



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **113110** (13) **U**  
(51) МПК (2016.01)

**G01N 33/00**

**G01N 33/18** (2006.01)

**G01N 33/24** (2006.01)

**G06F 17/10** (2006.01)

**G06F 17/40** (2006.01)

**G06F 17/50** (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: <b>u 2016 07510</b>	(72) Винахідник(и): <b>Кряжич Ольга Олександрівна (UA), Коваленко Олександр Васильович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>11.07.2016</b>	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>10.01.2017</b>	(73) Власник(и): <b>Кряжич Ольга Олександрівна, вул. Анрі Барбюса, 5-б, кв. 42, м. Київ, 03150 (UA), Коваленко Олександр Васильович, вул. Теремківська, 12, кв. 1, м. Київ, 03187 (UA)</b>
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>10.01.2017, Бюл.№ 1</b>	

## (54) СПОСІБ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ТЕРИТОРІЇ ПРИ ТЕХНОГЕННМУ ЗАБРУДНЕННІ

### (57) Реферат:

Спосіб дослідження екологічного стану території при техногенному забрудненні включає визначення об'єктів для дослідження, відбір зразків, вимір концентрації небезпечної речовини (речовин), математичну обробку отриманих результатів, на базі яких будується контур забруднення території. Базисна точка для відбору зразків вибирається довільно, з цієї точки визначаються напрями з довжиною кроку за умов підвищення або пониження ступеня. Будуються вектори за напрямками з врахуванням умови невід'ємного результату. Вирішується задача пошуку полюсних точок за напрямом для визначеної дослідником безперервної обмеженої функції, яка описує територію, що у підсумку дозволяє отримати полюсні точки, в кожній з яких відбирається мінімум 10 проб для забезпечення статистичної достовірності отриманих результатів та побудови контуру забрудненої території.

UA 113110 U

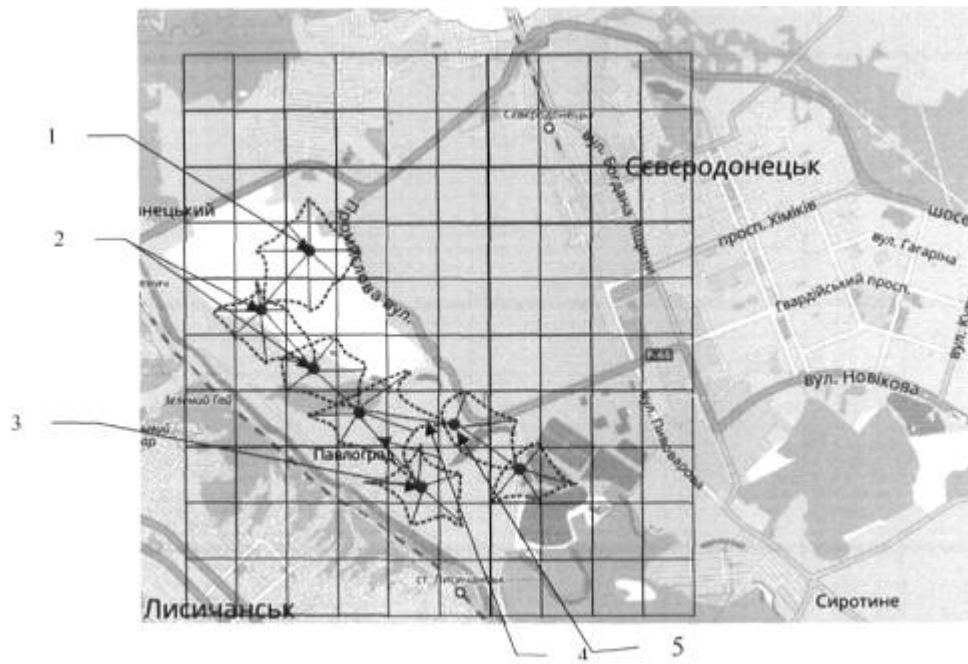


Fig. 1

Корисна модель належить до області дослідження або аналізу матеріалів (ґрунту, води) особливими способами з метою опису екологічного стану території при її ураженні хімічними або радіоактивними речовинами у разі техногенного забруднення. Наведений спосіб дозволяє швидко, але з максимальною точністю, дослідити деяку територію та визначити місця (плями), які отримали забруднення окремою хімічною чи радіоактивною речовиною (речовинами).

