

## РУХОМІСТЬ СВИНЦЮ ЗА ПРОФІЛЕМ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО ТА ДЕРНОВО-ПІДЗОЛИСТОГО ҐРУНТУ

І.В. Паращенко

*Інститут агроекології і природокористування НААН*

*Охарактеризовано приналежність свинцю до першого класу небезпечності «особливо небезпечних неорганічних полютантів», що підлягає обов'язковому контролю в об'єктах навколишнього природного середовища, а саме, у ґрунтах. Досліджено розподіл свинцю в чорноземі типовому та дерново-середньопідзолистому ґрунті. Встановлено, що свинець мігрує за профілем ґрунту, і його міграція залежить від типу та фізико-хімічних властивостей ґрунту, вмісту органічної речовини у профілі та особливостей процесу ґрунтоутворення. Розраховано коефіцієнт радіальної міграції та коефіцієнт концентрації свинцю для дерново-підзолистого ґрунту та чорнозему типового. Коефіцієнт радіальної міграції для досліджуваних ґрунтів варіює у межах  $0,85 \div 1,56$ , що свідчить про процеси вилуговування чи нагромадження свинцю за профілем досліджуваних ґрунтів. Коефіцієнт концентрації у природних екосистемах досліджуваних ґрунтів варіює у межах  $\leq 0,5$ , що свідчить про розсіювання елемента за профілем дерново-середньопідзолистого ґрунту та чорнозему типового.*

**Ключові слова:** свинець, фоновий уміст, профіль ґрунту, дерново-середньопідзолистий ґрунт, чорнозем типовий, генетичний горизонт ґрунту, коефіцієнт радіальної міграції, коефіцієнт концентрації.

Загальновідомо, що нині забруднення біосфери шкідливими речовинами набуло глобальних масштабів. Серед неорганічних полютантів, що підлягають постійному контролю, свинець (Pb) займає одне з провідних місць — згідно із санітарно-гігієнічною та екотоксикологічною класифікацією він належить до першого класу небезпечності («особливо небезпечні речовини») [1]. Для оцінки небезпечності свинцю за гігієнічними нормативами послуговуються чинними в Україні граничнодопустимими концентраціями (ГДК), а саме: для валових форм — 30 мг/кг, для рухомих — 2 мг/кг [2, 3].

Українські вчені А.І. Фатеєв, М.М. Мірошниченко, Е.Я. Жовінський, І.В. Куряєва, Т.М. Єгорова та ін. провели низку досліджень щодо вмісту свинцю у компонентах екосистем, зокрема у ґрунті [2–6]. Проте нині перед вченими постала проблема, зумовлена гігієнічним нормуванням елемента у ґрунтах. Так, існує невідповідність між фоновим умістом свинцю та його ГДК у ґрунті: фоновий уміст варіює від

6 мг/кг на Поліссі до 168–240 мг/кг у Карпатах [3].

У науковій літературі існують різні дані щодо здатності свинцю до вертикальної міграції. На думку низки дослідників, серед важких металів свинець є найменш рухомих і локалізується, переважно, у верхніх шарах ґрунту [3, 4, 6, 8]. Були проведені дослідження, спрямовані на встановлення здатності свинцю до міграції як за межі кореневмісного шару ґрунту, так і за межі основних генетичних горизонтів.

Метою роботи було дослідити механізм розподілу свинцю у профілі чорнозему типового важкосуглинкового та дерново-середньопідзолистого ґрунту в умовах природних екосистем.

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для вивчення природного розподілу свинцю у ґрунтах було відібрано зразки ґрунту на території Полтавської ДСГДС (с. Степне, Полтавська обл.) та Інституту сільського господарства Полісся (с. Грозине, Коростенський р-н., Житомирська обл.). Зразки ґрунту відбирали в межах природних екосистем, тобто на землях,

які не зазнали антропогенних змін. Зразки ґрунту відбирали на глибині близько 100 см через кожні 20 см. Уміст свинцю визначали атомно-абсорбційним методом з використанням спектрофотометра ААС-3. Екстракцію потенційно рухомих форм свинцю з ґрунту здійснювали за допомогою одно-нормального розчину азотної кислоти [9]. Для аналізу одержаних результатів користувались кореляційним та дисперсійним статистичними методами обробки результатів.

**РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ**

Природний розподіл свинцю у ґрунтах України перебуває під впливом різних чинників, серед яких основними є умови ґрунтоутворення та склад ґрунтотворних порід, рельєф місцевості, погодню-кліматичні умови, рослинний покрив.

У межах генетичного профілю ґрунту трапляються різні ґрунтово-генетичні бар'єри: ілювіальні горизонти (ілювіально-залізо-гумусові, ілювіально-кольматовані) карбонатні, гіпсові, солонцеві, глеєві.

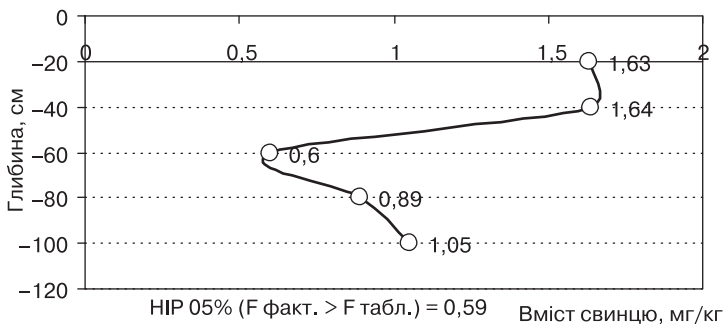
Дослідження механізму розподілу свинцю проводили на дерново-середньопідзолістому глеюватому глинисто-піщаному ґрунті, що утворився на важкосуглинковій морені. Результати природного розподілу свинцю у профілі ґрунту засвідчили, що його акумуляція спостерігається у верхніх шарах: гумусово-ілювіальному горизонті (0–40 см), де вміст свинцю визначався на рівні 1,63–1,64 мг/кг (рис. 1). Саме ці горизонти характеризуються накопиченням

органічної речовини, з якою свинець може утворювати комплексні сполуки, і саме ці горизонти є природним біогеохімічним бар'єром під час його міграції. На глибині 40–60 см відбулось значне зменшення вмісту свинцю (у 1,8–2,7 раза), що обумовлено інтенсивним промивним режимом ґрунту, відсутністю на цій глибині мінеральних і органічних колоїдів, здатних утворювати з металом малорозчинні комплекси.

Чорноземи типові — найпоширеніший підтип ґрунтів у лісостеповій зоні України. Їх склад та властивості визначено розвитком чорноземного (гумусово-акумулятивного) процесу ґрунтоутворення, що протікає під наметом трав'янистої рослинності в умовах помірно вологого клімату (гідротермальний коефіцієнт ГТК = 1) [10]. Суть процесу полягає у збагаченні ґрунтоутворної породи, або ґрунтової товщі, особливо верхньої частини, специфічними гумусовими речовинами кислотної природи (переважно гуміновими і фульвокислотами та гуміном). Цей процес характеризується значним накопиченням гумусу, біофільних елементів у верхній 0–50 см товщі, неглибоким заляганням карбонатів, відсутністю перерозподілу колоїдів у профілі. Важливою особливістю чорноземів типових є розподіл гумусу в профілі ґрунту — максимальна його кількість акумулюється у верхньому гумусованому горизонті і поступово зменшується вглиб за профілем ґрунту [10, 11].

Нашими дослідженнями було встановлено, що у чорноземі типовому важкосуглинковому найбільший уміст свинцю спостерігався у верхніх гумусово-акумулятивних горизонтах ґрунту, де цей показник становив 5,93–6,20 мг/кг (рис. 2).

З глибиною відбувалося поступове зниження його кількості, і на глибині 60–80 см уміст свинцю становив 5,0 мг/кг ( $P(h)k$ ), на глибині 80–100 см ( $Pk$ ) — 4,12 мг/кг,



**Рис. 1.** Розподіл свинцю у профілі дерново-підзолистого глеюватого ґрунту

що обумовлено наявністю карбонатів у складі цих горизонтів. Карбонати мають високу здатність до утворення зі свинцем важкорозчинних солей, які спостерігаються на глибині 60 см, і цей горизонт можна розглядати як геохімічний бар'єр щодо міграції свинцю (рис. 2).

