

Я.М. Гумницький, В.В. Сабадаш, Г.А. Тижбір
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра екології та охорони навколишнього середовища

МІГРАЦІЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ҐРУНТОВОМУ СЕРЕДОВИЩІ

© Гумницький Я.М., Сабадаш В.В., Тижбір Г.А., 2008

Проаналізовано проблему забруднення ґрунтового середовища важкими металами. Проведено експериментальні дослідження для оцінки міграції важких металів по вертикальному профілю ґрунту залежно від рН ґрунтового розчину.

The problem of the soil environment pollution by heavy metals is analysed . Experimental researches for estimation of migration of heavy metals on the vertical floor profile depending on the pH of ground solution were carried out.

Постановка проблеми та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Важкі метали (ртуть, свинець, кадмій, цинк, мідь, миш'як) належать до складу розповсюджених і доволі токсичних забруднювальних речовин. Вони поширені на різноманітних промислових підприємствах, тому, незважаючи на очисні заходи, вміст сполук важких металів у промислових стічних водах доволі високий. Великі маси цих сполук потрапляють до океану через атмосферу. У районах, забруднених промисловими водами, концентрація їх у розчині та суспензіях дуже підвищується. Свинець – типовий розсіяний елемент, що міститься в усіх компонентах оточуючого середовища: у гірських породах, ґрунтах, природних водах, атмосфері, живих організмах. Свинець активно розсіюється в оточуючому середовищі під час господарської діяльності людини. Це викиди з промисловими та побутовими стоками, з димом і пилом промислових підприємств, із вихлопними газами двигунів внутрішнього згоряння. Міграційний потік свинцю з континенту в океан йде не лише з річковими стоками, але й через атмосферу. З континентальним пилом океан отримує 20–30 т свинцю на рік.

Міграція важких металів у ґрунтах обумовлюється процесами молекулярної та турбулентної дифузії. У рідині іони металів переносяться переважно конвективною та молекулярною дифузією. Отже, в навколишньому середовищі, що являє собою рідину та дуже зволожений ґрунт, спостерігатиметься порівняно рівномірний розподіл хімічних елементів. У таких умовах іони важких металів швидко просуваються по профілю ґрунту та становлять величезний ризик для довкілля. Навпаки, в інертному зернистому середовищі, що моделює ґрунт, існує молекулярна дифузія екстрагованої речовини. Процес перебігає дещо повільніше, ніж в рідинному середовищі, внаслідок меншого значення коефіцієнта молекулярної дифузії.

Проте, крім особливості дифузійних процесів, залежно від типу ґрунтів на міграцію важких металів мають вирішальний вплив кислотно-основні властивості ґрунтів та вміст гумусу. Ці властивості насамперед визначають стійкість ґрунтів до важких металів. Отже, відповідно до типу ґрунту та кількості опадів у забруднених важкими металами районах існує ризик забруднення не тільки глибинних шарів ґрунтів, але й підземних та поверхневих вод [1].

Мета роботи – експериментальне дослідження механізмів міграції важких металів залежно від рН ґрунтового розчину, відтворивши реальні метеорологічні умови Львівської області.

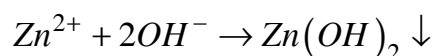
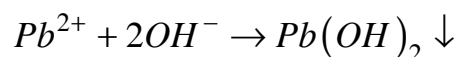
Аналіз останніх досліджень та публікацій. Попередньо проводилися дослідження процесу міграції мінеральних добрив по профілю ґрунту для прогнозування забруднення ґрунтового середовища залишками мінеральних добрив [2, 3].

Для подальшого дослідження міграції забруднень у ґрунтовому середовищі проводили дослідження міграції сполук важких металів у ґрунтовому середовищі залежно від фізико-хімічних показників ґрунтового розчину.

Для умов експериментальних досліджень біло відтворено середню кількість опадів для Львівської обл. станом на жовтень. Це було пов'язано з тим, що у цей період спостерігається значна кількість опадів та практично повна зупинка метаболізму рослин, яка призводить до безперешкодного проникнення забруднень у гідросферу.

Для проведення експериментальних досліджень у ґрунтове середовище вносили солі важких металів у кількості, що відповідає ГДК для певного іона металу, а саме: Pb^{2+} 20 мг/кг ґрунту та Zn^{2+} 150 мг/кг ґрунту. Дослідження міграції іонів важких металів проводили за значень рН ґрунтового розчину 5, 7 та 10. Відповідну кислотність середовища створювали за допомогою універсальної буферної суміші [2].

Аналізуючи дані експериментальних досліджень, зрозуміло, що на міграцію важких металів у довкіллі істотний вплив має рН середовища. Як бачимо з рис. 1 і 2 за збільшення рН досліджуваного середовища зменшується концентрація досліджуваних елементів у фільтраційній рідині. Це пояснюється тим, що у лужному середовищі важкі метали мають здатність утворювати нерозчинні гідроксиди:



Порівнюючи концентрацію іонів свинцю та цинку в умовах експериментів, бачимо, що концентрація свинцю була нижчою за концентрацію цинку на всіх етапах досліджень. Це легко пояснити, провівши розрахунок очікуваного рН для початку осадження Pb^{2+} та Zn^{2+} .

