

## РЕГІОНАЛЬНІ ГЕОХІМІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ҐРУНТІВ УКРАЇНИ В РАМКАХ МІЖНАРОДНОГО ПРОЕКТУ З ГЕОХІМІЧНОГО КАРТУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТА ПАСОВИЩНИХ ЗЕМЕЛЬ ЄВРОПИ (GEMAS)

В.Р. Клос<sup>1</sup>, М. Бірке<sup>2</sup>, Е.Я. Жовинський<sup>3</sup>, Г.О. Акінфієв<sup>1</sup>, Ю.А. Амашукелі<sup>1</sup>, Р. Кламенс<sup>4</sup>

1 – Український науково-виробничий центр геохімічних досліджень, ДП "Українська геологічна компанія"  
02088, пров. Геофізиків, 10, Київ, Україна

2 – Федеральний інститут наук про Землю і природних ресурсів  
Berlin Office, Wilhelmstrasse 25–30, 13593 Berlin, Germany

3 – Інститут геохімії мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України  
03680, просп. академ. Палладіна, 34, Київ, Україна

4 – Геологічна служба Норвегії  
PO Box 6315 Sluppen, 7491 Trondheim, Norway

За результатами геохімічного картування сільськогосподарських та пасовищних ґрунтів Європи визначено параметри вмісту 57 хімічних елементів у ґрунтах України, згрупованих за класами водної міграції геохімічних ландшафтів.

**Вступ.** Український науково-виробничий центр геохімічних досліджень ДП "Українська геологічна компанія" (в минулому – ПДРГП "Північ-геологія"), представляє Україну у міжнародному проекті країн Європейського Союзу – "Геохімічне картування сільськогосподарських та пасовищних земель Європи" (GEMAS), Робота розпочата в 2009 і буде закінчена в 2015 році. У реалізації проекту беруть участь практично всі країни Європи за винятком Росії, Білорусії, Румунії, Молдови, Албанії та Туреччини, Кожна із країн-учасників проекту польові роботи виконувала самостійно.

**Головною метою** цього проекту є визначення геохімічного фону та його природних варіацій у сільськогосподарських та пасовищних ґрунтах Європи. Це становитиме основу для подальшого виявлення та розрахунків техногенного навантаження на навколишнє середовище від промислових підприємств та аварійних викидів, агроміліорантів і т. п. в регіональному і локальному масштабах. Крім того, за проектом передбачено створення літотеки ґрунтів Європи на основі дублікатів відібраних проб.

**Методика та обсяги робіт.** Унікальність цього проекту полягає у збереженні однакових умов опробування й аналізування матеріалу на значній площі. А саме: виконанні відбору проб за єдиною методикою та з однаковим устаткуванням для усіх країн-учасниць, у підготовці відібраних проб до

аналітичних досліджень за єдиною методикою і в одній лабораторії, у виконанні аналітичних досліджень підготовлених проб єдиною партією.

Загалом методика польових лабораторних робіт передбачала дотримання кількох положень.

1. Усю територію Європи розділено на квадрати 50 × 50 км за рівновеликою проекцією Ламберта.

2. У квадраті (площа 2500 км<sup>2</sup>) в межах найбільш поширеного ландшафту на максимальній відстані від можливих техногенних джерел забруднення ґрунтів вибирали дві ділянки для опробування ґрунту: в межах сільськогосподарських угідь і на пасовищних (цілинних) землях. На території лісів проби ґрунту не відбирались.

3. На обраних ділянках ґрунт опробували методом "конверту" зі стороною квадрату 10 м з подальшим об'єднанням 5 точкових проб в одну загальною вагою 2,5–3 кг. Відібрані проби розміщували в спеціально виготовлені "пластикові" пакети (хімічно чисті) з необхідним маркуванням. Глибина відбору проб у межах сільськогосподарських угідь – уся глибина орного шару (0–20 см), а на пасовищних (цілинних) землях – 0–10 см. У центральній точці відбору закладали невеликий шурф для фотодокументування ґрунтового розрізу.

Всього в рамках проекту було відібрано 4328 проб із сільськогосподарських угідь та пасовищних земель.

4. Координати місця розташування ділянки відбору проби в межах квадрату фіксували за допомогою портативного навігатора GPS. Укладали

© В.Р. Клос, М. Бірке, Е.Я. Жовинський,  
Г.О. Акінфієв, Ю.А. Амашукелі, Р. Кламенс, 2012

стандартний формуляр англійською мовою, виконували різнопланову фотодокументацію місцевості та ґрунтового розрізу (4 фотокартки). Польові роботи з відбору проб ґрунту були виконані протягом 2009 року.

