



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **115014** (13) **C2**
(51) МПК (2017.01)
G01N 33/24 (2006.01)
C01G 21/00

МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки: а 2016 12732	(72) Винахідник(и): Самохвалова Валентина Леонідівна (UA), Самохвалова Поліна Андріївна (UA), Філатов Володимир Петрович (UA), Горякіна Вікторія Миколаївна (UA)
(22) Дата подання заявки: 25.12.2015	(73) Власник(и): НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР "ІНСТИТУТ ҐРУНТОЗНАВСТВА ТА АГРОХІМІЇ ІМЕНІ О.Н. СОКОЛОВСЬКОГО", вул. Чайковська, 4, м. Харків-24, 61024 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 28.08.2017	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: UA 89939 U, 12.05.2014 UA 95649 U, 25.12.2014 SU 1481681 A1, 23.05.1989 RU 2445620 C1, 20.03.2012 RU 2482479 C2, 20.05.2013
(41) Публікація відомостей про заявку: 12.06.2017, Бюл.№ 11	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 28.08.2017, Бюл.№ 16	
(62) Номер та дата подання попередньої заявки, з якої виділено заявку, позначену кодом (21): u201512847, 25.12.2015	

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ СВИНЦЮ У ҐРУНТАХ РІЗНОГО ГЕНЕЗИСУ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЇХ ЕКОЛОГО-ЕНЕРГЕТИЧНОГО СТАНУ**(57) Реферат:**

Винахід належить до способу визначення вмісту цинку в ґрунтах різних типів за природних умов, впливу технологічного навантаження та ризику і наявності техногенного забруднення. Заявлено спосіб визначення вмісту свинцю у ґрунтах різного генезису для оцінювання їх еколого-енергетичного стану, причому визначають теплотворну здатність гумусу з використанням калориметричної установки, запаси енергії ґрунту у шарі до 20 см за відомою формулою Орлова, показник загального вмісту та групового складу гумусу ґрунту за методом Тюріна, з подальшим встановленням за методом кореляційного аналізу необхідних та достатніх комбінаційних пар показників гумусового та енергетичного стану ґрунту за допомогою регресійних рівнянь: а) $(x-y) \cdot C_{pb} = 3,7554 - 1,9392 \cdot x - 0,3118 \cdot y$, де x - теплотворна здатність гумусу ґрунту, МДж/кг, y - загальний вміст гумусу, %; або б) $(z-y) \cdot C_{pb} = 3,3123 - 0,4423 \cdot z - 0,3664 \cdot y$, де z - запаси енергії в шарі ґрунту до 20 см, 10^3 МДж/га, y - загальний вміст гумусу, %; або с) $(z-j) \cdot C_{pb} = 2,6084 + 0,6003 \cdot z - 1,3096 \cdot j$, де z - запаси енергії в шарі ґрунту до 20 см, 10^3 МДж/га, j - $C_{ГК}/C_{ФК}$ - показник групового складу гумусу ґрунту; або д) $(x-j) \cdot C_{pb} = 1,4617 - 1,7182 \cdot x + 4,058 \cdot y$, де x - теплотворна здатність гумусу ґрунту, МДж/кг, j - $C_{ГК}/C_{ФК}$ - показник групового складу гумусу ґрунту.

UA 115014 C2

Винахід належить до способу визначення вмісту свинцю в ґрунтах різних типів за природних умов, впливу технологічного навантаження та ризику і наявності техногенного забруднення.

Спосіб може знайти застосування в екологічному нормуванні вмісту МЕ, нормуванні навантажень (техногенних, технологічних) на ґрунтову систему, агроєкології за вирішення питань органічного землеробства, біоенергетики і енергетики ґрунтоутворення; діагностики, оцінювання, визначення якості гумусу і статусу МЕ та небезпеки надлишкового накопичення ВМ у ґрунтах за показниками гумусового та /або енергетичного стану; ефективного екологічного менеджменту ґрунтів як за природних умов, так і за різних антропогенних впливи та у науково-дослідній практиці.

Відомо спосіб прогнозування рівнів вмісту рухомих форм Zn і Cu у ґрунті за антропогенного навантаження (Пат. UA № 58720 Спосіб прогнозування змін вмісту рухомих форм цинку і міді у зрошуваному темно-каштановому ґрунті при систематичному внесенні мінеральних добрив), що передбачає розрахунок співвідношення сполук азоту та фосфору з визначенням вмісту рухомих форм металів у ґрунті за регресійними рівняннями.

