій місцевості, що включає троекратне вимірювання інтегральної інтенсивності γ-випромінювання колімірованої ділянки лоціруємої території та при використанні пристрою для локації радіоактивних об'єктів на забрудненій місцевості, що містить три детектори з коліматорами [5]. А також спосіб збільшення граничної чутливості вимірювання питомої активності радіонуклідів шляхом реєстрації β-випромінювання в заданому інтервалі енергії детектором з розвиненою поверхнею [6].

Існує спосіб біодозиметрії віддаленого радіаційного впливу, який ґрунтується на аналізі хромосом лімфоцитів периферичної крові методом флу-

(19) **UA** (11) **43978** (13) **U**

оресцентної *in situ* гібридизації та обчислення дози опромінення, при якому ще додатково визначають частоту повних стабільних хромосомних обмінів [7].

Також є спосіб мікробної індикації радіоактивного забруднення ґрунту, який включає посів мікроорганізмів з ґрунту на глюкозне середовище з подальшим визначенням фізіологічних груп мікроорганізмів [8].

Недоліком цих методів є те, що вони потребують великих затрат часу на проведення хімічного аналізу та посів й вирощування мікроорганізмів, а складність та багатоступеневість розрахунків приводить до результату з істотною похибкою.

Використання рослинного матеріалу у якості індикатора вмісту радіоактивних елементів у навколишньому середовищі дозволяє встановити рівень радіаційного забруднення. Лишайники не-вибагливі піонери рослинності будь-якого екотопу, у силу своїх анатомічних особливостей живлення вони здатні акумулювати елементи, що мають радіопротекторний ефект, тому вони і є зручним матеріалом біоіндикації радіаційного забруднення [9].

Найбільш близьким за технічною сутністю і досягненням результату є спосіб локальної біоіндикації стану атмосфери навколишнього природного середовища за допомогою лишайників [10], при якому використовують три групи лишайників: накипні, листоваті, кушисті, що заселені не менше ніж на десяти деревах, на стовбури яких накладають масштабну рамку-сітку, за допомогою якої визначають відсоток заселення дерев лишайниками і середній відсоток ділять на кількість груп лишайників, а потім прораховують кількість балів, за якими визначають рівень забруднення атмосфери з трьох рівнів.

До недоліків цього способу можна віднести те, що при використанні цього методу ми можемо отримати тільки загальну оцінку стану довкілля без диференціації на окремі полютанти, а також повна відсутність на відвалах вугільних шахт вищих деревних рослин, що робить цей метод непридатним для біоіндикації саме субстратів породних відвалів.

В основу корисної моделі поставлена задача встановлення можливості тестування вмісту радіоактивних часток у породі відвалів вугільних шахт на південному сході України за показниками

розповсюдження лишайників та за типом домінуючої слані. Доцільність запропонованого способу полягає в тому, що він дозволяє без застосування складних інструментальних приладів проводити експрес-оцінку стану забруднення радіоактивними частками навколишнього середовища. Спосіб адаптований під регіональні умови.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі оцінювання лишайниками радіоактивного забруднення субстратів породних відвалів, який включає фіксацію наявності лишайникового покриття та обчислення їх зустрічальності, згідно корисної моделі, в серединній лінії горизонтального профілю відвалу закладають 100 облікових ділянок 1х1 м, на яких визначають наявність лишайникових синузій та встановлюють тип домінуючої слані, а потім за допомогою статистичних обчислень за спеціально розробленою формулою:

$$IP3 = P \times \left(\frac{k + l + n}{3} \right),$$

де: IP3 - індекс радіоактивного забруднення; P - відсоток зустрічальності лишайників на відвалах; k - кількість кустих лишайників на відвалі; l - кількість листоватих лишайників на відвалі; n - кількість накипних лишайників на відвалі, розраховують інтегральний показник радіоактивного забруднення субстратів даного породного відвалу.

Спосіб оснований на тому, що проводять експрес-оцінку ступеня радіаційного навантаження на довкілля за наявності первинних неоєдафотопів чи субстратів та в якості індикаторів використовують лишайникові синузії.

