

ни на підмножини / Прикладна геометрія та інженерна графіка. – К: КНУБА, 2007. – Вип.77. – С. 120-128.

7. Комяк В.М., Соболев О.М. Використання модифікованого методу гілок та меж для розв'язання задач розбивання множини на підмножини довільних багатокутників / Прикладна геометрія та інженерна графіка. – К: КНУБА, 2005. – Вип.75. – С. 65-75.

#### УДК 504.064.36:550.4

*Крайнюк О.В., канд. техн. наук, доц., УЦЗУ,  
Буц Ю.В., канд. геогр. наук, зав. каф., УЦЗУ*

### **ТЕХНОГЕННЕ ЗАБРУДНЕННЯ СПОЛУКАМИ СВИНЦЮ ҐРУНТІВ МІСТА ХАРКОВА**

(представлено д-ром техн. наук Соловйом В.В.)

Проаналізовано рівень акумуляції і характер диференціації сполук свинцю на території міста. Встановлено специфіку і оцінено внесок техногенних джерел на забруднення ґрунтів урбанізованої території. Дано обґрунтовану оцінку еколого-гігієнічній ситуації щодо забруднення сполуками свинцю на території Харкова

**Постановка проблеми.** В даний час людство використовує практично всі елементи періодичної системи Д.І. Менделєєва, а виробнича діяльність стала могутнім геохімічним чинником – техногенезом. Особлива роль в процесах техногенезу належить свинцю. Наростання залучення свинцю і його сполук в процеси техногенезу синхронізовані і просторово зв'язані з комплексом антропогенних перетворень навколишнього середовища в межах виробничо-селітебних зон. Ці перетворення призводять до помітних змін екологічного стану екосистеми великих міст і промислових центрів. Екологічні наслідки багаторічних антропогенних навантажень найбільш інформативно виявляються в складі і властивостях ґрунтів – основному природному середовищі, що депонує різні види забруднення, у тому числі і свинцеве. Забруднення навколишнього середовища свинцем та його сполуками у всьому світі визнається однією з головних сучасних екологічних проблем. В даний час промислові підприємства, урбанізовані території та

транспортні магістралі є головними джерелами утворення і накопичення в екосистемі, головним чином у ґрунтах, сполук свинцю – токсичного металу 1-го класу небезпеки. Металургійні підприємства щорічно викидають на денну поверхню понад 90 тис. тонн свинцю.

Вищезазначена актуальність проблеми свинцевого забруднення навколишнього середовища обумовлює необхідність оцінки присутності свинцю в природних середовищах, особливо на селітебних територіях, а також встановлення специфіки його зв'язків з антропогенними джерелами надходження, що можливе за умови усестороннього і глибокого вивчення особливостей геохімії цього металу. Одним з основних джерел свинцевого забруднення навколишнього середовища є викиди в атмосферу автотранспорту, який присутній в етилованих видах бензину у вигляді тетраетилсвинцю, а в дизельному паливі у складі металоорганічних домішок. Не менш суттєвим джерелом техногенного надходження свинцю до навколишнього середовища є його транскордонні міграції з суміжних територій. Наприклад, проблема транскордонного забруднення р. Сіверський Донець вивчалась у рамках проекту TACIS, оскільки ця річка забруднена, в основному, важкими металами, нафтопродуктами та ін. [1]. Небезпека свинцю для людини визначається його токсичністю і здатністю акумулюватися в організмі.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У 2006 році на вміст промислових токсикантів вибірково були обстежені ґрунти 18 міст України. Зафіксовано високий вміст середньорічних концентрацій важких металів (в межах 1,1 – 11,2 ГДК) в ґрунтах багатьох міст [1].

Внаслідок аварій на російських підприємствах хімічні речовини, скинуті у навколишнє середовище, призвели до забруднення річок Десна, Сейм, а також Азовського моря. У напрямку потоку зазначених водних об'єктів можливе транскордонне забруднення вод та територій суміжних держав. На північно-східному і північному кордоні з Білоруссю та Росією поверхневі води р. Дніпро забруднювались переважно сполуками важких металів [1]. Складною залишалась проблема забруднення Дунаю. Внаслідок аварійних викидів з відстійників промислових підприємств протягом 2000–2006 рр. у воду надходили сполуки важких металів з високою токсичністю [1].