Основними антропогенними джерелами розростання екологічної кризи в Україні є, перш за все, великі підприємства та промислові комплекси - споживачі сировини, енергії, води, повітря, земельного простору, транспорту й водночас забруднювачі довкілля практично всіма видами забруднень (механічних, хімічних, радіаційних, фізичних, біохімічних). Проте існує багато невеликих підприємств, які можуть нанести значну шкоду довкіллю в межах окремого населеного пункту або області. Як правило, ці підприємства мають санітарно-захисні зони, проте моделювання виходу аварійної ситуації за межі санітарно-захисної зони здійснюється поверхнево, обмежуючись моніторингом контрольних точок замірів.

Враховуючи те, що активне розростання міст захопило межі промислових зон і підприємства стали центрами постійного перебування великої кількості населення, зростає актуальність дослідження та опису можливого і дійного розповсюдження забруднення від цих підприємств. Такий опис повинен реалізовувати вирішення наступних задач:

- швидко визначити зону розповсюдження забруднення будь-якої за площею території;
- враховувати той фактор що досліджувана територія є пересіченою місцевістю з різним рівнем осідання забруднюючих речовин;
- використовувати для аналізу і прогнозування ті дані, які важливі дослідникам на момент вирішення завдань.

Існує багато різноманітних способів дослідження забруднень з метою оцінки екологічного стану ґрунтів чи водних об'єктів. Деякі з них реалізовані в інструментах моделювання геоінформаційних систем (GRASS GIS, ArcGIS, Quantum GIS та ін.), що дозволяють поєднувати зображення територій з табличною інформацією про стан території.

Серед існуючих розробок за означеною тематикою певний інтерес представляє патент України № 92476 "Спосіб індикації та оцінки екологічного стану забрудненої важкими металами системи ґрунт - рослина за біохімічними показниками" [1], в якому наведено аналітичний спосіб дослідження забруднення ґрунтів та рослинного покриву важкими металами. При цьому досліджується ґрунтовий шар не більше 35 см, що не завжди дає необхідну для дослідника картину за деякими елементами техногенного забруднення.

Цікавим з точки зору підвищення достовірності досліджень території є спосіб визначення ділянок забруднення оточуючого середовища [2], що дозволяє будувати контури забруднення окремих зон за рівнем концентрації небезпечної речовини, шляхом відбору пари проб "гумус - рослина" на ділянці, що вже визнана забрудненою.

Дещо ближчою є розробка за патентом РФ № 2485499 "Спосіб відбору проб для аналізу ґрунту" [3], де наведений підхід дозволяє контролювати якість та екологічну безпеку ґрунту і ґрунтового покриву з рослинним (переважно трав'яним) покривом. Суть технічного рішення за зазначеним патентом [3], згідно з досліджуваною тематикою, полягає у тому, що ряди проб розташовують уздовж кордону природного або іншого об'єкта, які стають смугами взяття проб ґрунту, а також перпендикулярно межі цього об'єкта. Такі ряди вибудовують ланцюги спостережень. В способі використано об'єднання різноманітних методів випробування ґрунту з використанням координатної сітки території за допомогою створення універсального майданчику відбору проб ґрунту. Проте для досліджень розповсюдження окремих елементів є суттєвим обмеженням вибору фіксованої зони комірки дослідження 2×2 м, та їх розташування по три поряд симетрично в кожному ряду зони дослідження, а також фіксованої відстані відбору проб на цих квадратах, що визве отримання наближеної оцінки за рядом вимірів, повторення та дублювання дій.