На фігурі зображено горизонтальний профіль закладання облікових ділянок лишайників на породному відвалі, де 1 - облікова ділянка 1х1 м.

Приклад конкретного виконання.

Матеріали для дослідження - лишайникові синузії. Збори зразків лишайників проводили протягом 2007-2008 рр. на трьох пробних площах (ПП), які територіально відокремлені (табл. 1). Вибрані ПП характеризуються різним ступенем забруднення радіоактивними частками за даними інструментального вимірювання (апарат "Припять"). Едафотопи відвалів перебувають на одній і тій же стадії розвитку та заселення рослинами, характеризуються однаковим періодом експлуатації, ступенем забруднення та запилення атмосферного повітря, а також фізичними й мікрокліматичними умовами.

Таблиця 1.

Розподіл відвалів за активністю радіоактивних часток.	
Типи відвалів	Радіоактивність (Бк/кг)
I відвал з високою активністю радіоактивних часток	9176
II відвал з середньою активністю радіоактивних часток	1332
III відвал з низькою активністю радіоактивних часток	851

Обирається район обстежень відвал (розміри: висота від 25 до 100 м, діаметр біля основи: від 50-100 м), субстрат якого вже пройшов стадію вимивання, або первинної фітомеліорації, та знаходиться на стадії заселення рослинами. В серединній лінії горизонтального профілю відвалу (але не менше ніж 5 м від підніжжя відвалу), яка візуально

розділяє відвал на дві частини (Фіг.) закладають, по ходу маршруту, 100 облікових ділянок (ОД) 1х1 м, на яких визначають наявність лишайникових синузій та роблять відповідні позначки ("+") у таблицях 2, 3, 4.

Використання саме 100 облікових ділянок робить дуже зручним підрахунок відсотка заселення

відвалу лишайниками, наприклад, якщо зі ста ОД лишайники були знайдені тільки на десяти, то загальний відсоток заселення лишайниками буде дорівнювати 10.

За кількістю позначок визначають загальний відсоток зустрічальності лишайників на досліджуваній пробній площі, а також встановлюють, яка слань зустрічається частіше.

Таблиця 2.

Таблиця для розрахунку показника зустрічальності лишайників на відвалі з високою активністю радіоактивних часток та обліку домінуючої слані.

№ ОД	З	С	№ ОД	З	С	№ ОД	З	С	№ ОД	З	С	№ ОД	З	С
1			21			41			61			81		
2			22			42	+	н	62			82		
3			23			43			63			83		
4	+	л	24			44			64			84		
5			25			45			65			85		
6			26			46			66	+	л	86	+	л
7			27			47			67			87		
8			28			48			68			88		
9			29			49			69			89		
10			30	+	н	50			70			90		
11			31			51			71			91		
12			32			52			72			92		
13			33			53			73			93		
14			34			54			74			94		
15			35			55			75	+	н	95		
16			36			56			76			96		
17			37			57			77			97		
18			38			58			78			98		
19			39			59			79			99		
20			40	+	л	60			80			100	+	н

Примітка. У таблицях 2, 3, 4: З - зустрічальність; С - тип домінуючої слані, позначають символами: накипна - "н"; листовата - "л"; кустиста - "к". Наявність лишайникової синузії у ОД позначають символом "+".

Таблиця 3.

Таблиця для розрахунку показника зустрічальності лишайників на відвалі з середньою активністю радіоактивних часток та обліку домінуючої слані

№ ОД	З	С	№ ОД	З	С	№ ОД	З	С	№ ОД	З	С	№ ОД	З	С
1			21			41			61			81		
2			22			42			62			82		
3	+	н	23	+	к	43			63			83		
4			24			44			64	+	н	84		
5			25			45			65			85		
6			26			46			66			86		
7			27	+	н	47			67			87	+	л
8	+	л	28			48			68			88		
9			29			49			69			89		
10			30			50	+	н	70			90		
11			31			51			71			91		
12			32			52			72			92		
13			33			53			73			93		
14			34			54			74			94		
15			35	+	н	55			75			95		
16			36			56			76	+	л	96		
17			37			57	+	к	77			97		
18			38			58			78			98	+	к
19			39			59			79					
20			40			60			80			100		

Таблиця 4.

