

УДК 504.53

Калин Б.М., к.с.-г.н., Буцяк Г.А., к.с.-г.н.

Фоміна М.В., к.вет.н., Дашковський О.О., к.вет.н. ©

*Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького*

## ГРУНТ ЯК ПОЧАТКОВА ЛАНКА МІГРАЦІЇ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ЕКОСИСТЕМАХ

*Викладено основні питання надходження, міграції та розподілу важких металів у ґрунті як початковій ланці їх циркуляції. Розглянуто аспекти зміни окремих показників ґрунту і ґрунтової біоти під дією даних полютантів, а також захисні властивості ґрунтів.*

**Ключові слова:** ґрунт, важкі метали, екосистема, мікробоценози, рН ґрунту.

**Вступ.** Ґрунти займають особливе місце в біосфері, забезпечуючи її біологічну продуктивність. В той же час вони зазнають найбільшого антропогенного впливу, бо є однією з важливих ланок циркуляції забруднюючих речовин [2, 13, 28]. В ґрунтових умовах відбувається акумуляція і диференціація металів-забруднювачів: вони адсорбуються на поверхні ґрунтових частинок, входять до складу глинистих мінералів, утворюють власні мінерали, знаходяться в розчинному стані у ґрунтовій волозі і в газоподібному – у ґрунтовому повітрі, входять до складу органічних решток, зв'язуються з органічною речовиною, є складовою частиною ґрунтової біоти, розподіляються по ґрунтовому профілю [1, 4, 12, 14]. Нагромадження в ґрунті таких стабільних компонентів, як важкі метали, призводить до зміни його фізико-хімічних, фізичних і мікробіологічних показників [10, 27].

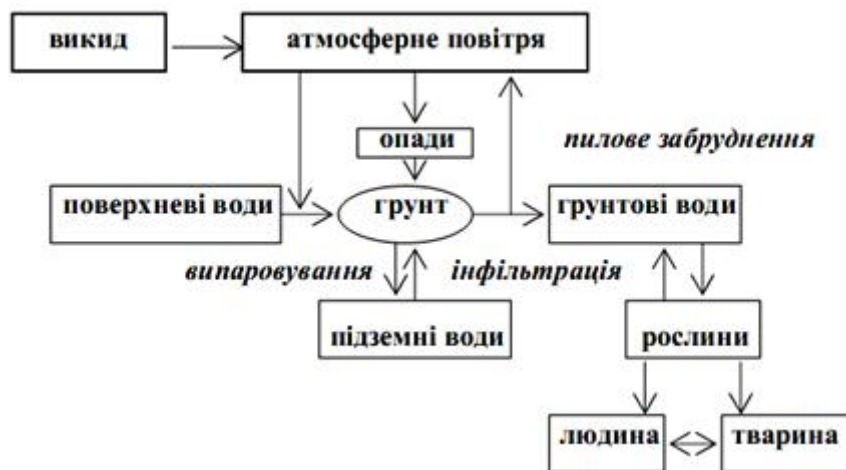
Потрапляючи в ґрунт, важкі метали нагромаджуються в ньому у значних кількостях [26]. Так, фоновий рівень вмісту нікелю у ґрунтах України становить 1,2-120 мг/кг, свинцю – 2-63 мг/кг [11, 24]. Проте негативний вплив на ґрунтовий біоценоз мають метали у рухомих формах [1], що зумовлюють токсичність і для ґрунтової біоти, і для рослин. ГДК для рухомих форм нікелю і свинцю становить лише 4 та 2 мг/кг сухого ґрунту відповідно [19]. Чим ширше співвідношення між рухомими і валовими формами важких металів, тим більша здатність ґрунтів протистояти їх негативному впливу та більша ймовірність зниження активності процесів міграції і транслокації [18].

Захисні властивості ґрунтів, що полягають у зв'язуванні надлишку шкідливих інгредієнтів, зумовлені їх буферною здатністю [4]. На слабо буферному ґрунті токсичність металів (Ni, Pb) проявляється вже, починаючи з триразового перевищення фонового їх вмісту [9].

