

## Екологічна геохімія

УДК 550.42:546.4./7:631.4(477)

### Важкі метали у ґрунтах та рослинності Чорногірської ландшафтно-геохімічної зони на прикладі Карпатського біосферного заповідника

Жовинський Е. Я., Папарига П. С., Крюченко Н. О.  
Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення  
ім. М. П. Семененка НАН України, Київ

Карпатський біосферний заповідник

Виявлено закономірності розподілу важких металів та їх рухомих форм у ґрунтах Чорногірської ландшафтно-геохімічної зони на прикладі Карпатського біосферного заповідника.

Метою дослідження було визначення розподілу важких металів у ґрунтах та рослинності Чорногірської ландшафтно-геохімічної зони на прикладі Карпатського біосферного заповідника (КБЗ), унікальної території України.



Рис. 1. Розташування ділянок досліджень.  
1 – ділянка «Рахів–Ясіня», 2 – урочище «Брецькул»,  
3 – ділянка «Праліс», 4 – урочище «Товстий ґрунь»,  
5 – урочище «Туркулець», 6 – урочище «Піддід»

Дослідження проведено на умовно чистих ділянках території, які не підлягають впливу антропогенної діяльності, та техногенно забруднених ділянках.

Загальна характеристика ділянок. Було досліджено шість ділянок (рис. 1): урочище «Брецькул» (схил 300°), ділянка «Праліс» (пологий рельєф), урочище «Товстий ґрунь» (схил 100°) переважають природні ландшафти; урочище «Туркулець» (схил 300°), ділянка «Рахів–Ясіня» (схил 250°), урочище «Піддід» (схил 250°) – техногенні ландшафти. Щодо ділянок з техногенним навантаженням – «Туркулець» знаходиться у зоні антропогенної діяльності (чотирі покоління рубки з постійним засадженням ялини європейської); «Рахів–Ясіня» – ділянка дороги між населеними пунктами Кевелевим і Свідовцем, асфальтовий завод знаходиться в радіусі 100 м; «Піддід» – в 15 м від автошляху, тут щорічно проходять снігові лавини.

Ділянки розташовані у різних висотних та ландшафтно-геохімічних поясах, мають різні локальні ландшафти, рослинний світ представлений різними типами рослин, характеризуються різним техногенним навантаженням (табл. 1)

Морфологічні ознаки ґрунтів одноманітні, переходи між горизонтами поступові: 0–2 см – підстилка з листя і дрібних гілочок, знизу напіврозкладена; 2–10 см – темно-бурий, вологий, пухкий, зернистий, суцільно сплетений корінням бука; зрідка зустрінутий щебінь; 10–15 см – темно-бурий, дрібнозернистий, середньосуглинковий горизонт; 15–20 см – бурий, пухкий, вологий, дрібногоріхуватий горизонт, зрідка у ньому трапляються уламки гірських порід.

У ґрунтах вміст гумусу 3–8%. У більшості випадків рН водної витяжки у верхніх гори –

Таблиця 1

Фізико-географічна характеристика ділянок досліджень

Висотний пояс, абсолютна висота, м	Ділянки робіт абсолютна висота, м	Атмосферні опади, мм/рік	Рослинність	Ґрунти	Ландшафтно-геохімічний пояс
Субальпійський (1500 – 1800)	Урочище «Брецул» 1650	1500-1600	Сосна гірська	Горно-луговий, дерновий	Гірсько-лісовий
Середньогірний (800 – 1500)	Ділянка «Праліс» 1100 Урочище «Товстий ґрунь» 1100	1100 - 1200	Бук, сосна	Темно-бурий, гірсько-лісовий	Хвойно-лісовий середньогірський
Низькогірський (400 – 800)	Урочище «Туркулець» 750 Ділянка «Рахів-Ясіня» 550 Урочище «Підділ» 400	900 - 1000	Смерека, бук	Світло-бурий, лісовий	Хвойно-лісовий середньогірський

зонгах ґрунтів становить 4,5—5, у нижніх підвищуеться до 4,9—5,5. Все це свідчить про кислий характер процесів розкладу органічних речовин.

Осадкові утворення представлені різними генетичними фаціями відкладів схилів (елювіальними і елювіально-делювіальними). Елювіальні утворення розвинуті на піднятих плоских ділянках гірського рельєфу (потужність становить 1 – 5 м), на схилах цих утворень може не бути.

У високогірному поясі переважають легкі суглинки і супіски. В умовах гірсько-лісових ландшафтів в результаті руйнування пісковиків, гнейсів, метаморфічних сланців формуються елювіально-делювіальні відклади середньосутлинного механічного складу; глинистих сланців і аргілітів – важкосуглинного. Характерною межею фацій пухких відкладів схилів є просторовий зв'язок з коренями породами.

Глинисті мінерали представлені групою гідрослюд з незначними домішками тонкодисперсного кварцу, хлориту і монтморилониту. Алеволітова складова флішевих відкладів представлена зернами плагіоклазу, калієвих польових шпатів, лусками мусковиту, хлориту, біотиту.

