

УДК 574.4:504.054; 631.41:504.53.054

## МЕТОДОЛОГІЯ ЕКОЛОГІЧНОГО НОРМУВАННЯ ВМІСТУ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ ТА ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ҐРУНТАХ ПОВІДОМЛЕННЯ 2. СПОСІБ ВСТАНОВЛЕННЯ НОРМАТИВІВ ВМІСТУ ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ /КОМПОНЕНТІВ У СИСТЕМІ ҐРУНТ-РОСЛИНА

Самохвалова В.Л., Фатєєв А.І., Філатов В.П., Горякіна В.М., Самохвалова П.А.

*Методологія екологічного нормування вмісту мікроелементів та важких металів у ґрунтах. Повідомлення 2. Спосіб встановлення нормативів вмісту хімічних елементів /компонентів у системі ґрунт - рослина. - В.Л. Самохвалова<sup>1</sup>, А.І. Фатєєв<sup>1</sup>, В.П. Філатов<sup>2</sup>, В.М. Горякіна<sup>1</sup>, П.А. Самохвалова<sup>3</sup>. - За визначення об'єктивних показників фонового і кризового моніторингу системи ґрунт – рослина розроблено новий спосіб встановлення атестованих значень показників вмісту хімічних елементів /компонентів біоосної та біологічної систем за встановлення хімічного складу їх компонентів. Спосіб передбачає використання модифікованого критерію оцінки елементного /компонентного складу технічної системи та його поширення на новий клас об'єктів. Технічним результатом способу є забезпечення підвищення достовірності одержаних даних, експресність отримання об'єктивних оцінок результатів визначення вмісту хімічних елементів у різних об'єктах довкілля за збільшення їх якості та зменшення необхідних витрат на їх досягнення, удосконалення методології оброблення інформації щодо елементного складу природних (ґрунти, рослини) і техногенних середовищ (складні суміші).*

**Ключові слова:** спосіб, нормативи, екологічне нормування, важкі метали, система ґрунт – рослина.

**Адреса:** 1-ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», лабораторія охорони ґрунтів від техногенного забруднення, вул. Чайковського, 4, м. Харків, 61024 тел.:(057)704-16-67;

E mail: v.samokhvalova@mail.ru

2-Харківський національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва, кафедра механізації, п/в Комуніст, Учебне містечко, Харківський р-н, Харківська обл., 62482

3-Харківський фізико-математичний ліцей №27, вул. Мар'їнська, 12/14, м. Харків, 61126

*Methodology of environmental rationing of trace elements and heavy metals content in soils. Message 2. The method of standards regarding setting of the chemical elements /components content in the soil-plant system. - V.L. Samokhvalova<sup>1</sup>, A.I. Fateev<sup>1</sup>, V.P. Filatov<sup>2</sup>, V.N. Horyakina<sup>1</sup>, P.A. Samokhvalova<sup>3</sup>. - By determination of objective indicators the background and crisis monitoring of soil - plant system elaborated a new method of establishment qualified values of chemical elements /components contents in biostanding and biological systems for determining the chemical composition of their components. The method involves the using of the modified criterion of element /component content of the technical system and its extension to a new class of objects. Technical result is a method of improving the reliability of obtained data, speed of obtaining objective assessments of the results determine the content of chemical elements in various environmental subjects by increasing their quality and reducing the costs of achieving them, improving the methodology of information processing for the elemental composition of natural (soil, plants) and anthropogenic environments (complex mixtures).*

**Key words:** method, norms, ecological rationing, heavy metals, the soil - plant system.

**Address:** 1-NSC "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky", department for soil technogenic pollution control, Chajkovsky str., 4, Kharkiv, 61024 tel.: (057)704-16-67, E-mail: v.samokhvalova@mail.ru

2-The Kharkivsky National Agrarian University named after V.V. Dokuchaev, department of mechanization, p/v Communist, training camp, Kharkiv district, Kharkiv region, 62482

3 -The Kharkivsky Physics and Mathematics Lyceum № 27 Mariynska str., 12/14, Kharkiv, 61126

### Вступ

Методологія екологічного нормування вмісту мікроелементів (МЕ) та важких металів (ВМ) в системі ґрунт-рослина [2,3,10-11,13] передбачає використання структурно функціонального аналізу, встановлення певної шкали впливів, що

відображає їх шкодочинність на ґрунти і суміжні середовища та розподіляє стан об'єкту нормування на нормальний або ненормальний.