Харківський регіон також схильний до локального свинцевого забруднення, головним чином, з боку чисельних котелень та

автотранспортних засобів. Швидке зростання кількості автотранспортних засобів обумовлює підвищену забрудненість ґрунтів та інших природних середовищ. Таким чином, спеціалізоване вивчення особливостей техногенезу свинцю і змін фізико-хімічних властивостей ґрунтів на території міста Харкова є досить актуальним. У меншій мірі, джерелами надходження техногенного свинцю є промислові підприємства, АЗС, полігони твердих побутових відходів.

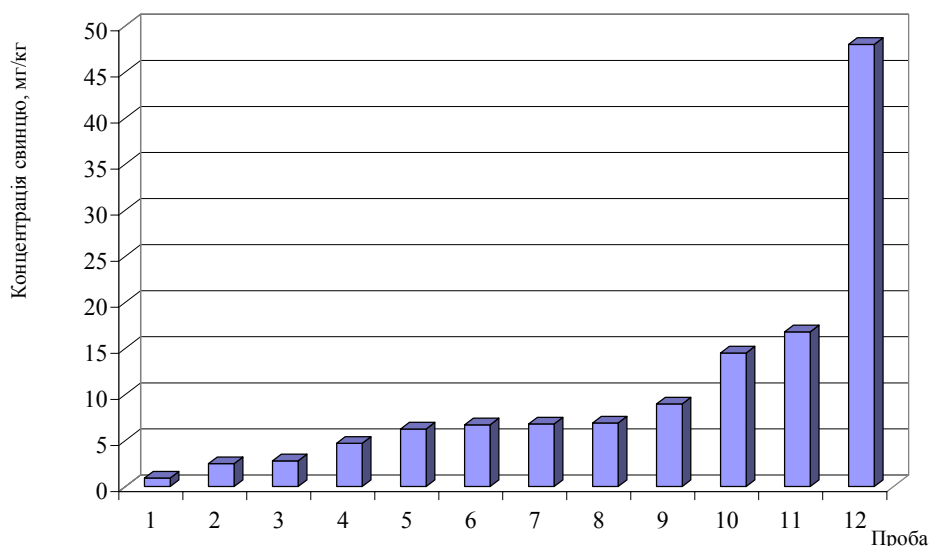
**Постановка завдання та його вирішення.** Диференціація важких металів на поверхні ґрунту визначається багатьма факторами. Вона залежить від особливостей джерел забруднення, метеорологічних особливостей регіону, геохімічних чинників і ландшафтно-обстановки в цілому. Саме нерівномірність техногенного розповсюдження свинцю визначається неоднорідністю ландшафтно-геохімічної обстановки в природних екосистемах. У зв'язку з цим, для прогнозування можливого забруднення продуктами техногенезу і запобігання небажаних наслідків діяльності людини необхідне розуміння законів геохімії, вивчення законів міграції хімічних елементів в різних природних ландшафтах. Основним процесом, що сприяє розповсюдженню свинцю, є атмосферне перенесення забруднених ним викидів і, у меншій мірі, водне перенесення забруднених природних і стічних вод. Екологічні наслідки свинцевого забруднення навколишнього середовища обумовлені міграцією свинцю з поверхневими і ґрунтовими водами, його акумуляцією в ґрунті, з подальшим поглинанням рослинами та участю в харчових ланцюгах тварин і людини.

Основна мета даного дослідження полягає у кількісному визначенні свинцю в ґрунті і рослинах урбанізованої території і виявленні змін фізико-хімічних властивостей ґрунтів міста. Для її досягнення розв'язувалися наступні основні задачі: вивчення валового вмісту і концентрації рухомих форм свинцю в ґрунті міста; вивчення рівнів присутності свинцю в об'єктах навколишнього середовища і оцінка еколого-гігієнічної ситуації на території міста; виявлення характеру міграції валового вмісту і концентрації рухомих форм свинцю в системі: «ґрунт - рослина».

