

УДК 550.42:631.41:632.15:631.6.02(477.8)

Марія КОСТЬ

Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів,
e-mail: igggk@mail.lviv.ua

ЕКОЛОГО-ГЕОХІМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ҐРУНТІВ У МЕЖАХ ЛЬВІВСЬКОГО ПРОГІНУ

Встановлено еколого-геохімічні особливості ґрунтів у межах Львівського прогину. На основі величин молярних співвідношень $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ та $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ виявлено неоднорідність хімічного складу мінеральної частини ґрунту, що пояснюється різною інтенсивністю, характером і спрямованістю ґрунтових процесів. За значеннями концентрацій метали в ґрунтах розташовуються в такий ряд: $\text{Fe} > \text{Ti} > \text{Mn} > \text{Ba} > \text{Sr} > \text{Cr} > \text{Pb} > \text{Zn} > \text{V} > \text{Cu} > \text{Ni} > \text{Co}$. Елементи за концентраційними характеристиками можна розділити на 3 групи: із концентраціями, підвищеними відносно кларка ($\text{Kк} > 1,5$) – Pb; із вмістом, близьким до кларка ($0,5 \leq \text{Kк} \leq 1,5$) – Mn, Sr, Cu, Zn, Co, Ba; із концентраціями, пониженими щодо кларка ($\text{Kк} < 0,5$) – Ti, Cr, V, Ni, Fe. Виявлено диференційовану поведінку елементів у ґрунтах: Ni, Cu, Zn, Pb тяжіють до фракції фізичної глини, збагаченої органічною речовиною, а Sr – карбонатом; Co, Cr, Mn, Ba, V, Ti – до фракції фізичного піску, представленої Fe_2O_3 , Al_2O_3 , Na_2O , K_2O . На рухомість металів найбільше впливають вміст органічної речовини, вологи, кількість глинистої фракції та лужно-кислотні умови. Побудовано лінійні емпіричні моделі залежності вмісту рухомих форм металів від основних фізико-хімічних показників ґрунтів, які є основою для прогнозу їхнього вмісту в ґрунтах.

Ключові слова: ґрунт, валовий хімічний склад, важкі метали, рухомі форми.

Вступ. Ґрунти як один із консервативних компонентів ландшафту є достовірним індикатором загального екологічного стану території. Значна частина викидів, досягнувши ґрунту, залишається там на багато років навіть після припинення дії джерела викиду. Водночас ґрунти можуть впливати на здоров'я людей через вторинне забруднення ґрунтових вод у випадку їхнього потрапляння в криниці, водогони, наземні водні екосистеми (ставки, озера, річки) унаслідок поверхневого або внутрішньоґрунтового стоку.

Дослідження Г. В. Добровольського, В. А. Ковди, М. Г. Зиріна, В. Б. Ільїна, А. Кабати-Пендіас, Х. Пендіаса, А. І. Обухова та інших заклали основи нового напрямку, пов'язаного з охороною ґрунтів від забруднення, визначенням основних закономірностей міграції і трансформації забруднювачів у ґрунтах. Перспективність таких досліджень підтверджують й останні наукові праці українських учених: С. А. Балюка, В. І. Козловського, А. І. Фатєєва,

© Марія Кость, 2016

ISSN 0869-0774. Геологія і геохімія горючих копалин. 2016. № 1–2 (168–169)

Я. В. Пашенка, Ю. М. Дмитрука, Т. М. Єгорової, Е. Я. Жовинського, І. В. Курасвої, Н. Г. Лютої, Ю. Г. Тютюнника, Б. А. Горлицького та ін. Однак у цих дослідженнях дані щодо еколого-геохімічних особливостей ґрунтів у межах Львівського прогину відсутні, тому метою роботи є їхнє встановлення.

Упродовж 2011–2014 рр. такі дослідження проводили співробітники лабораторії проблем геоecології ІГГК НАН України. Схема відбору проб наведена на рис. 1. Зразки ґрунту відбирали «методом конверта» з верхнього 0–20-сантиметрового шару і висушували за кімнатної температури, після чого просіювали через сито. Аналітичній обробці піддавали фракцію < 1,0 мм. Фізико-хімічні характеристики ґрунтів (вміст вологи, органічної речовини, золи та *pH* ґрунтового розчину), валовий вміст металів (Co, Pb, Ni, Ti, V, Cr, Zn, Cu, Ba, Sr, Fe, Mn) та їхніх міграційних форм визначали за методиками відповідно до державних стандартів в атестованій лабораторії спектральних і хімічних методів аналізу ІГГК НАН України (аналітики: Р. П. Козак, І. І. Сахнюк, М. В. Кость), а валовий хімічний склад ґрунтів – у хімічній лабораторії відділу геохімії осадових товщ нафтогазоносних провінцій ІГГК НАН України (аналітик: Л. К. Білик).

Результати досліджень. Досліджувана територія розташована в межах рівнинного ландшафтного комплексу, охоплює зону широколистяних лісів. Поширеними ґрунтами є лучні, темно-сірі і сірі опідзолені, торфово-болотні, чорноземи опідзолені та дерново-підзолисті різновиди. Домінуючими ґрунтоутворюючими породами є, в основному, леси та карбонати (Природа..., 1972, 1973, 1975, 1976, 1979).

За гранулометричним складом ґрунти є переважно середніми та важкими суглинками від сірого до коричневого кольору. У більшості проб присутні вапняк, уламки інших порід. Вологість повітряно-сухих проб коливається від 0,6 до 4,25 % (середня – 1,88 %), коефіцієнт варіації (*V*) – 41,16 %. Вміст органічної речовини в ґрунтах у середньому становить 5,17 % (0,9–11,94 %), *V* – 51,57 %; карбонатів – у середньому 4,73 % (0,03–17,18 %), розподіл нерівномірний (*V* – 140,17 %). Значення *pH* 5,88–7,26 од. (*V* – 6 %). Середня зольність досліджуваних ґрунтів – 92,95 %, коефіцієнт варіації – 3,15 %.

