

ВПЛИВ ПІДПРИЄМСТВА МАШИНОБУДІВЕЛЬНОГО ПРОФІЛЮ НА ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ СУМІЖНИХ ТЕРИТОРІЙ

Кривицька І.А.

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна
майд. Свободи, 6, 61022, м. Харків,
ivkrivicka@gmail.com

Наведено результати визначення вмісту окремих важких металів та токсикологічних властивостей ґрунтового покриття в межах впливу ПрАТ «Вовчанський агрегатний завод». Установлено, що у відібраних зразках ґрунту не встановлено перевищень нормативних значень гранично допустимих концентрацій досліджуваних речовин. Біотестування за допомогою тест-об'єктів *Raphanus sativus* *Hordeum vulgare* L. та *Hordeum vulgare* L. не виявило токсичних властивостей ґрунтів. *Ключові слова*: важкі метали, ґрунт, біотестування, тест-об'єкти, токсичність.

Влияние предприятия машиностроительного профиля на экологическое состояние почвенного покрова прилегающих территорий. Кривицкая И.А. Приведены результаты определения содержания отдельных тяжелых металлов и токсикологических свойств почвенного покрова в пределах влияния ЧАО «Волчанский агрегатный завод». Установлено, что в отобранных образцах почвы не выявлено превышений нормативных значений предельно допустимых концентраций исследуемых веществ. Биотестирование с помощью тест-объектов *Raphanus sativus* L. и *Hordeum vulgare* L. не выявило токсических свойств почв. *Ключевые слова*: тяжелые металлы, почва, биотестирование, тест-объекты, токсичность.

The influence of the machine-building enterprise on the ecological state of the soil of adjacent territories. Kryvytska I.A. The article presents the results of determination of the content of some heavy metals and the toxicological properties of the soil within the influence of the OJSC “Volchansky Aggregate Plant”. It has been determined that in selected soil samples revealed no exceedances of the threshold limit value of the studied substances. Biotesting using test objects *Raphanus sativus* L. and *Hordeum vulgare* L. showed no toxic properties of the soil. *Key words*: heavy metals, soil, biotesting, test objects, toxicity.

Постановка проблеми. Постійне антропогенного навантаження на довкілля призводить до накопичення забруднюючих речовин у всіх природних компонентах. Особлива проблема виникає у разі забруднення ґрунтів [1].

На урбанізованих територіях забруднені ґрунти шкідливі як джерело інгаляційного потрапляння важких металів в організм людини шляхом вторинного забруднення приґрунтового шару повітря [2].

Актуальність дослідження. У зв'язку зі збільшенням кількості та площі міст дослідження якості ґрунтового покриття дуже актуальне. Міські ґрунти, що формуються під дією антропогенного впливу, суттєво відрізняються біологічними та фізико-хімічними показниками від природних аналогів: мають більшу щільність, лужну реакцію середовища, забруднені важкими металами та пестицидами, отже, втрачають свої основні екологічні функції. Забруднення ґрунтів у містах пов'язане переважно з викидами автотранспортом та промисловими об'єктами [3].

Екологічні наслідки забруднення ґрунтів важкими металами виявляються пізніше, ніж наслідки забруднення повітряного середовища, тому екологічна оцінка ґрунтового покриття на території розвинутих індустріальних міст актуальна [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Міські ґрунти та ґрунти промислових зон є надзвичайно складним об'єктом для вивчення. Дослідження оцінки ґрунтового покриття проведено багатьма вченими, серед яких: В.О. Бешлей, К.С. Горова, Д.В. Губачов, Т.В. Бардина, О.З. Еремченко, В.П. Седельнікова та ін. У результаті проведених досліджень встановлено, що для більш коректної оцінки екологічного стану ґрунту поряд із хіміко-аналітичними методами необхідно застосовувати методи біотестування. Хімічні методи дають змогу якісно оцінити інтенсивність антропогенної дії конкретної забруднюючої речовини на ґрунтовий покрив. Проте найбільш перспективним дослідженням фітотоксичності ґрунту, забрудненого залишками контаменантів, є біотестування, яке допомагає порівняно швидко здобути інформацію про наявність у середовищі токсичних речовин [3; 4].

Метод біотестування стану екосистем дає змогу визначити сумарну токсичність ґрунту, яка пов'язана з прямим та опосередкованим впливом важких металів на функціональні показники біогенності ґрунту.