5. Усі відібрані проби ґрунту надсилали в одну лабораторію для виконання стандартної пробопідготовки та відбору наважок на аналітичні дослідження і дублікати. Ця процедура була виконана лабораторією Державного геологічного інституту ім. Діоніза Стура (Словаччина, м. Спіска Нова).

6. Лабораторні проби на першому етапі досліджень як одна партія були розчинені в "царській горілці" та проаналізовані на 53 елементи (Ag, Al, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Ga, Ge, Hf, Hg, In, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Ni, P, Pb, Pd, Pt, Rb, Re, S, Sb, Sc, Se, Sn, Sr, Ta, Te, Th, Ti, Tl, U, V, W, Y, Zn, Zr) за допомогою методу мас-спектрометрії з індуктивно зв'язаною плазмою (ICP-MS) в лабораторії ACME (Канада, м. Ванкувер), а також на 41 елемент (Al, As, Ba, Bi, Ca, Ce, Cl, Co, Cr, Cs, Cu, F, Fe, Ga, Hf, K, La, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Ni, P, Pb, Rb, S, Sb, Sc, Si, Sn, Sr, Ta, Th, Ti, U, V, W, Y, Zn, Zr) – за валовим рентген-флюорисцентним методом (XRF) та Hg методом безполум'яної атомно-абсорбційної спектрометрії (AAS) в лабораторії BGR (Німеччина, м. Ганновер).

Ефективність дрібномасштабного геохімічного картування для визначення регіональних фонових концентрацій хімічних елементів у ґрунтах доведено роботами низки європейських дослідників [5–7].

Відповідно до загальноєвропейської методики, територія України була розділена на 273 квадрати, в межах яких відібрано 264 проби ґрунту із сільськогосподарських угідь (Ar) та 270 проб ґрунту із пасовищних (Gr) земель (рис. 1).

У кожній точці випробування за вищезгаданою методикою паралельно відбирали дві проби, одну з яких відправляли до лабораторії Державного геологічного інституту ім. Діоніза Стура (Словаччина, м. Спіска Нова), другу залишали для пробопідготовки та лабораторних досліджень в Україні.

Крім того, у точці відбору проби (в центральній точці "конверту") проходили неглибокий шурф (0,6–1,5 м – до ґрунтоутворювальних порід) з відбором проб із головних ґрунтових горизонтів. Всього було відібрано 2136 проб.

Після підготовки проб до аналітичних досліджень за стандартною процедурою (просушування, розминання та просіювання на капронівому ситі 2 мм) пробу розділяли (квартували) надвоє (кожна частина вагою до 1 кг). Одну частину