За валовим хімічним складом (ВХС), вираженим у відсотках від маси прожареного і безкарбонатного ґрунту (табл. 1), мінеральна частина ґрунтів містить оксид Силіцію (SiO_2) – 64,18–95,21 %, півтораоксиди (Al_2O_3 і Fe_2O_3) – 2,11–12,67 %, оксид Кальцію – 0,47–24,71 %. Незначна частка припадає на оксиди Калію (0,92–2,55 %), Натрію (0,63–1,31 %), Магнію (0,22–1,02 %), Фосфору (0,08–0,39 %). Зменшення вмісту оксидів Силіцію в ґрунтах, очевидно, зумовлене сповільненням підзолистого процесу ґрунтоутворення та активним розвитком дернового, а збільшення вмісту Al_2O_3 та Fe_2O_3 – посиленням окисних процесів і зменшенням інтенсивності промивного водного режиму.

Розраховані величини молярних співвідношень $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ та $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ підтверджують неоднорідність хімічного складу мінеральної частини ґрунту (табл. 2). Молярне співвідношення $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ має найвищі значення, які коливаються в широких межах, що свідчить про збідненість досліджуваних ґрунтів оксидом Феруму. Простежується вилуговування Кальцію та Магнію відносно Al_2O_3 у лучних і лучно-болотних ґрунтах та акумуляція цих елементів – у дернових і болотних, а також рівномірне по площі винесення K^+ і Na^+

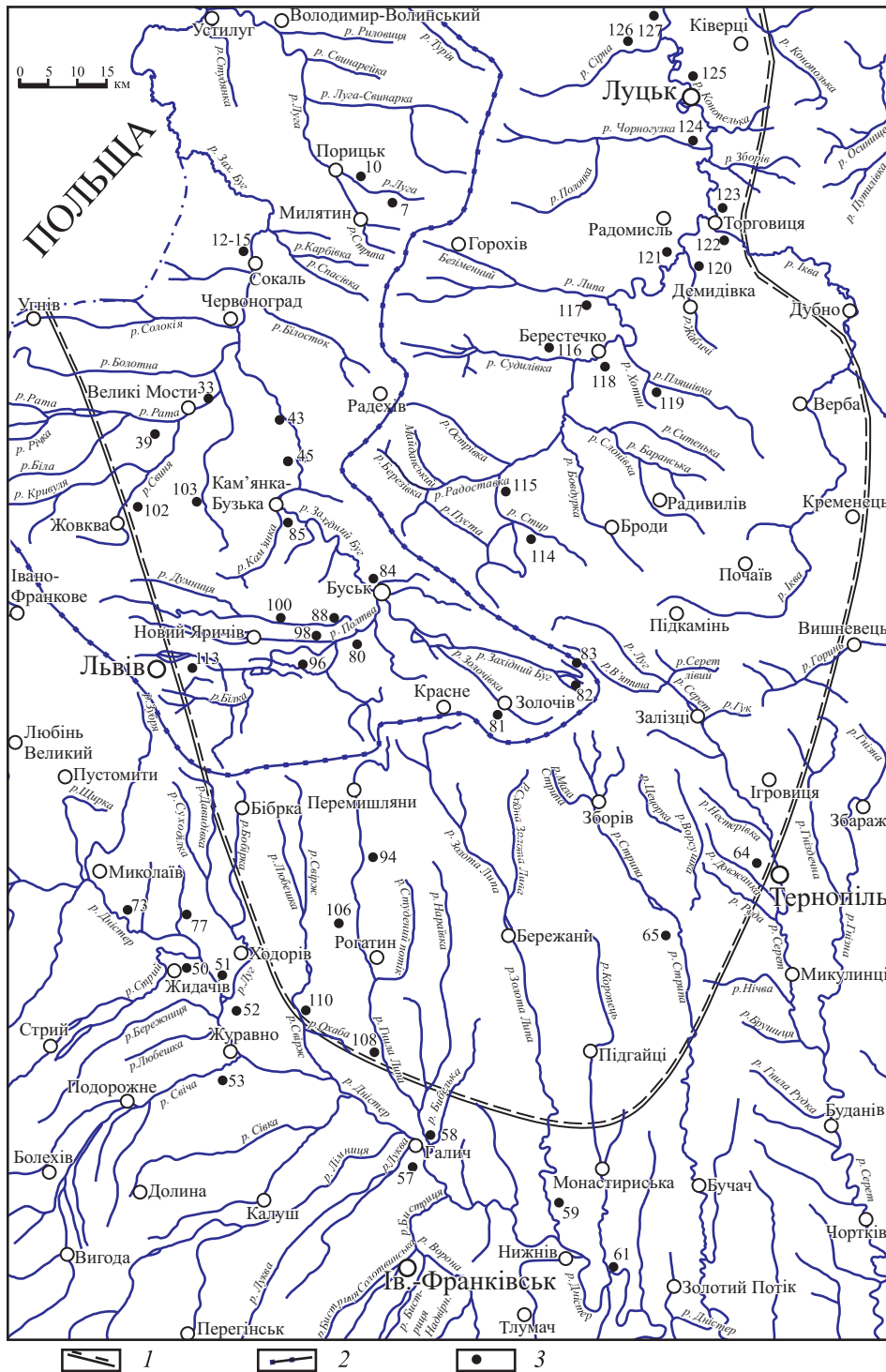


Рис. 1. Схема розташування пунктів відбору ґрунтів:
 1 – границя Львівського прогину; 2 – Головний європейський вододіл; 3 – точки відбору

Таблиця 1. Валовий хімічний склад ґрунтів, % від ваги прожареного і безкарбонатного ґрунту