Слід зазначити, що жодний з розглянутих способів дослідження екологічного стану території не дозволяє досліднику:

- а) самостійно вибирати мінімальні межі ділянки для дослідження;
- б) будувати власний шлях дослідження, який більш підходить для реалізації поставлених задач.

В основу корисної моделі з дослідження екологічного стану території при техногенному забрудненні закладені деякі базові підходи з методу можливих напрямків Дж. Зойтендейка [4], зокрема доведення, що базисна точка може бути невідома і взята довільно.

Задача з реалізації способу дослідження екологічного стану території при техногенному забрудненні вирішується за допомогою наступних кроків:

- 2-й крок: вибирається довільно базисна точка  $x_k$ , визначаються об'єкти для досліджень (рослини, ґрунт, роса, тала вода снігового покриву і т. ін.) - мінімум 10 вимірів з однієї комірки дослідження для забезпечення статистичної достовірності;

- 4-й крок: вибираються від точки  $x_k$  напрями від 1 до  $n$  та здійснюється довільно будь-який малий крок  $\alpha_k > 0$  для отримання полюсної точки, яка стане центром відбору нової партії проб. Щоб комірки ділянок досліджень не дублювалися, вибирається напрям за методом генерації випадкових чисел;

- 6-й крок: вибирається точка, за якою отримане найбільше значення концентрації небезпечної речовини. вона стає базисною точкою, за якою повторюються перелічені кроки.

За наведеним способом вирішується задача пошуку рішень на проміжку  $[a, b]$  для визначеної дослідником безперервної обмеженої функції  $f(x)$ , що описує територію. В процесі реалізації способу знаходиться кусково-поліноміальна функція  $P(x) \in C_1(a, b)$ , яка найкращим чином наближує  $f(x)$  в розумінні підходу Чебишева. Зокрема, виразом  $C_1(a, b)$  означено клас функцій, безперервних на відрізьку  $[a, b]$  разом з першою похідною, що для  $P(x)$  матиме місце наступне представлення:

[illegible]

Цей набір представлений полюсними точками, в яких за результатами вимірів буде отримана інформація про стан на межах ділянки, що досліджується. Але серед них може бути обрана і базисна точка для наступного кроку реалізації наведеного способу.

Задача побудови  $P(x)$  зводиться до кількох завдань побудови поліномів найкращого наближення  $f_i(x)$  до функції  $f(x)$  для  $x \in [C_i, C_{i+1}] (i = \overline{0, k})$  за принципом оптимальності. Досліджувана територія може бути описана за допомогою нерівностей у вигляді задачі лінійного програмування, де треба відшукати точку  $x^0$  з найбільшою концентрацією небезпечних речовин:

$$\begin{cases} \max \sum_{j=1}^k d_j x_j \\ \sum_{j=1}^k a_{ij} x_j \leq b_i \\ x_j \geq 0, i = \overline{1, P}; j = \overline{1, k} \end{cases}, \quad (2)$$

Позначимо точку  $X^0 = (x_1^0, \dots, x_k^0)$ , для якої:

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^k a_{ij} x_j^0 \leq b_i \\ x_j^0 \geq 0, i = \overline{1, P}; j = \overline{1, k}. \end{cases}, \quad (3)$$

- 5 Як було вище зазначено,  $X^0$  може й не бути базисною точкою, а також, що ця точка є невідомою. Тоді процедура знаходження рішення задачі (2) за наведеними вище кроками способу дослідження екологічного стану території при техногенному забрудненні зводиться до наступного:

1) з точки  $X^0$  вибирається напрямок  $S$ , за яким величина  $\sum_{j=1}^k d_j S_j$  має найбільше значення і

- 10 вектор  $S = (S_1, \dots, S_k)$  задовольняє обмеження  $\sum_{j=1}^k P_{ij} S_j \leq 0, i = \overline{1, P_1} (P_1 \leq P + K)$ , де матриця  $P = (P_{ij})$

складена з умов матриці обмежень (2), які для точки  $X^0$  виконуються як рівняння. Для матриці

$P$  маємо:  $\sum_{j=1}^k P_{ij} x_j^0 = b_i; i = \overline{1, P_1}$ .