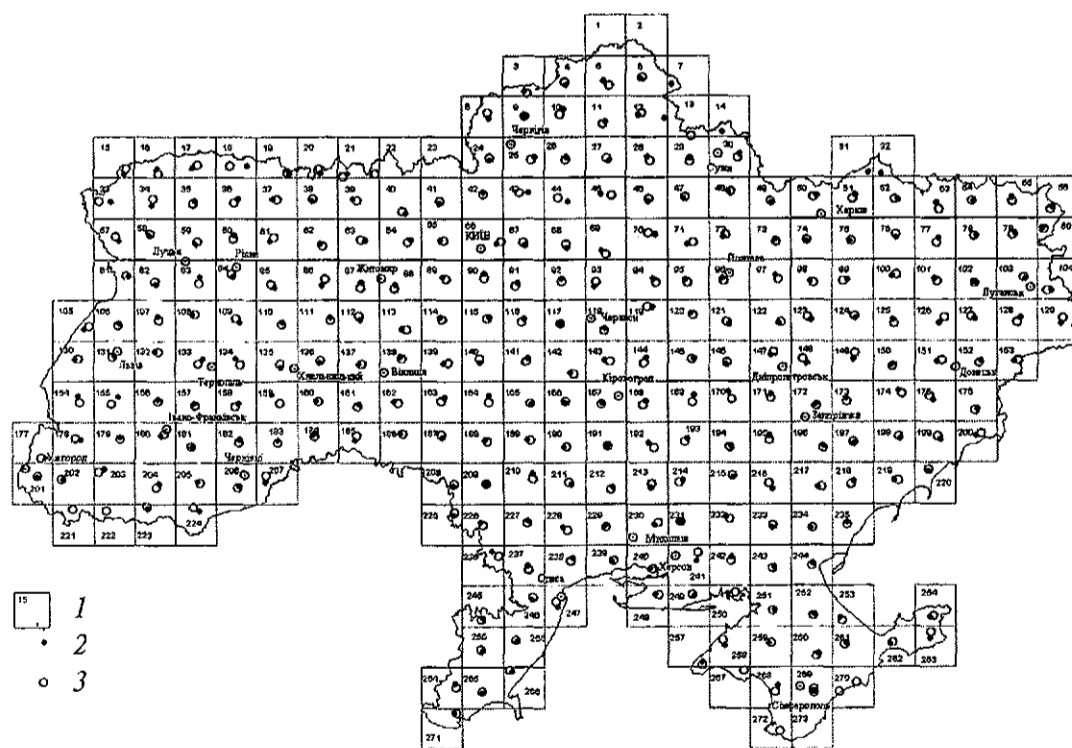


Рис. 1. Карта-схема геохімічного випробування ґрунтів України: 1 – мережа рівновеликої кінчної проекції Ламберта (квадрат 50 × 50 км); пункти відбору літохімічних проб ґрунту: 2 – сільськогосподарських угідь (Ar); 3 – пасовищ (Gr). Номер проби відповідає номеру квадрату мережі Ламберта

Регіональні геохімічні дослідження ґрунтів України в рамках міжнародного проекту (GEMAS)

Таблиця 1. Результати вимірювання вмісту хімічних елементів в ґрунтах України, за різними методами аналітичних досліджень