Дослідженнями багатьох учених (К.А. Довгопола, Ж.З. Гуральчук, Ю.А. Кротов, Ю.В. Алексєєв) встановлено, що фітотоксичність важких металів зале-

жить від таких чинників, як: хімічні властивості (валентність, іонний радіус, здатність утворювати комплексні сполуки), ґрунтово-кліматичні умови (фізико-хімічні властивості ґрунту, температура, волога) та видових особливостей рослин й їхньої стійкості до забруднення [5].

Біотестування – це процедура встановлення токсичних властивостей середовища за допомогою тест-об'єктів, що сигналізують про небезпеку незалежно від того, які речовини і в якому поєднанні викликають зміни життєво важливих функцій у тест-об'єкті. Завдяки простоті, оперативності й доступності біотестування отримало широке визнання в усьому світі, і його зазвичай використовують поряд із методами аналітичної хімії [6].

Метою роботи є вивчення впливу діяльності підприємства машинобудівельного профілю на прилеглі території.

Виклад основного матеріалу. У ході досліджень було відібрано зразки ґрунту в санітарно-захисній зоні приватного акціонерного товариства «Вовчанський агрегатний завод» (далі – ПрАТ «ВАЗ») та зразки в різних зонах м. Вовчанськ, що знаходяться під впливом підприємства. Місця відбору зразків зображено на рис. 1.

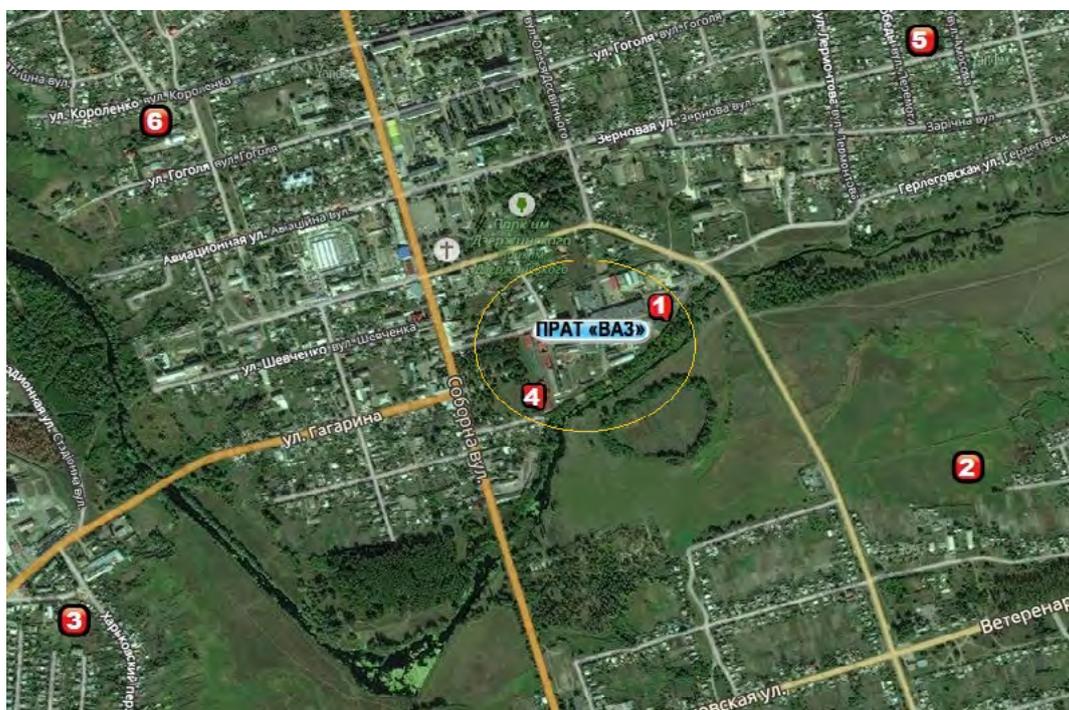
Відбір зразків ґрунту проводився відповідно до [7; 8]. Зразки ґрунту аналізувалися на вміст важких металів за рН згідно з методиками [9–12].

Визначення токсичності відібраних зразків ґрунту було проведено методом біотестування [13]. Тест-культурами виступали вищі рослини: ячмінь (*Hordeum vulgare L.*) та редька (*Raphanus sativus L.*). У межах території дослідження найбільшого негативного впливу на екосистему м. Вовчанськ завдає промисловість, а саме ПрАТ «ВАЗ». До складу основного виробництва входять: механоскладальне виробництво; термічне виробництво; гальванічне виробництво; виробництво випробувань і доводка виробів; зварювальне виробництво.