Важливою складовою екологічного нормування якості ґрунтів, що забруднюються ВМ, є моніторинг і прогнозування забруднення.

Дані щодо елементного складу системи ґрунт-рослина є необхідною інформацією за розробки нормативно-методичного забезпечення системи моніторингу довкілля, розробки стандартних зразків (СЗ) складу природних і техногенних середовищ, як основного засобу забезпечення коректності аналітичної інформації. Атестовані значення показників вмісту хімічних елементів (ХЕ) /компонентів є важливими за діагностики екологічних порушень хімічного складу компонентів біосистем та біологічних систем, їх оцінювання та прогнозування, розробки об'єктивних показників фонових і кризових моніторингу об'єктів довкілля.

З аналізу даних моніторингу ґрунтів та рослин витікає два принципових моменти – необхідність встановлення закономірностей, що визначають вміст ВМ та МЕ в системі ґрунт-рослина, за мінімальним числом змінних; складність оцінювання вмісту ХЕ (норма, нестача, надлишок) внаслідок відсутності як визначеності зв'язку між припустимим екологічним станом ґрунтів і припустимим антропогенним впливом на ґрунт так і теорії кількісної оцінки відгуку елементів екосистем на вплив. Апроксимація експериментальних даних функціями із класу логістичних не враховує стимулюючу дію малих доз ХЕ у системі [2,3]. За узагальнення результатів моніторингу виникають труднощі, які пов'язані з тим, що відгуки біологічної системи на впливи є індивідуальними, різняться та змінюються. Таким чином постає проблема узагальнення різних відгуків за умов невизначеності, існування нелінійних зв'язків в системі ґрунт - рослина. Шляхами вирішення проблеми є розробка нових способів, підходів для введення шкали якості, що забезпечує однозначність оцінок показників вмісту ВМ та показників стану ґрунту за впливу забруднення.

Якість інформації за встановлення атестованих значень (нормативів) показників вмісту ХЕ або компонентів у системі ґрунт-рослина визначається вимогами до повноти даних, точності результатів, експресності їх отримання. Тому, обов'язковим є підвищення рівня інформативності даних моніторингу та екологічного нормування вмісту МЕ і забруднення ВМ, а розробка нових способів та підходів щодо встановлення нормативів вмісту макро – та МЕ /компонентів у системі ґрунт-рослина є актуальною та важливою як в теоретичному плані (за розробки підходів до визначання норми функціонування систем) так і в прикладному аспекті їх втілення (за розрахунку статистичної норми вмісту елементів /компонентів систем будь-якої природи).

#### Стан вивченості питання

Відомо спосіб оцінки результатів встановлення атестованих значень складу

природних середовищ [5], що базується на статистичних методах обробки даних та встановленні закономірностей функцій розподілу результатів в аналітичних інтервалах методик виконання вимірювань. Недоліком такого способу є неврахування частоті асиметричності та багатомодальності розподілу значень показників вмісту ХЕ в системі ґрунт-рослина саме за встановлення атестованих значень цих показників у середовищі. Тому при використанні статистичної обробки вибірок даних, виникають похибки в оцінці їх достовірності. Для запобігання некоректності аналітичних порівнянь, недостовірних висновків потрібно виявлення та вилучення з подальших розрахунків недостовірних результатів вимірювань, та систематичних похибок.

За відсутності прямих аналогів щодо вирішення задачі встановлення нормативних показників вмісту елементів /компонентів в системі ґрунт-рослина найбільш близьким щодо технічної суті й результату, що досягається, є спосіб, що передбачає встановлення атестованих значень вмісту окремого компоненту у суміші за використання критерію *Abbey* [5]. Однак, за можливості оцінки дольового вкладу кожного компоненту суміші окремо нами встановлено зв'язок критерію *Abbey* зі значенням стандартного відхилення, що є індикатором впливу числа результатів у вибірці на результативну ознаку атестованого значення вмісту елемента /компонента в системі. За умов обмеженості даних щодо нормативів вмісту ХЕ /компонентів у середовищах негативний вплив цього зв'язку посилюється та призводить до значного ускладнення або неможливості вирішення поставленої задачі. Отже, відомий рейтинговий критерій *Abbey* потребує удосконалення.