Ю. Я. Сущиком [1] було визначено вміст металів у грубоуламковій фракції елювіально-делювіальних утворення та ґрунтах у Чорногірській ландшафтно-геохімічній області (табл. 2).

Тобто, вміст металів у ґрунтах і елювіально-делювіальних відкладах приблизно однаковий.

**Результати досліджень.** Було проведено визначення вмісту валового та рухомих форм металів (табл. 3, 4) у низькогірському та середньогірському геохімічному поясі. Загальна кількість проб — 200. У кожній пробі визначено вміст Li, Cu, Ni, Zn, Co, F, значення рН та Eh. Особливу увагу приділено аналізу рухомих форм, які переходять у водний розчин, ґрунт та рослинність і є найбільш інформативними для визначення новітні хімічних елементів у трофічному ланцюгу.

Таблиця 2  
Середній вміст металів в осадових породах Чорногірської ландшафтно-геохімічної зони

Осадкові відклади	метал						
	Mn	Ni	Co	Cu	Zn	Pb	Cr
елювіально-делювіальні утворення	34	1,8	0,3	1,8	6,8	1,5	2,5
ґрунт	29	1,8	0,5	1,6	5,9	1,2	3,6

Таблиця 3  
Вміст рухомих форм важких металів у бурих ґрунтах Чорногірського масиву, низькогірський геохімічний пояс, мг/кг

Глибина, см	Вміст металів, мг/кг				
	Li	Cu	Ni	Zn	Co
0 – 2,0	8,8 11,0–5,5	5,9 9–3,1	3,9 5,7–1,4	18,3 3,2–6,4	2,4 3,6–1,9
2,0 – 5,0	6,7 8,0–3,9	4,1 5,7–1,5	2,9 6,2–1,3	12,9 24,5–3,6	2,3 3,6–0,9
5,0 – 10,0	5,9 7,0–3,9	3,2 4,7–1,4	2,5 4,4–1,4	9,2 19,5–3,2	2 2,8–1,0
10,0 – 15,0	5,2 7,0–2,9	2,6 4,1–1,2	1,9 3,2–1,3	6,4 9,7–4,2	2,1 3,2–1,0
15,0 – 20,0	4,8 6,5–3,9	2,4 3,1–1,2	1,7 2,7–1,1	5,6 8,1–4,5	1,6 2,4–1,0

Примітка. В чисельнику – середній вміст, в знаменнику – межі коливань

Аналіз зміни вмісту металів за розрізом (табл. 3) приводить до висновку: вміст літію, міді, нікелю, кобальту, цинку зменшується з глибиною. Це можна пояснити техногенним навантаженням на ділянки, внаслідок якого відбувається накопичення металів у верхньому шарі ґрунтів.

Також було проведено визначення вмісту валового та рухомих форм у середньогірському геохімічному поясі Чорногірського масиву.

Зростання здатності буроземних ґрунтів до закріплення, фіксації металів представляє одну з особливостей гірськолісових геохімічних ландшафтів. Зміна відновних умов на окиснювальні (разом зі зміною механічних та мінералогічних

властивостей буроземів і високою активністю біологічного круговороту) обумовлює більш високий рівень вмісту високорухомих сполук. В цілому, для всіх металів властиво прогресивне збільшення концентрацій з глибиною, що відображає ступінь рухливості сполук і здатність різних генетичних горизонтів до акумуляції. До елементів, вміст яких у буроземах нижчий, ніж у материнських породах, належать мідь, нікель і кобальт.

Таблиця 4  
Вміст валовий та рухомих форм важких металів у бурих ґрунтах Червоногірського масиву, середньогірський геохімічний пояс, мг/кг

