

Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. Випуск 74. – Харків: ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського», 2011.

Зміст

Ґрунтознавство

1. [В.В. Медведєв, Т.М. Лактіонова, Л.В. Донцова. Потенційна і фактична вологозабезпеченість сільськогосподарських культур на орних ґрунтах України](#)
2. [М.М. Мірошніченко, В.В. Шимель, О.П. Сябрук. Динаміка емісії CO₂ за різних способів обробітку ґрунту](#)
3. [Н.Ф. Чешко, Ю.Л. Цапко, Л.А. Корчашкіна. Термодинамічний підхід до оцінки потенційної емісії ґрунтового азоту](#)
4. [С.Р. Трускавецький. Методичні підходи до кількісної оцінки стану ерозійно небезпечних ґрунтів методами дистанційного зондування](#)
5. [А.В. Новикова. К истории широкого внедрения мелиоративной плантажной вспашки и о необходимости мониторинга плантажированных солонцовых почв](#)
6. [Т.М. Лактіонова. Про можливість застосування в Україні класифікації гранулометричного складу ґрунтів USDA/FAO](#)
7. [М.І. Ромащенко, С.В. Рябков, Л.Г. Усата, С.В. Усатий, О.Є. Тетьоркіна, А.П. Шатковський. Зміни структурного стану ґрунтів під впливом краплинного зрошення водою різної якості у яблуневих насадженнях Півдня України](#)
8. [С.В. Канівець, А.І. Мельник, Н.А. Кулик, І.П. Нешта. Чорноземи Приполіської північної смуги Лівобережного Лісостепу України](#)

Агрохімія

9. [Н.Е. Опанасенко. Агрохимическая характеристика скелетных плантажированных черноземов Крыма](#)
10. [С.М. Крамарев, С.И. Жученко, В.А. Сыроватко, В.А. Когут. Кинетика нитрификации аммонийного азота в почве в зависимости от содержания влаги и температуры](#)

Охорона ґрунтів

11. [А.І. Фатєєв, Д.О. Семенов, К.Б. Гіржева. Рухомість Zn, Cu та Co в чорноземі опідзоленому під впливом сільськогосподарських культур](#)
12. [Я.В. Бородіна, А.І. Фатєєв, І.Д. Жолудєва, О.М. Ситіна. Порівняльний аналіз екстрагентів для вилучення рухомих форм важких металів з чорноземів звичайних з метою нормування їхнього вмісту](#)
13. [О.І. Маклюк. Мікробіологічні заходи в біоремедіації чорнозему опідзоленого, забрудненого важкими металами](#)
14. [Л.И. Воротынцева, В.Я. Ладных. Содержание тяжелых металлов в фазах и компонентах чернозема обыкновенного](#)
15. [В.Є. Дишлюк. Агроєкологічний стан і рівень родючості темно-каштанового ґрунту в післядії окультурення осадами стічних вод міських очисних споруд](#)

Роботи молодих учених

16. [О.В. Кудренко. Просторова неоднорідність структурного складу як чинник диференціації обробітку ґрунту](#)

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЕКСТРАГЕНТІВ ДЛЯ ВИЛУЧЕННЯ РУХОМИХ ФОРМ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ З ЧОРНОЗЕМІВ ЗВИЧАЙНИХ З МЕТОЮ НОРМУВАННЯ ЇХНЬОГО ВМІСТУ

Я.В. Бородіна¹, А.І. Фатєєв¹, І.Д. Жолудєва², О.М. Ситіна²

¹ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського»,

²Луганський інститут агропромислового виробництва НААН

Проведено порівняльний аналіз чотирьох найпоширеніших екстрагентів для вилучення рухомих (амонійно-ацетатний буферний розчин та розчин ДТПО) та міцнофіксованих (однонормальні розчини соляної та азотної кислот) форм мікроелементів та важких металів зі зразків карбонатних та некарбонатних чорноземів звичайних. Встановлено, що для цілей нормування техногенного забруднення слід надавати перевагу екстрагуванню металів розчином соляної кислоти. Цей метод може бути придатним для вимірювання вмісту міцнофіксованих форм Co, Cu, Ni, Pb та Cr у чорноземах звичайних.

