

УДК 631.41(292.452)

ЦИНК У ШПИЛЬКАХ ЯЛИЦІ БІЛОЇ ЯК ІНДИКАТОР ТЕХНОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ (НА ПРИКЛАДІ ЧОРНОГІРСЬКОГО МАСИВУ КАРПАТСЬКОГО БІОСФЕРНОГО ЗАПОВІДНИКА)

П.С. Папарига

Карпатський біосферний заповідник Міністерства екології та природних ресурсів України
90600, вул. Красне Плесо, 77, Рахів, Україна

У результаті проведених досліджень встановлено кореляційні зв'язки між значеннями вмісту хімічних елементів у ґрунтах та в голках найбільш поширених дерев шпилькових порід (сосна гірська, ялиця біла, смерека європейська) на техногенно забрудненій та умовно чистій ділянці. Встановлено фоновий вміст елементів у ґрунтах та шпильках хвойних дерев. Визначено, що саме шпильки ялиці білої є найінформативнішим індикатором для виявлення техногенного забруднення.

Вступ. Важкі метали відіграють важливу роль у фізіологічних, біо- та геохімічних процесах, що відбуваються у ґрунті. Вони визначають оптимальні умови існування живих організмів та біологічну продуктивність.

Одним з таких елементів є цинк.

Цинк – один з головних мікроелементів, він входить до складу ферментів, що обумовлюють і регулюють багато життєвих процесів, бере участь у синтезі рибонуклеїнових кислот, необхідний для синтезу хлорофілу. Цинкоутримуючі ферменти беруть участь у вуглеводному та фосфатному обміні [3].

Цинк активно поглинається рослинністю: глобальний коефіцієнт біологічного поглинання цинку становить 12, а свинцю, наприклад, лише трохи перевищує одиницю.

Цинк та його сполуки надходять до ґрунту з природних і техногенних джерел. Ступінь рухомості елемента залежить від його хімічних і фізичних властивостей, а також фізико-хімічних параметрів середовища.

У науковій літературі даних про вплив мікроелементів на дерева дуже мало, часто вони суперечливі. Однак відомо, що брак і надлишок мікроелементів істотно впливають на фотосинтез. Встановлено, що дефіцит N, P, K, Mg, S, Ca, Fe, Mn, Cu, B, Zn, Mo негативно впливає на швидкість фотосинтезу [3], отже і на загальний стан лісу. Водночас, цинк підвищує стійкість рослин до сухих і спекотних погодних умов.

Є багато свідчень того, що коренева система рослин вибірково активно поглинає мікроелементи у рухомих формах з ґрунтів. Найбільш доступні

рослинам адсорбовані на глинистих мінералах мікроелементи, тоді як фіксовані на оксидах та пов'язані з мікроорганізмами значно менш доступні [4]. Хімічний склад рослин відображає в цілому елементний склад середовища росту.

Завдяки лісам очищується атмосфера, рослини вилучають з повітря озон, цементний пил, сажу, свинець, окиси азоту та інші елементи. Мікроелементи (токсиканти) потрапляють до ґрунту внаслідок опадів листя та глині або змиву з їх поверхні.

У приземному шарі повітря над територією, вільною від техногенного впливу, концентрація цинку зазвичай становить від 2 до 70 мг/м³, тобто над площею в 1 км² в шарі атмосферного повітря висотою 1 км знаходиться від 2 до 70 г металу [5]. Деяка кількість цинку надходить в атмосферу з мінеральним пилом.

Рослини легко поглинають форми цинку, розчинені у ґрунтових розчинах, але вміст залежить від багатьох чинників.