Елемент	I			II			III			IV		
	1	2	3	4	5	6	4	5	6	4	5	6
Ag	0,05	0,0388	н. в.	0,002	99,1	0,034	0,02	96	0,043	н. в.	н. в.	н. в.
Al	71000	11200	53800	100	100	13900	н. в.	н. в.	н. в.	265	99,8	49114
As	6	5,72	7	0,1	99,8	5,2	н. в.	н. в.	н. в.	3	70,9	6
Au	0,001	0,00096	н. в.	0,0002	80,3	0,0008	н. в.	н. в.	н. в.	н. в.	н. в.	н. в.
B	20	2,655	-	1	86,6	5	н. в.	н. в.	н. в.	н. в.	н. в.	н. в.
Ba	500	64,95	375	0,5	100	96,9	300	97,2	409	5	99,8	401
Be	0,3	0,534	н. в.	0,1	89,1	0,7	3	10,9	2,2	н. в.	н. в.	н. в.
Bi	0,2	0,176	1,5	0,02	98,4	0,17	н. в.	н. в.	н. в.	3	4,9	1,5
Ca	15000	3235	8310	100	99,1	5979	н. в.	н. в.	н. в.	36	99,8	8083
Cd	0,35	0,1895	н. в.	0,01	100	0,16	0,5	6,4	0,15	н. в.	н. в.	н. в.
Ce	50	28,6	58	0,1	100	37,9	30	64,3	36	20	90,6	61
Cl	100	н. в.	15	н. в.	н. в.	н. в.	н. в.	н. в.	н. в.	10	32,6	10
Co	8	7,64	9	0,1	99,3	9,1	2	100	12	3	87	10
Cr	70	20,85	63,5	0,5	100	23,7	1	100	86	4	99,8	78
Cs	4	1,105	5	0,02	100	1,11	н. в.	н. в.	н. в.	3	0	5
Cu	30	15	13,5	0,01	100	15,18	1	100	27	5	83,4	14
F	200	н. в.	250	н. в.	н. в.	н. в.	н. в.	н. в.	н. в.	250	18,7	250
Fe	40000	17550	24650	100	100	17000	-	-	-	70	99,8	23641
Ga	20	3,53	12	0,1	99,8	3,8	1	100	11	2	88,5	10
Ge	1	0,05	н. в.	0,1	0	0,05	1	87,1	1,4	н. в.	н. в.	н. в.
Hf	6	0,05115	8	0,02	86,9	0,16	н. в.	н. в.	н. в.	5	86,2	11
Hg*	0,06	0,0311	н. в.	0,005	97,1	0,018	н. в.	н. в.	н. в.	0,005	1	0,031*
In	1	0,01	н. в.	0,02	30,1	0,01	н. в.	н. в.	н. в.	н. в.	н. в.	н. в.
K	14000	1250	15450	100	98,6	2200	н. в.	н. в.	н. в.	42	99,8	16425
La	40	14,35	23,5	0,5	100	18,6	20	69,1	25	20	62,1	24
Li	25	11,75	н. в.	0,1	100	11,8	8	100	32	н. в.	н. в.	н. в.
Mg	5000	2965	5550	100	98,4	3154	н. в.	н. в.	н. в.	3	99,8	5186
Mn	1000	452,5	596,5	1	100	491	3	100	662	8	99,8	604
Mo	1,2	0,427	1	0,01	100	0,36	0,8	92	1,4	2	4	1
Na	5000	49,7	5490	10	91,2	40	н. в.	н. в.	н. в.	74	99,8	5199
Nb	10	0,507	13	0,02	99,5	0,45	10	99,8	24	2	99,1	13
Ni	50	15,45	20	0,1	100	22,3	1	100	36	3	92,8	26
P	800	633	765,5	10	100	500	50	100	754,5	4	99,8	643
Pb	12	16,35	21,5	0,01	100	11,65	3	100	20	3	99,6	18
Pd	-	0,005	н. в.	0,01	0	0,005	н. в.	н. в.	н. в.	н. в.	н. в.	н. в.
Pt	-	0,001	н. в.	0,002	4,7	0,001	н. в.	н. в.	н. в.	н. в.	н. в.	н. в.
Rb	35	14,55	74,5	0,1	100	18,4	н. в.	н. в.	н. в.	2	99,6	73
Re	-	0,0005	н. в.	0,001	1,6	0,0005	н. в.	н. в.	н. в.	н. в.	н. в.	н. в.
S	700	254	40	200	52,6	214	н. в.	н. в.	н. в.	40	64,2	120
Sb	1	0,261	2,5	0,02	99,8	0,23	н. в.	н. в.	н. в.	5	1,1	2,5
Sc	7	2,2	8	0,1	99,6	3	10	41,6	9,9	2	89,1	8
Se	0,4	0,378	н. в.	0,1	89,1	0,3	н. в.	н. в.	н. в.	н. в.	н. в.	н. в.
Si	330000	н. в.	308000	н. в.	н. в.	н. в.	н. в.	н. в.	н. в.	467	99,8	330246
Sn	4	0,77	2	0,1	94,3	0,6	1	99,8	3,4	4	8	2
Sr	250	18,8	96,5	0,5	100	34,2	150	0,143	106	2	99,8	94
Ta	2	0,025	2,5	0,05	0	0,025	н. в.	н. в.	н. в.	5	9	2,5
Te	-	0,0152	н. в.	0,02	43,8	0,02	н. в.	н. в.	н. в.	н. в.	н. в.	н. в.
Th	9	2,85	10	0,1	99,6	4,4	н. в.	н. в.	н. в.	5	73	9
Ti	5000	78,65	3655	10	98,2	62	1	100	5874	6	99,8	4089
Tl	0,2	0,1175	н. в.	0,02	95,7	0,12	н. в.	н. в.	н. в.	н. в.	н. в.	н. в.
U	2	0,728	1,5	0,1	95	0,5	н. в.	н. в.	н. в.	3	4,3	1,5
V	90	26,3	69,5	2	97,7	28	1	100	110,5	5	99,1	69
W	1,5	0,05	2,5	0,1	0,7	0,05	н. в.	н. в.	н. в.	5	1,9	2,5
Y	30	6,825	26,5	0,01	100	9,52	10	96	30	3	99,8	31
Yb	3	н. в.	н. в.	н. в.	н. в.	н. в.	1	99,7	3,4	н. в.	н. в.	н. в.
Zn	90	45,8	61,5	0,1	100	38,6	20	98,1	78	3	99,8	52
Zr	400	1,835	256	0,1	96,6	5,9	50	99,8	308	3	99,8	386

Примітка: I – кларковий вміст елементу у ґрунтах світу та Європи, мг/кг (1 – Світу (Bowen, 1979), 2, 3 – Європи, Gemas (2 – ICP-MS, 3 – XRF)), II – мас-спектрометричний аналіз з індуктивно зв'язаною плазмою ICP-MS, III – напівкількісний спектральний аналіз з реєстрацією спектра фотоелектронною касетою (СА-ФЕК), IV – валовий рентген-флуоресцентний аналіз (XRF) (4 – межа чутливості, мг/кг; 5 – % значень, що перевищують межу чутливості, 6 – фонове значення, мг/кг); н. в. – вміст елементу цим аналітичним методом не визначали; Hg\* – в графі XRF, наведені результати отримані за методом безполум'яної атомно-абсорбційної спектроскопії (AAS)

направляли на лабораторні дослідження, а другу до літотеки ДП "Українська геологічна компанія".

