

ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ М. КИЄВА ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ НА ОСНОВІ МОДЕЛЮВАННЯ РОЗПОДІЛІВ ВМІСТУ

М. ЖУКОВ Доктор геологічних наук, професор, Київський національний університет імені Тараса Шевченка
І. СТАХІВ Аспірант Київського національного університету імені Тараса Шевченка, геологічний факультет
А. КЛИПА Аспірант Київського національного університету імені Тараса Шевченка, геологічний факультет

Исследовано распределение содержания тяжелых металлов в почвах г. Киева за 2001, 2004, 2007 и 2010 гг. Проведен сравнительный анализ моделей распределения содержания тяжелых металлов в почвах. Установлено, что лучшей оказалась композиционно-логнормальная модель. Отмечена тенденция увеличения площадей с повышенным содержанием Zn и Mn в течение исследуемого периода. Площади превышения критических границ содержания Zn и Mn в почвах увеличились с уровней 8 и 77,6%, соответственно, в 2001 г. до 20,2 и 90,7%, соответственно, в 2010 г.

Distribution of heavy metal content in soils of Kyiv in 2001, 2004, 2007 and 2010 is studied. A comparative analysis of models of the distributions of heavy metals in soils was conducted. Found that the best was compositionally - lognormal model. The tendency of increase in areas with a high content of Zn and Mn during the study period is estimated. The areas exceeding critical limits abundances of Zn and Mn in soils increased levels of 8 and 77,6% in 2001 to 20,2 and 90,7% in 2010.

Ключові слова: ґрунти, важкі метали, моделювання, композиційно-логнормальна модель.

Ключевые слова: почва, тяжелые металлы, моделирование, композиционно-логнормальная модель.

Keywords: soils, heavy metals, modeling, compositional lognormal model.

Вступ

Моніторинг техногенного забруднення ґрунтів мегаполісів є одним з актуальних завдань охорони навколишнього середовища. Глобальні масштаби техногенезу досягають рівня, а то й перевищують масштаби природних процесів. Сучасний рівень техногенного впливу на природу викликає незворотні зміни в природі, які здатні змінити структуру біосфери і, як наслідок, створити загрозу здоров'ю людини [7].

У результаті антропогенного впливу виникає деградація ґрунтів, що, в свою чергу, призводить до зниження продуктивності сільськогосподарських угідь. У мегаполісі забруднення ґрунтів є додатковим фактором негативного впливу на здоров'я людини. Стан ґрунту є найчутливішим індикатором еколого-геохімічної обстановки, який знаходиться на перетині всіх шляхів міграції хімічних елементів [7]. Важкі метали – один із найбільш токсичних забруднювачів навколишнього середовища антропогенного походження. небезпека надходження важких металів у довкілля полягає у тому, що на відміну від органічних забруднювачів вони не руйнуються, а переходять з однієї форми в іншу, зокрема, входять до складу солей, оксидів, металоорганічних

сполук [8]. Тому однією з головних екологічних характеристик ґрунтового покриву можна вважати його забрудненість сполуками важких металів, особливо коли вміст перевищує гранично допустимі концентрації (ГДК) [2].

Техногенез спричинив значні зміни елементного складу компонентів біосфери. Місто Київ є техногенним регіоном, у якому навколишнє середовище зазнає суттєвих змін під впливом техногенезу, що доводить **актуальність** оперативної оцінки екологічного стану території.

Мета роботи – визначення площі, факторів забруднення та моделювання розподілів вмісту важких металів у ґрунтах на прикладі м. Києва.

Об'єкт дослідження – розподіл важких металів у приповерхневому шарі ґрунтів м. Києва.

Основними завданнями роботи були моделювання розподілів вмісту важких металів у ґрунтах; оцінка площ перевищення критичних границь на основі композиційної моделі; встановлення факторів забруднення ґрунтів; порівняння рівнів забруднення ґрунтів із значеннями ГДК важких металів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій доводить, що на відміну від інших забруднювачів ґрунтів

важкі метали не беруть участі у процесах самоочищення, через те що їм притаманна мала рухомість, висока токсичність і стійкість у навколишньому середовищі. Доведено, що важкі метали як особливо небезпечні полютанти мають здатність до утворення геохімічних полів у взаємозв'язку з атмогеохімічними системами, які формуються внаслідок промислових викидів у повітряне середовище [5]. Важкі метали, які випали на ґрунт, переміщуються з водними потоками і часто концентруються у донних відкладах. Потрапляючи у ґрунт у вигляді різних хімічних сполук, важкі метали можуть накопичуватися в ньому, що небезпечно для нормального функціонування ґрунтової біоти. У малих концентраціях метали як мікроелементи необхідні для нормальної життєдіяльності організмів. У високих концентраціях важкі метали негативно впливають на структуру і функції природних екосистем, змінюють ґрунтовий біоценоз, функціонування якого підтримує родючість ґрунту. Під впливом важких металів відбуваються порушення в структурі комплексу ґрунтових мікроорганізмів, пригнічення їх біохімічної діяльності [1].