На цьому ж етапі враховується умова невід'ємного невідомого. Після вибору напрямку  $S$ , вибираємо довжину кроку  $\lambda$  для переходу у наступну точку  $X^1$ , виходячи з умови, що  $X^1$

- 15 повинна задовольняти (3);

2) вибір величини довжини кроку  $\lambda$  здійснюємо з відношення:

$$\lambda = \left\{ \min \frac{b_1 - \sum_{j=1}^k a_{1j} x_j^0}{\sum_{j=1}^k a_{1j} S_j} \mid \sum_{j=1}^k a_{ij} S_j > 0, i = \overline{1, P} \right\}.$$

Для того, щоб не охоплювати рівновіддалену територію від  $X^0$ , довжина кроку за кожним напрямом збільшується або зменшується у  $n$  разів. Враховуючи, що вся дослідна ділянка за наведеним способом розбивається на клітини-прямокутники, цього можна досягти за допомогою генерації випадкових чисел на шляху кожного кроку за координатами сітки;

- 20

3) будуємо полюсну точку  $X^1 = X^0 + \lambda S$ , яка задовольняє умови (3).

Величина, на яку збільшилася лінійна форма задачі (2), дорівнює  $\lambda \sum_{j=1}^k d_j S_j$ ;

4) повторюються пункти 1 і 2 відносно точки  $X^1$ , та отримується  $X^2$ . Це повторюється до того випадку, поки не буде існувати напрям, для якого значення  $\sum_{j=1}^k d_j S_j$  стає від'ємним, або базисна точка опиниться за межами ділянки, що досліджується.

- 25

Вибір напрямку  $S$  за способом, що наводиться, полягає у знаходженні вектора  $S = (S_1, \dots, S_k)$  і зводиться до знаходження рішення наступної задачі математичного програмування:

- 30

$$\sum_{j=1}^k d_j S_j \rightarrow \max, \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^k P_{ij} S_j \leq 0; (i = \overline{1, P_1}), \quad (5)$$

до якої, як правило, додають ще одне обмеження (нормалізацію) на вектор  $S = (S_1, \dots, S_k)$ .

Спосіб дослідження екологічного стану території при техногенному забрудненні перевірено на практиці, зокрема було уточнене розташування зони концентрації радіонуклідів водню - тритію, поблизу підприємства, що працює з зазначеним радіонуклідом. Спосіб дозволив визначити чіткі межі розташування плями забруднення, що знаходилася від попередньо зазначених меж на відстані майже у 150 м. За результатами вимірів наявності органічно зв'язаного тритію у соку рослин, які ростуть на досліджуваній ділянці, було встановлено, що гранично допустима концентрація не перевищена. Також спосіб був апробований при описі екологічного стану території довкола великого об'єкта хімічної промисловості - ПрАТ "Сєвєродонецький Азот" (м. Сєвєродонецьк, Луганська обл.).

Спосіб може бути використаний в екологічній експертизі, агроєкології, при оцінці радіаційної небезпеки та прогнозуванні токсичної дії забруднювачів, а також визначення якості рекреаційних зон.

Джерела інформації:

1. Патент України № 92476 "Спосіб індикації та оцінки екологічного стану забрудненої важкими металами системи ґрунт-рослина за біохімічними показниками" / Самохвалова В.Л., Фатєєв А.І., Якушко В.І., Журавльова І.М. - заявл. 06.07.2007; опубл. 10.11.2010. - Бюл. № 21, 2010 р.