№ проби	Втрати при прожарюванні, %	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	MnO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	S
7	7,54	64,18	0,30	6,11	1,22	0,99	24,71	1,02	0,06	1,75	0,85	0,17	0,20
10	0,93	84,67	0,23	4,75	0,86	0,61	4,62	0,44	0,04	1,48	0,66	0,39	0,01
12	3,48	81,12	0,48	8,35	4,32	0,65	2,04	0,34	0,03	2,02	0,82	0,17	0,18
13	4,14	87,97	0,42	7,46	1,73	0,40	0,91	0,33	0,03	2,02	0,85	0,08	0,09
14	5,52	87,80	0,47	7,88	2,07	0,34	0,94	0,22	0,03	2,14	0,92	0,09	0,13
15	0,9	81,26	0,46	7,37	2,14	0,40	3,01	0,65	0,06	2,20	0,94	0,29	0,16
33	1,94	86,92	0,22	4,22	1,54	0,40	3,71	0,33	0,10	1,33	0,62	0,20	0,18
39	4,39	95,21	0,10	1,59	0,52	0,34	1,26	0,79	0,02	0,92	0,52	0,17	0,21
43	4,2	89,50	0,48	6,79	1,47	0,23	0,61	0,54	0,04	1,75	0,82	0,17	0,12
45	2,54	84,95	0,36	6,82	2,29	0,30	2,15	0,55	0,04	1,51	0,72	0,15	0,11
73	3,51	86,92	0,32	8,17	2,16	0,37	0,49	0,35	0,04	2,44	1,18	0,10	0,12
64	4,8	86,66	0,11	8,63	3,33	0,20	0,83	0,59	0,04	2,55	1,21	0,13	0,12
57	3,58	89,05	0,13	7,19	1,85	0,29	0,49	0,49	0,03	2,43	1,23	0,09	0,13
61	2,74	84,74	0,43	8,57	2,66	0,21	0,84	0,56	0,09	1,85	1,31	0,20	0,09
77	3,99	86,93	0,30	9,13	2,15	0,27	0,47	0,56	0,05	1,96	1,12	0,11	0,13
94	3,24	87,01	0,20	4,06	1,96	0,25	5,27	0,85	0,06	0,94	0,63	0,19	0,04
102	5,31	88,46	0,24	4,58	2,01	0,29	4,30	0,90	0,07	1,43	0,71	0,23	0,11
81	2,33	87,98	0,28	4,48	2,17	0,41	1,54	0,68	0,06	1,96	0,79	0,16	0,10
Середнє значення	3,62	85,63	0,31	6,45	2,03	0,39	3,23	0,57	0,05	1,82	0,88	0,17	0,12
Стандартне відхилення	1,64	6,19	0,13	2,06	0,86	0,19	5,58	0,22	0,02	0,48	0,24	0,08	0,05
Коефіцієнт варіації, %	45,40	7,23	42,08	31,98	42,24	50,32	172,62	38,83	38,38	26,20	26,76	44,86	40,92

Т а б л и ц я 2. Молярні співвідношення оксидів ґрунтів

№ проби	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$	$\frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$	$\frac{(\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})}{\text{Al}_2\text{O}_3}$	$\frac{(\text{CaO}+\text{MgO})}{\text{Al}_2\text{O}_3}$	$\frac{(\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{CaO}+\text{MgO})}{\text{Al}_2\text{O}_3}$
7	17,87	140,14	7,84	0,33	5,66	2,26
10	30,28	262,46	8,67	0,35	1,43	0,74
12	16,51	50,12	3,03	0,26	0,38	0,30
13	20,06	135,53	6,76	0,30	0,22	0,27
14	18,95	112,94	5,96	0,30	0,20	0,26
15	18,75	101,31	5,40	0,33	0,67	0,45
33	35,03	150,30	4,29	0,35	1,29	0,69
39	101,87	489,80	4,81	0,70	1,73	1,07
43	22,41	162,19	7,24	0,29	0,23	0,27
45	21,17	98,85	4,67	0,25	0,53	0,35
73	18,09	107,27	5,93	0,34	0,14	0,27
64	17,08	69,34	4,06	0,33	0,22	0,29
57	21,06	128,31	6,09	0,39	0,18	0,32
61	16,81	84,92	5,05	0,28	0,22	0,26
77	16,19	107,89	6,66	0,26	0,15	0,22
94	36,46	118,57	3,25	0,30	2,03	0,93
102	32,86	117,42	3,57	0,36	1,53	0,78
81	33,40	108,08	3,24	0,47	0,67	0,54
Середнє значення	27,49	141,41	5,36	0,34	0,97	0,57
Стандартне відхилення	19,86	97,68	1,66	0,10	1,32	0,50
Коефіцієнт варіації, %	72,24	69,07	30,93	29,92	136,46	87,03

щодо Al_2O_3 у ґрунтах, про що свідчать величини молярних співвідношень, менші ніж 1, і коефіцієнт варіації < 30 %.

Отже, за результатами аналізу виявлено, що основу ВХС ґрунтів становлять SiO_2 , Al_2O_3 , CaO і Fe_2O_3 . Оксиди за зменшенням їхнього відносного вмісту можна розташувати в такий ряд: $\text{SiO}_2 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{CaO} \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{K}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_2\text{O} \rightarrow \text{MgO} \rightarrow \text{FeO} \rightarrow \text{TiO}_2 \rightarrow \text{P}_2\text{O}_5 \rightarrow \text{MnO}$. Обчислені величини молярних співвідношень дають змогу констатувати неоднорідність хімічного складу мінеральної частини ґрунту, що пояснюється різною інтенсивністю, характером і спрямованістю ґрунтових процесів.

Рівень вмісту елементів у ґрунтах залежить від їхніх хімічних властивостей, фізико-хімічних властивостей ґрунтів, концентрації металів у материнській породі, хімізму ґрунтових вод, кількості та хімізму атмосферних вод та ін.

У ґрунтах встановлено нагромадження таких елементів, мг/кг: Pb – <11–120; Zn – <50–100; Co – <2–12; Ni – <11–50; V – <11–50; Ba – 69–620; Sr – 30–1000; Mn – 190–4600; Fe – 500–33000; Cr – 7–160; Ti – 370–4150; Cu – <11–90. За значеннями концентрацій метали в ґрунтах розташовуються в такий ряд: Fe > Ti > Mn > Ba > Sr > Cr > Pb > Zn > V > Cu > Ni > Co.

Геохімічну оцінку ґрунтів за вмістом важких металів проводили порівнюючи їхній фактичний вміст із кларком хімічного елемента в ґрунті, за О. П. Виноградовим (1961), та гранично допустимою концентрацією (ГДК) за (Фоновий вміст..., 2003; Предельно допустимые..., 1987).