Дані, які використані у статті, надала Центральна геофізична обсерваторія МНС України. Відбір зразків ґрунтів проводився в різних районах м. Києва (з різною інтенсивністю транспортного руху, викидами від промислових підприємств); із верхніх горизонтів 0–20 см, упродовж квітня–жовтня. На території міста у 2001 р. було відібрано 19 проб ґрунтів. У 2002 та 2003 рр. відбір проб не проводився. У 2004 р. відібрано 9 проб, у 2005 р. – 6, 2006 р. – 35, 2007 р. – 37, 2008 р. – 35, 2009 р. – 55 і в 2010 р. – 55 проб. Визначалась наявність у ґрунтах таких важких металів: марганцю, міді, нікелю, свинцю і цинку. Вміст валових і рухомих форм важких металів у ґрунтах вимірювався методом атомно-адсорбційної спектрометрії [6].

Характеризуючи геологічні умови території дослідження, слід зазначити, що вона розміщена на стику Придніпровської рівнини (центральна, південна та південно-західна частини Києва), Поліської моренно-зандрової рівнини (північна та північно-західна частини) та Придніпровської лівобережної низовини (східна та південно-східна частини), яка розчленована рікою Дніпро та її притоками. У межах придніпровської височини наявні переважно темно-сірі опідзолені та сірі лісові ґрунти та лесові утворення. Первинний склад їх суттєво змінений як процесами рельєфоутворення, так і техногенною діяльністю людини. Для Поліської акумулятивної рівнини характерні дерново-середньопідзолисті супіщані ґрунти. На лівобережній акумулятивній частині розвинуті дерново-оглеєні, дерново-слабопідзолисті піщані та глинисто-піщані ґрунти [7].

Ґрунти м. Києва між собою відрізняються відповідно до літологічного складу: концентрації важких металів в алювіальних та морено-зандрових ґрунтах є співставними, тоді як лесові ґрунти більш збагачені мікрокомпонентами. У порівнянні з ґрунтами прилеглих територій

ґрунти урбанізованих територій відрізняються значним вмістом найбільш рухомих металів - мідь, цинк та марганець.

У попередніх роботах [4, 7] зазначено, що в ході геохімічного картування встановлено перелік основних забруднювачів: Cu, Sn, Pb, Zn, Ag, Ni, Cr, V, Co, Mo, а також здійснено оцінку ступеня забруднення території м. Києва, яку поділено на такі зони: чисту (10%), слабо забруднену (40%), забруднену (35%) і дуже забруднену (15%). Ореоло забруднення розташовані переважно в центральній правобережній частині міста і тягнуться до територій, на яких розташовані підприємства електротехнічної, приладобудівної, хімічної, металообробної промисловості. Правобережжя столиці за вмістом металів відзначається більш високим ступенем забрудненості, ніж лівобережжя, що пов'язано з історичним розвитком міста та більшою кількістю глинистих мінералів у розрізах ґрунтів (лесовий тип), які мають кращі адсорбційні властивості. На лівобережній частині підвищені концентрації металів встановлено в місцях інтенсивного забруднення.

Дослідження розподілу вмісту важких металів у ґрунтах м. Києва, проведено за допомогою програмного модуля, створеного в середовищі Mathcad. Модуль виконує побудову непараметричної та параметричних оцінок щільностей розподілів з числа моделей: нормальний, логнормальний, композиційно-нормальний та композиційно-логнормальний закони, і забезпечує візуалізацію щільностей розподілу разом з автоматичним вибором закону розподілу для кожної компоненти. Для автоматизації вибору закону розподілу вперше використано критерій нормальності за альтернативи логнормального закону, запропонований М. Жуковим [3].