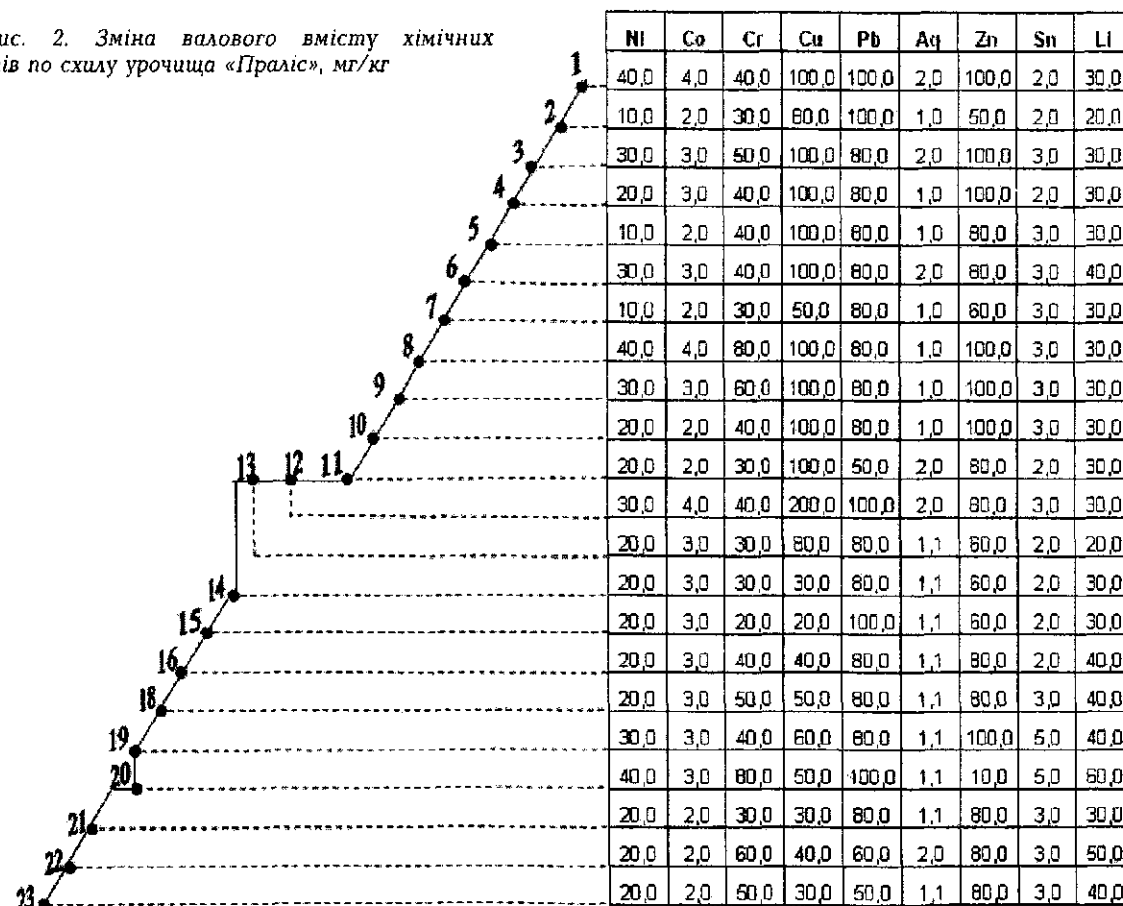
Глибина см	Форми наявності в ґрунтах	Вміст металів, мг/кг				
		Li	Cu	Ni	Zn	Co
0 - 2,0	1	9,5	4,1	2,9	6,2	3,2
	2	20	35	27,5	195	4,5
2,0 - 5,0	1	7,2	4,2	2,3	7,5	3
	2	17,5	32,5	30	145	3,8
5,0 - 10,0	1	5,5	3,3	1,5	4,1	2,2
	2	25	40	28,7	250	4,3
10,0 - 15,0	1	3,4	2	1,7	4,6	2,6
	2	33,3	36,6	36,6	153	5
15,0 - 20,0	1	2,6	1,7	1,5	2,4	1,4
	2	30	56,5	30	200	4,6

Примітка. 1 – рухомі форми, 2 – валовий вміст

Ослаблення в гірсько-лісових ландшафтах промислового режиму і об'єму елементів вивітрювання, що виносяться з низхідними водними потоками, компенсується збільшенням розчинності металів у ґрунтових розчинах за рахунок утворення органічних комплексів на базі фульвових і інших низькомолекулярних кислот.

Було визначено валовий вміст та вміст рухомих форм на умовно чистих (табл. 5) і техногенно забруднених (табл. 6) ділянках. Ступінь рухомості визначали таким чином: вміст рухомих форм помножити на 100 % і поділити на валовий вміст. Коефіцієнт для розбракуння техногенно забруднених і умовно чистих ділянок (коефіцієнт відношення) може бути представлений як відношення значення ступеня рухомості елементу у ґрунтах на глибині 3–5 см до значення ступеня рухомості на глибині 15 см.

Рис. 2. Зміна валового вмісту хімічних елементів по схилу урочища «Праліс», мг/кг



Таблиця 5

## Геохімічна характеристика техногенно забруднених ділянок

Елемент	Глибина відбору, см	Валовий вміст, мг/кг	Вміст рухомих форм, мг/кг	Ступінь рухомості, %	Коефіцієнт відношення, %
Урочище «Туркулець»					
Ni	3 - 5	23,3	6	29,9	0,49
	15	30	4,47	14,9	
Co	3 - 5	2,7	1,63	60,37	0,53
	15	4	1,27	31,75	
Cu	3 - 5	26,7	6,63	24,83	0,63
	15	36,7	5,73	15,61	
Zn	3 - 5	93,3	13,1	14,04	0,66
	15	93,3	8,63	9,25	
Урочище «Підділ»					
Ni	3 - 5	19,3	1,33	6,9	1,18
	15	12,7	1	7,9	
Co	3 - 5	-	-	-	-
	15	-	-	-	
Cu	3 - 5	16,7	4,73	28,3	1,06
	15	16,7	5	29,9	
Zn	3 - 5	86,7	9,13	10,5	0,66
	15	110	7,63	6,9	
Ділянка «Рахів-Ясіня»					
Ni	3 - 5	8	7,6	95	0,15
	15	20	2,83	14,15	
Co	3 - 5	-	-	-	-
	15	-	-	-	
Cu	3 - 5	25	6,87	27,5	1,3
	15	13,3	4,77	35,9	
Zn	3 - 5	80	49	61,25	0,24
	15	103,3	15,4	14,9	