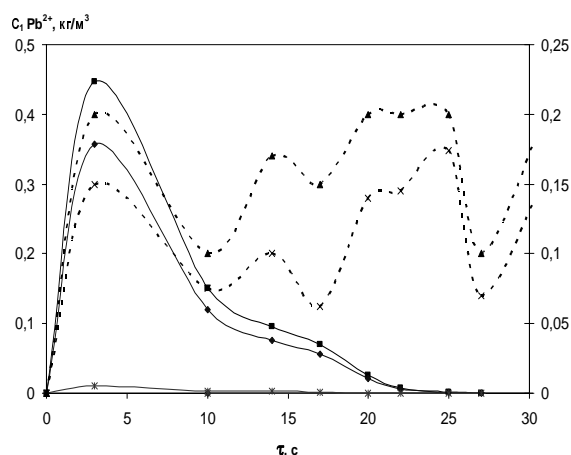


Рис. 1. Кінетика дифузії Pb^{2+} у ґрунтовому середовищі:

▲ – кількість опадів, m^3 ; x – об'єм фільтрату m^3 ;
■ – концентрація Pb^{2+} при рН=5; ◆ – концентрація Pb^{2+} при рН=7; * – концентрація Pb^{2+} при рН=10

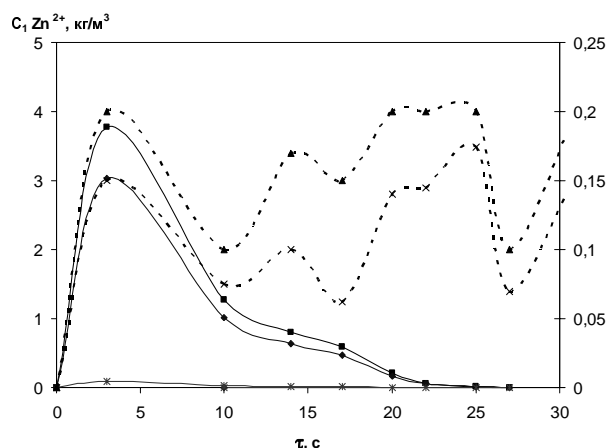


Рис. 2. Кінетика дифузії Zn^{2+} у ґрунтовому середовищі:

▲ – кількість опадів, m^3 ; x – об'єм фільтрату m^3 ;
■ – концентрація Zn^{2+} при рН=5; ◆ – концентрація Zn^{2+} при рН=7; * – концентрація Zn^{2+} при рН=9

Якщо добуток розчинності $Pb(OH)_2$ дорівнює $1,4 \cdot 10^{-20}$, концентрація Pb^{2+} в ґрунтовому розчині на початку експерименту дорівнює 0,02 моль/л, то, виходячи з цього, рН початку осадження свинцю буде:

$$[Pb^{2+}] [OH^{-}]^2 = DP_{Pb(OH)_2} = 1,4 \cdot 10^{-20}$$

$$pH = 14 - pOH = 14 - \left(-\lg \sqrt{\frac{DP}{[Pb^{2+}]}} \right) = 14 - \left(-\lg \sqrt{\frac{1,4 \cdot 10^{-20}}{0,02}} \right) = 5.$$

Якщо добуток розчинності $Zn(OH)_2$ дорівнює $6.86 \cdot 10^{-17}$, концентрація Pb^{2+} в ґрунтовому розчині на початку експерименту дорівнює 0,05 моль/л, то, виходячи з цього, рН початку осадження цинку буде:

$$[Zn^{2+}] [OH^-]^2 = DP_{Pb(OH)_2} = 6.86 \cdot 10^{-17};$$

$$pH = 14 - pOH = 14 - \left(-\lg \sqrt{\frac{DP}{[Zn^{2+}]}} \right) = 14 - \left(-\lg \sqrt{\frac{6.86 \cdot 10^{-17}}{0.05}} \right) = 6.56.$$

Згідно з розрахунковими даними бачимо, що за фіксованих значень рН свинець буде швидше осаджуватись, ніж цинк, та є менш рухливим у ґрунтовому розчині, що було підтверджено експериментально.

Висновки. Процеси дифузійного поширення важких металів у довкіллі без сумніву створюють потенційну небезпеку для нього, а саме: забруднення ґрунтів, гідросфери важкими металами тощо. Природа і ступінь стійкості ґрунтів по відношенню до забруднювальних речовин визначається природою хімічних зв'язків, які утворюються між забруднювальними речовинами в складі ґрунтового розчину і в складі рівноваги з ними рухливих сполук в твердій фазі ґрунту. Тут можливий одночасний перебіг деяких хімічних реакцій: осадження – розчинення забруднювальних речовин у формі важкорозчинних осадів (гідроксиди, солі, комплексні сполуки), обмінна і необмінна сорбція-десорбція на активній поверхні твердих фаз ґрунту. Досліджено, що водневий показник середовища має величезний вплив на міграцію важких металів у ґрунтовому середовищі, що обумовлюється різною розчинністю їх сполук залежно від рН ґрунтового розчину – зі збільшенням рН зменшується концентрація рухомих форм металу у ґрунтовому розчині.

1. Запольський А.К., Салюк А.І. *Основи екології: Підручник / За ред. К.М. Ситника.* – К.: Вища шк., 2001. – 358 с. 2. Мельничук В.В., Гумницький Я.М., Нагурський О.А. *Дослідження міграції добрив у навколишньому середовищі // Екотехнологии и ресурсосбережение.* – 2005. – № 2. – С. 48–51. 3. Гумницький Я.М., Сабадаш В.В., Люта О.Н., Гебій О.В. *Дослідження міграції мінеральних добрив у ґрунтовому середовищі // Вісн. Нац. ун-ту “Львівська політехніка”.* – 2007. – № 590. – С. 246–250.