На рис. 2 наведено результати вимірювання вмісту цинку в ґрунтах досліджуваної території за 2001, 2004, 2007 і 2010 рр. На рис. 1 (а, б, в, г) показано результати проведеної апроксимації розподілів вмісту цинку. Одержані висновки підтверджуються результатами проведеного аналізу розподілів інших важких металів – марганцю, нікелю, міді та свинцю.

Так, найгіршою є нормальна апроксимація, дещо кращою, але все одно незадовільною – логнормальна апроксимація (рис.2 а, б), кращою – композиційно-логнормальна модель (рис. 2 г). Ці ж висновки підтверджуються знайденими оцінками площ перевищення граничних концентрацій та їх зіставленням із прямою оцінкою за частотою перевищення (рис. 3). Відзначається тенденція збільшення площ із підвищеним вмістом цинку протягом досліджуваного періоду (рис. 3). Для ілюстрації розраховано критичну межу $D_{кр}$ на рівні 23 мкг/кг. Встановлено, що цей рівень перевищено в 2010 р. на 90,7% площі, тоді як у 2001 р. - на 77,6% площі. Загальна площа території, на якій ГДК марганцю перевищує 375 мкг/кг, з 2001 р. збільшилася в 2,5 рази – з 8 до 20,2% . У той же час площа, на якій перевищено ГДК нікелю (8 мкг/кг), зменшилася майже у 2 рази – з 95,1 до 50,8%; площа,