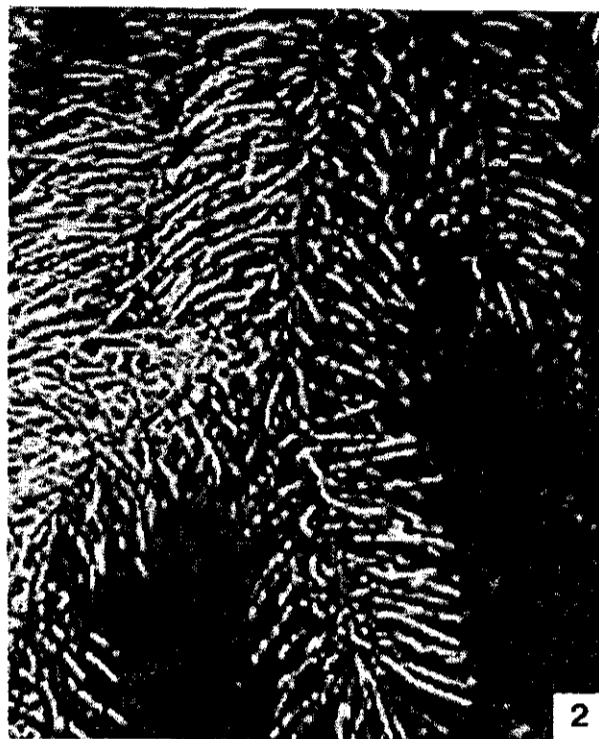
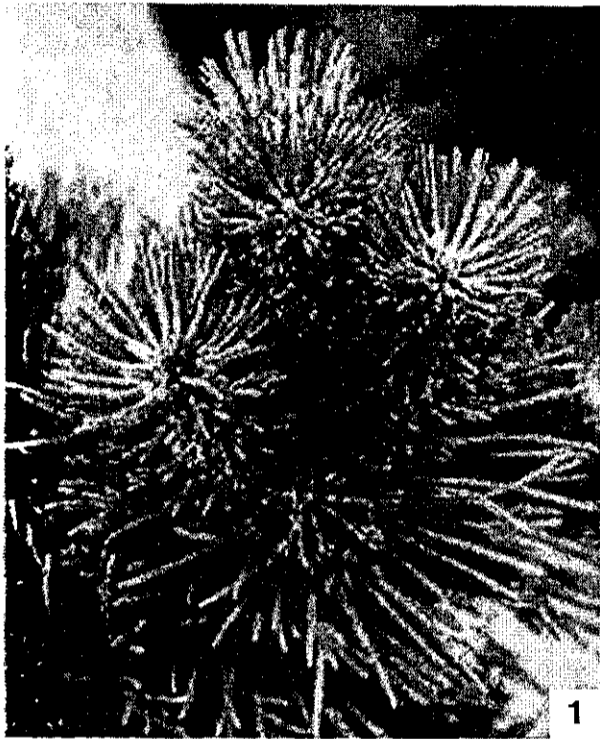
Мета дослідження – встановити особливості поглинання цинку деревами шпилькових порід із ґрунтів та визначити найбільш інформативні для встановлення техногенного забруднення види дерев.

Об'єкт дослідження – ґрунти та дерева шпилькових порід Чорногірського масиву Карпат, розташованого у межах Карпатського біосферного заповідника.

Проведено дослідження хвойних дерев. Відібрано по 30 зразків шпильок (зі смереки європейської, ялиці білої, сосни гірської) з висоти 500–1300 м (рис. 1).

Смерека – одне з найпоширеніших у Карпатах дерев, близько 40 % усіх гірських лісів – смере-

© П.С. Папарига, 2011



кові. Мішані ліси представлені переважно смерекою з ялицею та буком. Вище 1250 м ці більш теплолюбиві дерева зникають, і ліси стають смерековими. Коренева система смереки та ялиці пристосована до кам'янистих малопотужних ґрунтів. Практично всі корені розташовані у приповерхневому шарі ґрунту, але розгалужуються та простягаються далеко, часто корені сусідніх дерев переплітаються між собою. Глища смереки та ялиці чотирикутна в перерізі, довжина голок до 2,5 см, при чому голки смереки європейської ростуть практично по спіралі, з усіх боків гілки, що відрізняє її від ялиці білої [6], голки якої ростуть з двох боків гілок.