Внаслідок того, що різні типи ґрунтів і види рослин є багатокомпонентними, мають складний макро - та мікросклад, неможливо урахувати всі існуючі взаємодії фізико-хімічної та біологічної природи, що впливають на динаміку вмісту ХЕ в системі. Кількісні величини вмісту більшості ХЕ є наближеним до роздільної здатності застосованих методик, результати вимірювань часто є асиметричними та не відповідають закону нормального розподілу даних, що призводить до неточностей у розрахунках, невірних технічних рішень. У зв'язку з швидко прогресуючим процесом забруднення відомі способи важко реалізувати через відсутність вибірки проб цільних (еталонних незабруднених) ґрунтів, рослин, розташованих на обмеженій території.

Необхідність встановлення максимуму неоднорідності у вибірці даних елементного /компонентного складу системи визначається тим, що середньоквадратичне відхилення ( $\sigma$ ) та дисперсія ( $\sigma^2$ ) є мірами, що характеризують мінливість елементів системи та виступають

опосередкованою мірою їх неоднорідності, за визначення характеру розподілу даних вибірки (нормальний, логнормальний тощо). Однак, за асиметричних видів розподілу даних вмісту ХЕ у ґрунтах, рослинах використання  $\sigma$  та коефіцієнту кореляції не працює та сприяє додатковим похибкам і отриманню некоректного результату. Отже, відома аналітична модель, за якою проводять розрахунки атестованих значень показників вмісту елементів /компонентів технічної системи, є непридатною для вирішення поставленої задачі у системі ґрунт-рослина.

Мета досліджень – розроблення нового способу встановлення нормативів вмісту ХЕ /компонентів у системі ґрунт-рослина, як технічного рішення, що характеризується технічним результатом.

В основу розробки корисної моделі поставлені задачі – удосконалення способу встановлення нормативних показників вмісту елементів /компонентів системи ґрунт-рослина за рахунок модифікації відомого критерію оцінки елементного /компонентного складу технічної системи та його поширення на новий клас об'єктів, розширення критеріїв оцінки елементного складу системи, підвищення експресності отримання та достовірності даних щодо вмісту ХЕ у різних об'єктах довкілля, їх прогностичної цінності, а також розширити можливості застосування способу за зменшення необхідних витрат на їх досягнення.

#### Матеріали та методи досліджень

Дослідження включали патентний пошук відповідно до ДСТУ 3575-97 [9], польовий (ґрунтово-геохімічні дослідження на локальному і регіональному рівнях Харківської області, в тому числі навколо джерел атмотехногенних емісій забруднювачів неорганічної природи), аналітичний (визначення вмісту рухомих форм МЕ та ВМ у ґрунтах різної буферної здатності за використання екстрагентів ацетатно-амонійного буферного розчину з рН 4,8 та 1n HCl) та камеральний етапи робіт згідно з діючими нормативними документами [1,4, 6, 8, 12, 14-18].

Проводили мікропольові досліди (15 та 18 варіантів у трикратній повторюваності) за разового внесення у чорноземні ґрунти різного генезису (чорнозем опідзолений важкосуглинковий та чорнозем звичайний супіщаний Лісостепової зони України) додатків неорганічної природи (розчини солей, що містять Cu, Zn, Cd, Pb, Ni у дозах, що перевищують їх природний вміст у ґрунті в 3 рази) для порушення стану нестійкої рівноваги та впливу на матеріально-енергетичний баланс системи ґрунт-рослина.

Тест культури – родини злакових (*Poaceae*) та бобових (*Fabaceae*). Продуктивність агрофітоценозів, їх кількісний та якісний склад визначали у кінці вегетаційного періоду.

Обробку даних здійснювали за використання методів математичної статистики [7] в рамках пакету програм *Statistica 7.0*.

Об'єкти досліджень – існуюча патентно-ліцензійна, нормативно-технічна та нормативно-правова інформація щодо охорони ґрунтів у світі та в Україні, методологічні принципи нормування навантаження та впливів, критерії оцінки екологічного стану ґрунтів та рослин, стандартизація нормативних параметрів, нормативні показники щодо вмісту МЕ та забруднення ВМ ґрунтів, рослин, ґрунти різної буферної здатності, рослини різних родин.