Для більшості металів типовими формами міграції в ґрунтових розчинах є вільні катіони металу та розчинні металоорганічні комплекси. Ґрунти, які

мають велику ємність катіонного обміну і значну кількість органічної речовини, здатні нагромаджувати набагато більше важких металів, ніж піщані або бідні на гумус ґрунти. За стабільністю органо-мінеральні комплекси металів утворюють наступний ряд:  $Hg > Cu > Ni > Pb > Co > Zn > Cd > Fe > Mn$  [1, 28], що залежить від рН ґрунту. Проте, можна зустріти й інший порядок стабільності комплексів важких металів за їх потенційною рухомістю у ґрунтах, яка у більшості випадків зменшується у ряді:  $Cd > Mn > Zn > Ni > Pb > Cu$  [25].

У ґрунті важкі метали розподіляються по горизонтах відповідно до своєї міграційної здатності [13, 28]. Гумусовий горизонт має високу адсорбційну здатність до свинцю, максимальні його кількості зареєстровані у верхньому 15-ти сантиметровому шарі [21]. Щодо нікелю, то його розподіл по ґрунтових горизонтах нерівномірний – для нього характерна осциляція, проте тривале сільськогосподарське використання земель призвело до порушення природних кругообігів важких металів, що виявляється в зміні їхнього профільного розподілу, інтенсивності радіальної міграції та нагромадженні елементів у ґрунтах під ріллею (рис. 1) [8].



**Рис. 1. Міграція важких металів у агроєкосистемах**

Найчутливішою реакцією ґрунту на забруднення є його мікробіологічна та ферментна активність. Різноманітні сполуки важких металів впливають на біоту ґрунту неоднозначно, що залежить від концентрації самого забруднювача, фізико-хімічних властивостей ґрунту, розчинності сполук важких металів, біологічних особливостей та фенофази розвитку рослин [23]. Найбільш токсичними вважаються ртуть, кадмій, нікель, а менш токсичними – мідь, свинець.

Негативні зміни у мікробній спільноті ґрунтів простежуються вже при середньому рівні забруднення [16]. У надмірно забруднених ґрунтах чисельність мезо- і мікробіоти знижується, її метаболізм гальмується, і зрештою

всі організми можуть загинути [14]. Це приводить до сповільнення процесів гумініфікації, нітрифікації та азотфіксації [22].

Гумусний шар служить індикатором наявності свинцю в породах. У ґрунтах важкого механічного складу, з більш високим вмістом гумусу та обмінних основ, дія металів проявляється слабше, ніж в легких та бідних ґрунтах. Це пояснюється здатністю глинистих мінералів і органічної речовини до переведення металів у зв'язаний стан. Свинець у чорноземі не має значного впливу на азотфіксуючу активність навіть при високому його вмісті (10 мг/кг ґрунту), а в сіроземі при такому ж його вмісті спостерігалось її зниження. Однак, постійне надходження важких металів у ґрунт, навіть у малих кількостях, на протязі тривалого часу здатне призвести до значного нагромадження їх у профілі [1].

Оксидно-відновні процеси і реакція ґрунтового середовища різко змінюють поведінку важких металів у ландшафті [13]. Міграційна здатність нікелю в різко відновних умовах зменшується на 1-2 порядки порівняно з окиснювальними, а при рН 6,0 і менше – значно зростає [17]. Одночасно Ni та Pb спричиняються до підкиснення ґрунтового розчину в районах інтенсивного випадання. При цьому відбувається у 2-3 рази більше вимивання мінерального азоту, калію, заліза, фосфатів кальцію та легко окиснювальної органічної речовини [8].

Внесення мінеральних добрив, що містять домішки токсичних металів, також сприяє нагромадженню та зміні міграції останніх у ґрунті, збільшуючи доступність цих елементів для рослин. З-поміж важких металів, які надходять у ґрунт із добривами, найтоксичнішими є кадмій, нікель, мідь, цинк та свинець. Найбільше свинцю містять фосфатні добрива, нікелю – фосфатні та калійні. В 1 ц суперфосфату валовий вміст свинцю – 4,8, нікелю – 0,6 г. А в 1 кг сухої маси органічних добрив міститься: нікелю – 7,8–30 мг, свинцю – 6,6-15. За розрахунком агрохіміків [18] в ґрунт щорічно з міндобривами попадає 57,9 г свинцю та 8,5 г нікелю на 1 га орної землі.