Ключові слова: важкі метали, екстрагенти, мікроелементи, нормування, рухомі форми, чорноземи звичайні

Вступ. Нормування вмісту в ґрунтах рухомих форм мікроелементів (МЕ) та важких металів (ВМ) на даний час є однією з найактуальніших проблем, далеких від вирішення з ряду об'єктивних причин. Відомо, що досі гранично-допустимі концентрації ВМ встановлювали виходячи з їхньої валової кількості у ґрунті. Основною причиною використання саме цього підходу називали існування кореляційного зв'язку між валовим вмістом у ґрунтах ВМ та їхнім накопиченням в рослинах, не згадуючи при цьому, що такий кореляційний зв'язок існує лише за умов досить сильного забруднення і практично не спостерігається для незабруднених ґрунтів [1]. Насправді об'єктивну оцінку доступності ВМ рослинам можна одержати лише шляхом експериментального вивчення їхньої транслокації до рослинних організмів.

Накопичення ВМ звичайно легко визначити шляхом аналізування рослинного матеріалу. Польові, мікропольові та вегетаційні дослідження з вивчення транслокації ВМ до рослин звичайно потребують матеріальних затрат та значної кількості часу, що часто робить їх проведення економічно недоцільним. За таких умов першочергового значення набуває можливість прогнозування поглинання забруднюючих речовин рослинами на основі результатів, одержаних більш дешевими та експресними хімічними методами.

Зрозуміло, що ідеальних методів та екстрагентів немає, можливо лише знайти такі, які більш-менш задовольняють вимоги, які до них висувають.

Накопичення ВМ у рослинах у світовій практиці оцінюють методами екстрагування ВМ з ґрунту з використанням розведених нейтральних розчинів, які не утворюють комплексів, або розчинів кислот з певним значенням рН. Це може бути, наприклад, розчин 1 н HCl, що широко застосовується в агрохімічних та екологічних дослідженнях [1]. Наявний дотепер досвід показав, що одним із кращих методів екстрагування рухомих форм ВМ з ґрунту є використання розведених розчинів солей (таких, як нітрат амонію чи хлорид кальцію) [2], але в Україні їх не використовують.

Донедавна пропонувалося також як екстрагенти використовувати хелатоутворювальні сполуки, такі як ЕДТО (етилендіамінтетраоцтова кислота) та ДТПО (діетилентриамінпентаоцтова кислота), які, як вважалося, досить точно відображають вміст рухомих сполук МЕ та ВМ у ґрунтах, що було підтверджено дослідженнями з рослинами [1]. ЕДТО та ДТПО входять до складу найпоширеніших у світі комплексних екстрагентів для

визначення вмісту доступних рослинам ВМ [3-5]. Але у міжнародному стандарті ISO 17402¹ [2] міститься рекомендація не використовувати методи ЕДТО/ДТПО. Результати можуть корелювати з ефектами, але результати, які можна порівнювати, одержують з використанням екстрагування кислотами.

Взагалі, згаданий міжнародний документ [2] містить перелік методів, які моделюють різні фракції забруднюючої речовини, їх можна співвіднести зі шляхами нараження. Вибрати метод або принцип можна, використовуючи дані наведеної в тексті таблиці. Надано також інформацію щодо статусу калібрування методу (вимірювані значення пов'язані з концентраціями в організмі і/або ефектами).

Об'єкти, методи та умови досліджень. Головна мета досліджень – порівняння методик вилучення МЕ та ВМ різними екстрагентами для об'єктивного нормування їхнього природного вмісту в ґрунтах та техногенного забруднення ґрунтів і забезпечення можливості коректного співставлення результатів аналітичних визначень.