На території підприємства знаходяться 179 джерел викиду забруднюючих речовин на висоті від 2 до 11 м, діаметр труб вихідного отвору становить від 0,1 до 0,6 м. Окрім викидів в атмосферу забруднюючих речовин, на підприємстві існує поверхневий стік, який скидається трьома зливовими випусками в р. Вовча.

Після проведеного аналізу відібраних зразків у навчально-дослідній лабораторії аналітичних екологічних досліджень було встановлено, що в різних зонах міста змінюються концентрації хімічних речовин у ґрунтах м. Вовчанськ.

Одним із найважливіших показників якості ґрунту є величина рН. Водневий показник (рН) – один із найважливіших показників якості ґрунту. Цей показник визначає характер хімічних і біологічних процесів, що відбуваються в ґрунтах. Залежно



Умовні позначення:

● – місце відбору зразків природних компонентів в м. Вовчанськ;

○ – санітарна зона ПрАТ «ВАЗ»;

1 – зразок, 150 м від ПрАТ «ВАЗ»; 2 – зразок, 500 м від ПрАТ «ВАЗ»; 3 – зразок, 1 500 м від ПрАТ «ВАЗ»; 4 – зразок, 250 м від ПрАТ «ВАЗ»; 5 – зразок, 1 200 м від ПрАТ «ВАЗ»; 6 – зразок, 900 м від ПрАТ «ВАЗ».

Рис. 1. Розташування місць відбору зразків ґрунту

від величини рН змінюється швидкість протікання хімічних реакцій. Слід відзначити, що рН є одним із найважливіших показників, який впливає на родючість ґрунту.

На рис. 2 можна побачити, що величини іонів водню схильні до коливань у різних зонах м. Вовчанськ. На рН ґрунтів впливають хімічний склад матеріалу, з якого сформовані ґрунти, геологічний вік ландшафту, погодні умови та інтенсивне антропогенне навантаження. Як видно з рис. 2, динаміка величин рН у ґрунтах м. Вовчанськ варіюється від 7,34 до 6,9. Проба № 6 має рН 7,34, така величина показує нам, що ґрунти на цій території слабо лужні. Ґрунти у цій точці знаходяться поблизу ґрунтової дороги з екстенсивним рухом автомобілів, на яких вирощують сільськогосподарські рослини. Можна припустити, що ці ґрунти піддаються внесенню хімічних добрив, що спричинило підвищення рН. Такі ґрунти мають невисоку родючість та неякісний хімічний склад.

У наших дослідженнях проводився аналіз забруднюючих речовин, які можуть потрапляти до ґрунту в результаті виробничої діяльності підприємства. До таких речовин належать важкі метали та їхні спо-

луки. Залежно від умов, в яких знаходяться важкі метали в ґрунтах, залежить їхній вплив на стан та якість ґрунту.

У табл. 1 наведено перелік хімічних речовин у частках ГДК, які досліджувалися в різних зонах м. Вовчанськ.

Із табл. 1 видно, що вміст хімічних речовин у ґрунтах не перевищує гранично допустимі концентрації. Можна допустити, що викиди, які здійснює підприємство «ПраТ «ВАЗ», не завдають шкоди локально, а розповсюджуються рівномірно по приземних шарах атмосфери.

На рис. 3 показано фактичні концентрації кадмію у досліджуваних ґрунтах м. Вовчанськ.

З рис. 3 видно, що вміст кадмію перевищує фонові значення у чотирьох місцях відбору зразків ґрунту. Найвищі значення кадмію зафіксовано в ґрунтах № 4 – 0,672 мг/кг, це майже в 6,7 рази більше фону. Вміст кадмію в ґрунтах № 5 перевищує встановлений фон у три рази. Найменші концентрації кадмію в ґрунтах виявлено в пробі № 3 (0,038 мг/кг) та № 6 (0,064 мг/кг), ці значення у 0,5 рази менші від фонових концентрацій. Отже,

можна сказати, що розрахунок часток ГДК важких металів показав, що всі хімічні елементи в досліджуваних ґрунтах м. Вовчанськ знаходяться в межах нормативних значень.

Акумулятивні ряди важких металів у ґрунтовому покриві м. Вовчанськ мають такий вигляд:

Проба № 1 – Zn (2,487 мг/кг) > Cr (0,965 мг/кг) > Cu (0,914 мг/кг) > Pb (0,111 мг/кг) > Cd (0,098 мг/кг).