Недоліками способу слід вважати: 1) зниження функціональних можливостей його реалізації і відповідно ефективності його використання за одночасного зниження цінності отриманих даних щодо вмісту МЕ/ВМ у ґрунтах різних типів внаслідок обмеженості його застосування лише на зрошуваному темно-каштановому ґрунті; 2) підвищений ризик негативного впливу на якість органічних речовин ґрунту, насамперед, підзолистого ряду за рахунок посилення рухомості органічних сполук, їхньої мінералізації і деструкції та спрощення структури у ґрунтах; 3) підвищення рухомості металів-токсикантів у ґрунті та їхньої міграції у суміжні середовища за систематичного внесення фізіологічно кислих добрив.

Відомо спосіб одночасного якісного та кількісного визначення свинцю, кадмію, цинку, нікелю та міді (Патент Ru № 2037824 Способ одновременного качественного и количественного определения свинца, кадмия, цинка, никеля и меди), у якому визначення важких металів проводиться за використання рідинної хроматографії. Отримані дані досить точні, але сам спосіб є багатоетапним, довготривалим, потребує спеціального дорогого обладнання, навченого персоналу, що дуже ускладнює проведення аналізу.

Інший відомий спосіб визначення продукційної функції ґрунту за встановлення енергопотенціалу ґрунту та біомаси рослин методом калориметрії (Пат. SU № 1481681 Способ прогнозирования воспроизводства плодородия почвы). Спосіб передбачає розрахунок за формулою показнику відтворення родючості ґрунту (γ) з урахуванням енергопотенціалу ґрунтів, що вкриті рослинами та без них, терміну періоду вегетації рослин. За величиною запропонованого показника прогнозують розширене ($\gamma > 1$), просте ($\gamma = 1$) відтворення родючості ґрунту або його деградацію ($\gamma < 1$). Проте недоліками способу є такі: 1) визначення інтенсивності накопичення та витрат енергії необхідно проводити за різні проміжки часу в ґрунтах та вирощування різних видів рослин для отримання відповідних показників, що значно збільшує трудомісткість і часовитратність реалізації способу; 2) відповідно до способу прогноз розширеного відтворення родючості ґрунту є можливим за умови надходження у ґрунт всієї біомаси рослин, що практично є неможливим та потребує урахування її відчуження, що також збільшує ресурсовитратність способу; 3) спосіб дозволяє прогнозування родючості лише для ґрунтів, приріст енергопотенціалу яких за вегетаційний період буде не менше 1 % вихідної величини, що звужує можливості його застосування.

Найбільш близьким за механізмом реалізації і результатом, що досягається, є спосіб визначення забезпеченості ґрунтів МЕ за використання статистико-математичного аналізу з одержанням регресійних рівнянь (Пат. UA № 89939 Спосіб прогнозування забезпеченості ґрунтів мікроелементами з визначенням вмісту вуглецю гумінових ($C_{ГК}$) і фульвокислот ($C_{ФК}$) та їх співвідношення $C_{ГК}/C_{ФК}$ та, на їх основі, визначення вмісту МЕ (ВМ) у ґрунті.

Недоліками запропонованого способу є: 1) обмеженість використання показника $C_{ГК}/C_{ФК}$ для визначення вмісту рухомих форм МЕ/ВМ, як за оцінювання рівня забезпеченості ґрунтів МЕ, так і небезпеки надлишкового накопичення ВМ у ґрунтах за техногенного і технологічного навантаження (Самохвалова, Лопушняк, Фатєєв, Горякіна, 2015), внаслідок впливу на співвідношення $C_{ГК}/C_{ФК}$ неконтрольованого вмісту рухомих форм МЕ/ВМ у ґрунтах різних буферних властивостей (результат високої природної просторової варіабельності, що значно підвищується за умов забруднення ВМ, внесення органічних і мінеральних добрив та різної кислотності ґрунтів залежно від напрямку і розвитку ґрунтоутворювальних процесів в окремих типах і відмінах ґрунтів, їх гранулометричного складу); 2) збільшення рухомості ВМ і органічної речовини ґрунту за одночасного дисбалансу вмісту ГК та ФК, зменшення рухомості МЕ за техногенного забруднення ґрунту, унеможливорює коректне використання співвідношення $C_{ГК}/C_{ФК}$ для вирішення задачі корегування вмісту МЕ і ВМ у ґрунтах; 3) обмеженість

використання показника групового складу гумусу $C_{ГК}/C_{ФК}$ для прогнозування змін його якості за інтенсивного використання ґрунтів та внаслідок можливої нестабільності у часі співвідношення $C_{ГК}/C_{ФК}$ (Орлов, 2004); 4) недостатність використання показника $C_{ГК}/C_{ФК}$ як діагностичного і оціночного внаслідок різної енергоємності ГК і ФК органічної речовини ґрунтів як за природних умов (Тарарико, Несмашна, 2000), так і за умов технологічного навантаження (Скрильник, 2010; Шедей, 2010; Лопушняк, 2013); 5) зниження точності оцінок вмісту МЕ/ВМ у системі ґрунт-рослина за використання лише показника $C_{ГК}/C_{ФК}$ (Самохвалова, 2014, 2015). Отже, все вище перелічене призводить до зниження цінності даних щодо вмісту МЕ/ВМ у ґрунтах різного генезису за одночасного збільшення трудомісткості і ресурсовитратності реалізації способу.