Таблиця для розрахунку показника зустрічальності лишайників на відвалі з низькою активністю радіоактивних часток та обліку домінуючої слані.

№ ОД	З	С	№ ОД	З	С	№ ОД	З	С	№ ОД	З	С	№ ОД	З	С
1			21	+	н	41			61			81		
2			22			42			62	+	н	82		
3	+	н	23			43	+	н	63			83	+	н
4			24	+	л	44			64			84		
5			25			45			65	+	л	85		
6	+	н	26			46			66			86		
7			27			47			67			87	+	л
8	+	л	28			48			68			88		
9			29			49	+	н	69			89		
10			30			50			70	+	л	90	+	л
11			31	+	н	51			71			91		
12			32			52			72			92		
13	+	н	33			53			73			93		
14			34			54			74	+	н	94		
15			35			55			75			95	+	н
16			36			56			76			96		
17	+	л	37	+	н	57			77			97		
18			38			58			78			98		
19			39			59			79			99		
20			40			60	+	н	80			100		

Після обстеження відвалів та заповнення таблиць 2, 3, 4 дані підраховують та заповнюють таблицю 5.

Таблиця 5.

Таблиця оцінювання радіоактивного забруднення субстратів відвалів.

Критерій оцінки відвалу (%)	Тип відвалу		
	I	II	III
Зустрічальність	8	11	20
Тип домінуючої слані накипна	4	5	13
листувата	4	3	7
кустиста	0	3	0
ІРЗ*	21,33	40,33	133,33
Градiєнт значення показника ІРЗ	1	2	3
Градiєнт радіоактивного навантаження	1	2	3

*ІРЗ - індекс радіоактивного забруднення

Для обчислення індексу забруднення території радіоактивними частинками використовуємо формулу:

$$IPZ = P \times \left(\frac{k + l + n}{3} \right) \quad (1)$$

де: ІРЗ - індекс радіоактивного забруднення; Р - відсоток зустрічаємості лишайників на відвалах; k - кількість кустистих лишайників на відвалі; l - кількість листуватих лишайників на відвалі; n - кількість накипних лишайників на відвалі.

Використані нами дані відносяться до зборів 2007-2008 років. Визначення видового складу лишайників доводить факт впливу радіаційного навантаження на лишайникові синузії, що й проявля-

ється у особливостях розповсюдження різних типів слані [11, 12, 13]. Таким чином доведено, що рівень заселення субстратів породних відвалів накипних, листуватих, кустистих лишайників безпосередньо корелює з радіаційним навантаженням на навколишнє середовище.

Позитивний ефект запропонованого методу полягає у його дешевизні та малому часі, потрібного на проведення дослідження, запропонований метод легкий та не потребує складних математичних розрахунків, а використання у дослідженні таких показників, як розповсюдженість та домінування типу слані дозволяє обійтись без визначення видового складу лишайників, що є дуже складним процесом.

Використання способу дозволяє встановити рівень радіоактивного забруднення відвалів, проводити моніторингові дослідження низки відвалів для встановлення доцільності проведення їх меліорації.

Джерела інформації:

1. Тяжелые естественные радионуклеиды в биосфере. Миграция и биологическое действие на популяции и биогеоценозы / под. ред. Р.М. Алексахина. - М.: Наука, 1990. 368 с.

2. Пат. 17629 Україна. МПК G01T 1/185. Індивідуальний дозиметр для вимірювання дози від дочірніх продуктів розпаду радону / Афанасьєв О.В., Гуманий В.В., Мясоєдов Г.П.; Заявник та власник Севастопольський національний університет ядерної енергії та промисловості. - № U200601734; заявл. 20.02.2006; опубл. 16.10.2006, Бюл. № 10.