Усі відібрані проби проаналізовані за допомогою напівкількісного спектрального аналізу з реєстрацією спектра фотоелектронною касетою

Таблиця 2. Коефіцієнти кореляції значень вмісту хімічних елементів у пробах ґрунтів України, одержаних за допомогою різних аналітичних методів

Елемент	Порівнювані методи		
	XRF- ICP-MS	XRF- СА-ФЕК	ICP-MS-СА-ФЕК
Ag	-	-	0,381 / 533
Al	-	-	0,914 / 528
As	0,969 / 410	-	-
Ba	0,759 / 528	-0,428 / 513	-0,122 / 536
Be	-	-	0,237 / 61
Bi	- / 26	-	-
Ca	0,998 / 523	-	-
Cd	-	-	0,930 / 34
Ce	0,722 / 480	-0,009 / 313	0,056 / 366
Co	0,921 / 460	0,643 / 461	0,734 / 550
Cr	0,887 / 528	0,685 / 528	0,608 / 551
Cs	0,625 / 407	-	-
Cu	0,967 / 449	0,571 / 450	0,620 / 552
Fe	0,991 / 528	-	-
Ga	0,910 / 528	0,658/488	0,668 / 552
Ge	-	-	- / 8
Hf	-0,173 / 42	-	-
La	0,268 / 34	0,018 / 263	-0,182 / 404
Li	-	-	0,288 / 552
Mn	0,991 / 529	0,266 / 529	0,268 / 552
Mo	- / 21	- / 21	0,655 / 513
Nb	0,681 / 525	-0,223 / 527	-0,283 / 549
Ni	0,972 / 502	0,872 / 503	0,882 / 552
P	-	-	0,665 / 552
Pb	0,767 / 527	0,329 / 528	0,372 / 552
Rb	0,857 / 527	-	-
Sb	- / 11	-	-
Sc	0,943 / 471	0,170 / 183	-0,134 / 221
Sn	- / 4	- / 4	0,353 / 547
Sr	0,958 / 528	0,336 / 68	0,227 / 75
Th	0,294 / 419	-	-
Ti	0,447 / 522	-0,083 / 529	0,010 / 546
U	0,056 / 56	-	-
V	0,931 / 518	0,710 / 527	0,640 / 542
W	- / 2	-	-
Y	0,901 / 528	0,098 / 513	0,165 / 535
Zn	0,766 / 528	0,756 / 522	0,766 / 544
Zr	0,126 / 519	0,069 / 528	-0,178 / 542
Hg*	0,985 / 570	-	-

Примітка: у чисельнику – коефіцієнт кореляції аналітичних визначень, в знаменнику – кількість пар проб, взятих до розрахунку зі значеннями, більшими за межу чутливості порівнюваних аналітичних методів; Hg\* – в графі XRF-ICP-MS наведені результати отримані за методом безполум'яної атомно-абсорбційної спектрометрії (AAS).

(АС-ФЕК – методика Укрметртестстандарт № MBV-081/12-0665-09) на 33 елементи (Ag, As, Ba, Be, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Ga, Ge, La, Li, Mn, Mo, Nb, Ni, P, Pb, Sb, Sc, Sn, Sr, Ti, Tl, U, Au, V, W, Y, Yb, Zn, Zr) в Центральній лабораторії ДП "Українська геологічна компанія" (Україна, м. Київ).

**Результати та обговорення.** На першому етапі робіт для українських проб ґрунту, що відібрані з верхнього шару сільськогосподарських та пасовищних земель, автори здійснили оцінку аналітичних результатів, отриманих із різних лабораторій та за різними методами аналізу (табл. 1).

Привертає увагу невідповідність значень вмісту деяких хімічних елементів у результатах аналітичних досліджень українських проб за методом ICP-MS і валового XRF. Виявлені відмінності мають системний характер, про що свідчать високі коефіцієнти кореляції між одержаними значеннями вмісту елементів (табл. 2). Вищий вміст Hf, Zr, Ti, Na, Nb, Sb, K, U, Cs, Rb, Ba, Mo, Y, Al та інших, визначених за методом валового XRF, пов'язаний із неповним їх екстрагуванням "царською горілкою" зі стійких мінеральних форм та сполук у пробах ґрунту під час приготування розчинів для аналітичних досліджень за методом ICP-MS (табл. 3).