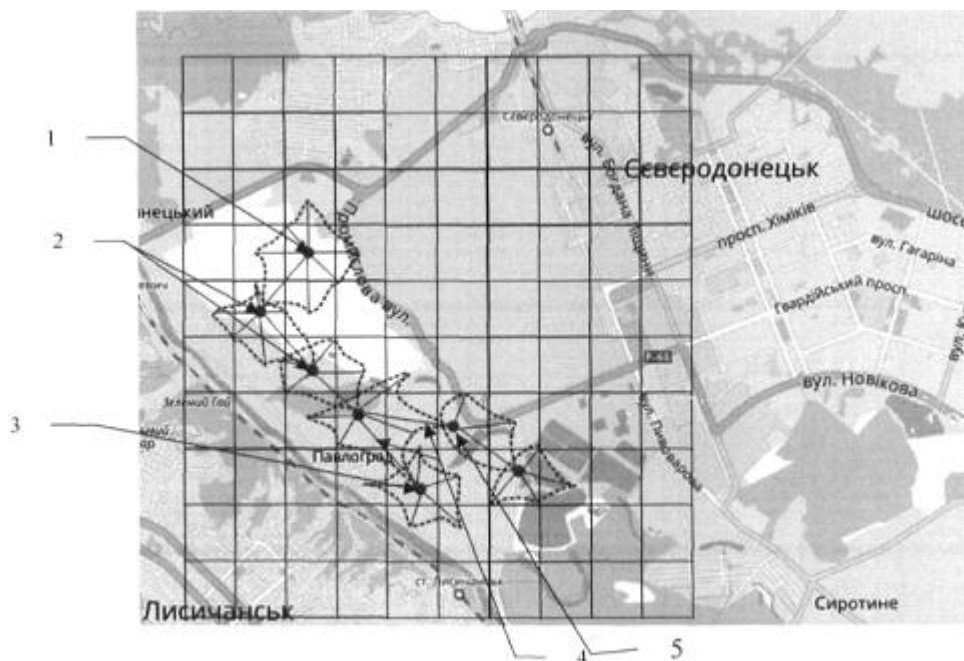
2. Патент РФ № 2264636. МПК G01V 9/00 (2006.01). Способ определения участков загрязнения окружающей среды / Колотов Б.А., Демидов В.В., Кашина Л.И., Миначева Л.И.; заявитель и патентообладатель Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов (ИМГРЭ); заявл. 12.04.2002; опубл. 20.11.2005.

3. Патент РФ № 2485499. МПК G01N 33 / 24 (2006.01). Способ отбора проб для анализа почвы / Мазуркин П.М., Михайлова С.И., Тойшева Н.П.; заявитель и патентообладатель Поволжский гос. Технолог. ун-т. - № 2010132816/15; заявл. 04.08.2010; опубл. 20.06.2013. Бюл. № 17.

4. Зойтендейк Г. Методы возможных направлений. - М.: Издательство Иностранной литературы, 1963. - 178 с.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб дослідження екологічного стану території при техногенному забрудненні, що включає визначення об'єктів для дослідження, відбір зразків, вимір концентрації небезпечної речовини (речовин), математичну обробку отриманих результатів, на базі яких будується контур забруднення території, який **відрізняється** тим, що базисна точка для відбору зразків вибирається довільно, з цієї точки визначаються напрями з довжиною кроку за умов підвищення або пониження ступеня, будуються вектори за напрямками з врахуванням умов невід'ємного результату, вирішується задача пошуку полюсних точок за напрямом для визначеної дослідником безперервної обмеженої функції, яка описує територію, що у підсумку дозволяє отримати полюсні точки, в кожній з яких відбирається мінімум 10 проб для забезпечення статистичної достовірності отриманих результатів та побудови контуру забрудненої території.



Комп'ютерна верстка Л. Ціхановська

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601