Для сільськогосподарських угідь, що розташовані поблизу великих населених пунктів та промислових об'єктів існує ще одне значне джерело надходження важких металів – стічні води [5]. Через присутність в останніх досить значних концентрацій сполук азоту, фосфору та калію їх вносять у ґрунти, де вирощують сільськогосподарські культури, але вони містять при цьому значну кількість важких металів [14].

У ґрунтах підтримується співвідношення між формами сполук важких металів. Сумісне внесення Zn, Ni, Pb і Cd збільшує рухомість Zn і Cd в ґрунті, посилюючи їх надходження до рослин, що вказує на синергізм цих поліютантів [14, 15].

У ґрунті значна частина металів-забруднювачів сорбується і перерозподіляється за профілем, а деяка – поглинається рослинністю або виноситься з поверхневими і ґрунтовими стоками. Із забруднених ґрунтів важкі метали переходять у рослини, організм тварин і продукти харчування, а, отже, стають токсичними і для людини [6, 7].

Небезпека зазначених політантів полягає не лише у вираженій загальнотоксичній дії на живі організми [4, 12, 29], але і мутагенній [3, 20, 29]. Інтенсивність такого впливу може залежати від синергічних чи антагоністичних ефектів, спричинених іншими показниками, зокрема кислотністю [1]. При цьому ступінь ушкодження генетичного матеріалу біооб'єктів часто перебуває у тісній залежності з параметрами стану середовища існування [20].

**Висновки.** Важкі метали, потрапляючи у ґрунт нагромаджуються в ньому у великих кількостях, становлячи небезпеку для ґрунтової біоти, рослин і, зрештою для тварин та людей. Порівняно з багатьма забруднювачами, важкі метали не підлягають самоочищенню, вони змінюють лише рівень вмісту або форми зв'язків з компонентами ґрунту.

#### Література

1. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю.В. Алексеев. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 142 с.
2. Білявський Г.О. Екологічна оцінка агроландшафтів Львівської області / Г.О. Білявський, Г.І. Рудько // Агроекологія і біотехнологія: Зб. наук. праць Ін-ту агроекології і біотехнології УААН. – К.: Нора-прінт, 2000. – Вип. 4. – С. 36-43.
3. Богуславська Л. Вплив іонів важких металів на мітотичний індекс апікальної меристеми кореня кукурудзи (*Zea mays* L.) / Л. Богуславська, А. Тихомиров // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. – 2005. – Вип. 40. – С. 160–165.
4. Буцяк В.І. Екологічний моніторинг ведення тваринництва у біогеохімічних провінціях / В.І. Буцяк, Р.Й. Кравців, Г.А. Буцяк – Львів, 2005. – 254 с.
5. Влияние осадков сточных вод на содержание тяжелых металлов в почве и растениях / Н.А. Санягина, Б.В. Сульдин, А.Н. Туманова и др. // Гигиена и санитария. – 1994. – № 2. – С. 14-15.
6. Волошин Е.И. Загрязнение почвы тяжелыми металлами / Е.И. Волошин // Земледелие. – 1998. – № 3. – С. 22-24.
7. Гришина А.В. Транслокация тяжелых металлов и приемы детоксикации почв / А.В. Гришина, В.Ф. Иванова // Химия в сельском хозяйстве. – 1997. – № 3. – С. 36-40.
8. Дмитрук Ю.М. Геохімічні особливості ґрунтів агроландшафтів Передкарпаття / Ю.М. Дмитрук // Вісник аграрної науки. – 2005. – № 5. – С. 51-55.
9. До питання оцінки рівнів небезпеки забруднення ґрунтів важкими металами / А.І. Фатєєв, М.М. Мірошніченко, В.Л. Самохвалова та ін. // Вісник аграрної науки. – 1999. – № 10. – С. 59-62.
10. Екологічні та гігієнічні проблеми забруднення рухомими формами важких металів ґрунту промислових агломерацій Придніпров'я / С.М. Крамарьов, Е.А. Деркачов, О.А. Шевченко та ін. // Довкілля і здоров'я. – 2004. – № 1 – С. 24-27.
11. Жовинский Э.Я. Геохимия тяжелых металлов в почвах Украины / Э.Я. Жовинский, И.В. Кураева. – К.: Наук. думка, 2002. – 216 с.

12. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния окружающей среды / Ю.А. Израэль. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 560 с.
13. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение / В.Б. Ильин. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1991. – 151 с.
14. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М.: Наука. – 1989. – 484 с.
15. Калин Б.М. Оцінка рівня хімічного забруднення ґрунтів різнофункціональних зон урбоєкосистеми / Б.М. Калин, Г.А. Буцяк // Наук. вісник ЛНУВТ та БТ ім. С.З. Гжицького, Львів, 2012. – Том.14. - №3. – Ч. 2. – С. 332-336.
16. Кунах О.Н. Экологическое разнообразие животного населения почвы в условиях загрязнения среды тяжелыми металлами / О.Н. Кунах. // Экологія та ноосферологія. – 2005. – Т. 16, № 3-4. – С. 188-201.
17. Кураева И.В. Формы нахождения тяжелых металлов в почвах техногенно-загрязненных территорий / И.В. Кураева. // Мин. журн. – 1997. – № 6. – С.53-57.
18. Макаренко Н.А. Контроль за вмістом важких металів у ґрунті / Н.А. Макаренко. // Вісник аграрної науки. – 2001. – № 4. – С. 55-57.
19. Методика моніторингу земель, що перебувають в кризовому стані / За ред. В.В. Медведєва, Т.М. Лактіонової. – Харків, 1998. – 88 с.
20. Миленка М. Цитогенетична оцінка стану ґрунтів бурштинської урбоєкосистеми / М. Миленка. // Вісник Львів. ун-ту, Серія біологічна. – 2009. – Вип. 49. – С. 128-137.
21. Овчаренко М.М. Подвижность тяжелых металлов в почве и доступность их растениям / М.М. Овчаренко. // Аграрная наука. – 1996. – № 3. – С. 39-41.
22. Рижук С.М. Нагромадження важких металів і радіонуклідів в органогенних ґрунтах та сільськогосподарських культурах / С.М. Рижук. // Вісник ДААУ. – Житомир, 2000. – № 10. спец.вип. – С. 120.
23. Токсична і мутагенна активність важких металів – забруднювачів ґрунту / Г.О. Іутинська, З.В. Петруша, В.А. Іваниця та ін. // Современные проблемы токсикологии. – 2000. – № 2. – С. 53-56.
24. Установление уровней содержания тяжелых металлов в почвах Украины / М.П. Вашкулат, В.И. Пальгов, Д.Р. Спектор и др. // Довкілля та здоров'я. – 2002. – № 2. – С. 44-46.
25. Фокин А.Д. Роль растений в перераспределении вещества по почвенному профилю / А.Д. Фокин. // Почвоведение. – 1999. – № 1. – С. 125-133.
26. Функціонування мікробних ценозів ґрунту в умовах антропогенного навантаження / К.І. Андреюк, Г.О. Іутинська, А.Ф. Антипчук та ін. – К.: Обереги, 2001. – 239 с.
27. Чмиленко Ф.О. Особливості екологічного контролю вмісту важких металів у чорноземах України / Ф.О. Чмиленко, Н.М. Смітюк, П.К. Охмат. // Вісник Дніпропетровського держ. аграр. ун-ту. – 2005. – № 1. – С. 28-32.

28. Heavy metals in Lithuania's soils and plants / J. Mazvila, T. Adomaitis, L. Eitminavichius et al. // J. of Agriculture. – 2001. – Vol. 73. – P. 64–90.
29. Fiskesjo G. The Allium-test – an alternative in environmental studies the relative toxicity of metal ions / G. Fiskesjo. // Mutat. Res. 1988. N 197. P. 243–260.

### Summary

**B. Kalyn, A. Butsiak, Fomina M., Dashkovskyy O.**

*Lviv national university of veterinary medicine and biotechnologies named after S.Z. Gzhytskyj*

### **SOIL AS A FIRST LEVEL MIGRATION OF HEAVY METALS IN ECOSYSTEMS**

*The basic issue receipts, migration and distribution of heavy metals in the soil as the primary unit of their circulation. The aspects of changes in individual indicators of soil and soil biota under this pollutants and protective properties of soils.*

**Key words:** soil, heavy metals, ecosystem, mikrobocenosis, pH of soil.

Рецензент – д.с.-г.н., професор Параняк Р.П.