Проведено порівняльну оцінку методів визначення вмісту рухомих форм МЕ та ВМ в зональних ґрунтах Луганської області. Досліджено ґрунти Біловодського, Білокуракинського, Свердловського, Меловського, Слов'янського, Краснодонського та Лутугінського районів. Ґрунти представлені переважно чорноземами звичайними мало- та середньоглибокими малогумусними на лесових та лесоподібних породах, елювії щільних порід та елювії сланців. Проведено дослідження 27 проб ґрунту.

Відбір ґрунтових проб виконано згідно з ДСТУ 4287 [6]. У ґрунтових пробах визначено вміст органічної речовини згідно з ДСТУ 4289 [7], рН водної витяжки згідно з ДСТУ ISO 10390 [8], вміст карбонатів за методом Кудріна.

Визначення вмісту важких металів (Co, Cu, Ni, Pb, Zn, Mn, Cr) виконано на атомно-абсорбційному спектрофотометрі С 115М. Екстрагування важких металів проведено концентрованою HNO₃ (валовий вміст) [9]; однонормальним розчином HCl [10]; однонормальним розчином HNO₃ [9]; амонійно-ацетатним буферним розчином з рН 4,8 [11]; буферним розчином діетилентриамінопентаоцтової кислоти (ДТПО) з рН 7,3 [12].

Результати. Значення рН ґрунтових проб змінюється в межах від 5,9 до 8,0, вміст органічної речовини від 3,1 % до 5,8 %, карбонатів кальцію від 1,2 % до 10,7 %, карбонатів магнію від 0,17 % до 1,10 %, загальний вміст карбонатів коливається від 1,4 % до 11,6 %.

У досліджених ґрунтах валовий вміст Cu становить від 10,6 до 25,3 мг/кг ґрунту; Pb – 12,3-41,6; Ni – 21,6-44,3; Co – 9,6-18,7; Zn – 31,5-94,6; Mn – 272-1154; Cr – 6,6-18,4 мг/кг ґрунту.

Однонормальні розчини соляної та азотної кислот екстрагують як доступні форми МЕ, так і МЕ з «ближнього резерву». Результати досліджень свідчать, що Ni, Zn і Co вилучаються з ґрунту кислотними витяжками приблизно однаково, а ґрунти Луганської області містять цих елементів в середньому 10,2, 4,8 та 7,0 мг/кг ґрунту відповідно. Кількості міцнофіксованих сполук ВМ, які переходять до однонормальних розчинів HNO₃ та HCl, стосовно валового вмісту складають в середньому для Cu – 36 і 32 %; Pb – 38 і 46; Ni – 28 і 28; Co – 30 і 31; Zn – 17 і 15; Mn – 49 і 57; Cr – 5 і 8 % відповідно (табл. 1). 1 н HNO₃ більшою мірою вилучає міцнофіксовані форми міді, а 1 н HCl ефективніше екстрагує Pb, Mn і Cr.

В однонормальні розчини соляної та азотної кислот переходить крім найбільш рухомих, частина міцнозв'язаних сполук елементів, включаючи обмінні. Ці екстрагенти характеризують потенційно доступні для поглинання рослинами кількості металів, тобто вони більш придатні для оцінювання техногенного забруднення ґрунтів ВМ. Вважається, що метод не можна застосовувати для аналізування карбонатних ґрунтів через значну похибку, спричинену реакцією соляної кислоти з карбонатами, хоча за нашими даними він є цілком придатним для визначення вмісту окремих МЕ у карбонатних ґрунтах. На даний час чинними є ряд нормативних документів [13-15], які передбачають вилучення рухомих форм

¹ На даний час перебуває на розгляді як національний стандарт України.

ME та BM з ґрунту 1 н HCl. Державні стандарти України, які будуть встановлювати методи визначення дев'яти ME і BM перебувають на різних стадіях розроблення або прийняття.

