



УКРАЇНА

(19) UA (11) 29606 (13) U
(51) МПК (2006)
G01N 33/24
G01N 33/42

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ КІЛЬКІСНОЇ ОЦІНКИ ГРАНУЛОМЕТРИЧНОГО СКЛАДУ ҐРУНТУ

1

2

(21) u200705449

(22) 18.05.2007

(24) 25.01.2008

(72) СМІЛЬСЬКИЙ ВАСИЛЬ ВОЛОДИМИРОВИЧ,
UA, СИДОРЧУК ОЛЕКСАНДР ВАСИЛЬОВИЧ, UA

(73) СМІЛЬСЬКИЙ ВАСИЛЬ ВОЛОДИМИРОВИЧ,
UA, СИДОРЧУК ОЛЕКСАНДР ВАСИЛЬОВИЧ, UA

(56)

(57) Спосіб кількісної оцінки гранулометричного
складу ґрунту, що включає поділ ґрунтового

масиву на елементарні частки з наступним їх
зважуванням і групуванням у розмірні фракції,
який **відрізняється** тим, що для отримання
об'єктивного кількісного показника дисперсності
ґрунту дані його гранулометричного аналізу в
певній послідовності опрацьовують до вигляду, що
уможливорює їх апроксимацію степеневую
функцією, показник степені якої відображає
дисперсність ґрунту.

Корисна модель відноситься до області
наукових досліджень фізичних властивостей
полідисперсних матеріалів, зокрема ґрунтів
сільськогосподарського використання і може бути
використана для їх класифікації за
гранулометричним складом та оцінки
технологічних властивостей, які мають
функціональні або кореляційні зв'язки з ним.

Відомі декілька класифікацій ґрунту за
гранулометричним складом, які іменують
прізвищами її автора: [Н.Н. Сібірцева,
С.А.Захарова, А.Н. Сабаніна, В.В. Охотіна, Н.А.
Качинського].

Аналогами заявленого способу є класифікація
В.В. Охотіна (1933р), у якій ґрунтовий масив
ділиться на елементарні частки з наступним
зважуванням і групуванням у три розмірні фракції:
глина - частки розміром <0,005мм, пил -0,005-
0,25мм і пісок - 0,25-2,0мм та класифікація Н.А.
Качинського (1958р.), у якій ґрунт ділиться на дві
фракції: фізичний пісок (частки розміром >0,01мм)
і фізичну глину (частки розміром <0,01мм). За
вмістом переважаючої фракції ґрунти
класифікують на 9 класів - пісок рихлий, пісок
зв'язаний, супісок, суглинок легкий, суглинок
важкий, глина легка, глина середня, глина важка.
[Качинский Н.А. Классификация почв по
механическому составу// Механический и
микроагрегатный состав почвы, методы его
изучения. - М.: Изд-во АН СССР, 1958. - С. 148-
172].

Недоліком вказаних класифікацій є великий
тренд вмісту фракцій у межах однієї градації, що

зумовлює значну відмінність параметрів
властивостей ґрунтів в межах суглинкових
різновидів до 50%, глинистих — близько 20%.
[Полупан М.І., Соловей В. Б., Величко В.А.,
Ковальов В.Г. Роль гранулометричного складу в
параметризації ґрунтоутворення та його місце в
класифікації ґрунтів//Вісник аграрної науки, №12,
1999, с.17-22].

Відомі спроби застосування імовірнісних
функцій для опису емпіричного розподілу часток у
ґрунтовому масиві. За цим способом ґрунтовий
масив ділиться на декілька фракцій з наступним
зважуванням. За одержаними даними будується
диференціальний графік розподілу частоти появи
певної фракції, а за формою графіка вибирається
найближчий тип теоретичної функції з наступною
оцінкою її відповідності дійсному розподілу.
Найчастіше застосовують нормальний і
логнормальний розподіл [Михеева И. В., Кузьмина
Е. Д. Статистическая характеристика "формулы"
гранулометрического состава
почвы//Почвоведение. 2000. №7. с.818-828].