Мета проведення патентних досліджень - розробка стратегії для визначення найбільш перспективних напрямів досліджень, виявлення потенційних конкурентів, визначення спрямованості їхньої діяльності й вибір своєї ніші досліджень; мінімізація ризику, пов'язаного з можливим дублюванням уже існуючих технічних рішень на етапі розробки потенційного об'єкта патентування.

Об'єкти патентного пошуку – об'єкти авторського права, які запатентовано в Україні та країнах СНД, ЄС в площині поставленої мети. Предмет пошуку - спосіб (технологічний процес) в цілому; окремі операції (етапи) способу, що є самостійним патентоспроможним об'єктом; способи їх одержання та галузь застосування; обладнання та прилади, які використовуються при здійсненні способу.

Задачі виконання патентних досліджень: дослідження технічного рівня об'єкта; аналізування науково-технічної діяльності провідних розробників; вивчення тенденцій розвитку існуючих способів реалізації поставленої мети; техніко-економічний аналіз технічних рішень /винаходів, що відповідають завданням розробки; дослідження новизни та патентної чистоти розроблювального об'єкта та його складових частин; вивчення доцільності його правового захисту.

За необхідності урахування впливу вибору джерела інформації на якість патентних досліджень, а також на витрати на їх проведення використано реферати першоджерел національних патентних відомств та патентні бюлетені (джерела патентної інформації), звіти про НДР і ОКР, книги, матеріали симпозіумів, конференцій, статті в періодичних виданнях, бібліографічні документи тощо (джерела науково-технічної інформації), тобто інформацію технічного, економічного (техніко-економічні показники) характеру. Вибір джерел інформації здійснено з урахуванням завдань проведення патентних досліджень; наявності інформаційних джерел у країні; оперативності виходу джерела інформації; його інформативності; характеру інформації в джерелі. Проведення патентних

досліджень було сконцентровано на тематичному пошукові та виявленні документів-аналогів.

Методи досліджень – методологія та методи наукових досліджень, системний підхід за аналізування, співставлення, експертного оцінювання інформації.

Роботу виконано за результатами проекту № Ф43/010 "Показники процесів міграції та акумуляції важких металів у ґрунтах різних ландшафтів східної частини європейського континенту: обґрунтування, отримання, інформативність, практичне використання в екологічних цілях" за договором № Ф43/368-2011 з Державним агентством з питань науки, інновацій та інформатизації України.

### Результати та їх обговорення

Поставлена мета досягається за рахунок того, що у відомому способі встановлення атестованих значень показників вмісту хімічних елементів/компонентів у суміші, який містить аналітичне їх визначення та статистичну обробку первинних даних, згідно з винахідницьким задумом, проводять одноразове внесення сполук неорганічної природи у ґрунт. У відібраних пробах методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії (ААС) визначають вміст елементів/компонентів, отримані результати статистично обробляють (фіг.1 а, в). Далі за отримання лінійного тренду ураховують весь масив даних та результати їх аналізу відображають як базове значення  $\pm 10\%$  в якості довірчого інтервалу. Оцінюють медіани вибірок отриманих результатів для встановлення можливого систематичного завищення або заниження результатів визначення вмісту ХЕ. Проводять апроксимацію змінних нормальним, лонгнормальним, рівномірним розподілами та порівняння середніх двох ділянок. Оцінюють вид розподілу даних вибірки за статистичними параметрами [7] для приведення вибірки даних до симетричного вигляду. Результати візуалізують за побудови гістограм розподілу даних.

Перевірку отриманих результатів та їх відповідність існуючим нормативам та /або виконують за використання стандартних зразків (СЗ) подібного елементного складу природних середовищ і умови їх відповідності елементному складу

За відсутності еталонів порівняння (СЗ, аналогів тим ґрунтам, рослинам, що аналізуються) перевірку отриманих результатів проводять за допомогою коефіцієнту детермінації ( $R^2$ ). Різниця гранулометричного, елементного і компонентного складу ґрунтів, рослин, що впливають на коректність отриманих даних є подоланою, а дані є узгодженими якщо  $R^2 \geq 0,95$ .