За результатами досліджень на техногенно забруднених ділянках (табл. 5) за розподілом елементів можна зробити наступні висновки: найбільш забрудненою ділянкою є «Рахів-Ясіня» — за розподілом нікелю і цинку тут найменший коефіцієнт відношення, тобто найбільш забруднений техногенними елементами верхній шар ґрунту.

Щодо умовно чистих ділянок: елементи розподілені в шарах ґрунту нерівномірно, але значення вмісту не сильно відрізняються, що пояснюється перемішуванням ґрунту на схилах під час зсуву.

Для характеристики закономірностей розподілу хімічних елементів по профілю схилу гори (крутизна схилу 300) урочища «Праліс» було проведено геохімічне опробування ґрунтів (рис. 2): проби відбиралися від 5 до 10 см (тип ґрунту гірськолісовий бурий), наважкою по 250 г «конвертом» з подальшим квартуванням. Всього було

взято 22 проби (відстань між пробями — 20 м), загальна довжина профілю складає 420 м). Всі проби розташовані на схилі (крім проб 11, 12, 13, які розташовані на горизонтальній поверхні).

Було проведено аналіз валового вмісту хімічних елементів (всього 36 елементів), для характеристики відібрано найбільш індикаторні — Ni, Co, Cr, Cu, Pb, Ag, Zn, Sn, Li.

За результатами аналітичних досліджень ніяких закономірностей не виявлено, це пов'язано з збагаченням ґрунтів гумусом, за перегнивання лісової підстилки і мертвих повалених дерев.

Встановлення кореляційних зв'язків між валовим вмістом хімічних елементів у ґрунтах. При інтерпретації було застосовано статистичний апарат — визначення кореляційних зв'язків (парної кореляції) за валовим вмістом. По кожній ділянці було побудовано кореляційні матриці, виявлено позитивні та негативні зв'язки та встановлено залежності.

Таблиця 6

Геохімічна характеристика умовно чистих ділянок

Елемент	Глибина відбору, см	Валовий вміст, мг/кг	Вміст рухомих форм, мг/кг	Ступінь рухомості, %	Коефіцієнт відношення, %
Праліс					
Ni	3 - 5	10	4,47	44,7	0,25
	15	23,3	2,57	11,03	
Co	3 - 5	-	-	-	
	15	-	-	-	
Cu	3 - 5	13,3	8,03	60,3	0,61
	15	20	7,4	37	
Zn	3 - 5	73,3	19,83	27,05	0,33
	15	116,7	10,8	9,25	
Урочище «Товстий ґрунь»					
Ni	3 - 5	10	3,7	37	0,18
	15	26,7	1,8	6,7	
Co	3 - 5	-	-	-	-
	15	-	-	-	
Cu	3 - 5	13,3	8,7	64,4	0,64
	15	20	8,2	41	
Zn	3 - 5	70	15,1	21,6	0,21
	15	150	6,9	4,6	
Урочище «Брецькул»					
Ni	3 - 5	2,3	0,97	42,17	0,81
	15	3	1,03	34,3	
Co	3 - 5	-	-	-	-
	15	-	-	-	
Cu	3 - 5	7	2,43	34,7	0,72
	15	7,3	1,83	25,1	
Zn	3 - 5	43,3	6,53	15,5	0,55
	15	53,3	4,57	8,57	

Діапазон значень коефіцієнтів парної кореляції було розділено на деякі інтервали: високі – більше 0,7; середні – 0,5 – 0,7; низькі – 0,3 – 0,5; не значимі – менше 0,3 (нульове значення свідчить про незалежність елементів одне від одного). Негативні інтервали розділено таким же чином. Для побудови кореляційних схем взято високі позитивні і високі негативні інтервали.

Під час аналізу кореляційної матриці валового вмісту хімічних елементів урочища «Брецькул» (умовно чиста місцевість, розташована у субальпійському висотному поясі) встановлено позитивні і негативні зв'язки (табл. 7).

За результатами визначення кореляційних зв'язків між металами у ґрунті (рис. 3) встановлено позитивну кореляцію Mn – Mo – Ti – Ni – V – Bi, аналогічну визначеній для ґрунто-творних порід. Це є свідченням того, що дана територія не підлягає відчутному для геохімічних систем техногенному навантаженню.