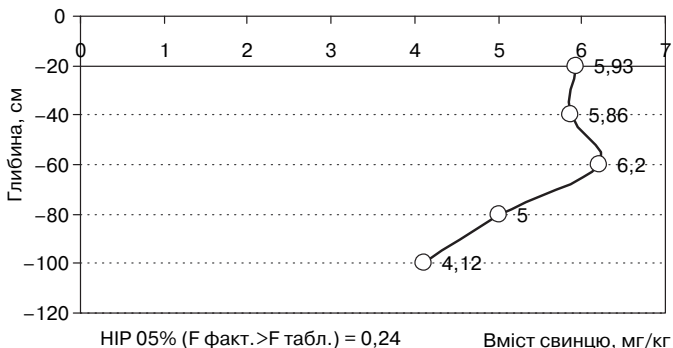
Для проведення екотоксикологічної оцінки ґрунтів за вмістом свинцю нами було розраховано коефіцієнт радіальної міграції ( $K_p$ ), який характеризує співвідношення вмісту певного хімічного елемента ( $k_i$ ) у біогоризонті і його вмісту в породі або в іншому еталоні  $K_i$ :

$$K_p = k_i / K_i,$$

де  $k_i$  — уміст (кількість)  $i$ -хімічного елемента (речовини) у  $n$ -компоненті (біогоризонті),  $K_i$  — уміст (кількість)  $i$ -хімічного елемента (речовини) в еталоні (породі) [7, 12–14].

Розрахунки засвідчили, що значення коефіцієнта радіальної міграції ( $K_p$ ) у профілі дерново-середньопідзолистого ґрунту варіювали у межах  $0,85 \div 1,56$ , тоді як у профілі чорнозему типового важкосуглинкового — у межах  $1,21 \div 1,50$  (табл.).

Величина коефіцієнта радіальної міграції ( $K_p$ ) свідчить про активність процесів вилуговування ( $K_p < 1$ ) та нагромадження



**Рис. 2.** Розподіл свинцю у профілі чорнозему типового важкосуглинкового

( $K_p > 1$ ) свинцю у генетичних горизонтах [7, 12, 13].

Результати розрахунків свідчать, що у чорноземі типовому важкосуглинковому переважають процеси нагромадження свинцю за профілем ґрунту  $K_p > 1$ . Це дає підстави стверджувати, що така міграція свинцю не спричиняє небезпеки для навколишнього природного середовища. У верхніх шарах дерново-підзолистого ґрунту відбувається нагромадження свинцю ( $K_p > 1$ ), тоді як у нижніх — вилуговування ( $K_p < 1$ ), що свідчить про високу активність міграції елемента.

Для оцінки фізико-хімічної міграції свинцю нами був використаний коефіцієнт концентрації (КК), який характеризує кларки концентрації відносно глобально-го кларка за Г. Боуеном [14, 15]. Для чор-

**Коефіцієнт радіальної міграції ( $K_p$ ) свинцю у чорноземі типовому та дерново-середньопідзолистому ґрунті**

Глибина, см	К <sub>p</sub> (Pb)	
	дерново-середньопідзолистий ґрунт	чорнозем типовий важкосуглинковий
0–20	1,55	1,43
20–40	1,56	1,42
40–60	0,57	1,50
60–80	0,85	1,21
80–100	–	–
Діапазон К <sub>p</sub>	0,85 ÷ 1,56	1,21 ÷ 1,50

нозему типового КК становив  $0,34 \div 0,52$ , тоді як для дерново-підзолистого ґрунту  $0,05 \div 0,14$ . Розрахунки КК у природних екосистемах досліджуваних ґрунтів засвідчили, що КК варіює у межах  $\leq 0,5$  що свідчить про розсіювання елемента за ґрунтовим профілем.

### ВИСНОВКИ

На основі проведених досліджень встановлено, що природний розподіл свинцю за профілем двох типів ґрунтів — дерново-середньопідзолистого та чорнозему типового залежить від процесів ґрунтоутворення і наявності біогеохімічних бар'єрів. Фоновий уміст потенційно рухомого свинцю у шарі 0–20 см варіює у межах 1,63–5,93 мг/кг ґрунту.