За отримання нелінійного тренду (асиметричність, багатомодальність) розподілу

даних і з метою подолання цього явища (рис. 1 а, в), використовують дані з обов'язковим включенням усіх результатів встановлення вмісту ХЕ в атестованій пробі. Додатково оцінюють статистичні параметри кінцевих вибірок даних, визначають атестовані значення вмісту елементів /компонентів системи ґрунт-рослина за використанням модифікованого критерію *Abbey* (рис. 1 б, г) згідно з формулою:

$$R = \frac{N_1 + \frac{1}{2} N_2 + \frac{1}{3} N_3 - N_{ex}}{N_1 + N_2 + N_3 + N_{ex}} \quad (1)$$

де  $N_1, N_2, N_3$  - результати встановлення атестованих значень вмісту ХЕ певних інтервалів,  $N_{ex}$  - результати, що виходять за межі визначених інтервалів.

Модифікацію критерію *Abbey* проводять шляхом заміни параметра, що формує інтервали за обчислення самого критерію, на значення припустимої помилки атестованих значень елементного /компонентного складу зразків ґрунтів, рослин.

Результати вимірювань розподіляють в залежності від знаходження в певному інтервалі

$$(N_1 = C_{норм} \pm \Delta_{пр}; \quad N_2 = C_{норм} \pm \frac{\Delta_{пр}}{C_{норм}} \pm 1,5\Delta_{пр};$$

$$N_3 = C_{норм} \pm \frac{1,5\Delta_{пр}}{C_{норм}} \pm 2\Delta_{пр}; \quad N_{ex} - \text{результати,}$$

що виходять за межі визначених інтервалів), сформованому за урахування  $\Delta_{пр}$ , як припустимої похибки атестованого значення  $C_{норм}$ . Три інтервали є необхідною та достатньою умовою для встановлення нормативів вмісту кожного ХЕ у системі ґрунт - рослина. Як значення  $C_{норм}$  для певного типу ґрунту /виду рослин приймається значення вмісту кожного ХЕ як середньозважена величина. Припустиму похибку атестованого значення вмісту ХЕ в системі розраховують як  $1/3$  інтервальної оцінки припустимих середніх квадратичних відхилень результатів встановлення їх вмісту.

Результати, згідно з запропонованою формулою, оцінюють на підставі існування тісного кореляційного зв'язку встановлених атестованих значень вмісту ХЕ у ґрунтах, рослинах. Кількісно виокремлюють типи ґрунтів з різною буферною здатністю, родини рослин, що характеризуються високими значеннями коефіцієнтів кореляції ( $r$ ) та позитивними значеннями модифікованого критерію *Abbey*. Отримують величини атестованих значень вмісту елементів/компонентів системи ґрунт-рослина, які формують у таблицю для експресної, точної, об'єктивної оцінки цього складу ґрунтів різного генезису та буферних властивостей і рослин (табл. 1, рис. 1а-г).