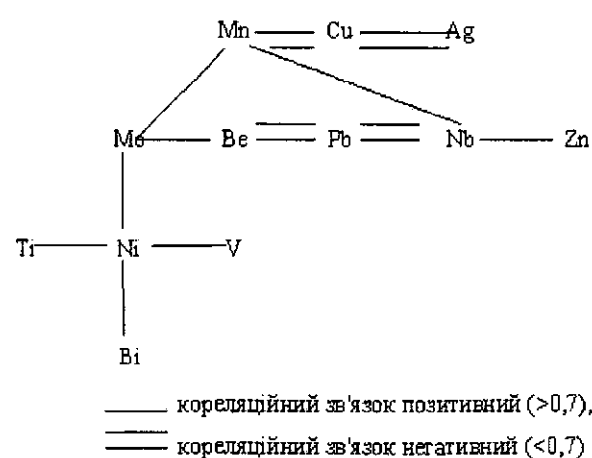


Рис. 3. Схема багатомірних лінійних зв'язків валового вмісту хімічних елементів урочища «Брецькул». Умовні позначення наведені для рис. 2 – 7.

Таблиця 7

Кореляційна матриця валового вмісту хімічних елементів урочища «Брецькул»

	Mn	Ni	Ti	V	Mo	Nb	Cu	Pb	Ag	Bi	Zn	Be
Mn	1	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	-0,5	-0,3	0,1	0,4	0,3
Ni		1	1	1	0,9	0,2	0,2	-0,2	-0,1	0,9	0,2	0,6
Ti			1	1	0,9	0,3	0,3	-0,2	-0,1	0,7	0,3	0,6
V				1	0,8	0,3	0,2	-0,3	0	0,8	0,2	0,5
Mo					1	0,5	0,4	-0,6	-0,4	0,7	0,3	0,8
Nb						1	0,1	-0,9	0	-0,1	0,7	0,4
Cu							1	-0,1	-0,7	-0,1	0	0,1
Pb								1	0,4	-0,1	-0,5	-0,7
Ag									1	-0,2	0,3	-0,5
Bi										1	-0,2	0,6
Zn											1	0,5
Be												1

Таблиця 8

Кореляційна матриця валового вмісту хімічних елементів на ділянці «Праліс»

	Ni	Co	Cr	Cu	Pb	Ag	Zn
Ni	1	0,8	0,8	0,6	0,4	0,7	1
Co		1	0,7	0,4	0,1	0,4	0,8
Cr			1	0,8	0,4	0,8	0,8
Cu				1	0,7	0,9	0,6
Pb					1	0,5	0,6
Ag						1	0,6
Zn							1

Таблиця 9

Кореляційна матриця валового вмісту хімічних елементів урочища «Товстий ґрунь»

	Ni	Co	Cr	Mo	Cu	Pb	Zn	Sn
Ni	1	0,68	0,91	0,54	0,55	0,67	0,62	-0,91
Co		1	0,73	0,44	0,96	0,72	0,75	-0,39
Cr			1	0,68	0,55	0,46	0,56	-0,7
Mo				1	0,31	-0,07	0,06	-0,38
Cu					1	0,71	0,63	-0,32
Pb						1	0,87	-0,57
Zn							1	-0,35
Sn								1

При аналізі кореляційної матриці (табл. 8) валового вмісту хімічних елементів ділянки «Праліс» (умовно чиста місцевість, розташована в середньогірському висотному поясі) встановлено лише позитивні зв'язки, побудовано відповідну схему (рис. 4).

Наявна позитивна кореляція Ag–Cr–Cu–Ni–Co–Zn, Cu–Pb вказує на присутність у

ґрунтах умовно чистої ділянки елементів не тільки з ґрунтоутворних порід, але й властивих асоціаціям техногенного походження, що може бути пов'язано з трансрегіональним перенесенням атмосферного забруднення, бо рельєф ділянки пологий і не відбувається змиву.

При аналізі кореляційної матриці (табл. 9) валового вмісту хімічних елементів урочища

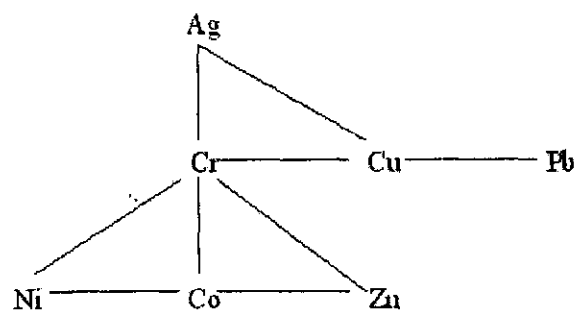


Рис. 4 Схема багатомірних лінійних зв'язків валового вмісту хімічних елементів ділянки «Праліс»

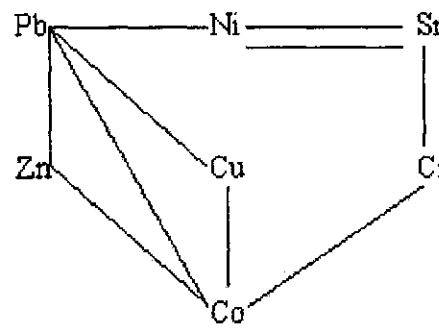


Рис. 5 Схема багатомірних лінійних зв'язків валового вмісту хімічних елементів урочища «Товстий ґрунь»