3. Пат. 19372 Україна. МПК G01T 1/185. Малогабаритний блок детектування альфавипромінювання для вимірювання дози від дочірніх продуктів розпаду радону / Афанасьєв О.В., Хлусов Д.В., Мясоєдов Г.П., Бердникова В.О.; Заявник та власник Севастопольський національний університет ядерної енергії та промисловості. - № U200606557; заявл. 13.06.2006; опубл. 15.12.2006, Бюл. № 12.

4. Пат. 18320 Україна. МПК G01S 13/00. Спосіб вимірювання енергетичного спектра слабких радіовипромінювань / Куценко В.П., Скрипник Ю.О., Трегубов М.Ф., Шевченко К.Л., Яненко О.П.; Заявник та власник Київський національний університет технологій та дизайну. - № u200603339; заявл. 28.03.2006; опубл. 15.11.2006, Бюл. № 11.

5. Пат. 12065 Україна. МПК G01T 1/29. Спосіб локації радіоактивних об'єктів на забрудненій місцевості і пристрій для його здійснення / Базанов В.К., Лінкін Г.А., Мартиненко С.В., Мициков Ю.І., Попова Л.В.; Заявник Київський інститут автоматики ім. XXV з'їзду КПРС, власник Базанов В.К. № 4698958; заявл. 01.06.1989; опубл. 25.12.1996, Бюл. № 4.

6. Пат. 12638 Україна. МПК G01T 1/20. Спосіб збільшення порогової чутливості вимірювання пи-

томої активності радіонуклідів / Майданюк В.К., Неплюєв В.М., Приненко Г.І., Седов Ю.О., Тараканов В.К.; Заявник та власник Київський університет ім. Тараса Шевченка. - № 96010142; заявл. 12.01.1996; опубл. 28.02.1997, Бюл. № 2.

7. Пат. 11689 Україна. МПК G01N 33/53. Спосіб біодозиметрії віддаленого радіаційного впливу / Мазник І.О., Вінніков В.А.; Заявник та власник Інститут медичної радіології ім. С.П. Григор'єва АМН України. - № U200504493; заявл. 13.05.2005; опубл. 16.01.2006, Бюл. № 1.

8. Пат. 20956 Україна. МПК G01N 33/24, G 01 T 1/167. Спосіб мікробної індикації радіоактивного забруднення ґрунту / Григор'єва Л.В., Корчак ГЛ., Бей Т.В.; Заявник та власник Український науковий гігієнічний центр. - № 93060550; заявл. 22.01.1993; опубл. 07.10.1997, Бюл. № 6.

9. Бязров Л.Г. Лишайники - индикаторы радиоактивного загрязнения / Лев Георгиевич Бязров. - М.: Изд-во КМК, 2005. - 476 с.

10. Пат. 67482 Україна. МПК G01W 1/00, A 01 H 15/00. Спосіб локальної біоіндикації стану атмосфери навколишнього природного середовища / Жицька Л.І., Мислюк О.О., Мислюк Є.В.; Заявник та власник Черкаський державний технологічний університет. № 2003109017; заявл. 06.10.2003; опубл. 15.06.2004, Бюл. № 4. (прототип)

11. Аверчук А.С. Видовой состав лишайников на первичных эдафотопках отвалов угольных шахт Донбасса / А.С. Аверчук, Н.А. Хижняк // Промышленная ботаника. Сборник научных трудов. - Донецк: Донецкий ботанический сад НАН Украины. - 2008. Вып. 8. с. 24-28.

12. Аверчук А.С. Лишайники в экотопках відвалів ЦЗФ "Сердитянська" / А.С. Аверчук // Биология: от молекулы до биосферы: междунар. науч. конф. молодых ученых, 18-21 нояб. 2008 г.: тезисы докл. - Харьков, 2008. - с. 311-312.

13. Аверчук А.С. Лишайники на неоздафотопках отвала угольной шахты / А.С. Аверчук // Проблемы збереження біорізноманіття в природних та техногенно порушених екосистемах: наук. конф. молод. вчен., 16-18 вересня 2008 р.: тезиси докл. - Кривий Ріг: Видавничий дім, 2008. - с. 113-115.