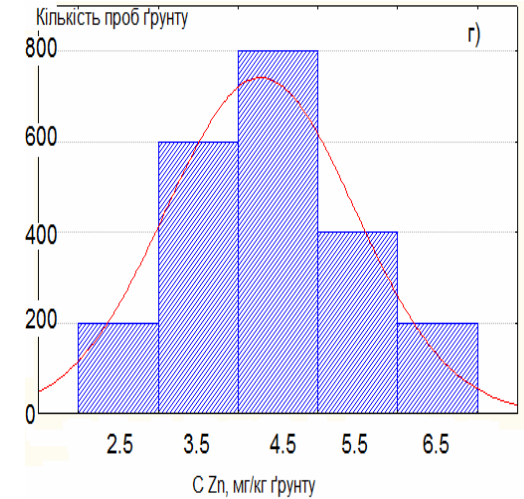
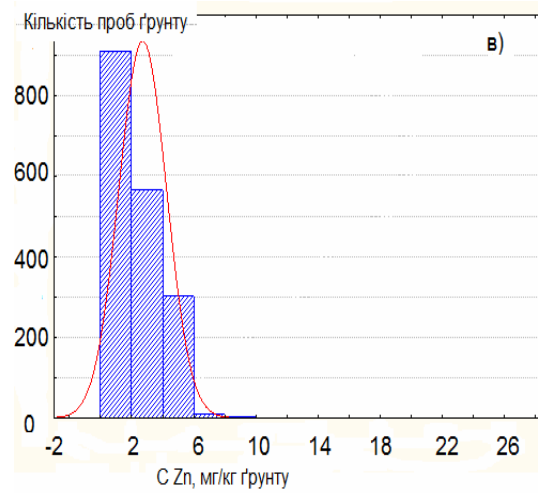
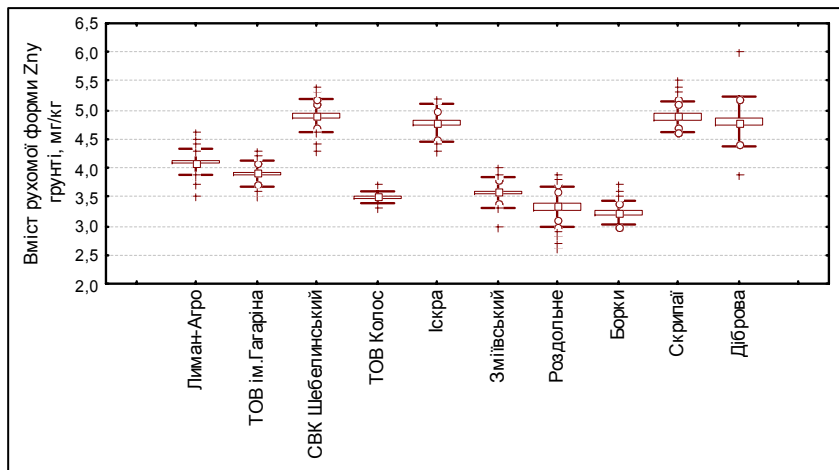
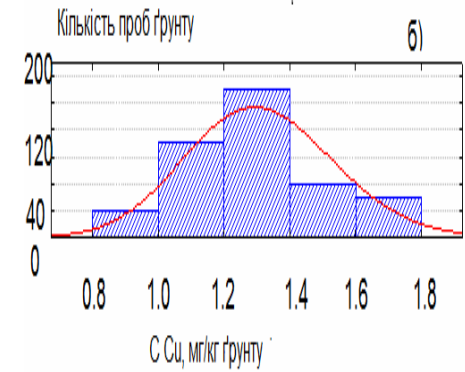
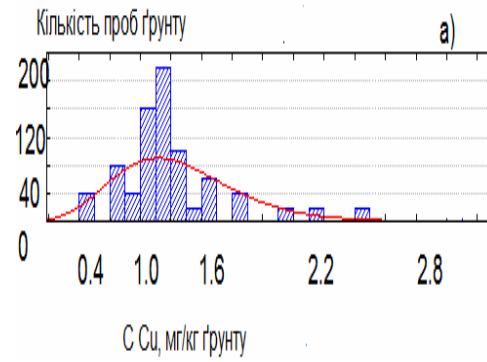
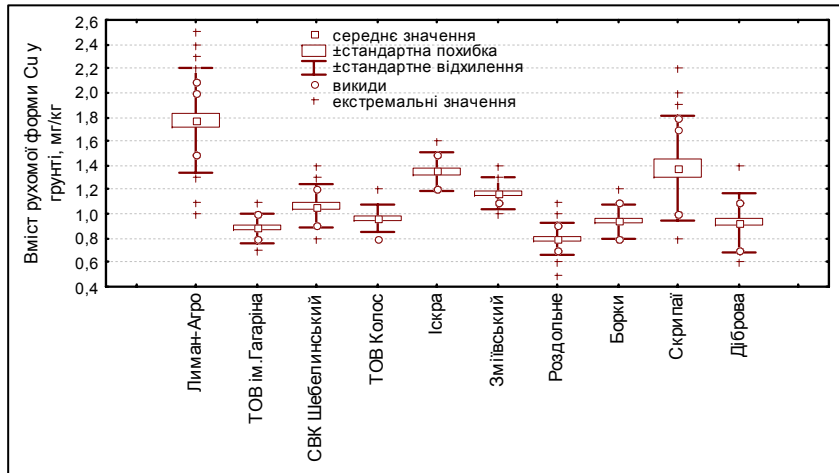


Рисунок 1 – Діаграми розподілу результатів встановлення атестованих значень вмісту міді та цинку у ґрунті за урахування вихідної (а, в) та кінцевої (б, г) вибірок даних  
 Figure 1 - Diagrams of distribution on a determination of certified values of copper and zinc content in the soil by taking into account the initial (a, v) and final (b, g) data samples

Таблиця 1 – Екологічні нормативи вмісту ХЕ у рослинах різних родин та ґрунтах різної буферної здатності Лівобережного Лісостепу за нормування вмісту ХЕ системи ґрунт-рослина