Для вирішення поставлених задач в різних районах міста було узято 45 проб ґрунтів, а також 25 пов'язаних з ними проб рослинності. Відповідно було проведено визначення концентрації свинцю (рис. 1) та інших важких металів методом атомно-абсорбційного аналізу (ААА). Проби ґрунту відбиралися згідно

ГОСТ 17.4.3.01-83 (Охорона природи. Ґрунти. Загальні вимоги до відбору проб) на відстані 2–4 м від автошляхів. Визначення свинцю в зразках рослин проводилася згідно ГОСТ 30692-2000. Для даного методу нижня межа виявлення становить 0,2 мкг/мл розчину. Визначенню не заважають присутні в зразку інші метали. ААА проводили згідно загальноприйнятої методики [2].

Вище відзначено, що основне джерело надходження свинцю в ґрунти відбувається шляхом осадження із забруднених ним атмосферних викидів. Встановлено, що залежно від інтенсивності техногенного забруднення вміст свинцю в атмосферному повітрі варіює в дуже широких межах – 0,01–0,6 мкг/м<sup>3</sup>, а в атмосферних опадах – 0,08–74 мкг/дм<sup>3</sup>.



**Рис. 1 – Валовий вміст свинцю у ґрунті, мкг/кг**

- |                       |                     |
|-----------------------|---------------------|
| 1. вул. 23 серпня     | 7. Хартрон          |
| Олексіївський ж/м     | 8. парк Артема      |
| 2. Вогнеупори         | 9. Роганський ж/м   |
| 3. селище Жуковського | 10. Лугопарк        |
| 4. ФЕД                | 11. Салтівський ж/м |
| 5. Лісопарк           | 12. ТЕЦ-5           |

Слід відмітити дуже високу концентрацію свинцю у ґрунті поблизу ТЕЦ-5. При роботі ТЕЦ на вугіллі утворюються великотоннажні золошлакові відходи, що містять такі токсичні компоненти, як важкі метали. В золошлаці ТЕЦ, що працює на вугіллі, виявлено наступні хімічні елементи: As, Cd, Cr, Co, Hg, Cu, Ni, Pb (1–80 мкг/кг) [4].

Окремо слід зазначити про аналіз вмісту важких металів у ґрунті в районі відвалів золошлаків Харківського сміттєспалювального заводу. Чітко прослідковується перевищення ГДК ряду важких і токсичних металів: Pb (рис. 2), Cu, Cr. Концентрація сполук свинцю в 4 рази вище ГДК, Cu – в 3–3,5, Cr – в 2 рази.

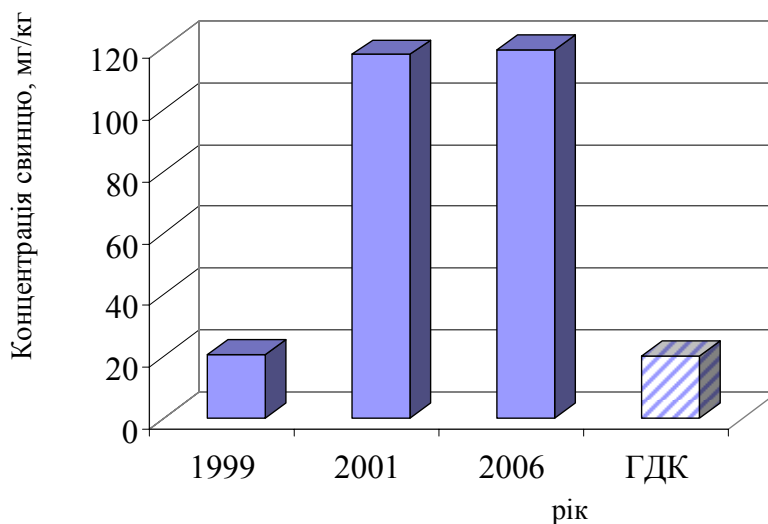


Рис. 2 – Концентрація свинцю у ґрунті на території відвалу Харківського сміттєспалювального заводу, мг/кг

Дані аналізу свідчать про значну міграцію важких металів із золошлаків Харківського сміттєспалювального заводу.