Проба № 2 – Zn (2,146 мг/кг) > Cu (1,0034 мг/кг) > Pb (0,146 мг/кг) > Cr (0,075 мг/кг) > Cd (0,063 мг/кг).

Проба № 3 – Zn (1,798 мг/кг) > Cu (0,867 мг/кг) > Pb (0,1004 мг/кг) > Cr (0,083 мг/кг) > Cd (0,038 мг/кг).

Проба № 4 – Cr (2,460 мг/кг) > Zn (1,997 мг/кг) > Pb (1,48 мг/кг) > Cu (1,186 мг/кг) > Cd (0,672 мг/кг).

Проба № 5 – Zn (1,656 мг/кг) > Cu (0,994 мг/кг) > Cd (0,307 мг/кг) > Pb (0,224 мг/кг) > Cr (0,113 мг/кг).

Проба № 6 – Zn (1,132 мг/кг) > Cu (0,739 мг/кг) > Cr (0,096 мг/кг) > Pb (0,088 мг/кг) > Cd (0,064 мг/кг).

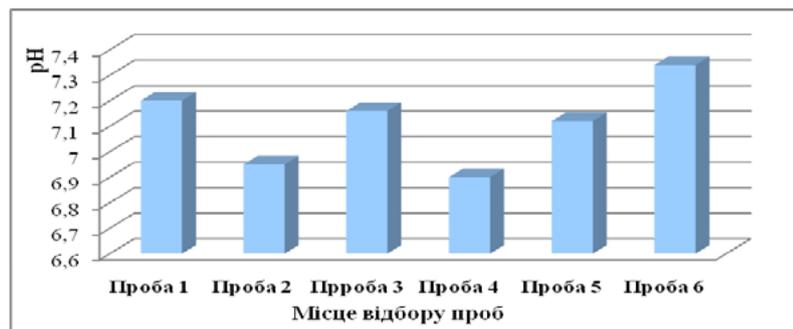


Рис. 2. Динаміка величин рН у ґрунтах м. Вовчанськ

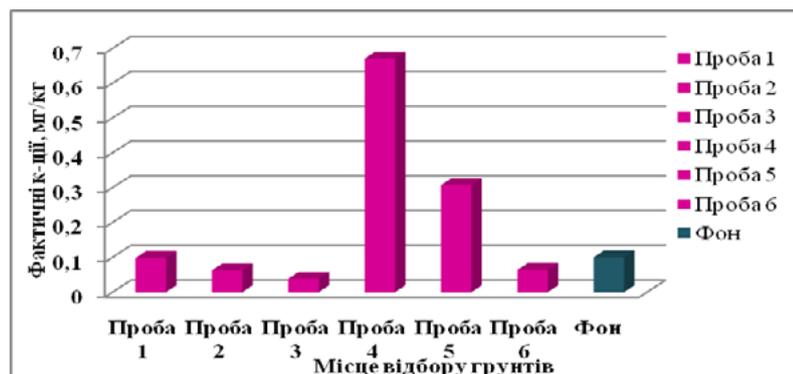


Рис. 3. Фактичні концентрації кадмію в ґрунтах м. Вовчанськ

Таблиця 1

Перелік важких металів у частках ГДК, які досліджувалися в різних зонах м. Вовчанськ

Показники	Проба 1	Проба 2	Проба 3	Проба 4	Проба 5	Проба 6
Хром	0,2	0,01	0,01	0,41	0,02	0,02
Цинк	0,108	0,1	0,08	0,08	0,07	0,05
Мідь	0,3	0,33	0,3	0,4	0,3	0,2
Свинець	0,02	0,02	0,02	0,24	0,04	0,01

Бачимо, що в усіх пробах ґрунту пріоритетним елементом є цинк, окрім проби № 4, в якій на перше місце встає хром. Найменші концентрації в досліджуваних ґрунтах має кадмій, але в пробі ґрунту № 5 це місце займає хром.

Отже, можна сказати, що цинк активно акумулюється на досліджуваній території. Цинк стає більш рухомим під дією органічних речовин і кальцію. Особливістю даного елемента є те, що чим більша кількість припадає на одиницю поверхні, тим інтенсивнішою стає його рухливість.

Інтенсивна міграція свинцю та кадмію в ґрунтовому покриві зростає, коли вміст гумусу в ґрунтах низький. Чим легший механічний склад ґрунту, тим вища активність накопичення міді.