Для дерново-середньопідзолистого ґрунту характерним є гумусово-елювіаль-но-ілювіальний розподіл свинцю; для чорнозему типового — високий уміст свинцю у верхніх гумусованих шарах ґрунту, де він асоціюється з органічними речовинами.

У дерново-підзолисту ґрунті спостерігається активізація процесів міграції і вилуговування свинцю з верхніх шарів, що може спричинити надходження цього токсичного елемента у підземні води.

Розрахунки коефіцієнта концентрації в природних екосистемах досліджуваних ґрунтів продемонстрували, що його значення варіює у межах  $\leq 0,5$ . Це свідчить про розсіювання елемента за ґрунтовим профілем.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Охрана природы (ССОП). Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения: ГОСТ 17.4.1.02–83. — [Дата введения 1985-01-01]. — М.: Стандартиформ, 1985. — 4 с. — (Межгосударственный стандарт).
2. Жовинский Э.Я. Геохимия тяжелых металлов в почвах Украины / Э.Я. Жовинский, И.В. Кураева. — К.: Наукова думка, 2002. — 213 с.
3. Фатеев А.И. Фондовый уміст мікроелементів у ґрунтах України / А.И. Фатеев, Я.В. Пащенко. — Х., 2003. — 117 с.
4. Біогеохімічні критерії оцінки екологічного стану ґрунтового покриву міських агломерацій / І.В. Кураєва, Ю.Ю. Войтюк, О.В. Матвієнко, О.В. Мусіч // Пошукова та екологічна геохімія. — 2015. — № 1 (16). — С. 3–8.
5. Єгорова Т.М. Ландшафтна екологія України / Т.М. Єгорова. — Кам'янець-Подільський: Видавель Зволейко Д.Г., 2009. — 192 с.
6. Еколого-геохімічні дослідження території м. Шостка (Сумська область) / О.В. Матвієнко, І.В. Кураєва, А.І. Самчук, Ю.Ю. Войтюк // Пошукова та екологічна геохімія. — 2016. — № 1 (17). — С. 20–25.
7. Макаренко Н.А. Агроекологічна оцінка мінеральних добрив за впливом на ґрунтову систему: дис. ... д-ра с.-г. наук: 03.00.16 / Н.А. Макаренко. — К., 2002. — 377 с.
8. Добровольский В.В. Свинец в окружающей среде / В.В. Добровольский. — М.: Наука, 1987. — 181 с.
9. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. — М.: ЦИНАО, 1992. — 61 с.
10. Ґрунтознавство з основами геології / О.Ф. Гнатенко, М.В. Капштик, Л.Р. Петренко, С.В. Вітвицький. — К.: Оранта, 2005. — 648 с.
11. Полупан М.І. Класифікація ґрунтів України / М.І. Полупан, В.Б. Соловей, В.А. Величко. — К.: Аграрна наука, 2005. — 300 с.
12. Малишева Л.Л. Геохімія ландшафтів / Л.Л. Малишева. — К.: Либідь, 2000. — 472 с.
13. Паращенко І.В. Екотоксикологічна оцінка небезпечності свинцю в компонентах агроекосистеми: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 03.00.16 «екологія» / І.В. Паращенко. — К., 2009. — 21 с.
14. Єгорова Т.М. Еколого-геохімічні процеси міграції цинку в агроландшафтах України / Т.М. Єгорова // Агроекологічний журнал. — 2014. — № 3. — С. 14–22.
15. Єгорова Т.М. Наукові основи еколого-геохімічних процесів в агроландшафтах України: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук: 03.00.16 «екологія» / Т.М. Єгорова. — К., 2015. — 47 с.