Тому актуальним є пошук нових діагностичних критеріїв оцінювання якості ґрунту через показники мікроелементного статусу, гумусового (наприклад C , %; $C_{ГК}/C_{ФК}$) та енергетичного стану (узагальнюючі характеристики енергоємності органічної речовини ґрунту - питома внутрішня енергія гумусу або його теплотворна здатність; загальні запаси енергії у шарі до 20 см). Одночасно актуалізується необхідність селективного вибору найбільш кореляційно пов'язаних і діагностично придатних пар показників властивостей ґрунтів, на базі використання яких, можливо точне та експресне оцінювання еколого-енергетичного стану ґрунтів різного генезису та їх якості, ураховуючи елементний склад.

В основу винаходу поставлена задача удосконалення відомого способу визначення вмісту свинцю у ґрунтах різного генезису для оцінювання їх еколого-енергетичного стану за рахунок встановлення нових закономірних зв'язків показників гумусового, енергетичного та елементного статусу для ґрунтів різних типів, що дасть можливість підвищити інформативність, точність, експресність визначення рівнів вмісту свинцю за фонових умов, впливу технологічного навантаження, ризику і наявності техногенного забруднення для прийняття своєчасних управлінських рішень.

Поставлена задача досягається тим, що у відомому способі визначенню вмісту свинцю у ґрунтах різного генезису для оцінювання їх еколого-енергетичного стану, відрізняється тим, що з метою визначення вмісту свинцю у ґрунтах визначають теплотворну здатність гумусу з використанням калориметричної установки, запаси енергії ґрунту у шарі до 20 см за відомою формулою Орлова, показник загального вмісту та групового складу гумусу ґрунту за методом Тюріна, з подальшим встановленням за методом кореляційного аналізу необхідних та достатніх комбінаційних пар показників гумусового та енергетичного стану ґрунту та визначенні відповідних регресійних рівнянь:

$$a) (x-y)-C_{pb}=3,7554-1,9392 \cdot x-0,3118 \cdot y,$$

де x - теплотворна здатність гумусу ґрунту, МДж/кг, y - загальний вміст гумусу, %; або

$$b) (z-y)-C_{pb}=3,3123-0,4423 \cdot z-0,3664 \cdot y,$$

де z - запаси енергії в шарі ґрунту до 20 см, 10^6 кДж/га (або 10^3 МДж/га), y - загальний вміст гумусу, %; або

$$c) (z-j)-C_{pb}=2,6084+0,6003 \cdot z-1,3096 \cdot j,$$

де z - запаси енергії в шарі ґрунту до 20 см, 10^6 кДж/га (або 10^3 МДж/га), j - $C_{ГК}/C_{ФК}$ - показник групового складу гумусу ґрунту; або

$$d) (x-j)-C_{pb}=1,4617-1,7182 \cdot x+4,058 \cdot y,$$

де x - теплотворна здатність гумусу ґрунту, МДж/кг, j - $C_{ГК}/C_{ФК}$ - показник групового складу гумусу ґрунту.

Доцільність використання комплексу показників гумусового та енергетичного стану ґрунтів різного генезису для визначення елементного статусу ґрунтів обумовлена їх високою інформативністю та прогностичністю внаслідок їх тісного взаємозв'язку та можливістю об'єднання різних показників інтенсивності біологічних процесів ґрунту (мікробіологічна та біохімічна активність, розкладання і синтез органічних сполук тощо) у єдиних узагальнених показниках його енергетичного стану та для коректного визначення спрямованості перетворень речовин і енергії в ґрунті.

Комплекс показників гумусового та енергетичного стану ґрунтів дозволяє обґрунтувати методи управління їх якістю за кількісного оцінювання ґрунтових процесів за фонових умов, технологічного навантаження і техногенного забруднення. Окрім того, гумус ґрунту є акумулятором і розподільником сонячної енергії. Саме тому використання показника енергоємності ґрунту і може бути узагальненим критерієм його функціонування, відображати продуктивність ґрунту, інтенсивність процесів гуміфікації-мінералізації, слугувати індикатором стабільності ґрунтової системи певного типу. Так, у випадку динамічної рівноваги (рівність процесів надходження та витрат енергії органічних речовин ґрунту) ентропія близька до мінімуму, що вказує на відсутність накопичення енергії в гумусі ґрунту. Стабільність процесів гуміфікації-мінералізації у ґрунтовій системі визначає її клімакс та, відповідно, здатність

ґрунтового покриву відновлювати енергетичні ресурси внаслідок накопичення і розподілу енергії, що утворилась за фотосинтезу. Рациональне використання енергії ґрунту є напрямом збереження і відновлення його базової родючості та, відповідно, еколого-енергетичного стану.