Для повної оцінки стану ґрунтів міста Вовчанськ вивчення вмісту ВМ є недостатнім. Подібні дослідження можуть відображати лише спрямованість процесів, наприклад міграції (винос чи накопичення речовини), тому було розраховано коефіцієнт кон-

центрації (K_c) токсичних речовин та сумарний показник забруднення (Z_c) поверхневого шару ґрунту міста Вовчанськ.

Із таблиці видно, що найбільший коефіцієнт концентрації (K_c) у точці № 1 по хрому – 9,65 мг/кг, а найменший – по свинцю – 0,222 мг/кг. Точка № 2 має майже однакові значення коефіцієнта концентрацій цинку (2,146 мг/кг) та міді (2,0068 мг/кг). Коефіцієнт концентрації (K_c) важких металів у четвертому зразку ґрунту має максимальне значення для хрому – 24,6 мг/кг, а мінімальне – цинку – 1,999 мг/кг. Розраховані коефіцієнти для ґрунтів № 5 варіюються від 3,07 мг/кг до 0,448 мг/кг. Зразки ґрунту № 6 характеризується найменшими концентраціями важких металів по всіх досліджуваних хімічних елементах, мідь_(max.знач) – 1,478 мг/кг, кадмій_(min.знач) – 0,65 мг/кг.

Для розрахунку сумарного показника забруднення були взяті лише ті хімічні елементи, коефіцієнт концентрації (K_c) яких більше одиниці.

Таблиця 2

Коефіцієнти концентрації (K_c) ВМ у ґрунтах м. Вовчанськ

Місце відбору проб	Назва речовини				
	Хром, мг/кг	Цинк, мг/кг	Мідь, мг/кг	Кадмій, мг/кг	Свинець, мг/кг
Точка № 1	9,65	2,48	1,828	0,98	0,222
Точка № 2	0,75	2,146	2,0068	0,63	0,292
Точка № 3	0,83	1,798	1,734	0,38	0,2008
Точка № 4	24,6	1,997	2,372	6,72	2,96
Точка № 5	1,13	1,656	1,988	3,07	0,448
Точка № 6	0,96	1,132	1,478	0,64	0,176

Таблиця 3

Сумарний показник забруднення ґрунтового покриву м. Вовчанськ

Місце відбору проб	Сумарний показник забруднення (Z_c)
Точка № 1	11,965
Точка № 2	3,1528
Точка № 3	2,532
Точка № 4	34,649
Точка № 5	4,844
Точка № 6	1,61

Таблиця 4

Результати визначення фітотоксичності ґрунтового покриву м. Вовчанськ на вищих рослинах *Raphanus sativus* L.

Місце відбору	Довжина, мм				Зменшення довжини відносно контролю (А), %	
	Контроль (n=20), середнє арифметичне		Дослід (n=20), середнє арифметичне			
	Корені	Паростки	Корені	Паростки	Корені	Паростки
Проба № 1	10,05	9,7	21,65	11,4	-115,42	-17,53
Проба № 2	10,05	9,7	19,65	10,45	-95,52	-95,52
Проба № 3	10,05	9,7	12,35	9,50	-22,89	2,06
Проба № 4	10,05	9,7	16,75	12,80	-66,67	-31,96
Проба № 5	10,05	9,7	21,0	11,5	-108,96	-14,95
Проба № 6	10,05	9,7	17,0	8,55	-69,15	11,86

**Результати визначення фітотоксичності ґрунтового покриву м. Вовчанськ
на вищих рослинах *Hordeum vulgare L.***

Місце відбору	Довжина, мм				Зменшення довжини відносно контролю (А), %	
	Контроль (n=20), середнє арифметичне		Дослід (n=20), середнє арифметичне		Корені	Паростки
	Корені	Паростки	Корені	Паростки		
Проба № 1	35,15	32,7	40,2	30,9	-14,36	5,504
Проба № 2	35,15	32,7	37,05	32,2	-5,4	1,53
Проба № 3	35,15	32,7	50	42	-42,25	-28,44
Проба № 4	35,15	32,7	50,95	40,25	-44,95	-23,08
Проба № 5	35,15	32,7	50,40	36,3	-43,38	-11,009
Проба № 6	35,15	32,7	46,8	36,9	-33,14	-12,84

За результатами розрахунку сумарного показника забруднення ґрунтового покриву м. Вовчанськ було встановлено, що найвище значення забрудненості ґрунтів визначено для проби № 4 (34,649 мг/кг) – високий рівень, а найменший – для проби № 6 – 1,61 мг/кг, це слабкий рівень забруднення, зразки ґрунту № 1, № 2, № 3, № 5 також відносяться до слабого рівня забруднення.