	Co	Cr	Cu	Ag	Sn
Co	1	0,7	0,6	0,7	0,7
Cr		1	0,9	0,7	0,7
Cu			1	0,7	0,9
Ag				1	0,4
Sn					1

Таблиця 10

Кореляційна матриця валового вмісту хімічних елементів урочища «Туркулець»

	Ni	Co	Cr	Cu	Ag	Zn
Ni	1	0,8	0,9	0,8	0,5	0,4
Co		1	0,4	0,3	0	-0,2
Cr			1	0,9	0,7	0,7
Cu				1	0,8	0,8
Ag					1	0,5
Zn						1

Таблиця 12

Кореляційна матриця валового вмісту хімічних елементів урочища «Підділь»

Кореляційна матриця валового вмісту хімічних елементів ділянки «Рахів-Ясіня»

Таблиця 11

	V	Cr	Mo	Zr	Nb	Cu	Pb	Bi	Zn	Be
V	1	0,6	0,2	-0,3	0,2	-0,1	-0,7	0,1	-0,8	0,4
Cr		1	0,3	0	0,7	0,1	-0,7	-0,4	-0,3	-0,1
Mo			1	0,7	0,7	0,8	0,2	-0,3	-0,6	-0,5
Zr				1	0,5	0,9	0,2	-0,7	-0,3	-0,2
Nb					1	0,7	-0,3	-0,4	-0,4	-0,4
Cu						1	0,2	-0,3	-0,4	-0,3
Pb							1	0,1	0,3	-0,7
Bi								1	0	0,1
Zn									1	-0,2
Be										1

«Товстий ґрунь» (умовно чиста місцевість, розташована в середньогірському висотному поясі) встановлено позитивні та негативні зв'язки.

За результатами кореляційних зв'язків побудовано схему (рис. 5). Позитивна кореляція Pb–Zn–Co–Cu та негативна Ni–Sn–Cr можуть бути пов'язані з присутністю у 200 м від ділянки серпентиновидного автомобільного шляху. Невеликий уклон місцевості – 100° дає можливість надходження важких металів внаслідок атмосферних фронтів.

При аналізі кореляційної матриці (табл. 10) валового вмісту хімічних елементів урочища «Туркулець» (техногенно забруднена місцевість – чотири покоління вирубки, припиненої у 2005 р., яка розташована в низькогірському висотному поясі) встановлено лише позитивні зв'язки.

За результатами кореляційних зв'язків побудовано схему (рис. 6).

Наявність прямих кореляційних зв'язків Sn–Cu–Cr–Co–Ag може свідчити про те, що урочище може бути віднесено до умовно чистих (тобто переважають елементи з ґрунтоутворних порід). Присутність Sn можна пояснити антропогенною діяльністю до 2005 р., схил укладом 300° сприяє вимиванню цього елементу з ґрунтів.

При аналізі кореляційної матриці (табл. 11) валового вмісту хімічних елементів ділянки «Рахів–Ясіня» (техногенно забруднена місце-

вість, яка розташована в 20 м від автотраси та залізної дороги і в 100 м від асфальтового заводу, належить до низькогірського висотного поясу встановлено позитивні та негативні зв'язки.

За результатами кореляційних зв'язків побудовано схему (рис. 7).

Це наявна техногенно забруднена ділянка. ґрунтоутворні елементи в асоціаціях елементів практично відсутні, бо елементи техногенного накопичення більш агресивні і їх вміст значно перебільшує вміст характерних елементів для ґрунтів ділянки.

При аналізі кореляційної матриці (табл. 12) валового вмісту хімічних елементів урочища «Підділь» (техногенно забруднена місцевість розташована в 15 м від автошляху та знаходиться в зоні інтенсивної дії обвальної–лавинних

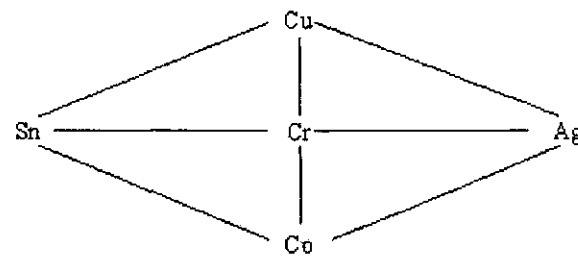


Рис. 6. Схема багатомірних лінійних зв'язків валового вмісту хімічних елементів урочища «Туркулець»

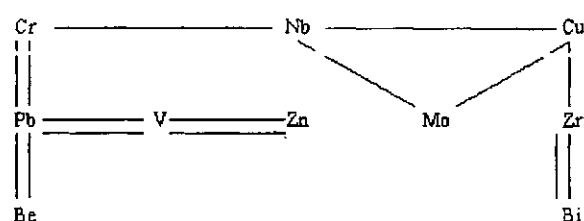


Рис. 7. Схема багатомірних лінійних зв'язків валового вмісту хімічних елементів ділянки «Рахів-Ясіня»