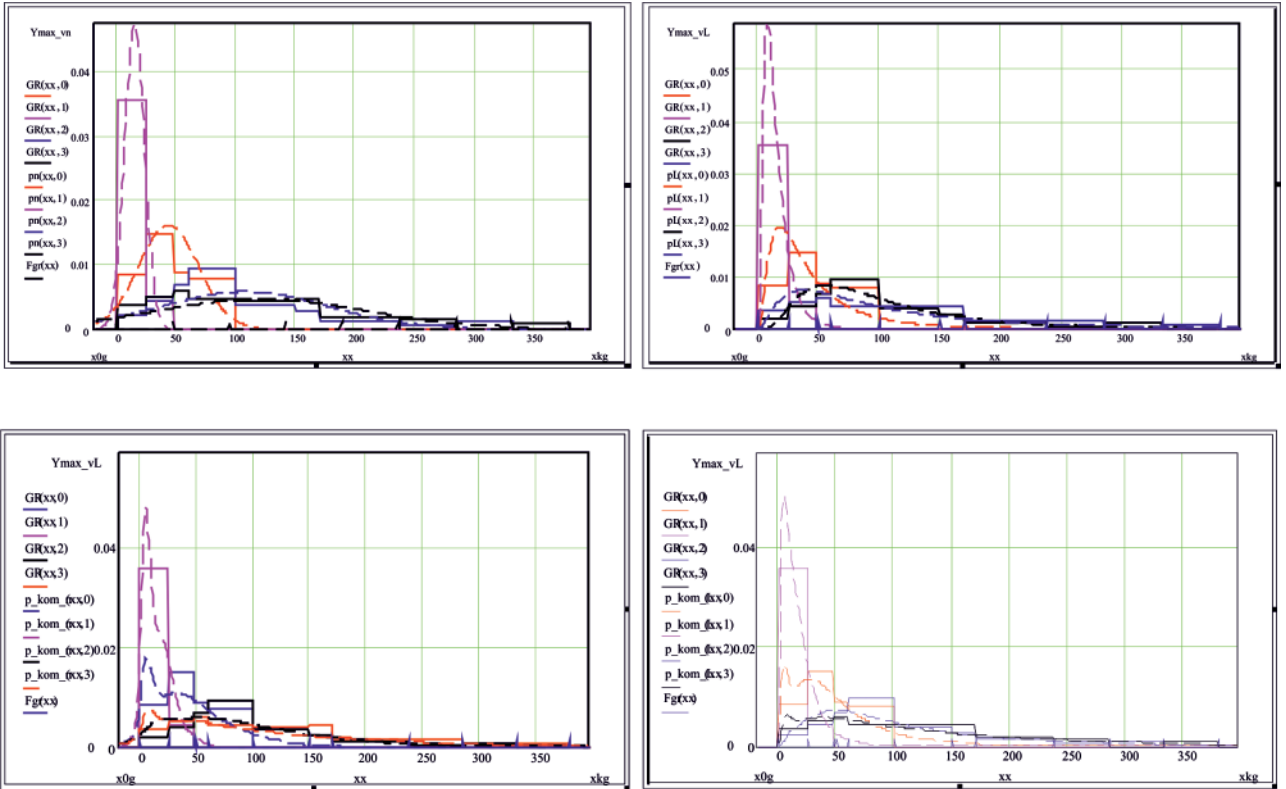


Рис. 1. Розподіли вмісту цинку (мкг/кг) у ґрунтах м. Києва (GR(xx,n) – гістограма, n=0 – у 2001 р.; n=1 – у 2004 р.; n=2 – у 2007 р.; n=3 – у 2010 р.):
 а) нормальний розподіл (pn(xx,n);
 б) логнормальний розподіл (p_kom(xx,n);
 в) композиційний нормальний розподіл (p_kom_n(xx,n);
 г) композиційний логнормальний розподіл (p_kom_L(xx,n)

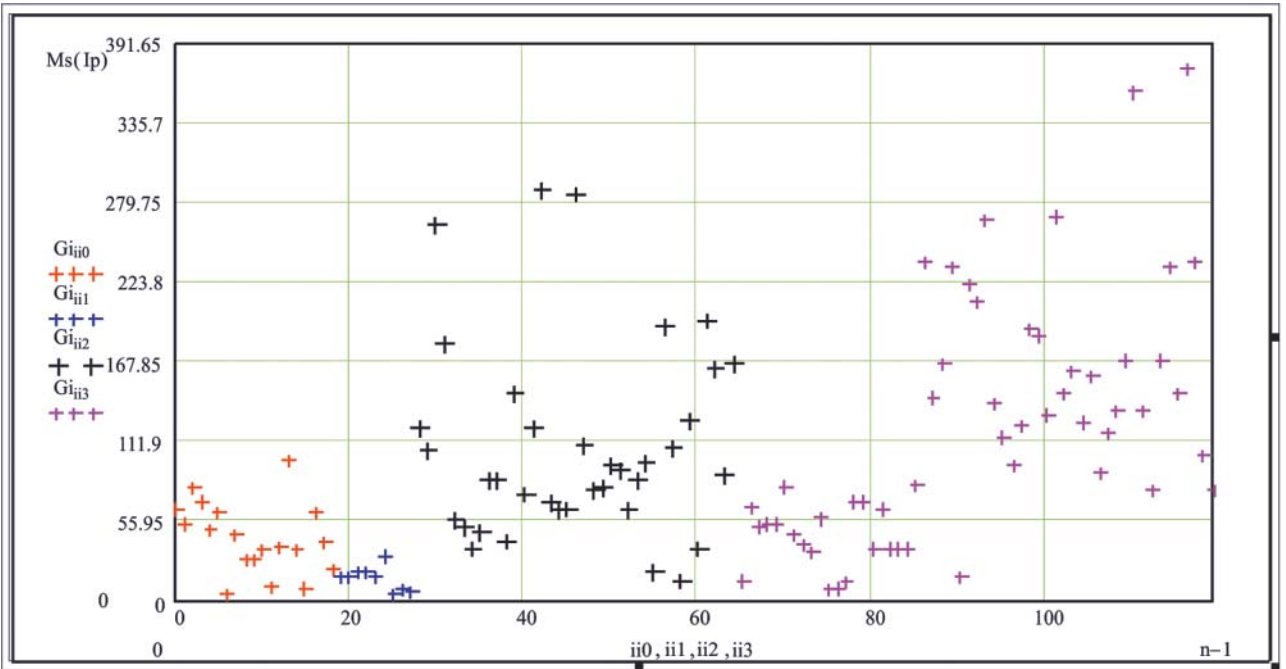


Рис. 2. Відображення спостережень вмісту цинку в ґрунтах м. Києва: Gi(ii0) – спостереження 2001 р.; Gi(ii1) – 2004 р.; Gi(ii2) – 2007 р.; Gi(ii3) – 2010 р.