1. Вилучення з ґрунту важких металів різними екстрагентами

Екстрагент	Вміст BM у витяжці, % від валового вмісту							
	діапазон параметрів	Cu	Pb	Ni	Co	Mn	Zn	Cr
1 н HNO ₃	середній	35,4	42,2	29,3	32,8	48,0	17,6	5,2
	мінімальний	22,6	12,8	15,4	19,9	28,9	7,1	3,2
	максимальний	41,4	81,0	38,2	43,8	77,7	26,3	9,6
1 н HCl	середній	30,7	49,3	30,2	34,4	56,5	14,3	8,4
	мінімальний	22,3	18,4	17,4	21,9	33,9	6,3	4,7
	максимальний	36,8	78,9	40,5	47,5	94,2	20,8	12,8
Am-Ac 4,8 ¹⁾	середній	2,1	12,9	3,4	4,4	14,8	3,0	1,3
	мінімальний	0,8	1,7	1,4	0,6	3,3	0,9	0,1
	максимальний	7,0	46,6	8,7	15,6	37,2	6,5	5,1
ДТПО	середній	8,9	10,6	10,0	5,1	16,8	5,0	0,5
	мінімальний	5,8	3,6	4,8	1,4	4,5	1,1	0,2
	максимальний	12,5	16,9	17,1	14,4	45,9	15,4	1,2

¹⁾ Тут і далі Am-Ac 4,8 – амонійно-ацетатний буферний розчин з рН 4,8

Один з найпоширеніших в Україні неселективних екстрагентів, який використовують для вилучення рухомих форм BM – амонійно-ацетатний буферний розчин з рН 4,8 має досить сильну реакційну здатність. В розчин при цьому переходить частина обмінних катіонів, відбувається гідроліз деяких сполук, що легко гідролізуються, утворюються ацетатні або амонійні комплексні сполуки. Амонійно-ацетатний буферний розчин з рН 4,8 спочатку було рекомендовано застосовувати для всіх ґрунтів, включаючи карбонатні та засолені, для визначення вмісту рухомих форм Mn, Zn, Cu та Co. Завдяки високій буферній ємності цього розчину, реакція середовища під час вилучення ME з різних ґрунтів залишається стабільною. За складом та кислотними властивостями його не вважають агресивним, а за розчинною здатністю він наближається до кореневих систем рослин [16]. Найсуттєвішою перевагою цього реагенту називають саме пропорційність між кількістю елементів, яку він вилучає, та їх накопиченням у рослинах. Крім того, розчин не містить іонів, які б реагували з елементами, які визначають, не руйнує органічну речовину та не екстрагує її; максимальна кількість іонів, які вилучають, переходить до розчину за перші 5 хвилин [17]. Зараз цей екстрагент використовують для вилучення рухомих форм ME [11].

Амонійно-ацетатний буферний розчин з рН 4,8 найінтенсивніше вилучає Mn і Pb – у середньому до 20 % від валового вмісту, Cr у цю витяжку переходить в середньому 1,3 %, а Zn близько 6 % від валового вмісту.

З ДТПО ME та BM утворюють дуже стійкі комплексні сполуки. Так, наприклад, константа стійкості двохвалентного нікелю з ДТПО складає $\log K=20,0$. Комплексні сполуки нікелю дуже стійкі, реакції заміщення та витіснення за їхньою участю протікають дуже повільно. Ці сполуки не вступають в жодні якісні реакції в нейтральному або лужному середовищі і є практично недоступними для рослин. Комплекс кобальту з ДТПО має середню стійкість. Комплекси кобальту та марганцю с ДТПО більш рухомі, ніж комплекс нікелю с ДТПО ($\log K=16,3$ та $15,3$ відповідно) [18].

Найінтенсивніше буферний розчин ДТПО вилучає Mn, Ni і Pb – в середньому до 10-17 % від валового вмісту, Cu – 9, Co і Zn близько 5 % від валового вмісту. Cr у цю витяжку переходить в найменшій кількості і знаходиться за межею чутливості вимірювального приладу.