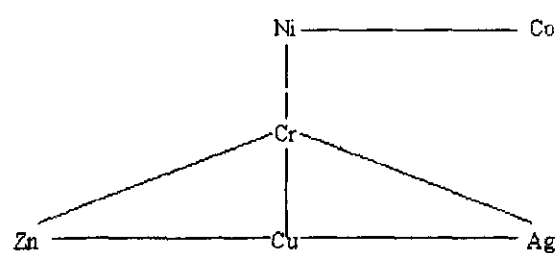


Рис. 8. Схема багатомірних лінійних зв'язків валового вмісту хімічних елементів урочища «Підгіл»

Таблиця 13

Середній вміст важких металів у різних типах рослинності, мг/кг

Тип рослини	Кількість проб	Pb	Cu	Ni	Co	Cr	Zn	Ag	Sn
Ділянка «Рахів-Ясіня»									
Ожина	15	3,1	3,48	1,04	0,12	1,36	31,00	0,06	0,33
Бук	17	1,5	3,5	1,37	0,14	0,96	19,22	0,05	0,14
Смерека	8	0,8	2,13	0,52	0,06	0,52	42,50	0,03	0,11
Ділянка «Праліс»									
Ожина	12	0,6	1,93	1,1	0,12	0,08	2,9	0,02	0,03
Бук	16	1,02	2	0,98	0,12	0,08	4,33	0,03	0,04
Ялиця біла	14	2,42	1,61	1,08	0,09	0,06	8,05	0,02	0,03
Смерека європейська	10	1,96	1,11	0,96	0,08	0,04	11,25	0,02	-
Урочище «Туркулець»									
Ожина	15	1,28	4,69	0,78	0,16	0,26	21,74	0,31	-
Бук	18	1,05	5,92	1,53	0,22	0,36	20,21	0,05	-
Смерека європейська	20	2,3	2,91	1,13	0,11	0,59	33,52	0,04	0,05
Урочище «Підділ»									
Ожина	21	0,93	4,3	0,55	0,13	0,51	14,11	0,05	0,20
Бук	26	0,41	1,81	0,43	0,11	0,52	17,90	0,03	0,04
Ялиця біла	18	0,74	3,16	1,31	0,15	0,20	7,63	0,02	0,06
Урочище «Товстий Грунь»									
Ожина	20	0,49	1,93	0,91	0,09	0,11	1,46	0,02	-
Бук	22	0,71	2,16	1,42	0,11	0,18	2,31	0,03	-
Ялиця біла	18	2,53	1,42	1,37	0,08	0,07	5,26	0,01	-
Смерека європейська	15	2,21	1,43	1,11	0,1	0,09	5,50	0,02	-
Урочище «Брецькул»									
Тирлич	15	0,44	1,02	0,57	0,04	0,04	6,80	0,01	0,02
Сосна гірська	18	1,84	0,73	0,35	0,04	0,03	11,03	0,04	0,04



процесів, належить до низькогірського висотного поясу) встановлені сильні кореляційні зв'язки між важкими металами.

За результатами кореляційних зв'язків побудовано схему (рис. 8), загалом аналогічну до кореляційної схеми між елементами у ґрунто-творних породах. Цинк може бути індикатором техногенного забруднення, впливу автомобільної дороги. Однак, наявність схилу (250°) та снігових лавин нівелює його індикаторне значення.

**Встановлення ступеня біогеохімічного накопичення важких металів рослинністю.** Встановлено вміст металів у рослинності різних видів (табл. 13).

Для характеристики інтенсивної біогенної міграції Б. Б. Полинов [2] запропонував використувати коефіцієнт біологічного поглинання (Ах), який дорівнює відношенню вмісту елемента х в попелі рослин до його вмісту у ґрунті:

$$Ax = Ix/Px$$

де Ix – вміст елемента х у попелі; Px – вміст елемента х у ґрунті.

Чим більше Ах, тим інтенсивніше елемент поглинається рослинами.

Для ожини, коріння якої досягають глибини не більш 10 см було взято взірці ґрунту з цієї глибини; для буку та смереки європейської взірці відібрані з глибини 15 см.

В цілому, на ділянках «Туркулець» і «Рахів-Ясіня» йде інтенсивне поглинання Zn та Cu голками смереки європейської; на ділянці «Піддід» – поглинання Ni.

У роботах [3, 4] встановлено здатність кореневих тканин утримувати мідь від перенесення, як в умовах її дефіциту, так і надлишку. Виділення міді з кліток коренів в соки рослини, де мідь знаходиться в рухомих формах – ключовий процес живлення рослини міддю.

Як відомо, мідь має меншу рухливість в рослинах в порівнянні з іншими елементами, її частка залишається в тканинах коренів і листя, поки вони не відірвуть, і лише малі кількості можуть переміститися до молодих органів. В різних частинах рослин розподіл міді має свої особливості – в коренях мідь пов'язана з клітинними стінками і малорухлива, в паростках найбільша концентрація міді виявляється завжди у фазі інтенсивного зростання.