Шпильки сосни європейської ростуть щільно, на укорочених пагонах по дві голки довжиною 4–7 см разом. Коренева система стержнева.

Предмет дослідження – вміст хімічних елементів у ґрунтах та шпильках хвойних дерев.

Методи та методика досліджень. Представлений в роботі аналітичний матеріал отримано за допомогою сучасних фізичних і хімічних методів аналізу: емісійного спектрального (у різних його модифікаціях), атомної абсорбції, потенціометричного та ін. Аналіз порід, ґрунтів, рослин (висушених і озолених), та сухого залишку води проведено за допомогою емісійного спектрального методу на спектрографі СТЕ-1 шляхом поперемінного фотографування проби та робочого стандарту в процесі однієї експозиції з застосуванням напівавтоматичної приставки ВУСА-5. Визначення вмісту валового і рухомих форм мікроелементів у ґрунтах, ґрун-

Рис. 1. Різновиди дерев шпилькових порід: 1 – сосна гірська, 2 – смерека європейська, 3 – ялиця біла

тових розчинах та воді проведено за допомогою методу атомної абсорбції на спектрофотометрах С-115, "Сатурн-3" в Інституті геохімії, мінералогії і рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України.

Відбір зразків ґрунту та рослинності (шпильки смереки європейської, сосни гірської та ялиці білої) проведено на площі Чорногірського масиву (висота 1000–1300 м).

Природні умови району робіт. Досліджувана територія складена породами флішової формації, породами мезозою (крейдовий період) та кайно-

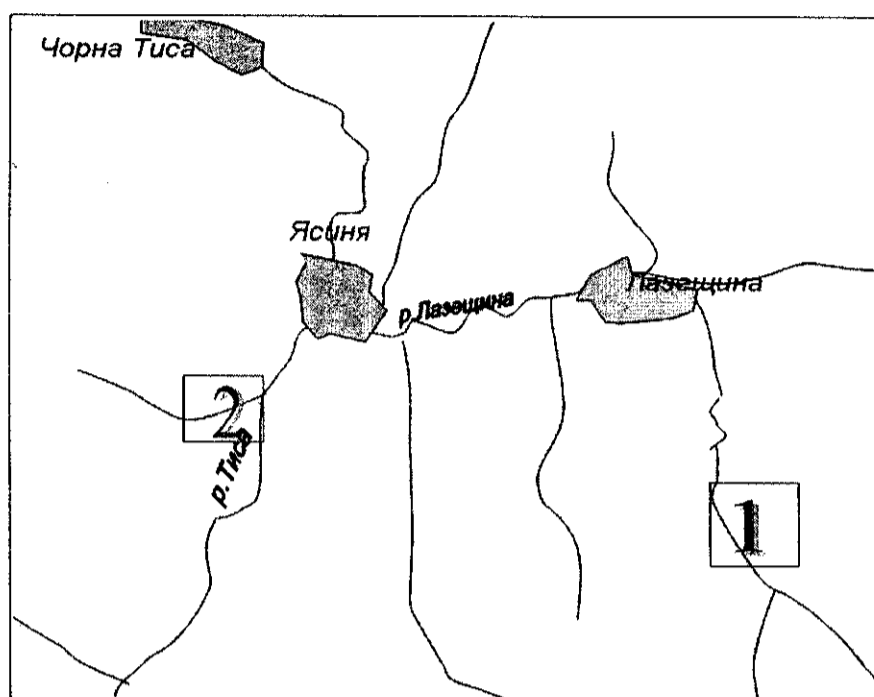


Рис. 2. Схема розташування ділянок робіт. 1 – ділянка "Праліс", 2 – ділянка "Ясіння"

зою (палеогеновий період). У гірській частині переважають бурі гірсько-лісові ґрунти ($pH\ 4-6$) [1, 2]. Ґрунтоутворення відбувається за буроземним типом – в умовах вологого клімату під деревною рослинною формацією на добре дренованих щесбнюватих, збагачених первинними мінерала-

ми породах – елювії та делювії карпатського флішу, метаморфічних і магматичних порід.