Тому використанням показників гумусового та /або енергетичного стану ґрунтів забезпечується можливість більш повного урахування властивостей і функцій ґрунту, отже і ґрунтових ресурсів; зменшення витрат антропогенної енергії та усунення негативних впливів на еколого-енергетичний стан ґрунтів за використання менш енергоємних заходів для відновлення функцій ґрунтів за прояву деградаційних процесів. Таким чином, все вище перелічене потребує встановлення нових критеріїв та показників оцінювання якості ґрунту певного типу з урахуванням його мікроелементного статусу, гумусового та енергетичного стану, у тому числі і за технологічного навантаження та ризику і наявності техногенного забруднення.

За проведення ґрунтово-геохімічних досліджень та аналізування отриманих даних щодо вмісту МЕ /ВМ ґрунтів різного генезису різних природно-кліматичних зон України (Самохвалова, Фатеев, Лучникова, 2011, 2012) та визначання групового складу гумусу і загального вмісту органічної речовини ґрунтів нами було встановлено (Самохвалова, Лопушняк, Фатеев, Горякіна, 2014, 2015) тісний взаємозв'язок елементного статусу ґрунтів та рухомості МЕ і ВМ з вмістом загального гумусу, його груповим складом, рівнем гідролітичної кислотності та вмістом фізичної глини ґрунту певного типу. Також нами встановлено, що баланс між процесами мінералізації і синтезу органічних сполук визначається стійкістю ГК, стабільністю у часі співвідношення $C_{ГК}/C_{ФК}$ та рівнем енергоємності ґрунту. За забруднення чорноземних ґрунтів ВМ встановлено збільшення інтенсивності процесів мінералізації органічної речовини ґрунту (Богачова, 1996). Встановлено також закономірні зв'язки рухомості більшості МЕ/ВМ у ґрунтах різного генезису з вмістом ФК за відсутності та за впливу забруднення ґрунтів ВМ (Самохвалова, Фатеев, 2006). Дослідженнями енергоємності техногенного чорнозему звичайного встановлено (Жолудева, звіт з НДР 2010), що енергоємність гумусу ґрунту в шарі до 10 см становить 0,024 МДж/1 г гумусу, у зональному ґрунті - 0,021 МДж/1 г гумусу (агроценоз) та 0,026 МДж/1 г гумусу (цілинний степ). У шарі 10-20 см техногенного чорнозему звичайного встановлено зниження енергоємності ґрунту до рівня 0,0017-0,0097 МДж/1 г гумусу. Також встановлено пряму залежність показника питомої теплоти згорання та вмісту органічної речовини в техногенних ґрунтах на лесоподібному суглинку, доведено можливість використання енергетичних показників та /або їх співвідношень з показниками гумусового стану ґрунту як інформативних критеріїв для оцінювання процесів активної акумуляції енергії.

Використання показнику загального вмісту гумусу ґрунту ($C_{заг}$, %) для прогнозування має обмеження. Окрім похибки визначення його вмісту у ґрунті (до 15-20 %), вміст вуглецю характеризується просторовою та часовою (1-3 роки) мінливістю з діапазоном коливань $\pm 0,2-0,5$ % абс. за значного впливу на його значення метеорологічних умов року, кількості рослинних решток у ґрунті тощо.

Оскільки якісний склад гумусу в ґрунтах різний, енергетичні властивості мають окремі фази ґрунту, в тому числі і мінеральні речовини, ґрунтові мікроорганізми, хімічні енд- та екзогенні реакції ґрунту, а основна частина внутрішньої енергії становить енергія кристалічної ґратки мінералів, тому застосування енергетичного принципу базується на розумінні необхідності урахування усіх "носіїв" енергії (енергопотенціалу) ґрунту, енергоємності рослин для управління речовинно-енергетичними трансформаціями у системі ґрунт-рослина, отже і нормування елементного статусу та управління її якістю. Однак за умов значної ресурсовитратності отримання експериментальних даних і, як наслідок, їхня недостатність унеможливорює визначання енергопотенціалу ґрунту. Проте нашими дослідженнями встановлено (Скрильник, 2010; Шедей, 2006; Лопушняк, 2013; Жолудева, 2010), що визначання саме показників енергоємності ґрунту (теплотворна здатність гумусу ґрунту та загальний запас енергії у шарі до 20 см) є достатніми для встановлення змін еколого-енергетичного стану ґрунтів різних типів за різних систем удобрення, здійснення керованого впливу на ґрунтові процеси мінералізації-гуміфікації, скорочення вільної енергії.