Розчинні форми Zn доступні для рослин, і за наявними даними споживання Zn лінійно зростає з підвищенням його концентрації в живлячому розчині і в ґрунтах. Цей елемент дуже рухомий в рослинах – в соках і тканинах відбувається закріплення Zn низькомолекулярними органічними сполуками.

Розчинні форми нікелю активно абсорбуються коренями рослин. Поглинання цього

елемента рослинами позитивно корелювалося з його вмістом в ґрунтових розчинах. Нікель в рослинах відрізняється рухливістю і концентрується як в листі, так і в насінні, він швидко і легко витягується з ґрунтів рослинами, і поки його концентрації в рослинних тканинах не досягнуть певних значень, темпи поглинання позитивно корелюють з вмістом у ґрунтах. Вміст нікелю в рослинах, що ростуть на незабруднених ділянках, може істотно змінюватися, оскільки залежить як від біологічних чинників, так і від умов зовнішнього середовища.

Техногенне забруднення сильно впливає на концентрації нікелю в рослинах. Надземні частини рослин накопичують багато Ni, що поступає з атмосфери і легко змивається з поверхні листя.

Для порівняльної характеристики ділянок проведено визначення інтенсивності накопичення важких металів одним типом рослинності – ожиною (рис. 9).

Виявлена пряма залежність – найбільш техногенно забруднена ділянка «Рахів-Ясіня» характеризується найбільшим накопиченням рухомих форм важких металів у ґрунті, листя інтенсивно накопичують важкі метали. Урочище «Туркулець»: внаслідок проведених антропогенних дій (вирубка лісів) листя ожини мають підвищений вміст важких металів, хоч вміст у ґрунті невеликий (залишковий чинник). Урочище «Піддід»: вміст у ґрунті рухомих форм важких металів невеликий (вплив снігових лавин), накопичення елементів у рослині можна пояснити близькістю автомобільного шляху (15 м від урочища).

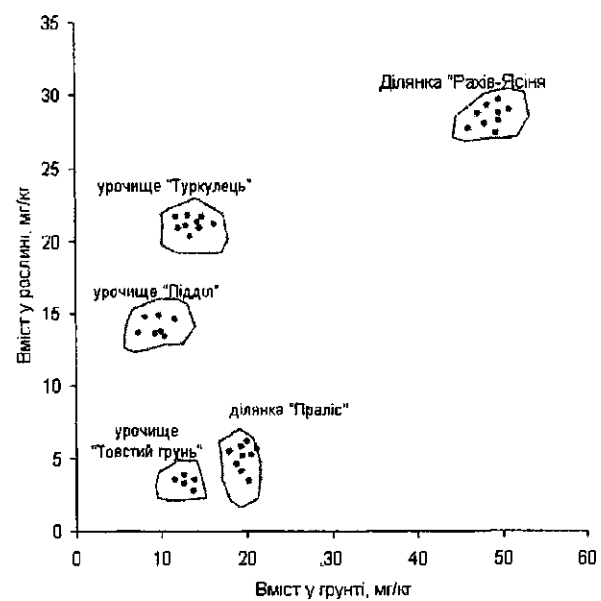


Рис. 9. Інтенсивність накопичення рухомих форм важких металів листям ожини. Крпками позначена кількість проб на площі

Ділянка «Праліс» і урочище «Товстий ґрунь» – найбільш чисті місцевості, інтенсивність накопичення листям ожини мінімальне. На ділянці «Праліс» трохи більший вміст рухомих форм важких металів, що пояснюється пологістю мікрорельєфу, тобто невеликим накопиченням внаслідок зносу ґрунту.

**Висновки.** Виявлено кореляційні зв'язки та закономірності розподілу важких металів та їх рухомих форм у ґрунтах Черногірської ландшафтно-геохімічної зони на території Карпатського біосферного заповідника і встановлено ступінь забруднення ґрунтів та рослинності на ділянках з різною інтенсивністю техногенного навантаження.

1. Суцук Ю. Я. Геохимия зоны гипергенеза Украинских Карпат. – Киев: Наук. Думка, 1978. – 209 с.
2. Полюнов Б. Б. Геохимические ландшафты: Избр. тр. – М.: Изд-во АН СССР, 1956. – 751 с.
3. Жовинский Э. Я., Кураева И. В. Геохимия тяжелых металлов в почвах Украины. – Киев: Наук. думка, 2002. – 213 с.
4. Лукашев К. И. Очерки по геохимии гипергенеза. – Минск: Изд-во АН БССР, 1963. – 238 с.

Виявлені закономірності розподілу важких металів та їх рухомих форм в почвах Черногорської ландшафтно-геохімічної зони на території Карпатського біосферного заповідника.

Conformities to the law of distributing of heavy metals and their mobile forms are exposed in soils of the Montenegrin landscape geochemical area on territory of biosphere preserve of Carpathians.