Результати та обговорення. Геохімічні дослідження проводили на екологічно чистій (Праліс) та техногенно забрудненій (Ясіння) ділянках (рис. 2).

Ділянка Праліс належить до середньогірного рослинно-кліматичного висотного поясу (1100 м), ділянка Ясіння – до низькогірного (550 м).

У ґрунтах встановлено вміст рухомих форм хімічних елементів. Ті форми, що легко переходять до водного розчину отже, є доступними для рослин, і є найбільш інформативними для визначення поведінки хімічних елементів у трофічному ланцюгу [4].

Для визначення екологічного стану ґрунтів найбільш ефективним показником буде сумарний (валовий) вміст елементів. Фоновий вміст хімічних елементів у ґрунтах наступний, мг/кг: Pb – 60,0; Cu – 4,0; Ni – 40,0; Co – 4,0; Cr – 20,0; Zn – 60,0; Ag – 1,0; Sn – 2,0.

Низький вміст цинку у ґрунтах пояснюється наявністю кальцію, що сприяє утворенню малорозчинних сполук цинку, отже, знижує його рухомість. Щоб дослідити закономірності розподілу валового вмісту хімічних елементів на ділянках необхідно було визначити, які елементи взаємозв'язані у ґрунтах, тобто виявити кореляційні зв'язки (парну кореляцію) між значеннями їх вмісту.

Щільність зв'язку між ознаками вимірюється за допомогою коефіцієнта кореляції. Для кожної ділянки було побудовано графіки кореляційних зв'язків (рис. 3).

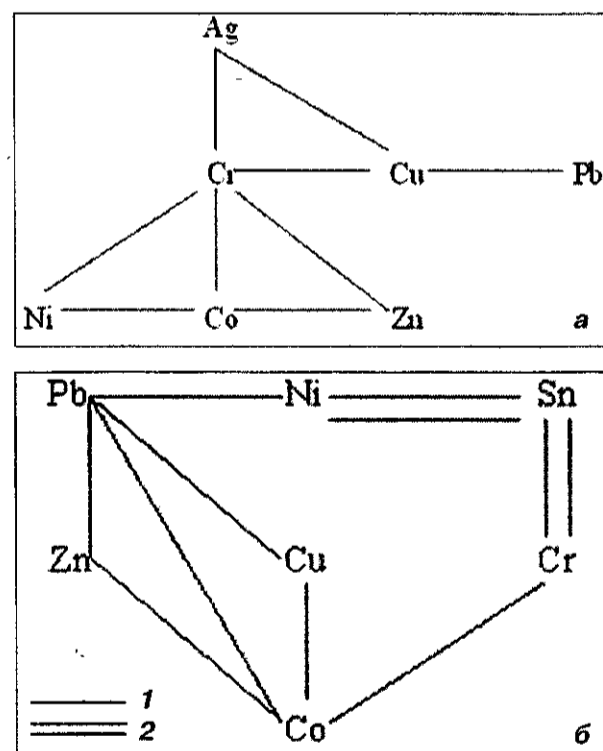


Рис. 3. Графіки кореляційних зв'язків хімічних елементів у ґрунтах ділянок: а – Праліс, б – Ясіння; кореляційний зв'язок: 1 – позитивний ($> 0,7$), 2 – кореляційний зв'язок негативний ($< 0,7$)

Цинк у шпильках ялиці білої як індикатор техногенного забруднення

Фоновий вміст важких металів у хвойних деревах Чорногірського масиву, мг/кг

Тип рослини (шпильки)	Кількість проб	Pb	Cu	Ni	Co	Cr	Zn	Ag	Sn
Сосна гірська	30	4,70	6,20	1,60	0,20	2,00	30,50	0,10	0,50
Смерека європейська	27	2,30	5,30	2,10	0,20	1,40	24,80	0,10	0,20
Ялиця біла	32	1,20	3,20	0,80	0,10	0,80	10,80	0,00	0,20

Діапазон значень коефіцієнтів парної кореляції було розділено на інтервали: висока – більше 0,7, та низька від 0,5 до 0,7. Негативні інтервали теж розділено таким же чином. Для побудови кореляційних схем було взято високі позитивні та високі негативні інтервали.