За результатами проведеного біотестування на вищих рослинах було надано таку токсикологічну оцінку ґрунтового покриву міста Вовчанськ (табл. 4, 5).

Із табл. 4 видно, що зменшення довжини коренів у досліді відносно контролю (%) має від'ємні значення по всіх досліджуваних ґрунтах. Такі результати показують, що ґрунти не мають фітотоксичних властивостей.

За результатами експериментів із використанням тест-об'єкта *Hordeum vulgare L.* визначено, що ґрунт не має фітотоксичних властивостей.

Головні висновки. Хімічний аналіз ґрунтового покриву на території впливу ПрАТ «Вовчанський агрегатний завод» показав, що у відібраних зразках ґрунту не встановлено перевищення встановлених гранично допустимих концентрацій речовин. За допомогою тест-об'єктів *Raphanus sativus L* та *Hordeum vulgare L.* токсичних властивостей ґрунтів не виявлено. Отже, як висновок можна зазначити, що підприємство «ПрАТ «Вовчанський агрегатний завод» не чинить негативного впливу на ґрунтовий покрив у межах м. Вовчанськ, але необхідно проводити постійний моніторинг стану ґрунтового покриву для виявлення можливого забруднення.

Література

1. Балюк С.А., Фатєєв А.І., Мірошніченко М.М. Проведення ґрунтовохімічного обстеження урбанізованих територій. Харків : ННЦ «ІГА ім. О.Н. Соколовського» УААН, 2004. 62 с.
2. Сараненко І.І. Біогеохімічні аномалії накопичення важких металів у ґрунтах промислових центрів (на прикладі м. Кременчука). *Ґрунтознавство*. 2005. Т. 6. № 1–2. С. 62–66.
3. Григорчук І.Д. Використання рослинних біоіндикаторів для оцінки токсичності ґрунтів на території м. Кам'янець-Подільського. *Науковий вісник Чернівецького університету. Серія «Біологія (Біологічні системи)»*. 2016. Т. 8. Вип. 2. С. 212–218.
4. Мониторинг экологического состояния городской почвы промзоны методами биодиагностики / Т.В. Бардина и др. *Живые и биокостные системы*. 2017. № 21. С. 1–15.
5. Довгопола К.А. Екологічна оцінка вмісту важких металів у ґрунті та *Trifolium pratense L.* *Проблеми екологічної біотехнології*. 2016. № 1. С. 1–7.
6. Валерко Р.А. Особливості біотестування антропогенно забруднених ґрунтів з метою їх екотоксичної оцінки. *Вісник ХНАУ*. 2013. № 2. С. 263–266.
7. Охорона природи. Ґрунти. Загальні вимоги до відбору проб : ГОСТ 17. 4. 3. 01-83 (СТ СЭВ 3847-82). Чинний від 1983-21-12. Москва : Державний комітет СРСР, 1983. 7 с.
8. Охорона природи. Ґрунти. Методи відбору та підготовки проб для хімічного, бактеріологічного, гельмінтологічного аналізу : ГОСТ 17. 4. 4. 02 – 84 . Чинний від 1984-10-02. Москва : Державний комітет СРСР, 1984. 9 с.
9. Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук кадмію в ґрунті в буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії : ДСТУ 4770.3:2007. Чинний від 2009-01-01. Київ : Технічний комітет стандартизації «Ґрунтознавство», 2007. 8 с.
10. Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук міді в ґрунті в буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії : ДСТУ 4770. 6:2007. Чинний від 2009-01-01. Київ : Міністерство аграрної політики та продовольства України, 2007. 10 с.
11. Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук цинку в ґрунті в буферній амонійно – ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно – абсорбційної спектрофотометрії : ДСТУ 4770. 2:2007. Чинний від 2009-01-01. Київ : Технічний комітет стандартизації «Ґрунтознавство», 2007. 6 с.
12. Якість ґрунту. Визначення рН (ISO 10390:2005, IDT) : ДСТУ ISO 10390:2007. Чинний від 2009-01-10. Київ : Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського Української академії аграрних наук, 2007. 8 с.
13. Крайнюкова А.М., Чистякова О.О., Шаніна О.С. Методика визначення токсичності ґрунтів на вищих рослинах. Київ, 1997. 17 с.