

Еколого-геохімічні і санітарно-гігієнічні аспекти вивчення геохімії цинку

Андрієвська О. А.

Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення НАН України, Київ

Викладені основні відомості про цинк, які визначають його санітарно-гігієнічне нормування.

Здавна відомий людству цинк є досить розповсюдженим у природі металом – його кларк у земній корі становить близько 0,008 %, і належить до істотних компонентів організмів [3]. Металогенічний потенціал його оцінюється для континентів у 1 млрд тонн, для океанів, вочевидь, він ще вищий.

Цинк є типовим мінералогенним елементом – на сьогодні відомо майже півтори сотні його мінералів, приналежних до різних груп. Геохімічно цинк найбільш подібний до заліза, міді, кадмію, які є звичайними його супутниками при утворенні родовищ. Інші можливі елементні асоціації визначені для цинку, як і для інших елементів, його оточенням у системі Менделєєва. Серед них і токсичні: скандій, ітрій, срібло, стронцій, талій, ртуть.

Особливо багато супутніх високотоксичних компонентів містять сульфідні мінерали цинку з свинцево-цинкових, поліметалічних, колчеданних родовищ. Крім власних родовищ, цинк може також утворювати рудні скупчення у родовищах інших металів, так само виступаючи носієм токсикантів, передовсім у залізорудних і марганцевих родовищах.

Хімічні властивості цинку, зокрема високий (як у ртуті і кадмію) ентропійний ефект переведення у одноатомну пароподібну форму, визначають його порівняно легке надходження з рудних мінералів до інших компонентів довкілля. Висока розчинність оксидів і гідроксидів, хлоридів, сульфатів і карбонатів забезпечує високу рухомість цинку у природних розчинах. Разом з цим значна стабільність металоорганічних комплексів, стійкість біокомплексів визначають, очевидно, токсичність цинку.

Порівняно висока розчинність цинку, його здатність виноситись практично за будь-яких умов гіпергенезу з зон окислення рудних родовищ уже понад півстоліття використовується при геолого-пошукових роботах. Цинк утворює значні за площею, стабільні і контрастні гідро- і літогеохімічні ореоли. Особливо ефективною є методика, яка базується на визначенні вмісту рухомих форм цинку і інших важких металів [2].

Ця пошукова методика останнім часом використовується і при вивченні техногенного впливу на навколишнє середовище. Ефективність такого підходу при дослідженні заповідних територій, сільськогосподарських угідь, урболандшафтів доведена багатьма українськими вченими [2]. При цьому цинк є одним із найпридатніших елементів-індикаторів при вирішенні екологічних задач, оскільки супроводжує майже всі технологічні процеси: видобуток багатьох видів руди, їхнє збагачування і переробка, він входить до складу "хвостів" руд і шлаків, стічних і промивних вод; відходів машинобудівництва і нафтохімічної промисловості, цементних заводів, виробництві пластмас і електротехнічних виробів, олійних і лакових фарб, антисептиків і фунгіцидів, скла і паперу [3]. Потужними джерелами цинку є також кам'яновугільні ТЕС і заводи по спалюванню побутового сміття.

У літосфері і ґрунті середній вміст цинку становить близько 50 мг/кг, при коливанні його у незабруднених ґрунтах від 10 до 300. Питомий вміст рухомих форм залежить від кислотно-лужних умов середовища: у нейтральних і лужних ґрунтах становить 0,2–1, у кислих може сягати 2–10 %.

ГДК його рухомих форм у ґрунтах – 23 мг/кг. Вміст цинку у ґрунтових і поверхневих водах становить близько $1 \cdot 10^{-6}$ – $1 \cdot 10^{-3}$ %. У рослинах, залежно від властивостей ґрунту і фізіології рослин зазвичай коливається в межах $1 \cdot 10^{-4}$ – $1 \cdot 10^{-2}$ % [4].

Токсичність елемента визначена його природою, дозою і молекулярною формою. Максимальною токсичністю характеризуються хімічно активні, координаційно ненасичені іони, до яких належать іони металів.