Визначено концентрацію свинцю у деяких рослинах. Наприклад, діапазон концентрацій свинцю в листових пластинах кульбаби лікарської (*Taraxacum officinale*) складає від 5,3 мг/кг сухої маси в пункті, де навантаження потоку автотранспорту 520 автомобілів на годину, до 24,0 мг/кг в пункті з навантаженням автотранспортного потоку 1200 автомобілів на годину. Отже, навантаження потоку автотранспорту має суттєвий вплив на вміст свинцю в рослинах.

Виявлено, що від навантаження потоку автотранспорту суттєво залежить вміст свинцю в корі і листових пластинах тополі чорної (*Populus nigra*) та берези повислої (*Betula pendula*). Рослини накопичують значні кількості свинцю в органах і тканинах при потужності потоку транспортних засобів від 1000 до 1200 автомобілів/год.

Внаслідок забруднення, поблизу підприємств природні фітоценози стають одноманітними за видовим складом, оскільки біль-

шість видів не витримують підвищення концентрації важких металів у ґрунті. Кількість видів може скорочуватися до утворення моноценозів.

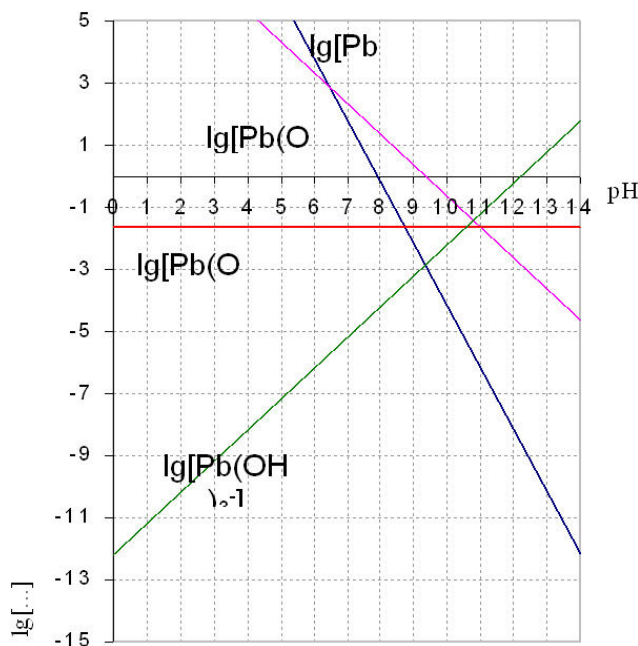
Нормальними для рослин вважаються концентрації свинцю від 0,1 до 5,0 мг/кг сухої речовини, критичними – 10,0 мг/кг, фітотоксичними – більше 60,0 мг/кг. За нашими даними вміст свинцю в рослинах Харкова не досягає фітотоксичних значень. Рослини здатні в своїх тканинах акумулювати значні концентрації свинцю, і можуть бути навіть використані в міських насадженнях для поліпшення екологічної ситуації. Тобто, для зниження свинцевого забруднення на селітебних територіях необхідно організувати висадку дерев відповідних видів.

Теоретично нами розглянуто ймовірність утворення важко- або легкорозчинних сполук свинцю. Основним механізмом поглинання ґрунтом свинцю є його адсорбція. Встановлено, що на її протікання, а зрештою на рівень акумуляції свинцю в ґрунті, впливають наступні чинники: реакція і окислювально-відновні умови середовища, вміст мінеральних і органічних речовин, гранулометричний склад ґрунту. Зокрема, кислі і піщані ґрунти містять помітно менше свинцю ніж лужні і глинисті ґрунти. Важкі метали в основному характеризуються змінною валентністю, низькою розчинністю їх гідроксидів, високою здатністю утворювати комплексні сполуки і, також, катіонною здатністю.