На основі порівняння величин вмісту елементів у ґрунтах із кларковими виявлено деякі регіональні особливості їхньої геохімії (табл. 3). Елементи за концентраційними характеристиками можна розділити на 3 групи:

- 1) з концентраціями, підвищеними відносно кларка ($K_k > 1,5$): Pb;
- 2) з вмістом, близьким до кларка ($0,5 \leq K_k \leq 1,5$): Mn, Sr, Cu, Zn, Co, Ba;
- 3) з концентраціями, пониженими щодо кларка ($K_k < 0,5$): Ti, Cr, V, Ni, Fe.

У 30 % усіх відібраних ґрунтових зразків зафіксовано перевищення ГДК Pb – елемента, характерного для багатьох сучасних ландшафтів, які зазнають техногенного забруднення, а в 6 % – Mn, Zn, Cr, Cu (табл. 4). Найпоширенішим забруднювачем ґрунтів є Pb, показники вмісту якого перевищують не лише кларкові значення, а й ГДК.

На основі системно-статистичної обробки виявлено специфіку розподілу валового вмісту елементів та їхній зв'язок із фізико-хімічними характеристиками, гранулометричним (фракцією фізичної глини і фізичного піску) та валовим хімічним складом ґрунтів. Вміст фізичного піску та фізичної глини оцінювали за усередненими літературними даними про гранулометричний склад ґрунтів (Оленчук, Николин, 1969; Андрущенко, 1970). Результати розподілу геохімічних ознак у полі факторів 1 і 2 представлено на рис. 2.

Виявлено тісну кореляцію між вмістом фізичної глини ґрунту і величиною вологості, що можна пояснити чималою сумарною поверхнею дрібнодисперсних частинок з великою енергією поглинання, яка, відповідно, вбирає значну кількість води. Встановлено взаємозв'язок вологи з CO_2 карбонатів (+0,82), CaO (+0,77), Стронцієм (+0,53). Карбонат кальцію корелює зі Стронцієм, що зумовлено схожістю геохімічних властивостей елементів. Важливу роль у нагромадженні елементів відіграє органічна речовина, до якої тяжіють Ni, Cu, Zn та Pb. Окрему групу утворюють Co, Cr, Mn, Ba, V, Ti, що тяжіють до фракції фізичного піску, збагаченого Fe_2O_3 , Al_2O_3 , Na_2O , K_2O . Встановлено взаємозв'язок Al_2O_3 із Ti (+0,56), Cr (+0,47), V (+0,47), Na_2O (+0,81), K_2O (+0,83).

Деякі з металів утримуються ґрунтовим поглинальним комплексом досить міцно і здатні нагромаджуватися з часом. Інші ж, завдяки великій міграційній здатності, легко вимиваються із ґрунтів і, потрапляючи у водойми, можуть переноситися на значні віддалі. Особливе значення має дослідження міграційних форм елементів саме тому, що вони характеризують міграційну здатність елементів у ландшафті, їхню спроможність до переходу в середовища, які контактують, і нарешті, ступінь шкідливості. Для вилучення елементів різної рухомості використовували витяжки амонійно-ацетатним буфером із pH 4,8 (рухома форма) та 1 N HCl (кислоторозчинна). Визначення кількостей елементів проведено на атомно-абсорбційному спектрофотометрі С-115 М.

Щоб з'ясувати закономірності розподілу металів у ґрунтах, які зазнають техногенного забруднення, було закладено 2 профілі точок відбору проб: у зоні впливу автотранспорту та Сокальського заводу хімволокна. Розподіл міграційних форм металів у ґрунтах наведений на рис. 3, 4.

Таблиця 3. Коефіцієнти концентрації важких металів у ґрунтах (відносно кларка ґрунтів)

№ проби	Місце відбору	Co	Pb	Ni	Ti	V	Cr	Zn	Cu	Ba	Sr	Fe	Mn
7	м. Локачі	0,60	1,20	0,50	0,26	0,20	0,15	1,00	1,00	0,60	3,33	0,03	0,82
10	с. Павлівка	1,00	8,00	0,50	0,41	0,20	0,15	1,80	1,40	0,60	0,83	0,02	0,59
12	м. Сокаль	1,20	5,00	0,75	0,41	0,25	0,25	2,00	1,40	0,60	0,83	0,03	0,82
13	«	0,80	6,00	0,50	0,41	0,25	0,20	2,00	1,00	0,60	0,67	0,03	0,59
14	«	0,80	3,00	0,50	0,41	0,25	0,22	2,00	1,00	0,60	0,67	0,03	0,59
15	«	0,60	3,00	0,50	0,41	0,25	0,20	1,40	0,60	0,60	1,00	0,03	0,82
33	м. Великі Мости	0,80	3,00	0,23	0,26	0,20	0,15	0,60	0,60	0,46	0,67	0,02	1,18
39	«	0,30	1,20	0,63	0,08	0,10	0,10	1,00	0,60	0,46	0,33	0,01	0,33
43	с. Перекалки	1,20	3,00	0,63	0,46	0,33	0,23	0,60	0,60	0,60	0,50	0,02	0,59
45	с. Гайок	1,20	3,00	0,75	0,46	0,33	0,23	0,60	0,60	0,60	0,50	0,02	0,59
88	с. Ременеве	< 0,60	4,70	< 0,28	0,30	0,34	0,17	< 1,00	0,70	0,48	0,73	0,25	1,24
85	с. Тадані	< 0,60	12,00	0,93	0,28	0,50	0,80	< 1,00	4,50	0,56	1,73	0,30	0,76
84	м. Буськ	< 0,60	4,80	0,40	0,28	0,19	0,29	< 1,00	0,75	0,42	2,83	0,15	0,65
83	с. Сасів	< 0,60	< 1,10	< 0,28	0,28	0,37	0,12	< 1,00	< 0,55	0,38	0,33	0,12	0,26
82	с. Верхобуж	< 0,60	1,50	< 0,28	0,30	0,26	0,24	< 1,00	0,60	0,54	3,17	0,21	1,47
81	м. Золочів	< 0,60	3,20	< 0,28	0,30	0,26	0,17	< 1,00	0,65	0,48	3,17	0,21	1,06
80	с. Полтва	< 0,60	7,20	0,68	0,24	0,50	0,75	< 1,00	4,25	0,42	2,50	0,30	1,06
73	с. Стільське	< 0,60	< 1,10	< 0,28	0,22	0,50	0,25	< 1,00	< 0,55	0,24	0,97	0,11	0,42
77	с. Діброва	1,40	8,50	0,48	1,30	1,55	0,33	< 1,00	< 0,55	1,24	0,53	0,24	1,47
113	с. Кам'янопіль	0,70	11,00	0,63	0,36	0,42	0,18	< 1,34	1,10	0,50	0,62	0,37	5,41
100	с. Сулимів	0,60	6,50	0,40	0,15	0,24	0,15	< 1,34	0,75	0,30	0,45	0,29	1,88
98	м. Новий Яричів	< 0,60	6,60	0,33	0,30	0,22	0,13	< 1,34	0,80	0,30	0,45	0,26	0,36
96	с. Полтва	< 0,60	7,50	0,75	0,12	0,16	0,50	< 1,34	1,50	0,14	0,40	0,21	0,59
94	с. Вовків	0,50	5,10	0,33	0,40	0,32	0,13	< 1,34	< 0,55	0,40	0,83	0,24	0,59
102	м. Жовква	0,50	3,60	0,38	0,30	0,32	0,08	< 1,34	0,80	0,30	0,50	0,30	0,65
65	с. Плотича	< 1,00	1,60	< 0,28	0,52	< 0,11	0,08	< 1,00	0,95	0,90	0,22	0,39	1,00
64	м. Тернопіль	1,00	7,00	0,38	0,90	0,15	0,16	< 1,00	1,40	0,90	0,33	0,53	1,41