Узагальненням отриманих даних щодо різних ґрунтово-кліматичних умов встановлено, що ефективність визначення вмісту свинцю у ґрунті підвищується саме за додаткового використання діагностично придатних комбінацій показників енергетичного та гумусового стану ґрунтів і алгоритму їх селективного використання, що пропонується у заявленому способі, чим забезпечується його технічний результат - підвищення точності та якісного стану ґрунту; експресність визначення елементного статусу ґрунту для оцінювання еколого-енергетичного стану ґрунтів різних типів, у тому числі під впливом технологічного навантаження і техногенного забруднення.

Приклад здійснення способу

Дослідження закономірних зв'язків мікроелементного, гумусового і енергетичного стану ґрунтів різного генезису та, відповідно показників ґрунтових властивостей, з рухомістю свинцю було проведено з використанням відбору зразків з орного (до 20 см) шару. У зразках ґрунтів різних типів (дерново-підзолисті, світло-сірі, сірі, темно-сірі; чорноземи опідзолені, типові, звичайні та південні, каштанові ґрунти тощо) за фонових умов, технологічного навантаження і техногенного забруднення за лабораторних досліджень визначили: 1) фактичний вміст свинцю за атомно-абсорбційним методом; 2) загальний вміст органічної речовини - за методом Тюріна; 3) фракційно-груповий склад гумусу - за методом Пономарьової-Плотникової; 4) препаративне виділення гумусових речовин ґрунту та визначення питомої енергоємності ґрунтів і препаратів ГК - за показником питомої теплоти згорання зразків використовуючи калориметричну установку В-08 МА ПУ 1.470.000. Всі отримані результати та довідкові дані показників властивостей ґрунту певного типу вносимо у таблицю 1.

Далі розраховуємо показник загальних запасів енергії, що акумульовані гумусом ґрунту, як індикатору його енергетичного стану, за відомою формулою Орлова, що враховує якісний склад гумусу і теплоємність основних його фракцій:

$$Q = (19,96 \text{ ГК} + 9,16 \text{ ФК} + 17,86 \text{ ГЗ}) \cdot H \cdot d \cdot 10 / 100, (5)$$

де Q - запаси енергії, акумульовані гумусом ґрунту, 10^6 кДж/га (або 10^3 МДж/га);

19,96 - теплота згорання гумінових кислот, кДж/г;

9,16 - теплота згорання фульвокислот, кДж/г;

17,86 - теплота згорання гуміну, кДж/г;

ГК - вміст гумінових кислот, г;

ФК - вміст фульвокислот, г

ГЗ - вміст гуміну, г;

H - шар ґрунту, м;

d - щільність будови ґрунту, г/см³;

10 - коефіцієнт переведення в 10^6 кДж/га.

100 - перерахування одиниць виміру показників вмісту ГК, ФК та ГЗ у відсотках.

Отримані результати розрахунку показника енергоємності ґрунту за формулою також вносимо у таблицю 1 та використовуємо як базову для подальших розрахунків залежностей вмісту свинцю, показників гумусового стану (наприклад, $C_{\text{заг}}$, $C_{\text{ГК}}/C_{\text{ФК}}$) та енергоємності ґрунтів (теплотворна здатність гумусу, запаси енергії ґрунту у шарі до 20 см) за фонових умов, технологічного навантаження і техногенного забруднення ВМ з одержанням відповідних рівнянь залежностей після статистичної обробки даних. На їх основі отримуємо регресійні рівняння визначення вмісту свинцю у ґрунтах.

Для статистичної обробки даних використано модулі кореляційного, дисперсійного, регресійного та факторного аналізів у рамках пакета Statistica 10.0, включаючи розрахунки за рівняннями лінійної, ступеневої і логарифмічної регресії. Результати вносимо у таблицю 2. Так, наприклад, встановлено рівні вмісту Pb у ґрунтах різного генезису на базі існуючих лінійних залежностей з показниками $C_{\text{заг}}$ та теплотворної здатності гумусу ґрунту певного типу (фонові умови) за відповідними формулами, що характеризують наступні рівняння для ґрунтів підзолистого ряду (дерново-підзолисті, ясно-сірі, сірі опідзолені та темно-сірі) за регресійним рівнянням:

$$1) C_{\text{Pb}} = 3,0371 - 0,6325 x - 0,3551 y$$

$$C_{\text{Pb дерн.-підзол, ґрунт}} = 3,0371 - 0,6325 \cdot 0,11 - 0,3557 \cdot 0,9 = 2,64;$$

$$C_{\text{Pb фактичний}} = 2,65$$

$$C_{\text{Pb темно-сірий ґрунт}} = 3,0371 - 0,6325 \cdot 0,61 - 0,3557 \cdot 2 = 1,93;$$

$$C_{\text{Pb фактичний}} = 1,94;$$

та чорноземних ґрунтів (чорноземи опідзолені, типові, звичайні і південні) за регресійним рівнянням:

$$2) C_{\text{Pb}} = 3,7554 - 1,9392 x - 0,3118 y$$

$$C_{\text{Pb чорнозем звичайний}} = 3,7554 - 1,9392 \cdot 0,79 - 0,3118 \cdot 5,9 = 0,38;$$

$$C_{\text{Pb фактичний}} = 0,38$$

$$C_{\text{Pb чорнозем південний}} = 3,7554 - 1,9392 \cdot 0,59 - 0,3118 \cdot 3,23 = 1,60;$$

$$C_{\text{Pb фактичний}} = 1,61$$

$$C_{\text{Pb чорнозем типовий}} = 3,7554 - 1,9392 \cdot 0,91 - 0,3118 \cdot 6 = 0,12;$$

$$C_{\text{Pb фактичний}} = 0,12$$

де C_{Pb} - розрахунковий вміст свинцю у ґрунті, мг/кг;

x - теплотворна здатність гумусу ґрунту, МДж/кг;

y - загальний вміст гумусу, %;

Визначення вмісту Pb у ґрунтах за розрахунками, що базуються на використанні лише показника $C_{ГК}/C_{ФК}$, згідно з встановленою нами формулою для ґрунтів, наприклад, чорноземного ряду $G_{Pb}=2,0877-0,938 \cdot C_{ГК}/C_{ФК}$ дали наступні значення, які при співставленні з фактичними величинами мають велику похибку:

$$G_{Pb} \text{ чорнозем типовий} = 2,0877-0,938 \cdot 2,93=0,059$$

$$C_{Pb} \text{ фактичний} = 0,12$$

$$G_{Pb} \text{ чорнозем звичайний} = 2,0877-0,938 \cdot 2,5=0,46$$

$$C_{Pb} \text{ фактичний} = 0,38$$

5 де G_{Pb} - розрахунковий вміст свинцю у ґрунті, мг/кг.

Наявність похибки було виявлено за проведення досліджень вмісту свинцю у темно-сірому ґрунті за впливу технологічних навантажень і чорноземі звичайному - за впливу техногенного забруднення ВМ (табл. 2).

10 Поширюючи алгоритм способу на інші типи ґрунтів, так само, проводять подальші розрахунки з одержанням відповідних рівнянь залежностей, за якими визначають вміст рухомих форм свинцю у ґрунтах різного генезису.

15 Крім того, використання комбінаційних пар для визначення свинцю (C_{Pb}) у ґрунті дозволило встановити типи ґрунтів, що можливо об'єднати за подібними властивостями в ряди, на які поширюється дія кожної встановленої формули. Наприклад, опідзолений ряд ґрунтів - дерново-підзолисті, ясно-сірі, сірі опідзолені та темно-сірі; чорноземний ряд - чорноземи типові, звичайні і південні.

Таблиця 1

Тип ґрунту	C _{заг} , %	C _{ГК} , %	C _{ФК} , %	ГЗ, %	d, г/см ³	Фактичний вміст Pb, мг/кг ґрунту	Енергоємність фунту		C _{ГК} /C _{ФК}
							Теплотворна здатність гумусу, МДж/кг	Q, Запаси енергії в шарі до 20 см, 10 ³ МДж/га	
1. За відсутності навантажень (фонові умови)									
Дерново-підзолистий	0,9	0,17	0,2	0,53	1,5	2,65	0,106	0,44	0,85
Сірий опідзолений	1,2	0,27	0,3	0,63	1,5	2,15	0,188	0,58	0,90
Темно-сірий	3,1	1,1	0,54	1,46	1,3	1,94	0,840	1,40	2,04
Чорнозем опідзолений	2,44	1,0	0,31	1,13	1,2	2,47	0,820	1,03	3,2
Чорнозем звичайний	3,9	1,25	0,7	1,95	1,1	0,38	0,900	1,46	1,79
Чорнозем типовий	4,8	1,75	0,6	2,45	1,2	0,12	1,200	2,02	2,92
Чорнозем південний	2,2	0,55	0,42	1,23	1,2	1,61	0,600	0,809	1,3
2. За впливу техногенного навантаження (забруднення ВМ)									
Чорнозем звичайний забруднений	2,08	0,38	0,5	1,2	1,22	18,5	0,790	0,81	0,76
Чорнозем опідзолений забруднений	1,9	0,2	0,4	1,3	1,21	6,5	0,650	0,74	0,5
Дерново-підзолистий забруднений	0,79	0,1	0,2	0,49	1,52	9,1	0,090	0,37	0,5
3. За впливу технологічного навантаження (застосування систем удобрення)									
Чорнозем опідзолений (контроль)	2,44	1,0	0,31	1,13	1,2	1,5	0,99	1,02	3,2
Чорнозем опідзолений (мінеральна система удобрення)	2,38	0,93	0,29	1,16	1,2		0,80	1,00	3,21
Чорнозем опідзолений (органомінеральна система удобрення)	2,46	0,99	0,30	1,17	1,2	0,9	0,98	1,04	3,3
Чорнозем опідзолений (органічна система удобрення)	2,45	0,94	0,34	1,17	1,2	2,0	0,93	1,03	2,76