Table 1 – Ecological norms of chemical elements content in plants of different families and in soils of different buffer capacity for the left-bank forest-steppe for rationing content of chemical elements in soil-plant system

ХЕ	Родина рослин* (набір видів рослин є ідентичним для всіх визначених елементів)	Рослини (вб*- на високобуферних, мб**- на малобуферних ґрунтах), мг/кг сухої речовини		Ґрунти, рухомі форми ХЕ (* - вб, ** - мб, чисельник – екстрагент ААБ з рН 4,8, знаменник – 1 н НСІ, у дужках - ступінь рухомості, %), мг/кг ґрунту	
		ГДК	ГК вмісту ХЕ	Регіональні нормативи	ГК вмісту ХЕ
Zn	Злакові (пшениця, ячмінь, овес, кукурудза)	25-60	>100*вб >70**мб	0.95*вб (1.7) 8(13) <1**мб (4.6)	>2*вб (2.5) >10 (20) >1.5**мб (12) >6 (20)
	Бобові (квасоля, горох, еспарцет, люцерна, боби)	50-90	>150 >100	2 (3)	
Cu	Злакові	5-40	>70 >50	0.5* (2.9) 3 (10)	>1.5*(5) >6,5 (20)
	Бобові	20-40	>60 >50	0.1**(1.4) 1 (3)	>1**(10) >3 (30)
Cd	Злакові	0,02-0,05	>5 >3	0,05*(5) <0,5 (50)	>0,3*(50) >1 (95)
	Бобові	0,05	>2 >1	<0,05**(16) <0,1 (10)	>0,1**(75) >0,5 (60)
Pb	Злакові	0,2-2	>10 >6	0,5*(5) 5 (50)	>1,5*(10) >9 (60)
	Бобові	0,5-2	>15 >10	<0,5**(5) 2 (20)	>1,5**(15.5) >6 (60)
Ni	Злакові	0,5-2	>15 >12	1*(4) 5 (14)	>2* (4.5) >8 (28)
	Бобові	2-6	>50 >40	<0,5**(2.7) 1,5 (4)	>1,5**(7) >6 (40)
Cr	Злакові	0,2-2	>70 >50	0,1*(0.19) 2 (3)	>1*(1) >6 (18)
	Бобові	2	>65 >40	<0,1**(0.3) <1 (1,5)	>0,8**(2) >4 (10)

Отже на високобуферних ґрунтах ГК Zn для рослин родини злакових складає 100 мг/кг, проти існуючих на даний час ГДК – 60, на малобуферних ґрунтах – 70 мг/кг сухої речовини, а для родини бобових відповідно – 150 та 100 мг/кг проти існуючих ГДК- 50-90.

Таким чином, використання критерію *Abbey* дає можливість отримати нормативи вмісту ХЕ у ґрунтах та рослинах незалежно від кількості даних у вибірці. Вибірка даних (рис. 1 б, г) за послідовного приведенням її до нормального розподілу ( $A_{ck}=0$ ) складається з симетрично розподілених результатів встановлення атестованих значень показників вмісту елементів /компонентів системи ґрунт-рослина.

#### Висновки

Відмітними рисами та перевагами запропонованого технічного рішення, в порівнянні з відомими способами та підходами, є наступні:

- спосіб забезпечує підвищення точності, достовірності оцінки одержаних атестованих значень елементного/компонентного складу ґрунтів, рослин за подолання асиметричності та багатомодальності розподілу даних та за відсутності еталонів порівняння, аналогів нормативам вмісту ХЕ /компонентів - за використання коефіцієнта детермінації  $R^2$  та модифікованого критерію *Abbey*;

- спосіб надає можливість збільшити ефективність метрологічного забезпечення моніторингу елементного/компонентного складу системи ґрунт-рослина за збільшення якості отриманих результатів та зменшення необхідних витрат на їх досягнення;

- спосіб забезпечує експресність отримання об'єктивних оцінок результатів визначання вмісту ХЕ у різних об'єктах довкілля, є придатним для природних (ґрунти, рослини) і техногенних середовищ (складні суміші тощо), що свідчить про необмежену можливість його застосування.