Хімічна структура сполук цинку у ґрунтових розчинах різноманітна і недостатньо вивчена. Однак встановлено, що у вигляді гексаакваіону $[Zn(H_2O)_6]^{2+}$ він утворює сполуки або іонні пари із заміщенням молекул на відповідні ліганди. У системі $(Zn-CO_2-H_2O)$ вільна форма переважає за рН менше 7,7, $Zn(OH)^+$ домінує від рН 7,7 до 9,1. За більшого значення рН переважають форми $Zn(OH)_2$ або $Zn(OH)_4^{2-}$. Вміст інших форм залежить від значення рН і складу розчину, роз-

чинність зростає тільки за кислих умов, але й за наявності значного вмісту низькомолекулярних органічних лігандів. Органічні комплексні сполуки можуть складати від 28 до 99 % при загальному вмісті цинку менше 0,2 мг/л [3].

Вміст цинку у рослинах контролюється їхнім метаболізмом. Форми поглинання його різні, але переважають гідратовані форми і хелати. Діапазон вмісту цинку, при якому нормально розвиваються рослини, дуже широкий – від 3,9 до 229 мг/кг сухої речовини [3]. Культурні рослини по відношенню до цинку можна розділити на три групи: дуже чутливі (кукурудза, хміль, виноград, плодови, цитрусові); середньочутливі (бобові, цибуля, картопля, ягідні тощо); малочутливі (зернові, морква). Нестача цинку найчастіше встановлюється у рослин на піщаних і карбонатних ґрунтах. Мало також доступного для рослин цинку у торфових типах ґрунтів. У рослин нестача цинку негативно впливає на розвиток вегетативних органів, здебільшого на формування насіння. Підвищений вміст фосфору і азоту підсилює ознаки нестачі цинку у рослинах. Тому при внесенні фосфорних добрив необхідно додаткове внесення сполук цинку.

В організмі людини більшість цинку знаходиться у тканинах м'язів при загальному середньому вмісті 1,4–2,4 г. Токсична доза становить 150–600 мг, разова летальна – 6 г.

Із дефіцитом цинку пов'язано близько 20 хвороб людини [1], серед яких затримка росту і розвитку, порушення статевих функцій, шкіряних покривів тощо.

Він належить до числа сильно патологічних елементів. Це пояснюється тим, що цинк входить до складу металлоферментів і нуклеїнових кислот, більшість іонів цинку встановлена у еритроцитах. Роль його у складі ферментів полягає або у безпосередньому зв'язуванні і поляризуванні субстрату, або у непрямому впливові через зв'язану воду чи гідроксоіон (як у випадку звичайних кислотно-основних каталізаторів і нуклеофілів). Цинквмісні ферменти впливають на метаболізм вуглеводів, ліпідів, білків, нуклеїнових кислот (ДНК та РНК). Очевидно, хоча й остаточно не доведено, що він відіграє важливу роль у підтримці мембранних структур і функцій, а також у регулювання генів.

Надлишковий вміст цинку може розбалансувати метаболічну рівновагу інших елементів, зокрема інгібувати абсорбцію міді і заліза. При одночасному надлишку цинку і нестачі кальцію і фосфору, суттєво затримує ріст скелету.

Таких фактів можна навести багато і всі вони однозначно свідчать про необхідність врахування змін вмісту цинку під час проведення агроекологічних і медико-біологічних міроприємств, визначення природного вмісту цинку у ґрунтах різних типів, ступеня забруднення різних ландшафтів. Це вимагає виявлення закономірностей розподілу цинку у системі ґрунт–розчин–рослина, що дозволить розробляти міроприємства з очищення й покращення стану ґрунтів, давати рекомендації щодо внесення добрив за різних ландшафтно-геохімічних умов і вирощування екологічно чистої продукції.

1. Авцын А. П., Жаворонков А. А., Риж М. А. Микроэлементы человека. – М.: Медицина, 1991. – 496 с.
2. Жовинский Э. Я., Кураева И. В. Геохимия тяжелых металлов в почвах Украины. – К.: Наукова думка, 2002. – 214 с.
3. Иванов В. В. Экологическая геохимия элементов. В 6-ти т. – М.: Экология, 1996. – т. 4. – 480 с.
4. Ильин В. Б. Тяжелые металлы в системе почва–растение. – Новосибирск: Наука, 1991. – 148 с.

Изложены основные сведения о цинке, влияющие на его санитарно-гигиеническое нормирование.

This article deal with basis information of zinc, which influence of it sanitary hygienic normal.