20 За проведення розрахунків елементного статусу ґрунтів було взято до уваги наступні діагностичні комбінації кількісних показників енергетики ґрунтоутворення і функціонально-екологічної діагностики генетичного статусу ґрунтів – $C_{заг}$ та $C_{ГК}/C_{ФК}$; $C_{заг}$ та теплотворна здатність гумусу ґрунту; $C_{заг}$ та Q; $C_{ГК}/C_{ФК}$ та Q; $C_{ГК}/C_{ФК}$ та теплотворна здатність гумусу ґрунту. Отримані результати вносять у таблицю (табл. 2, фрагмент). Так, розрахунковий вміст Pb у ґрунтах опідзоленого ряду за використання комбінаційної пари $C_{заг}$ і теплотворної здатності

25 гумусу ґрунту змінюється від 1,93 до 2,64 мг/кг ґрунту за фонових умов; до 1,12 мг/кг ґрунту - за

технологічного навантаження. Вміст Pb у чорноземних ґрунтах за фонових умов становив від 0,12 до 1,60 мг/кг; за техногенного забруднення ВМ - 10,31 мг/кг ґрунту (табл. 2).

Отже, при визначенні вмісту свинцю, використанням кожної комбінаційної пари показників еколого-енергетичного стану ґрунтів підтверджено можливість отримання точних даних щодо елементного статусу ґрунтів (нестача МЕ, надлишок ВМ). Нами були отримані регресійні рівняння щодо визначення вмісту інших хімічних елементів та забруднювачів, а саме: Cd, Zn, Cr, Co, Fe, Mn, Cu, Ni.

Тобто запропоноване рішення розширює та полегшує можливості користувача у визначенні вмісту хімічних елементів у ґрунті без тривалих хіміко-аналітичних досліджень за рахунок вибору формул отриманих на основі 4 комбінаційних пар згідно з наявною у нього інформацією.

Одночасно забезпечується можливість оцінювання гумусового і енергетичного стану ґрунтів за вирішення зворотної задачі розрахунку кількісних параметрів одного показника на підставі кореляційно пов'язаних з ним відомих інших (фіг. 1, а-в), наприклад, теплотворної здатності гумусу та/або запасів енергії ґрунту певного типу на підставі відомого показника вмісту свинцю і/або показників енергоємності його органічної речовини для ефективного екологічного нормування та управління якістю ґрунтів через корегування їхньої продуктивності за рахунок впливу на процеси мінералізації-гуміфікації, елементний статус та запаси органічної речовини ґрунтів, що визначають якість їх гумусового стану та динамічну рівновагу, і, відповідно, здатність ґрунтів різного генезису відновлювати енергетичні ресурси внаслідок накопичення і розподілу енергії та підтримання певного рівня енергоємності.

Діагностичну ефективність індикації спрямованості процесів гуміфікації-мінералізації у ґрунтових системах за показниками гумусового та енергетичного стану підтверджено відповідними математичними рівняннями (фіг. 1).

Відмінними рисами та перевагами запропонованого технічного рішення, у порівнянні з відомими способами та підходами, є такі:

- експресність отримання та підвищення точності визначення вмісту свинцю у ґрунті і одночасної мінімізації витрат ресурсів;
- більша результативність даних елементного, гумусового, енергетичного та екологічного стану ґрунту певного типу в цілому для оцінювання еколого-енергетичного статусу ґрунтів та рівня їхньої родючості за застосування різних систем удобрення та ризику і наявності забруднення ВМ;
- універсальність завдяки придатності встановлених залежностей запропонованого способу для ґрунтів всіх типів та природно-кліматичних зон і забруднювачів;
- ефективність оцінювання еколого-енергетичного стану ґрунтів різного генезису на базі встановлення діагностично придатних парних комбінацій їх показників для діагностики функціонування системи гумусових речовин ґрунтів, спрямованості процесів гуміфікації-мінералізації та енергоємності ґрунтів, визначення їх елементного статусу, зокрема свинцю, та подальшого оцінювання і нормування якості;
- розширення можливостей користувача в визначенні вмісту свинцю у ґрунті без тривалих хіміко-аналітичних досліджень за рахунок вибору формул, отриманих на основі комбінаційних пар показників ґрунтових властивостей, згідно з наявною інформацією за рахунок використання базових генетичних властивостей ґрунтів, які не схильні до динамічних змін та близькі до постійної величини для даного типу ґрунту;
- актуалізація подальших розробок нових критеріїв та показників оцінювання якісного стану ґрунту певного типу за урахування мікроелементного статусу, гумусового та енергетичного стану у тому числі і за технологічного навантаження та техногенного забруднення.