1. Визначення гранулометричного складу ґрунту методом піпетки в модифікації Н.А. Качинського: ДСТУ 4730:2007. - [Чинний від 2008.01.01]. - К.: Держспоживстандарт України, 2008. - 16 с. - (Національний стандарт України)
2. Воробейчик Е.Л., Садыков О.Ф., Фарафонов М.Г. Экологическое нормирование техногенных загрязнений. - Екатеринбург: Наука, 1994. - 280 с.
3. Евдокимова М.В. Макрокинетические основы экологического нормирования качества почв, загрязненных тяжелыми металлами. Дис... канд. биол. наук. 03.02.13 «Почвоведение» - Москва, 2011 - 135 с.
4. Корма растительного происхождения. Методы отбора проб: ГОСТ 27262-87- [Введен от 1988.07.01]. - М.: Изд-во стандартов, 1988. - 12 с. - (Государственный стандарт СССР).
5. Лончих С.В., Петров Л.Л. Стандартные образцы состава природных сред. - Новосибирск: Наука, 1988. - 276 с.
6. Методики визначення складу та властивостей ґрунтів /Балюк С.А., Барахтян В.О., Лазебна М.Є.; за ред. Балюка С.А. - Х., 2004. - С. 193-210.
7. Мешалкина Ю.Л., Самсонова В.П. Математическая статистика в почвоведении. - М.: МАКС Пресс, 2008. - 84 с.
8. Охрана природы. Рекультивация земель. Метод определения рН водной вытяжки вскрышных и вмещающих пород (ГОСТ 17.5.4.01-84). - [Введен от 85.07.01]. - М.: Изд-во стандартов, 1984. - 3 с. - (Государственный стандарт СССР).
9. Патентні дослідження. Основні положення та порядок проведення: ДСТУ 3575-97 /Розробники: Г.П. Крайчинська, Г.П. Добриніна, В.П. Герчанівська та ін. - К.: Держстандарт України, 1997. - 14 с.
10. Самохвалова В.Л. Экологическое нормирование содержания микроэлементов и тяжелых металлов в системе почва-растение //Материалы междуна. конф., посвященной 165-летию В.В. Докучаева «Ресурсный потенциал почв - основа продовольственной и экологической безопасности России», 1-4 марта 2011г., Санкт-Петербург. - С.458-461
11. Самохвалова В.Л., Мірошніченко М.М., Фатєєв А.І. Порогові рівні токсичності важких металів для с.-г. культур // Вісник аграрної науки. - 2001. - №11. - С.61-65
12. Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов: ГОСТ 26929-94- [Введен от 1996.01.01]. - М.: Изд-во стандартов, 2002. - 23 с. - (Государственный стандарт СССР).
13. Фатєєв А.І., Мірошніченко М.М., Бородіна Я.В., Самохвалова В.Л., Ситіна О.М. Нормування вмісту міцнофіксованих форм важких металів у ґрунтах // Вісник аграрної науки. - 2011. - №9. - С. 41-44
14. Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук марганцю (цинку, кадмію, заліза, кобальту, міді, нікелю, хрому, свинцю) в ґрунті в буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії: ДСТУ 4770.1:2007 - ДСТУ 4770.9:2007. - [Чинний від 2009.01.01]. - К.: Держспоживстандарт України, 2009. - 117 с. - (Національні стандарти України)
15. Якість ґрунту. Відбирання проб. Частина 1. Настанови щодо складання програм відбирання проб (ISO 10381-1:2002, IDT): ДСТУ ISO 10381-1:2004. - [Чинний від 2006.04.01]. - К.: Держспоживстандарт України, 2006. - 36 с. - (Національний стандарт України).
16. Якість ґрунту. Відбирання проб: ДСТУ 4287:2004. - [Чинний від 2005.07.01]. - К.: Держспоживстандарт України, 2005. - 9 с. - (Національний стандарт України).
17. Якість ґрунту. Методи визначення органічної речовини: ДСТУ 4289:2004- [Чинний від 2008.01.01]. - К.: Держспоживстандарт України, 2008. - 16 с. - (Національний стандарт України).
18. Якість ґрунту. Частина 2. Настанови з методів відбирання проб (ISO 10381-2:2002, IDT): ДСТУ ISO 10381-2:2004. - [Чинний від 2006.04.01]. - К.: Держспоживстандарт України, 2006. - 29 с. - (Національний стандарт України).

Отримано: 11 березня 2012 р.

Прийнято до друку: 12 листопада 2012 р.