Очевидно, що кислотні екстрагенти в цілому мають набагато більшу екстрагувальну силу, ніж амонійно-ацетатний буферний розчин з рН 4,8 та розчин ДТПО. За низького рН метали наявні переважно у формі вільного іона (Me^{2+}), яку вважають основною

бодоступною формою металів. При цьому дуже важливо, що загальна аналітична похибка вимірювання вмісту рухомих форм МЕ та ВМ у ґрунтах із застосуванням ацетатно-амонійного буферного розчину з рН 4,8 для ряду елементів є зазвичай досить високою. Це передусім обумовлено низькими абсолютними значеннями вимірюваних величин. Високу ймовірність одержання даних з неприпустимо великою похибкою визначення потрібно враховувати під час розробки нормативних значень, особливо для природних (фонових) рівнів вмісту МЕ у ґрунтах.

У світовій практиці під час оцінювання придатності того чи іншого реагенту для екстракції доступних форм МЕ розглядається наявність зв'язку між результатами визначення вмісту доступних форм та валового вмісту елементів.

Результати, здобуті з використанням кислотних витяжок, тісно корелюють зі значеннями валового вмісту ВМ, за винятком свинцю. Можливо, за необхідності визначення валового вмісту цих елементів буде економічно доцільніше визначати вміст рухомих форм у кислотних витяжках та розраховувати валовий вміст за регресійними рівняннями. Такий підхід має значні обмеження, тому всі переваги та недоліки потрібно враховувати у кожному конкретному випадку.

Очевидно, валовий вміст неможливо оцінювати на основі даних щодо кількості металів, яка переходить у амонійно-ацетатний буферний розчин та у розчин ДТПО. Зазвичай у тій самій витяжці визначають не один елемент, а декілька. При цьому достовірно тісний кореляційний зв'язок між валовим вмістом і вмістом рухомих форм, які вилучаються ацетатно-амонійним буферним розчином з рН 4,8 встановлено тільки для Mn, а для тих, які вилучаються розчином ДТПО – лише для Zn (табл. 2).

Важливим питанням під час оцінювання екстрагентів для вилучення МЕ та ВМ з ґрунтів є їхня взаємозамінність. Оскільки вартість виконання вимірювань є досить високою, економічно недоцільно використовувати методи, які надають аналогічні дані.

2. Коефіцієнти кореляції між значеннями вмісту мікроелементів та важких металів, визначеними за допомогою різних екстрагентів

Екстрагент	Валовий вміст						
	Cu	Pb	Ni	Co	Mn	Zn	Cr
1 н HNO ₃	0,90	-0,13	0,67	0,47	0,80	0,57	0,55
1 н HCl	0,91	0,02	0,63	0,44	0,79	0,56	0,69
Ам-Ас 4,8	-0,18	-0,24	0,06	-0,16	0,51	0,49	0,31
ДТПО	0,77	-0,08	0,35	0,00	0,18	0,43	-0,27
	1 н HCl						
	Cu	Pb	Ni	Co	Mn	Zn	Cr
1 н HNO ₃	0,99	0,88	0,96	0,96	0,99	0,99	0,70
Ам-Ас 4,8	-0,22	0,60	0,28	0,54	0,78	0,89	0,43
ДТПО	0,86	0,30	0,63	0,03	0,38	0,73	-0,28
	Ам-Ас 4,8						
	Cu	Pb	Ni	Co	Mn	Zn	Cr
1 н HNO ₃	-0,20	0,82	0,13	0,49	0,76	0,88	0,76
ДТПО	-0,30	-0,14	-0,25	-0,11	0,72	0,79	-0,36
	ДТПО						
	Cu	Pb	Ni	Co	Mn	Zn	Cr
1 н HNO ₃	0,84	0,17	0,72	0,11	0,39	0,73	-0,30

Примітка. Напівжирним шрифтом виділено значення, достовірні на рівні значущості 95 %.