Продовження табл. 3

№ проби	Місце відбору	Co	Pb	Ni	Ti	V	Cr	Zn	Cu	Ba	Sr	Fe	Mn
61	с. Коропець	1,90	1,50	0,30	0,61	0,16	0,10	< 1,00	1,15	0,90	0,30	0,46	1,29
59	с. Задарів	< 1,00	2,60	< 0,28	0,61	< 0,11	0,16	< 1,00	0,95	0,60	0,50	0,29	1,35
58	с. Тустань	1,00	1,50	0,45	0,90	0,18	0,10	< 1,00	1,25	0,60	0,18	0,49	1,41
57	м. Галич	< 1,00	1,50	0,30	0,54	0,12	0,07	< 1,00	0,85	0,50	0,11	0,33	1,41
53	с. Володимирці	< 1,00	< 1,00	0,30	0,46	0,12	0,09	< 1,00	0,75	0,50	< 0,06	0,42	0,65
52	с. Бортники	1,20	1,60	< 0,28	0,35	0,12	0,08	< 1,00	0,80	0,50	0,08	0,37	1,12
51	с. Залски	1,50	< 1,00	< 0,28	0,35	< 0,11	0,08	< 1,00	0,80	0,50	0,11	0,33	1,12
50	м. Жидачів	1,60	< 1,00	0,50	0,90	0,18	0,12	< 1,00	1,25	0,50	0,11	0,43	1,24
110	с. Журів	0,80	4,50	0,45	0,29	0,35	0,13	< 1,00	0,75	0,50	0,45	0,29	2,59
108	с. Бабухів	1,00	3,00	0,38	0,29	0,27	0,13	< 1,00	0,60	0,40	0,62	0,33	2,41
106	м. Черче	< 0,40	3,60	0,33	0,13	0,30	0,15	< 1,00	< 0,55	0,14	0,57	0,21	2,12
103	с. Желдець	< 0,40	3,60	< 0,28	0,15	0,30	0,05	< 1,00	< 0,55	0,20	0,30	0,21	0,59
127	с. Підлски	< 0,60	6,00	0,75	0,76	0,30	0,23	< 1,34	0,70	0,80	0,43	0,79	0,88
126	с. Сирники	< 0,60	< 0,60	1,25	0,87	0,20	0,30	< 1,34	0,40	0,16	0,10	0,79	0,59
125	м. Луцьк	< 0,60	< 0,60	1,25	0,43	0,40	0,20	< 1,34	2,00	0,80	0,33	0,53	0,94
124	с. Новостав	< 0,60	< 0,60	0,45	0,39	0,27	0,08	< 1,34	0,35	0,38	0,57	0,66	0,88
123	с. Торговиця	< 0,60	< 0,60	0,45	0,54	0,27	0,18	< 1,34	0,60	0,38	0,50	0,74	0,71
122	«	< 0,60	< 0,60	0,40	0,39	0,24	0,13	< 1,34	0,40	0,66	0,67	0,47	0,71
121	с. Хрінники	< 0,60	3,00	0,30	0,54	0,20	0,13	< 1,34	0,45	0,50	0,27	0,66	0,32
120	м. Демидівка	< 0,60	4,00	1,00	0,65	0,40	0,13	< 1,34	0,70	0,66	0,33	0,87	0,49
119	с. Пляшева	< 0,60	< 0,60	0,33	0,30	0,15	0,04	< 1,34	0,80	0,46	0,40	0,47	0,24
118	м. Берестечко	< 0,60	5,00	0,55	0,24	0,14	0,06	< 1,34	0,70	0,40	0,23	0,39	0,22
117	с. Новостав	< 0,60	1,50	1,00	0,65	0,40	0,13	< 1,34	0,65	0,70	0,47	0,79	0,71
116	с. Стремільче	< 0,60	3,00	0,88	0,43	0,32	0,18	< 1,34	0,85	0,70	0,27	0,66	0,71
115	с. Станіславчик	< 0,60	2,50	0,83	0,46	0,29	0,12	< 1,34	0,40	0,60	0,53	0,79	0,71
114	с. Суходоли	< 0,60	3,00	0,88	0,35	0,32	0,13	< 1,34	0,50	0,38	2,00	0,66	0,71