Отримані результати з визначення повноти екстрагування хімічних елементів "царською горілкою" із українських проб ґрунту співпадають із результатами, отриманими під час вивчення проб ґрунтів Європи (М. Бірке, 2011).

За експериментальними даними, екстрагування більшості хімічних елементів "царською горілкою" є неповним, %: Ca – лише 60 від валового вмісту, Cd – 100, Ce – 52-53, Co – 82-83, Cr < 35, Cu – 115, Nb – 4-5, Ni – 79, P – 83, Pb – 77-83, Rb – до 20, Sb – 9-13, Sc – 28-29, Sn – 33-42, Sr – до 20, Th – 26-36, U – 38-52, V – до 40, Y – 25-28, Zn – 75, Zr – 1.

З погляду на наведене вище, для аналізу розподілу хімічних елементів (визначення валового вмісту) у ґрунтах України проаналізовано якомога більшу кількість хімічних елементів, при цьому обрано точніший метод для кожного з елементів. Орієнтовний критерій точності визначення валового вмісту хімічних елементів у пробах ґрунтів – максимальна наближеність фонового значення (медіани) у ґрунтах України до кларкового його вмісту у ґрунтах світу [4]. За базові дані аналітичних досліджень взято результати визначень валового XRF, доповнені результатами ICP-MS щодо Ag, Au, B, Be, Bi, Cd, Co, In, La, Li, Pd, Pt, Re, Sb, Se, Te, Tl, U та результатами НКСФ для Ge, Mo, Sn, Yb.

Регіональні геохімічні дослідження ґрунтів України в рамках міжнародного проекту (GEMAS)

Таблиця 3. Порівняння значень вмісту хімічних елементів у пробах з ґрунтів України, одержаних за різними аналітичними методами

Елемент	ICP-MS та XRF ( $C_{ICP} / C_{XRF}$ )						
	Коефіцієнт кореляції визначень	Кількість пар визначень, вміст елементів у яких вищий від межі чутливості методів	Статистичні характеристики коефіцієнта екстрагування $C_{ICP} / C_{XRF}$				
			Min	Max	Середнє	Медіана	
Al	0,914	528	0,069	0,471	0,290	0,290	0,261
As	0,969	410	0,4	1,267	0,798	0,788	0,160
Ba	0,969	528	0,064	0,67	0,261	0,254	0,371
Bi	—	26	0,015	0,108	0,056	0,056	0,306
Ca	0,998	523	0,116	1,178	0,737	0,771	0,229
Ce	0,722	480	0,066	1,033	0,604	0,609	0,235
Co	0,921	460	0,14	1,657	0,865	0,863	0,211
Cr	0,887	528	0,047	0,533	0,308	0,309	0,279
Cs	0,625	407	0,055	0,445	0,214	0,208	0,334
Cu	0,967	449	0,268	2,168	1,125	1,12	0,155
Fe	0,991	528	0,362	0,959	0,703	0,712	0,102
Ga	0,91	528	0,121	0,8	0,387	0,388	0,216
Hf	0,173	420	0,001	0,048	0,016	0,014	0,599
Hg*	0,985	570	0,076	1,59	0,582	0,575	0,293
K	0,719	521	0,022	0,366	0,143	0,134	0,513
La	0,268	340	0,045	1,235	0,679	0,681	0,260
Mg	0,987	519	0,307	0,809	0,604	0,618	0,150
Mn	0,991	528	0,174	1,11	0,806	0,823	0,134
Mo	—	21	0,006	1,067	0,267	0,087	1,261
Na	0,225	486	0,002	0,307	0,013	0,009	1,495
Nb	0,681	525	0,001	0,075	0,035	0,034	0,372
Ni	0,972	502	0,125	1,800	0,848	0,868	0,159
Pb	0,767	527	0,191	1,400	0,699	0,678	0,430
Rb	0,857	527	0,063	0,475	0,257	0,256	0,279
Sb	—	11	0,022	0,101	0,055	0,051	0,525
Sc	0,943	471	0,133	0,525	0,357	0,364	0,198
Sr	0,958	528	0,058	1,001	0,397	0,395	0,423
Th	0,294	419	0,040	1,340	0,473	0,438	0,462
Ti	0,447	522	0,002	0,095	0,019	0,018	0,500
U	0,056	56	0,083	0,767	0,197	0,179	0,492
V	0,931	518	0,134	1,600	0,403	0,412	0,220
Y	0,901	528	0,033	0,644	0,291	0,308	0,302
Zn	0,766	528	0,213	0,928	0,724	0,743	0,127
Zr	0,126	519	0,0002	0,042	0,015	0,014	0,666

Примітка: середнє значення відношення  $C_{ICP-MS}$  до  $C_{XRF}$ , є коефіцієнтом екстрагування хімічного елемента з проб ґрунту витяжкою на основі "царської горілки"; \*Hg – для ртуті замість визначень XRF, наведені результати, отримані за методом безполум'яної атомно-абсорбційної спектроскопії (AAS).