Завдяки аналізу кореляційної схеми валового вмісту хімічних елементів на умовно чистій ділянці Праліс встановлено позитивні зв'язки. Найважливіша позитивна кореляція (Ag–Cr–Cu–Ni–Co–Zn, Cu–Pb) вказує на існування двох груп елементів різного походження: успадкованих від ґрунтоутворювальних порід, та елементів техногенного накопичення у верхніх шарах ґрунту. Зстанні надходять, вочевидь, внаслідок з трансграничного перенесення атмосферного забруднення. Майже горизонтальний рельєф ділянки суттєво уповільнює їх змив.

Аналіз кореляційної схеми валового вмісту хімічних елементів на забрудненій ділянці Ясиня дозволив встановити позитивну кореляцію Pb–Zn–Co–Cu та негативну Ni–Sn–Cr. Перша група елементів, вочевидь, вказує на вплив автомобільного шляху (200 м від ділянки досліджень). Невеликий нахил місцевості – 10° дає можливість надходження важких металів внаслідок атмосферних фронтів. Встановлено, що на ділянці Праліс вміст цинку у ґрунтах не перевищує 90 мг/кг, а на ділянці Ясиня становить 180 мг/кг.

Завдяки дослідженню рослинності на умовно чистій ділянці Праліс встановлено фоновий вміст важких металів у шпильках хвойних дерев (таблиця).

Шпильки ялиці білої акумулюють найбільше металів, наприклад, цинку у 2–3 рази більше, ніж у шпильках інших хвойних дерев.

Також було досліджено вміст цинку у шпильках хвойних дерев, з техногенно забрудненої ділянки Ясиня (рис. 4).

На ділянці Праліс (максимальний вміст цинку у ґрунті 90 мг/кг) немає прямої залежності між вмістом цинку у шпильках ялиці білої та ґрунті, тобто забруднення надходить з атмосферного повітря. Встановлено пряму залежність вмісту цинку у шпильках сосни гірської та ґрунті, для смереки європейської залежність пряма до вмісту цинку у ґрунті 60 мг/кг, за більшого вмісту залежність зникає.

На ділянці Ясиня (максимальний вміст цинку у ґрунті 180 мг/кг) вміст цинку у шпильках сосни гірської та смереки європейської поступово підвищується з підвищенням його у ґрунті. Для ялиці білої спостерігається різке збільшення вмісту цинку у шпильках; коли вміст цинку у ґрунті перевищує 100 мг/кг.

Отже, за наявності техногенного забруднення шпильки ялиці білої найкраще реагують на атмосферне забруднення. Це пов'язано з тим, що шпильки ялиці білої мають більшу площу, тоді як у смереки європейської шпильки ростуть з усіх боків