Т а б л и ц я 4. Ступінь забруднення ґрунтів металами в межах Львівського прогину

Елемент	ГДК, мг/кг	Вміст елемента, мг/кг		
		мінімум	максимум	середнє
Co	50	< 2	12	4,80
Pb	32	<11	120	37,91
Ni	85	< 11	50	20,77
Ti	не норм.	370	4 150	1 742,83
V	150	< 11	50	27,86
Cr	100	7	160	38,93
Zn	100	< 50	100	38,13
Cu	55	< 11	90	18,16
Ba	не норм.	69	620	259,39
Sr	1 000	30	1 000	252,22
Fe	не норм.	500	33 000	12 476,09
Mn	1 500	190	4 600	811,09

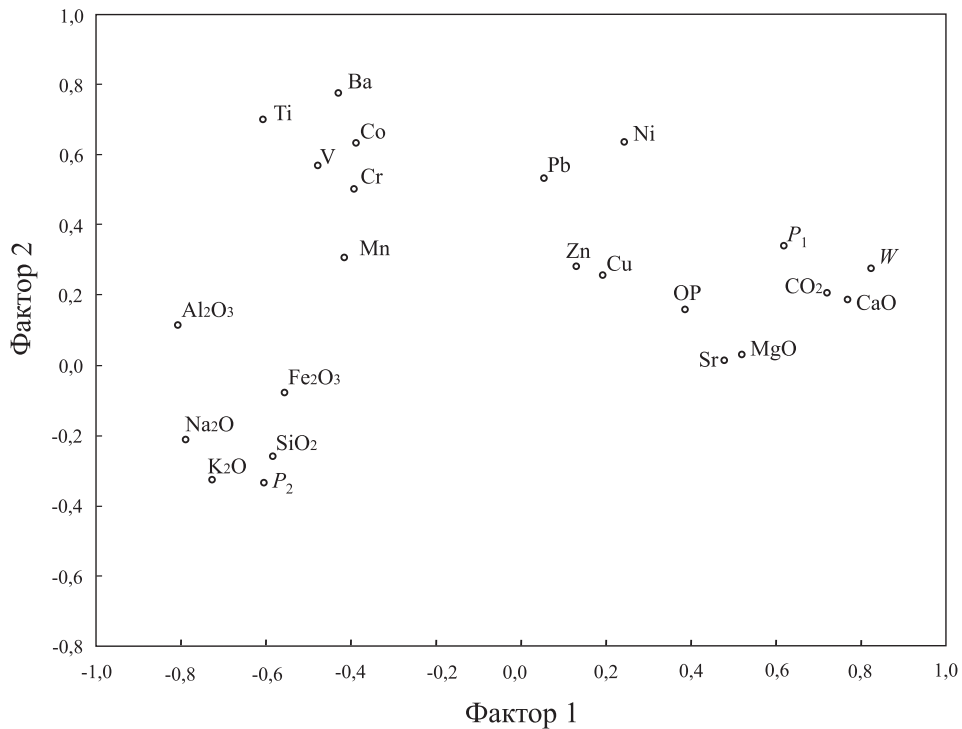


Рис. 2. Діаграма розподілу геохімічних ознак у полі факторів 1 і 2.
 Фізико-хімічні показники: ОР – органічна речовина; рН – реакція водної витяжки; W – волога.
 Гранулометричні фракції: P₁ – частинки < 0,01 мм; P₂ – частинки > 0,01 мм

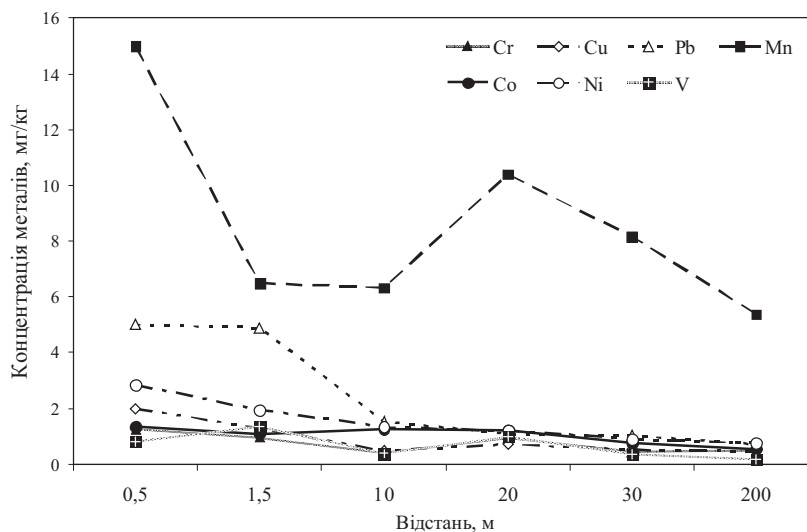


Рис. 3. Розподіл рухомих форм важких металів у ґрунтах на різній відстані від дороги

Вміст рухомих форм металів у ґрунтах у межах Львівського прогину становить, мг/кг: Pb – 0,71–5,0; Cu – 0,46–2,0; Co – 0,15–0,33; Ni – 0,75–2,85; Cr – 0,4–<2; Mn – 4,5–50; V – 0,27–1,0; Fe – 8,7–30,4; Sr – 12,5–54,5; Zn – 15–25.

У ґрунті, відібраному за 0,5 м від дороги, зафіксовано підвищену частку елементів у рухомій формі, % від валового вмісту: Cu – 27,4; Co – 20,7; Pb – 18,5; Mn – 15,0; Ni – 7,7; Cr – 4,31; V – 1,14. Із зростанням інтервалу відбору частка металів у цій формі зменшується, і за 200 м від дороги (парк) становить, % від валового вмісту: Co – 6,02; Cu – 5,49; Mn – 4,13; Pb – 3,94; Ni – 1,98; Cr – 1,41; V – 0,47. Аналогічна закономірність спостерігається і для концентрації металів у рухомій формі в ґрунтах досліджуваного профілю (див. рис. 3).