Спостерігається тісна кореляція між вмістом Co, Cu, Ni, Pb, Zn і Mn, визначеним у кислотних витяжках. Коефіцієнти кореляції для названих елементів коливаються в межах від 0,96 до 0,99 (табл. 2), тобто, вони є високими і достовірними. Таким чином, для всіх визначених елементів розчини 1 н HNO₃ та HCl є взаємозамінними. Метод з використанням

1 н розчину HCl є атестованим, тому у практиці роботи атестованих згідно з чинними нормативними документами випробувальних лабораторій можна використовувати лише його, отримуючи при цьому повну і ненадлишкову інформацію.

Очевидно, інші випробувані екстрагенти не можна вважати взаємозамінними, оскільки результати визначень корелюють лише за обмеженою кількістю елементів.

Одним з перспективних підходів щодо оцінювання кількості доступних форм МЕ та ВМ у ґрунтах вважається розрахунковий спосіб, коли відомі основні фізико-хімічні характеристики ґрунтів [2]. Він базується на існуванні статистично значущих зв'язків між певними ґрунтовими показниками та кількістю МЕ і ВМ, які вилучаються тим чи іншим екстрагентом.

Знайдено математичні відношення, які пов'язують різні ґрунтові параметри (наприклад, валовий вміст слідових елементів, вміст глини, вміст органічного вуглецю, ємність катіонного обміну, коефіцієнти розподілу між твердою фазою і водою та рН) з кількістю металів і органічних речовин, накопичених у рослинах [19, 20]. Ці дослідження дозволили створити прогнозні моделі транслокації слідових елементів із ґрунту в рослини. Потрібно з обережністю ставитися до узагальнення цих моделей для оцінювання поглинання рослинами, оскільки їх було розроблено для певних рослин за певних умов.

За нашими даними, кількість МЕ та ВМ, які вилучаються розчинами кислот і комплексонами, найчастіше корелює з рН водної витяжки та вмістом карбонатів. При цьому кореляційний зв'язок із вмістом карбонату кальцію зазвичай вищий, ніж із загальним вмістом карбонатів.

Такої пильної уваги взаємозв'язок між кількістю рухомих форм металів і карбонатами ґрунтів заслуговує тому, що сфера використання чинних методик з застосуванням кислотних екстрагентів для визначення вмісту МЕ та ВМ у ґрунтах не поширюється на карбонатні ґрунти. Водночас для нормування вмісту МЕ та ВМ у ґрунтах рекомендовано використовувати саме кислотні екстрагенти, комплексокси для цієї мети, як згадувалося вище, визнано непридатними. Таким чином, якщо довести, що похибка, спричинена реакцією карбонатів ґрунту з кислотним екстрактом є незначною для всіх елементів, які вивчалися, або для деяких з них, можна буде рекомендувати використовувати кислотні екстракти для цілей нормування.

Встановлено, що вміст карбонатів істотно впливає на вилучення з ґрунту рухомих форм Mn і Zn з використанням 1 н HCl та 1 н HNO₃. Щодо визначення вмісту рухомих форм Co, Cu, Ni, Pb та Cr достовірного впливу карбонатів ґрунту не виявлено. Існує достовірна різниця у кількості МЕ та ВМ, які вилучаються з карбонатних та некарбонатних ґрунтів амонійно-ацетатним буферним розчином з рН 4,8.

За результатами математичної обробки даних встановлено, що на вилучення Co, Cu, Ni, Pb і Cr амонійно-ацетатним буферним розчином з рН 4,8 значно впливає вміст карбонатів у ґрунтах ($R^2=0,59-0,77$) (рис.). Достовірність зв'язку для Co, Cu та Ni підтверджено за критерієм Стьюдента (на 5 % рівні значущості).