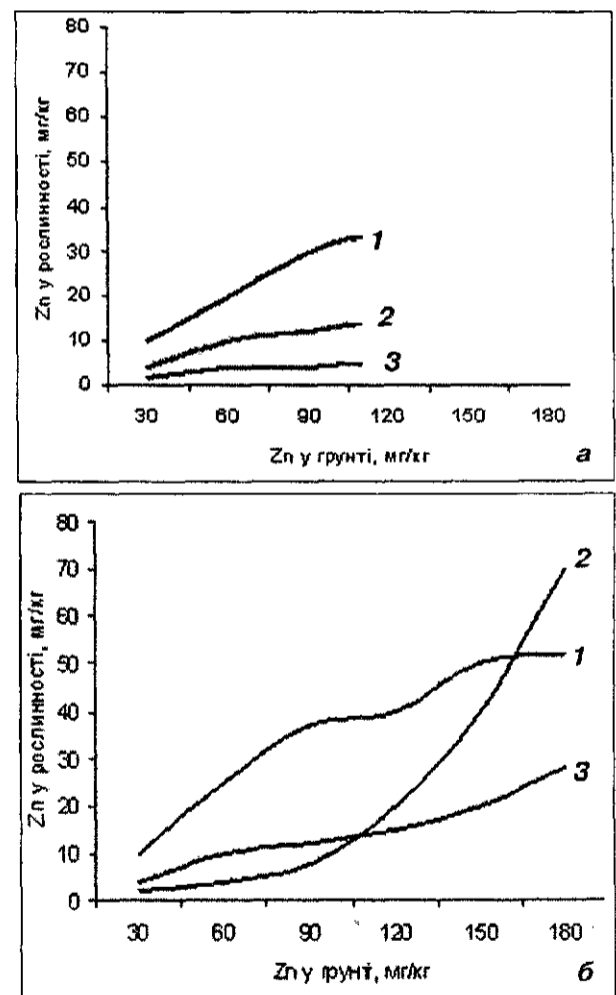


Рис. 4. Поглинання цинку рослинами з ґрунтів з ділянок: а – Праліс, б – Ясиня; дерева: 1 – сосна гірська, 2 – смерека європейська, 3 – ялиця біла

гілки, і площа взаємодії з атмосферним повітрям у кожній шпильці менша.

Шпильки сосни гірської доволі щільні, коренева система стержнева, тому тут виявляється майже пряма залежність між вмістом важких металів у ґрунті та у шпильках.

Висновки. У результаті проведених досліджень визначено кореляційні зв'язки між вмістом

елементів у ґрунті та шпильках дерев на техногенно забруднених і умовно чистих ділянках.

Встановлено фоновий вміст елементів у ґрунтах та шпильках хвойних дерев і визначено, що шпильки ялиці білої є найбільш інформативними для виявлення техногенного забруднення цинком.

Надійшла 19.10.2011.

1. Гофштейн И.Д. Геоморфологический очерк Украинских Карпат / Гофштейн И.Д. — К.: Наук. думка, 1995. — 84 с.
2. Гофштейн И.Д. Морфоструктура Черногоры (Украинские Карпаты) / Гофштейн И.Д. // Геология и геохимия горючих ископаемых. — К.: Наук. думка, 1984. — № 62. — С. 82 — 88.
3. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов: В 6-ти т. / Иванов В.В. — М.: Экология, 1994—1997.
4. Крупский Н.К. К вопросу об определении подвижных форм микроэлементов / Н.К. Крупский, А.М. Александрова // Микроэлементы в жизни растений, животных и человека: Совещ. пробл. коллегии АН УССР (22 — 23 февр. 1963). — К.: Наук. думка, 1964. — 325 с.
5. Острогомилский А.Х. Микроэлементы в атмосфере фоновых районов суши и океана / А.Х. Острогомилский, Ю.А. Анохин, В.А. Ветров. — Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 1981. — 42 с.
6. Пастернак П.С. Лісові ґрунти / Пастернак П.С., Приходько М.М. // Природні багатства Закарпаття. — Ужгород: Карпати, 1987. — С. 123 — 234.

Папарига П.С. Цинк в иголках белой ели как индикатор техногенного загрязнения (на примере Черногорского массива Карпатского биосферного заповедника). В результате проведенных исследований установлены корреляционные связи между значениями содержания химических элементов в почвах и в иголках наиболее распространенных хвойных деревьев (сосна горная, ель белая, ель европейская) на техногенно загрязненном и условно чистом участке. Установлено фоновое содержание элементов в почвах и иголках хвойных деревьев. Определено, что иголки белой ели — наиболее информативный индикатор для выявления техногенного загрязнения.

Paparyha P.S. Zinc in needles of white fir as an indicator of anthropogenic pollution (as example the Chernogore massife of Carpathians biosphere reserve). As a result of the studies of correlations between contents of chemical elements in soils and needles in the most common conifers (mountain pine, fir, fir European) of technogenic polluted and conditionally pure area. Established background content of elements in soils and needles of conifers. It had determined that the needles of white fir is the most informative indicator of technogenic pollution.