У ґрунтах території, прилеглої до Сокальського заводу хімволокна (підприємство засноване 1963 р., однак з 2005 р. припинило функціонування), встановлено максимальні кількості валових і міграційних форм металів у ґрунтах за 50 м від заводу; із зростанням інтервалу відбору спостерігається зменшення їхніх концентрацій.

Валовий вміст Pb у ґрунтах на відстані 50, 100 м від заводу перевищує ГДК у 1,5–1,8 раза. Рухомі форми хімічних елементів у ґрунті не перевищують норм ГДК (Фоновий..., 2003; Методические..., 1992). Найбільше з відстанню зменшується концентрація міграційних форм Sr (2,2 раза), Ni (2,1), Cu (2,0) і найменше – Mn, Co, Cr, Pb (1,2–1,3). У пробі № 15 виявлено збільшення кількості Sr, Fe, Mn та Ni у кислоторозчинній формі (див. рис. 4), що зумовлено слабколужною реакцією ґрунтів, яка призводить до зменшення рухомості важких металів і їхньої фіксації ґрунтами.

Досліджено залежність між вмістом рухомих форм важких металів та фізико-хімічними характеристиками ґрунтів (*pH* водної витяжки, вміст вологи, органічної речовини, золи, загальної концентрації металів і кількості фізичного піску та фізичної глини). Щоб виявити цю залежність, використали лінійні емпіричні моделі регресійного типу. Перевірку значущості коефіцієнта

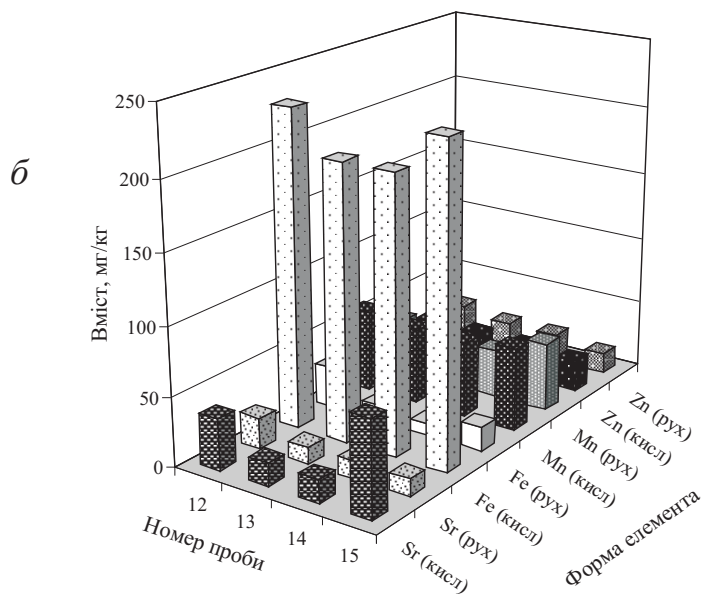
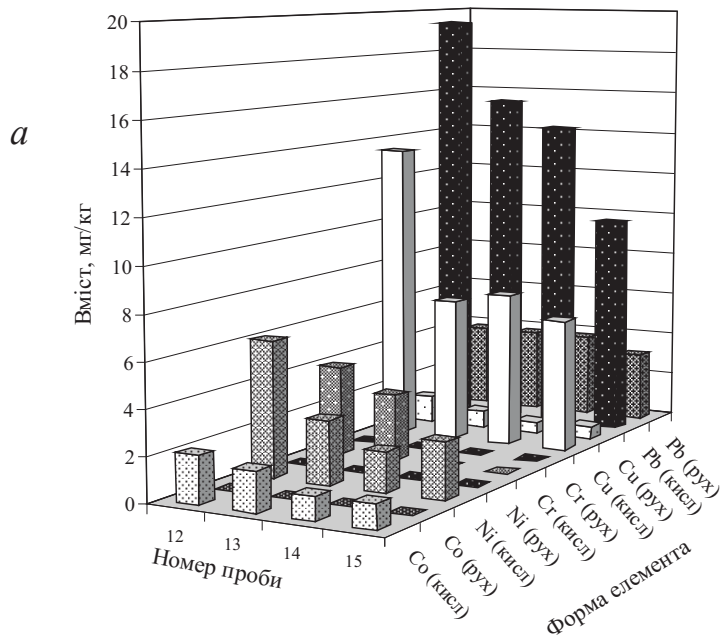


Рис. 4. Розподіл міграційних форм Co, Ni, Cr, Cu, Pb (*a*) та Sr, Fe, Mn, Zn (*б*) у ґрун-
тах у районі впливу Сокальського заводу хімволокна.
Відстань від підприємства: 50 (проба № 12), 100 (№ 13), 150 (№ 14) та 50 (№ 15) м на захід від
проби № 14. Форма елемента: рух – рухома, кисл – кислоторозчинна

в рівнянні регресії проводили за критерієм Ст'юдента (Крамбейн, Грейбилл, 1969). За тим самим критерієм відкидали змінні величини, слабко пов'язані із результативною ознакою. Адекватність моделі перевіряли за критерієм Фішера.

Т а б л и ц я 5. Результати регресійного аналізу залежності вмісту рухомих форм елементів від фізико-хімічних показників ґрунту

Статистичні рівняння
$Co_{рух} = -3,59 - 0,01 Co_{вал} + 0,35 pH - 0,84 W + 0,72 OP$ ($R = 0,87$)
$Mn_{рух} = -150,89 + 0,27 Mn_{вал} + 2,69 pH + 87,87 W - 20,85 OP + 1,86 P_1$ ($R = 0,92$)
$Pb_{рух} = 6,83 + 0,03 Pb_{вал} - 0,67 pH + 4,93 W - 3,27 OP + 0,15 P_1$ ($R = 0,94$)
$Cr_{рух} = 3,47 - 0,02 Cr_{вал} - 0,53 pH + 2,88 W - 1,28 OP + 0,07 P_1$ ($R = 0,95$)
$Ni_{рух} = -2,15 + 0,02 Ni_{вал} - 0,09 pH + 4,43 W - 1,67 OP + 0,11 P_1$ ($R = 0,97$)
$Cu_{рух} = 1,39 - 0,01 Cu_{вал} - 0,37 pH + 4,48 W - 1,94 OP + 0,11 P_1$ ($R = 0,98$)
$V_{рух} = -29,56 + 0,32 V_{вал} - 0,21 pH + 2,15 W + 0,07 OP + 0,10 P_1$ ($R = 0,97$)
$Sr_{рух} = -1,75 - 0,03 Sr_{вал} + 0,47 pH - 0,77 W + 0,13 OP$ ($R = 0,89$)

Примітка: *pH* – реакція водної витяжки; *W* – волога; *OP* – органічна речовина; *P₁* – фізична глина; *вал та рух* – валовий вміст і рухома форма; *R* – коефіцієнт множинної регресії.