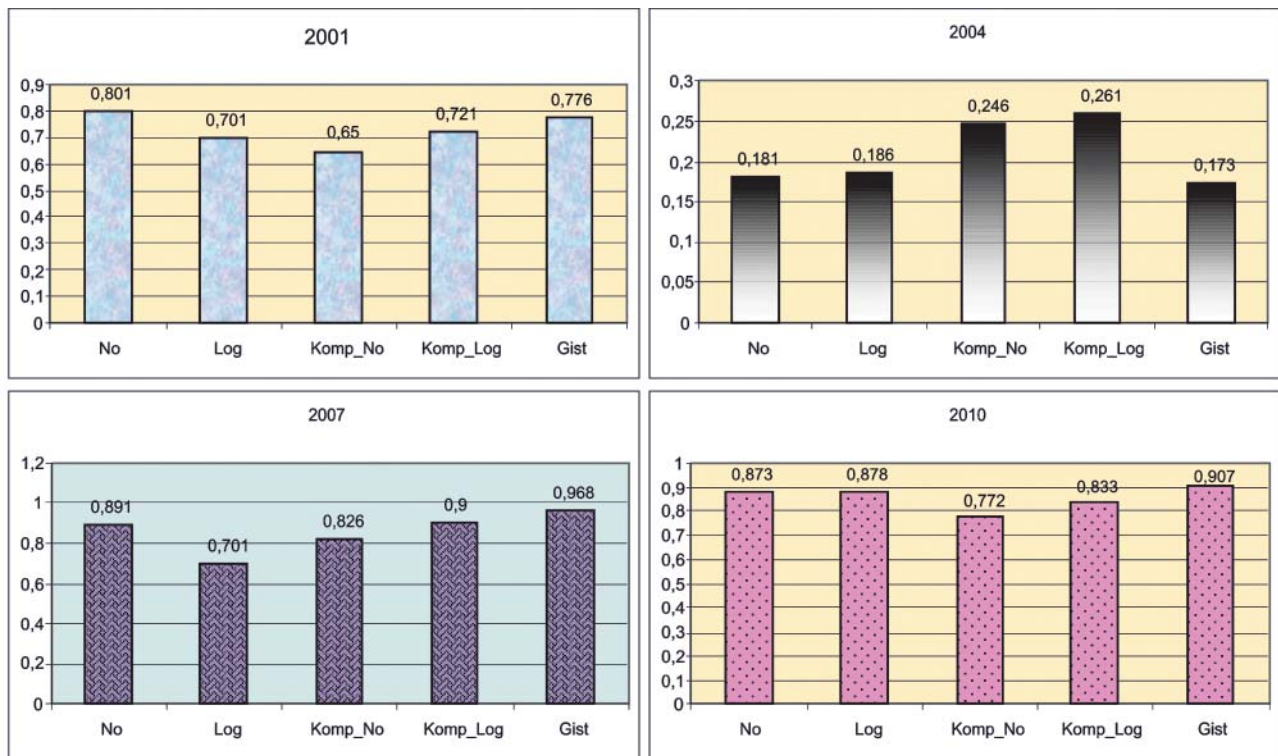


Рис. 3. Графічне відображення оцінок ймовірностей перевищення в ґрунтах м. Києва ГДК вмісту цинку $A_{кр.} = 23$ мкг/кг):

No – за нормальною апроксимацією;

Log – за логнормальною апроксимацією;

P_ком рN – композиція з локальних нормальних розподілів;

P_ком рL – композиція з локальних логнормальних розподілів

Таблиця 1. Оцінки ймовірностей перевищення ГДК марганцю, нікелю, цинку, міді та свинцю (мкг/кг) в ґрунтах м. Києва (за даними ЦГО 2001, 2004, 2007, 2010 рр.)

Домішка	$A_{кр}$	ГДК	Роки	No	Log	Komp_No	Komp_Log	Gist
Mn	375	1500	2001	0,078	0,118	0,077	0,081	0,089
Mn	375	1500	2004	0	0	0	0	0
Mn	375	1500	2007	0,593	0,019	0,501	0,504	0,526
Mn	375	1500	2010	0,295	0,210	0,201	0,205	0,202
Ni	8	4	2001	0,834	0,919	0,911	0,915	0,951
Ni	8	4	2004	0,268	0,169	0,122	0,13	0,17
Ni	8	4	2007	0,687	0,919	0,63	0,642	0,647
Ni	8	4	2010	0,651	0,593	0,542	0,55	0,508
Zn	23	23	2001	0,801	0,701	0,65	0,721	0,776
Zn	23	23	2004	0,181	0,186	0,246	0,261	0,173
Zn	23	23	2007	0,891	0,701	0,826	0,9	0,968
Zn	23	23	2010	0,873	0,878	0,772	0,833	0,907
Cu	6	3	2001	0,869	0,943	0,945	0,947	0,752
Cu	6	3	2004	0,109	0,145	0,152	0,161	0,638
Cu	6	3	2007	0,811	0,943	0,928	0,93	0,902
Cu	6	3	2010	0,635	0,612	0,649	0,661	0,671
Pb	30	30	2001	0,645	0,487	0,546	0,554	0,597
Pb	30	30	2004	0,252	0,071	0,11	0,109	0,111

на якій перевищено ГДК міді (6 мкг/кг), зменшилася в 1-0,8 рази – з 75,2 до 67,1%, а площа, на якій перевищено ГДК свинцю (30 мкг/кг), зменшилася в 1-0,2 рази – з 59,7 до 12,6%.