До чинників, що сприяють утриманню важких металів ґрунтом, відносяться: обмінна адсорбція поверхні глини і гумусу, формування комплексних сполук з гумусом, адсорбція гідратованими оксидами алюмінію, заліза, марганцю і т.д., а також формування нерозчинних сполук, особливо при відновленні. Важкі метали, що надійшли до навколишнього середовища, можуть утворювати важкорозчинні гідроксиди. Крім того, в ґрунтовому розчині є можливе утворення металами гідроксокомплексів з різною кількістю гідроксид-іонів. Діапазон осадження гідроксидів і області переважання розчинних гідроксокомплексів вивчені за допомогою побудови концентраційно-логарифмічних діаграм (КЛД) [3]. Таким чином, з побудованих діаграм (рис. 3) можна чітко визначити області максимального осадження гідроксокомплексів металів та утворення важкорозчинних форм, що є обов'язковою умовою акумуляції металів у ґрунті.

Умовою осадження  $Me^{z+}$  вважаємо досягнення його концентрації в ґрунтовому розчині концентрації  $10^{-5}$  моль/л. Сполуки сви-

нцю мають дуже високу розчинність і будуть рухомі в широкому діапазоні рН. Для ґрунтів міста рН складає 6,4-8,2. В таких умовах свинець знаходиться у вигляді іону  $Pb^{2+}$  або утворює гідроксочастинки  $Pb(OH)^+$ . Підвищення значень рН сприяє фіксації сполук свинцю, таким чином, в лужному середовищі зменшується засвоєння рослинами сполук свинцю.



**Рис. 3 – Концентраційно-логарифмічна діаграма утворення гідросокомплексів свинцю**

Негативним фактором забруднення ґрунтів є підвищення концентрації рухомих форм свинцю. Ця ситуація, як правило, ускладнюється внаслідок синергізму з боку інших токсичних важких металів, супутніх свинцевому забрудненню ґрунтів – мідь, цинк, кадмій і ін., який враховується розрахунком відповідного коефіцієнту концентрації (1). Тому, головною вимогою екологічної безпеки служить не перевищення даного коефіцієнту одиниці. В розглянутих нами випадках він складає 4,8-8,9.

$$K_{\kappa} = \sum \frac{C_i}{ПДК_i} \quad (1)$$

### **Висновки.**

1. Рівень акумуляції і характер диференціацій валового вмісту свинцю та його рухомих форм у ґрунтах міста Харкова визна-

часться специфікою антропогенного навантаження, що створюється, в основному, автотранспортом промисловими викидами. Зміни фізико-хімічних властивостей ґрунтів міста мають локальне поширення, що пов'язане з основними джерелами свинцевого забруднення ґрунтів.

2. Отримані результати дозволяють більш достовірно оцінити еколого-гігієнічну обстановку в Харкові і виявити на його території локальні джерела антропогенного забруднення. На основі аналізу рухомих форм важких металів можна виявити небажані зміни в екологічній ситуації, оцінити ступінь реальної небезпеки забруднення важкими металами ґрунтів при техногенному впливі. Отримані дані за валовим вмістом і рухомими формами свинцю можуть бути використані для геоекологічного картування території міста Харкова.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки України у 2006 році, К.: ДП Чорнобильінтерінфом, 2007.– 238 с.
2. Санитарно-химический анализ загрязняющих веществ в окружающей среде / Справочник М. Т. Дмитриев и др.– М., 1989.– 367 с.
3. Крайнюк Е.В., Буц Ю.В., Андронов В.А., Семкив О.М. Миграционная способность тяжелых металлов при чрезвычайных ситуациях техногенного характера // Проблемы надзвичайних ситуацій. Зб. наук. пр. УЦЗ України.– Вип. 5. – Харків: УЦЗУ, 2007. – С. 113–118.
4. Буц Ю.В., Крайнюк Е.В., Хрицунова А.Л. До проблеми використання екологічно безпечних енергоносіїв та формування енергоекологічної компетентності // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2007. – № 1/4 (25). – С. 30–32.