Одержані результати наведені в табл. 5. Як бачимо, для всіх досліджуваних елементів встановлено залежність концентрації рухомих форм металів від реакції ґрунтового розчину, вмісту вологи, органічної речовини і вмісту фізичної глини; для *Co* та *Sr* – зв'язок з фізичною глиною відсутній. Вплив фізичного піску на розподіл рухомих форм елементів не суттєвий.

Висновки. На основі величин молярних співвідношень SiO_2/Al_2O_3 та SiO_2/Fe_2O_3 встановлено неоднорідність хімічного складу мінеральної частини ґрунту, що пояснюється різною інтенсивністю, характером і спрямованістю ґрунтових процесів.

За значеннями концентрацій метали в ґрунтах розташовуються в такий ряд: $Fe > Ti > Mn > Ba > Sr > Cr > Pb > Zn > V > Cu > Ni > Co$. Елементи за концентраційними характеристиками можна розділити на 3 групи: концентрації яких підвищені відносно кларка ($K_k > 1,5$) – *Pb*; вміст яких близький до кларка ($0,5 \leq K_k \leq 1,5$) – *Mn, Sr, Cu, Zn, Co, Ba*; концентрації яких понижені щодо кларка ($K_k < 0,5$) – *Ti, Cr, V, Ni, Fe*.

Встановлено диференційовану поведінку елементів у ґрунтах: *Ni, Cu, Zn, Pb* тяжіють до фракції фізичної глини, збагаченої органічною речовиною, а *Sr* – карбонатом; *Co, Cr, Mn, Ba, V, Ti* – до фракції фізичного піску, представленої $Fe_2O_3, Al_2O_3, Na_2O, K_2O$.

Основні фактори, які впливають на рухомість металів у ґрунтах, – це вміст органічної речовини, вологи, кількість глинистої фракції та лужнокислотні умови. Побудовано лінійні емпіричні моделі залежності вмісту рухомих форм металів від основних фізико-хімічних показників ґрунтів, які є основою для прогнозу їхнього вмісту в ґрунтах досліджуваного району.

Андрущенко Г. О. Ґрунти Західних областей УРСР. – Л. ; Дубляни : Вільна Україна, 1970. – 181 с.

Виноградов А. П. О происхождении вещества земной коры // Геохимия. – 1961. – № 1. – С. 3–29.

Крамбейн У., Грейбилл Ф. Статистические методы в геологии. – М. : Мир, 1969. – 396 с.

- Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственной и продукции растениеводства.* – М., 1992. – 59 с.
- Оленчук Я., Николин А.* Грунти Львівської області. – Л. : Каменяр, 1969. – 84 с.
- Предельно допустимые концентрации химических соединений в почве :* СанПиН 42-128-4433-87 / Утв. МЗ СРСР от 30.10.87. – М., 1987. – 54 с.
- Природа Волинської області /* за ред. К. І. Геренчука. – Л. : Вид-во Львів. ун-ту, 1975. – 147 с.
- Природа Івано-Франківської області /* за ред. К. І. Геренчука. – Л. : Вид-во ЛДУ, 1973. – 160 с.
- Природа Львівської області /* за ред. К. І. Геренчука. – Л. : Вид-во ЛДУ, 1972. – 152 с.
- Природа Рівненської області /* за ред. К. І. Геренчука. – Л. : Вид-во Львів. ун-ту, 1976. – 150 с.
- Природа Тернопільської області /* за ред. К. І. Геренчука. – Л. : Вища шк., 1979. – 167 с.
- Фоновий вміст мікроелементів у ґрунтах України /* за ред. А. І. Фатєєва, Я. В. Пащенко. – Харків, 2003. – 72 с.

Стаття надійшла
28.09.15

Maria KOST'

ECOLOGICAL-GEOCHEMICAL FEATURES OF SOILS WITHIN THE TERRITORY OF THE LVIV TROUGH

Established are ecological-geochemical features of soils within the territory of the Lviv trough. On the basis of the values of the molar ratios of $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ and $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ the heterogeneity of the chemical composition of the mineral part of the soil due to different intensity, character and direction of soil processes was revealed.

The values of metals concentrations in soils are in such a range: $\text{Fe} > \text{Ti} > \text{Mn} > \text{Ba} > \text{Sr} > \text{Cr} > \text{Pb} > \text{Zn} > \text{V} > \text{Cu} > \text{Ni} > \text{Co}$. Elements with concentration characteristics can be divided into 3 groups: concentrations increased in relation to clarke ($\text{CC} > 1.5$) – Pb; concentrations close to clarke ($0.5 \leq \text{CC} \leq 1.5$) – Mn, Sr, Cu, Zn, Co, Ba; reduced concentration relative to clarke ($\text{CC} < 0.5$) – Ti, Cr, V, Ni, Fe. The differentiated behavior of elements in soils was revealed: Ni, Cu, Zn, Pb are drawn to the physical clay fraction rich in organic matter; Sr – with fine-dispersed carbonate; Co, Cr, Mn, Ba, V, Ti – to physical fraction of sand, presented by Fe_2O_3 , Al_2O_3 , Na_2O , K_2O .

The main factors affecting the mobility of metals in soils are the organic matter content, moisture, amount of clay fraction and alkaline-acidic conditions. A linear empirical model of the relationship between the content of mobile forms of metals from the main physico-chemical parameters of soil is built. These dependencies are the basis to predict their presence in soils.