Недоліком імовірнісних моделей є суттєва
відмінність природного розподілу від стандартних
функцій, що вимагає уведення додаткових
показників для оцінки ступеня їх відповідності:
медіани, стандартного відхилення, коефіцієнтів
асиметрії і ексцесу тощо. Очевидно, що така
кількість показників не сприяє однозначній
ідентифікації ґрунту.

Найближчим аналогом пропонованої корисної
моделі є спосіб за яким ґрунтовий масив
розділяється на елементарні частки з групуванням

(19) UA (11) 29606 (13) U

їх у розмірні фракції і наступним зважуванням. Далі шляхом ділення ваги кожної фракції на загальну вагу ґрунтової проби визначається їх частість. З отриманих результатів будується інтегральна (кумулятивна) крива гранулометричного складу, на якій відмічається характерна точка поблизу діаметра часток 5мкм. Відрізок інтегральної кривої в межах 0-5мкм описується степеневою функцією:

$$F(d)=C \cdot d^k$$

Де $F(d)$ - кумулятивний вміст часток діаметром < 5мкм;

d - діаметр часток, мкм;

k - показник степені;

C - коефіцієнт пропорційності.

Відрізок кумулятивної кривої вище 5мкм описується рівнянням:

$$F(d)=G+A/[1+(a/d)^n]$$

Де G - кумулятивний вміст часток <5мкм;

A - максимальний інтервал значень $F(d)$.

$A=100-G$;

a - нормуюча величина аргумента;

n - показник степені.

[Березин П. Н., Воронин А. Д. Применение вероятностных функций для описания гранулометрического состава почв и грунтов. - Вестн. МГУ Сер. почвоведение, -1981, - №3 - С.30-36].

Перевагою цього способу є наявність показників k і n , які характеризують ступінь дисперсності ґрунту. Недоліком вказаного способу є необхідність поділу інтегральної кривої на два відрізки з наступною апроксимацією емпіричними функціями, що збільшує число коефіцієнтів і ускладнює наступну інтерпретацію одержаних результатів досліджень. Крім цього, у залежності (1) при дробовому значенні показника степені k коефіцієнт пропорційності C втрачає фізичний зміст, оскільки його розмірність стає невизначеною. У залежності (2) коефіцієнт a не має фізичного змісту.

Метою пропонованого способу є спрощення математичного опису емпіричного розподілу часток і підвищення параметричної точності оцінки гранулометричного складу ґрунту. Результатом його реалізації є два безрозмірні кількісні показники, один з яких вказує вміст найбільшої фракції у масиві, а другий - ступінь дисперсності ґрунтового масиву. Вміст всього розмірного діапазону фракцій однозначно оцінюється лише двома коефіцієнтами.

Для пояснення способу у [Полупан М І, В А Величко, В Б Соловей Роль скелетності у параметризації властивостей і родючості ґрунтів// Вісник аграрної науки. - 2005. - №8, - С.8-12] запозичені результати гранулометричного аналізу двох типів ґрунту - чорнозему звичайного і чорнозему коричневого, які записані у графах 1,2 і 4 таблиці.

У графі 1 записані межі варіювання розміру фракції, у графу 2 - середній розмір фракції d , а у графу 4 - її відносний ваговий вміст G у взятій пробі (частість). Залежність відносного вагового вмісту G від середнього розміру фракції d зображена на рисунку у логарифмічних

координатах. Для зручності ідентифікації чорнозем звичайний позначено індексом 1, а чорнозем коричневий - індексом 2. З рисунка видно, що форма графіків розподілу часток обох ґрунтів не дає підстав для апроксимації їх стандартними функціями імовірнісного розподілу.