### REFERENCES

1. Okhrana prirody (SSOP). Pochvy. Klassifikatsiya khimicheskikh veshchestv dlya kontrolya zagryazneniya [Conservation of nature (MTSOP). Soil. Classification of chemicals for pollution control]. (1985). *HOST-1985 1st of January 1985*. Moskva: Standartinform [in Russian].
2. Zhovinskii, E.Ia. & Kuraeva, I.V. (2002). *Geokhimiya tiazhelykh metallov v pochvakh Ukrainy [Geochemistry of heavy metals in soils of Ukraine]*. Kiev: Naukova dumka [in Russian].
3. Fatjejev, A.I. & Pashhenko, Ja.V. (2003). *Fonovyj umist mikroelementiv u ghruntakh Ukrainy [Base-*

- line content of microelements is in soils of Ukraine].* Kharkiv [in Ukrainian].
4. Kurayeva, I.V., Voytyuk, YU.YU., Matviyenko, O.V., Musich, O.V. Bioheokhimichni kryteriyi otsinky ekolohichnoho stanu gruntovoho pokryvu mis'kykh ahlomeratsiy [Biogeochemical criteria for assessing the ecological status of the soil cover of urban agglomerations]. *Poshukova ta ekolohichna heokhimiya — Search and ecological geochemistry*, 1, 16, 3–8 [in Ukrainian].
  5. Yehorova, T.M. (2009). *Landshaftna ekolohiia Ukrainy [Landscape ecology of Ukraine]*. Kamianets-Podilskyi: Vydavets Zvoleiko D.H. [in Ukrainian].
  6. Matviyenko, O.V. Kurayeva, I.V., Samchuk, A.I., Voytyuk, Yu.Yu. (2016). Ekoloho-heokhimichni doslidzhennya terytoriyi m. Shostka (Sumska oblast) [Ecological-geochemical studies of the territory of Shostka (Sumy region)]. *Poshukova ta ekolohichna heokhimiya — Search and ecological geochemistry*, 1, 17, 20–25 [in Ukrainian].
  7. Makarenko, N.A. (2002). Ahroekolohichna otsinka mineralnykh dobyv za vplyvom na gruntovu systemu [Agroecological estimation of mineral fertilizers after influence on the ground system otsinka mineral'nykh dobyv za vplyvom na gruntovu systemu]. *Doctor's thesis*. Kyiv [in Ukrainian].
  8. Dobrovolskyi, V.V. (1987). *Scynets v okruzhaiushchei srede [Lead is in an environment]*. Moskva: Nauka [in Russian].
  9. *Metodicheskiye ukazaniya po opredeleniyu tyazhelykh metallov v pochvakh sel'khozogodiy i produktsii ras-teniyevodstva [Methodical pointing on determination of heavy metals in soils of farmlands and products of plant-grower is]*. (1992). Moskva: CYNAO [in Russian].
  10. Ghnatenko, O.F., Kapshtyk, M.V., & Petrenko, L.R. (2005). *Ghruntoznvstvo z osnovamy gheologhiji [Ghruntoznvstvo with bases of geology]*. Kyiv: Oranta [in Ukrainian].
  11. Polupan, M.I., Solovej, V.B. & Velychko, V.A. (2005). *Klasyfikacija ghruntiv Ukrainy [Classification of soils of Ukraine]*. Kyiv: Aghrarna nauka [in Ukrainian].
  12. Malysheva, L.L. (2000). *Heokhimiya landshaftiv [Geochemistry of landscapes]*. Kyiv: Lybid [in Ukrainian].
  13. Parashchenko, I.V. (2009). Ekotoksykologichna otsinka nebezpechnosti svyntsiu v komponentakh ahroekosystemy [Ekotoksykologichna estimation of ununconcern of lead is in the components of agroecosystem]. *Extended abstract of Candidate's thesis*. Kyiv [in Ukrainian].
  14. Yehorova, T.M. (2014). Ekoloho-heokhimichni protsesy mihratsii tsynku v ahrolandshaftakh Ukrainy [Ecological-geochemical processes of zinc migration in agrolandscapes of Ukraine]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Ahroekological journal*, 3, 14–22 [in Ukrainian].
  15. Yehorova, T.M. (2015). Naukovi osnovy ekoloho-heokhimichnykh protsesiv v ahrolandshaftakh Ukrainy [Scientific bases of ecological-geochemical processes in agrolandscapes of Ukraine]. *Extended abstract of Doctor's thesis*. Kyiv [in Ukrainian].