Таблиця 2

ME/ВМ	Розрахунковий/фактичний* вміст рухомих форм свинцю у ґрунті, мг/кг ґрунту									
	ґрунти опідзоленого ряду		Чорноземні ґрунти			ґрунти опідзоленого ряду		Чорноземні ґрунти		
	Дерново-підзолистий	Темно-сірий	Чорнозем типовий	Чорнозем звичайний	Чорнозем південний	Дерново-підзолистий	Темно-сірий	Чорнозем типовий	Чорнозем звичайний	Чорнозем південний
	За показником $C_{ГК}/C_{ФК}$ (згідно з прототипом способу)					За показниками $C_{заг}$ та теплотворна здатність гумусу ґрунту				
	За відсутності навантажень на ґрунт (фонові умови)					За відсутності навантажень на ґрунт (фонові умови)				
Pb	2,59/2,65*	1,8/1,9*	0,059/0,12*	0,46/0,38*	1,5/1,61*	2,64/2,65*	1,93/1,94*	0,12/0,12*	0,38/0,38*	1,60/1,61*
За впливу системи удобрення (технологічне навантаження)			За впливу забруднення ВМ (техногенне навантаження)			За впливу системи удобрення (технологічне навантаження)		За впливу забруднення ВМ (техногенне навантаження)		
Pb	Темно-сірий		Чорнозем звичайний			Темно-сірий		Чорнозем звичайний		
	0,96/1,15		17,8 /10,31*			1,12/1,15*		10,31/10,31*		

Примітка: * - фактичний вміст рухомих форм свинцю у ґрунті, мг/кг ґрунту

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

5

Спосіб визначення вмісту свинцю у ґрунтах різного генезису для оцінювання їх еколого-енергетичного стану, який **відрізняється** тим, що визначають теплотворну здатність гумусу з використанням калориметричної установки, запаси енергії ґрунту у шарі до 20 см за відомою формулою Орлова, показник загального вмісту та групового складу гумусу ґрунту за методом

10

Тюріна, з подальшим встановленням за методом кореляційного аналізу необхідних та достатніх комбінаційних пар показників гумусового та енергетичного стану ґрунту за допомогою регресійних рівнянь:

а) $(x-y)-C_{Pb}=3,7554-1,9392 \cdot x-0,3118 \cdot y$,

де x - теплотворна здатність гумусу ґрунту, МДж/кг, y - загальний вміст гумусу, %; або

15

б) $(z-y)-C_{Pb}=3,3123-0,4423 \cdot z-0,3664 \cdot y$,

де z - запаси енергії в шарі ґрунту до 20 см, 10^3 МДж/га, y - загальний вміст гумусу, %; або

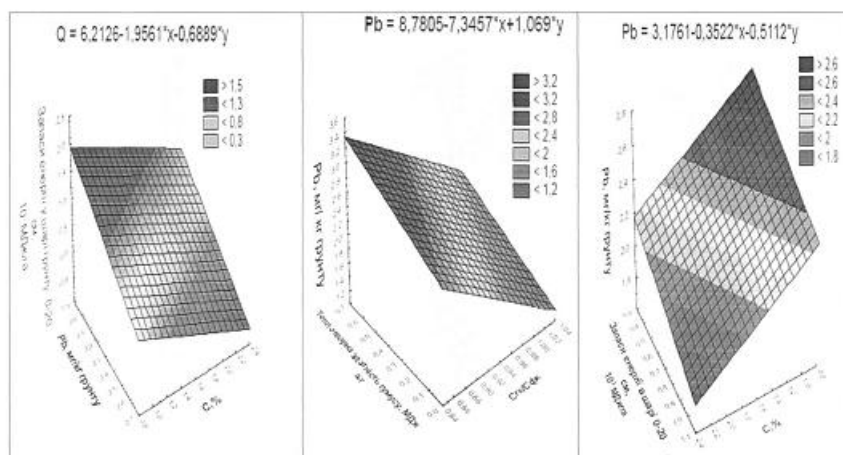
с) $(z-j)-C_{Pb}=2,6084+0,6003 \cdot z-1,3096 \cdot j$,

де z - запаси енергії в шарі ґрунту до 20 см, 10^3 МДж/га, j - $C_{ГК}/C_{ФК}$ - показник групового складу гумусу ґрунту; або

20

д) $(x-j)-C_{Pb}=1,4617-1,7182 \cdot x+4,058 \cdot y$,

де x - теплотворна здатність гумусу ґрунту, МДж/кг, j - $C_{ГК}/C_{ФК}$ - показник групового складу гумусу ґрунту.



Комп'ютерна верстка Л. Бурлак

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

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