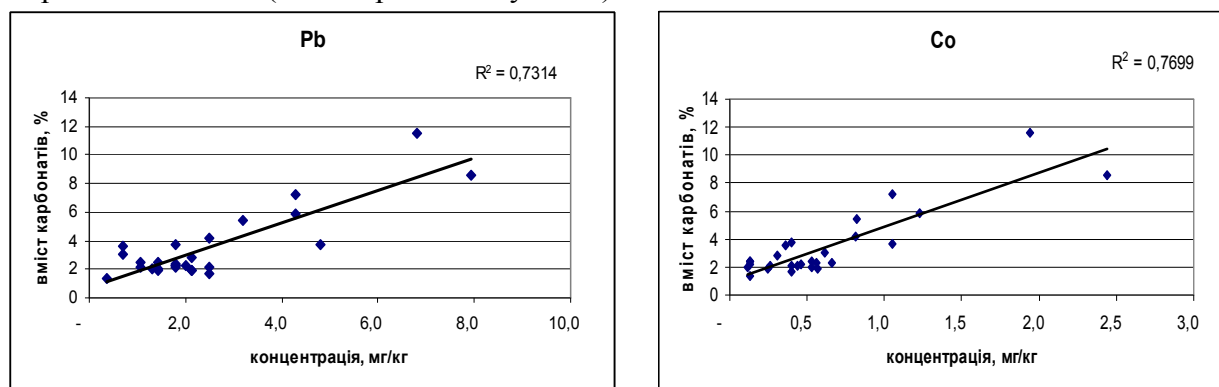


Рис. Залежність вилучення свинцю та кобальту амонійно-ацетатним буферним розчином від вмісту карбонатів

Отримані залежності є підтвердженням того, що карбонати ґрунту відіграють роль геохімічного бар'єра, який накопичує ВМ і затримує їхнє пересування по профілю ґрунту.

Звичайно, процеси хімічної та фізико-хімічної взаємодії між ґрунтами та екстрагентами залежать не тільки від хімічних властивостей екстрагентів, але й від цілого ряду параметрів ґрунтів.

Висновки:

1. Для нормування природного вмісту МЕ в некарбонатних ґрунтах та вмісту ВМ у техногенно забруднених некарбонатних ґрунтах доцільно використовувати метод, який передбачає екстрагування металів однонормальним розчином соляної кислоти.

2. Наявність карбонатів у ґрунтах не завжди є причиною, щоб відмовлятися від застосування кислотних екстрагентів для визначення вмісту міцнофіксованих форм Co, Cu, Ni, Pb та Cr у чорноземах звичайних. З огляду на це потрібні подальші дослідження щодо придатності кислотних екстрагентів для вимірювання вмісту ВМ у карбонатних ґрунтах і, можливо, відповідне коригування атестованих методик.

Література:

1. *Ильин В.Б.* К вопросу о разработке предельно допустимых концентраций тяжёлых металлов в почвах / В.Б. Ильин // *Агрохимия*. – № 10. – 1985. – С. 94-101.
2. ISO 17402:2008 Soil quality — Requirements and guidance for the selection and application of methods for the assessment of bioavailability of contaminants in soil and soil materials. (Якість ґрунту. Вимоги та настанови щодо вибирання та застосування методів оцінювання біодоступності забруднюючих речовин у ґрунтах та ґрунтових матеріалах).
3. *Wendt J.W.* Evaluation of the mehlich 3 soil extractant for upland Malawi soils // *Commun. Soil Sci. and Plant Anal.* – 26 № 5-6. – 1995. – P.687-702.
4. *Schmisek M.E., Cihacek L.J., Swenson L.J.* Relationships between the Mehlich-III soil test extraction procedure and standard soil test methods in North Dakota / *Pap. Inst. Soil and Plant Anal. Symp. "Promise Precip. – Past, Present and Future; Minneapolis, Minn., Aug. 2-7, 1997 // Commun. Soil Sci. and Plant Anal.* – 29 № 11-14. – 1998. – P.1719-1729.
5. *Swenson L.J., Cihacek L.J.* Correlation of Mehlich-3 soil test extractant with standard methods for calcareous and non-calcareous soil in North Dakota / *Abstr. Inst. Soil and Plant Anal. Symp. "Promise Precip. – Past, Present and Future; Minneapolis, Minn., Aug. 2-7, 1997 // Commun. Soil Sci. and Plant Anal.* – 29 № 11-14. – 1998. – P.1391.
6. ДСТУ 4287:2004 Якість ґрунту. Відбирання проб.
7. ДСТУ 4289:2004 Якість ґрунту. Методи визначення органічної речовини.
8. ДСТУ ISO 10390:2001 Якість ґрунту. Визначання рН (ДСТУ ISO 10390:1994, IDT).
9. Методические указания по определению тяжёлых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства (2-е изд. перераб. и доп.). – М.: ЦИНАО, 1992. – 61 с.
10. MBV 31-497058-016-2003 Ґрунти. Визначення вмісту міцнофіксованих форм важких металів (Co, Cu, Cd, Ni, Pb, Zn, Mn, Fe) в ґрунті у хлористоводневій (HCl) витяжці на атомно-абсорбційному спектрофотометрі.
11. ДСТУ 4770.1-9:2007 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.
12. ISO 14870:2001(E) Soil quality - Extraction of trace elements by buffered DTPA solution (Якість ґрунту. Екстракція слідових елементів буферним розчином ДТРО).
13. ОСТ 10 144-88 Методы агрохимического анализа. Определение подвижной меди в почвах по Пейве и Ринькису в модификации ЦИНАО.
14. ОСТ 10 145-88 Методы агрохимического анализа. Определение подвижного марганца в почвах по Пейве и Ринькису в модификации ЦИНАО.
15. ОСТ 10 146-88 Методы агрохимического анализа. Определение подвижного кобальта в почвах по Пейве и Ринькису в модификации ЦИНАО.

16. *Александрова А.М.* Методы определения подвижных форм микроэлементов в почвах (Методические рекомендации) / А.М. Александрова, Л.П. Головина, Н.М. Лисенко. – Харьков, 1978. – 44 с.
17. *Зырин Н.Г.* Микроэлементы (бор, марганец, медь, цинк) в почвах Западной Грузии / Н.Г. Зырин, Г.В. Мотузова, В.Д. Симонов, А.И. Обухов / Содержание и формы микроэлементов в почвах. - М.: Изд-во МГУ, 1979. – С. 3-159.
18. *Пришибил Р.* Аналитические применения этилендиаминтетрауксусной кислоты и родственных соединений / Р. Пришибил. - М.: Мир, 1975. – 533 с.
19. *De Vries, W., Bronswijk, P.F.A.M., Van Leeuwen, T. and Bronswijk, J.J.B.* Heavy metals. In P.M. Haygarth and S.C. Jarvis. Agriculture, Hydrology and Water Quality. CAB International, Wallingford, 2002. – pp. 107-132.
20. *Trapp, S., Cammarano, A., Capri, E., Reichenberg, F., and Mayer, P.* Diffusion of PAH in potato and carrot slices and application for a potato model. Environ. Sci. Technol. 2007, in print (online from May 2007).

COMPARATIVE ANALYSIS OF EXTRACTANTS FOR HEAVY METALS MOBILE FORMS EXTRACTION FROM ORDINARY CHERNOZEMS FOR THEIR CONTENT STANDARDIZATION

Ya.V. Borodina¹, A.I. Fateev¹, I.D. Joludeva², O.M. Sytina²

¹NSC “Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky”,

²Lugansk Institute of Agroindustrial Production of NAAS

The comparative analysis of four the most widespread extractants of heavy metals and microelements mobile forms (ammonium-acetate buffer solution and DTPA solution) and fixed forms of ones (normal solutions of hydrochloric and nitric acids) from the samples of carbonate and uncarbonate ordinary chernozems is conducted. It is determined, for the aims of setting of norms of technogenous contamination, it is preferable to extract metals by hydrochloric acid solution. This method can fit for measuring of fixed forms content of Co, Cu, Ni, Pb and Cr in ordinary chernozems.

Key words: heavy metals, extraction, trace elements, standardization, mobile forms, ordinary chernozem