Метод валового XRF дозволяє точніше визначити хімічні елементи з високим кларковим вмістом у ґрунтах (понад 10–100 мг/кг). Результати, отримані за ICP-MS із витяжки "царською горілкою" можна вважати за валові тільки для мікроелементів з хорошою екстракцією (понад 70 %). Для Pd, Pt, Re, Ta, W чутливість визначення застосованих методів не достатня (кількість значень, вищих від межі чутливості аналізу, не більше 2 %). Для Cl, F, Te точність визначень також не найкраща – межу чутливості аналізу перевищують не більше 50 %. Вміст S, Sb, Bi, Th слід визначати за допомогою інших методів, наприклад, Sb – за методом AAS (атомно-абсорбційна спектроскопія), Bi, Th – енергодисперсного XRF, S – на аналізаторі CNS (макро-аналізатор вуглецю, азоту, сірки в пробах ґрунту та інших складових доквіл-

ля). Заплановані аналітичні дослідження проб ґрунту за програмою GEMAS тривають.

З метою одержання достатньої геохімічної характеристики верхньому шару ґрунтів України в результаті виконання дрібномасштабного картування (1 точка на 2500 км<sup>2</sup> – масштаб 1 : 5 000 000) одиницею однорідності ґрунту вирішили вважати не його тип чи елементарний ландшафт, а ландшафтно-геохімічну одиницю вищого порядку – клас водної міграції хімічних елементів.

На думку авторів, такий підхід дозволяє врахувати біокліматичні умови формування верхнього шару ґрунту, збільшити площу досліджуваного об'єкту, та відобразити однорідність геохімічних (фізико-хімічних) умов міграції хімічних елементів, що обумовлюють їх концентрацію та розсіювання в ґрунтах.

Вибірki за біокліматичними зонами з урахуванням ландшафтно-геохімічного класу водної міграції хімічних елементів склали окремо для сільськогосподарських та пасовищних земель. До уваги брали найбільш поширені в межах України класи геохімічних ландшафтів, у межах яких відібрано не менше 5 проб. Основою для складання вибірок слугували ландшафтно-геохімічна карта України масштабу 1 : 500 000 (Є.І. Ольшевська, 1995 р. (рис. 2) та результати власних досліджень (фотодокументація місця відбору проб ґрунту і ґрунтового розрізу).

Із 17 найбільш поширених в Україні класів геохімічних ландшафтів для сільськогосподарських

(Ар) земель було охарактеризовано ґрунти 10 класів геохімічних ландшафтів та їх поєднань за близькими умовами водної міграції хімічних елементів, а для пасовищних (Gr) земель – ґрунти 13 класів.

Лісова біокліматична зона (Українське Полісся). Кислий клас ландшафту ( $H^+$ ), який займає найбільшу площу – 47,1 % території Українського Полісся, Клас представлений дерново-підзолистими і дерновими піщаними й глинисто-піщаними ґрунтами, розвинутими на воднольодовикових, льодовикових та давньоалювіальних відкладах (пісках, супісках).

Кислий глейовий ( $H^+ - Fe^{2+}$ ) і кислий у поєднанні з кислим глейовим ( $H^+, H^+ - Fe^{2+}$ ) класи



Рис. 2. Карта класів геохімічних ландшафтів України (за матеріалами Є.І. Ольшевської, 1995)

ландшафту, які займають 26,5 % та 12,2 % території Українського Полісся відповідно. Класи представлені дерновими опідзоленими оглейованими, дерново-підзолистими оглейованими ґрунтами, торфово- та лучно-болотними ґрунтами, які формуються на водно-льодовикових, давньоалювіальних, алювіальних і делювіальних відкладах (пісках, супісках, суглинках, гравію, гальці).