Для досягнення зазначеної мети перетворимо вихідні дані наступним чином: з даних графі 4 складаємо інтегральну кумулятивну суму G_k

вагового вмісту у напрямку від більшого розміру до меншого і результат записуємо у графу 5. Обидві інтегральні криві зображені на рисунку і позначені G_{k1} і G_{k2} . Далі середній розмір d кожної фракції ділимо на максимальний розмір d_{\max} часток, який у обох типів ґрунту дорівнює 1,0. В інших типах ґрунту максимальний розмір часток може сягати 3,0мм. Результатом ділення є відносний показник розміру фракції $\delta=d/d_{\max}$, значення якого для кожної фракції записані у графі 3. Далі кожне значення G_k графі 5 ділимо на відповідне йому значення δ графі 3, а результат ділення G_k/δ записуємо у графу 6. На рисунку залежність $G_k/\delta=f(\delta)$ для обох типів ґрунту зображена графічно. Як видно з рисунка, графік цієї залежності у логарифмічних координатах є прямою лінією і його можна апроксимувати степеневою функцією $G_k/\delta=a\delta^b$. Точність апроксимації оцінюється коефіцієнтом детермінації R^2 , значення якого записані у графу 7 таблиці разом з коефіцієнтами a і b .

(1)

(2)

Результати аналізу гранулометричного складу ґрунтів

Межі розмірів фракції, мм	Середній розмір фракції d , мм	Відносний розмір фракції δ	Ваговий вміст фракції, G	Кумулятивна сума, G_k	G_k/δ	Коефіцієнти апроксимації
1	2	3	4	5	6	7
Чорнозем звичайний (1)						
< 0,001	0,0005	0,0005	0,30	1,00	2000	a = 0,093 b = -1,342 R ² = 0,996 D = 2,342
0,001...0,005	0,0030	0,0030	0,17	0,70	233,3	
0,005...0,010	0,0075	0,0075	0,11	0,53	70,7	
0,010...0,050	0,0300	0,0300	0,22	0,42	14,0	
0,050...0,250	0,1500	0,1500	0,12	0,20	1,33	
0,250...1,00	0,6250	0,6250	0,08	0,08	0,13	
Чорнозем коричневий (2)						
< 0,001	0,0005	0,0005	0,31	1,00	2000	a = 0,200 b = -1,219 R ² = 0,999 D = 2,219
0,001...0,005	0,0030	0,0030	0,11	0,69	230	
0,005...0,010	0,0075	0,0075	0,06	0,58	77,3	
0,010...0,050	0,0300	0,0300	0,19	0,52	17,3	
0,050...0,250	0,1500	0,1500	0,14	0,33	2,2	
0,250...1,00	0,6250	0,6250	0,19	0,19	0,3	

Оскільки степенева функція описує весь діапазон розмірів гранулометричних елементів, то вона може називатися формулою гранулометричного складу ґрунту. Обидва коефіцієнти безрозмірні, а тому не залежать від системи одиниць вимірювання і мають певний фізичний зміст. Коефіцієнт a вказує відносний ваговий вміст найбільшої фракції, а показник степені b відображає його залежність від середнього розміру фракції, або ступінь дисперсності ґрунту. Якщо вміст глинистих фракцій збільшиться, то одночасно зменшиться вміст піщаних фракцій, оскільки їх сума дорівнює 1,0. В такому разі кут нахилу графіка до осі X (показник степені) збільшиться.

З метою розширення діапазону дії способу представимо масив дисперсного матеріалу фрактальною множиною часток подібних між

собою [Федер Е. Фракталы. - М: Мир, 1991, - 254с.]. У такому разі показник степені b представляється залежністю $b=1-D$, у якій D - показник фрактальності (подрібненості) множини елементів. Звідси $D=1-b$. Таке структурування показника степені необхідне для виявлення відсутності фрактальності матеріалу. Якщо $b=1$, то $D=0$, що означає відсутність у матеріалу фрактальності.

Показник дисперсності D може бути використаний для класифікації ґрунтів за механічним складом і розрахунку агрофізичних, технологічних та інших його властивостей, які мають функціональні або кореляційні зв'язки з гранулометричним складом.