Основною причиною вмісту високих концентрацій важких металів у ґрунтах в залежності від глибини залягання є дія техногенного навантаження. Наведені міркування доводять, зокрема, такий факт. У результаті аналізу вмісту важких металів в орному горизонті ґрунтів на глибині 0-30 см, який було проведено протягом 2009–2011 рр. у с. Волиця Житомирського району, зафіксовано тенденційне підвищення ГДК металів у залежності від глибини їх залягання в межах досліджуваного шару, що пов'язано з особливостями міграції зазначених політантів [8].

Вміст важких металів у ґрунті залежить насамперед від мінералогічного і гранулометричного складу ґрунтоутворюючих порід, типу ґрунтоутворюючого процесу, рівня залягання ґрунтових вод, кількості та якості органічної речовини ґрунту, інтенсивності антропогенної діяльності тощо. Важливим фактом є те, що майже всі вище згадані важкі метали перевищують ГДК. Максимальні перевищення вмісту ГДК свинцю становить у 3 рази, цинку – у 2 рази, нікелю – у 4 рази, міді – у 3 рази. Перевищення ГДК міді й свинцю пов'язане, очевидно, з постійним їх надходженням внаслідок викидів автотранспорту.

Окрім того, на розподіл важких металів по поверхні ґрунту впливають багато факторів: кислотність ґрунту, характер геохімічних бар'єрів хімічного складу; напрямок пануючих вітрів; рельєф місцевості, погодні умови; інтенсивність руху транспортних засобів.

Для визначення динаміки забруднення ґрунтів іншими хімічними елементами – марганцем, нікелем, цинком, міддю та свинцем – також проведено оцінку площ, на яких вміст цих важких металів перевищує ГДК (табл. 1).

Висновки

Аналіз даних по забрудненню ґрунтів показав зростання вмісту важких металів у ґрунтах м. Києва. Співставлення рівнів забруднення ґрунтів відносно ГДК важких металів показує перевищення показників ГДК усіх важких металів на території дослідження. Зокрема, виявлено найбільше перевищення ГДК свинцю – у 3 рази та цинку – у 2 рази. З використаних моделей визначення розподілу вмісту важких металів у ґрунтах м. Києва, найкраще себе зарекомендувала композиційно-логнормальна модель, дані якої дають можливість виконувати стійкі оцінки площ перевищення ГДК важких металів та інших інтегральних характеристик.

1. Гуральчук Ж.З. Механизмы устойчивости растений к тяжелым металлам // Физиология и биохимия культурных растений. – 1994. – Т. 26. – № 2.

2. Євсєєва М.В., Звездецька Н.С., Панченко Т.І. Екологічна безпека ґрунтів придорожньої зони за вмістом сполук свинцю. – <http://eco.com.ua>

3. Жуков Н.Н. Вероятностно-статистические методы анализа геолого-геофизической информации. – К.: Вища школа. – 1975. – 299 с.

4. Зарицький А.И., Лысяный Н.Н., Абрамис А.Я. и др. Геохимические аспекты состояния геологической среды Киевской промышленно-городской агломерации // Геол. журн. – 1991. – № 2. – С. 34–42.

5. Крамаров С.М. и др. Экологические и гигиенические проблемы загрязнения тяжелыми металлами почв промышленных агломераций Приднепровья // Экологічний вісник. – 2004. – С. 24–27.

6. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственной и продукции растениеводства. – М. – ЦИНАО. – 1991. – 58 с.

7. Самчук А.І., Кураєва І.В. та ін. Важкі метали у ґрунтах Українського Полісся та Київського мегаполісу. – К. – 2006. – 108 с.

8. Стежко О.В. Екологічна оцінка вмісту важких металів у ґрунті Житомирського району // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – 2012. – № 3. – С. 174–176.