Кислий кальцієвий ( $H^+Ca^{2+}$  – 4,7 % території зони); кислий глейовий у поєднанні з кальцієвим ( $H^+Fe^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$  – 3,7 %); кальцієвий в поєднанні з кислим кальцієвим ( $Ca^{2+}$ ,  $H^+Ca^{2+}$  – 1,4 %) і кислий кальцієвий в поєднанні з глейовим ( $H^+Ca^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$  – 1 %) класи ландшафтів, займають 10,8 % території Полісся. Класи представлені сірими лісовими, темно-сірими опідзоленими, дерновими опідзоленими карбонатними ґрунтами та дерновими лучними, лучно-чорноземними ґрунтами, які формуються на лесових, водно-льодовикових, алювіальних відкладах та елювії щільних карбонатних порід (суглинках лесовидних, суглинках, пісках, супісках).

*Лісостепова біокліматична зона.* Кальцієвий клас ландшафту ( $Ca^{2+}$ ), який займає 31,3 % площі цієї зони. Представлений чорноземами типовими, сформованими на лесових відкладах (суглинках лесовидних, суглинках, глинах, супісках).

Кислий кальцієвий ( $H^+Ca^{2+}$  – 43,4 % території зони), кислий кальцієвий у поєднанні з глейовим ( $H^+Ca^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$  – 3,4 %); кальцієвий у поєднанні з кислим кальцієвим ( $Ca^{2+}$ ,  $H^+Ca^{2+}$  – 2,4 %) класи ландшафтів, які займають 49,2 % території лісостепової зони. Класи представлені темно-сірими опідзоленими, сірими лісовими ґрунтами, чорноземами опідзоленими, які формуються на лесових відкладах (суглинках лесовидних, суглинках, глинах, пісках).

Кислий глейовий у поєднанні з кальцієвим та натрієвим ( $H^+Fe^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Na^+$  – 4,1 %); кальцієвий-натрієвий ( $Ca^{2+}-Na^+$  – 2,4 %) класи ландшафтів, які займають 6,3 % території лісостепової зони. Класи представлені лучно-чорноземними ґрунтами, які формуються переважно на лесових відкладах (суглинках лесовидних, суглинках, пісках, супісках).

*Степова біокліматична зона.* Кальцієвий клас ландшафту ( $Ca^{2+}$ ) який займає 76 % площі степової зони, Представлений чорноземами звичайними (південними), які формуються на лесових, еолово-делювіальних відкладах (суглинках лесовидних, суглинках, глинах, супісках).

Кальцієвий-натрієвий клас ландшафту ( $Ca^{2+}-Na^+$ ), який займає 9,8 % площі степової

зони. Представлений чорноземами звичайними, темно-каштановими ґрунтами, які формуються на лесових відкладах (суглинках лесовидних, суглинках, пісках, супісках).

Для сільськогосподарських земель вибірка була складена за кальцієвим-натрієвим ( $Ca^{2+}-Na^+$  – 9,8 %) та кислим глейовим у поєднанні з кальцієвим та натрієвим ( $H^+Fe^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Na^+$  – 6,2 %) класами ландшафтів.

Крім того, для пасовищних земель була складена вибірка з 15 проб за кислим глейовим у поєднанні з кальцієвим ( $H^+Fe^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$  – 1,7 % території зони) та кислим глейовим у поєднанні з кальцієвим та натрієвим ( $H^+Fe^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Na^+$  – 6,2 %) класами ландшафтів. Ґрунти цих класів представлені лучно-каштановими солонцюватими, темно-каштановими солонцюватими ґрунтами, інколи чорноземами солонцюватими, які формуються переважно на лесових відкладах.

Для геохімічної характеристики ґрунтів гірських масивів за класами геохімічних ландшафтів були складені вибірки з малою кількістю проб ґрунту, оскільки площа їх розвитку не значна по відношенню до масштабу виконаних робіт.

Зважаючи на відмінності водної міграції хімічних елементів у кислих класах геохімічних ландшафтів карпатських та кримських гір, в якості типоморфних елементів додано  $Al^{3+}$  і  $Fe^{3+}$  (Є.І. Ольшевська, 1995), що не суперечить класичним уявленням про кислий клас ландшафту в гірських районах [2, 3].

*Передкарпатська лісо-лучна зона (лісова буроземна Прикарпатська підзона).* Кислий у поєднанні з кислим глейовим ( $H^+$ ,  $H^+Fe^{2+}$  – 41,6 % площі у цій підзоні); кислий глейовий ( $H^+Fe^{2+}$  – 18 %); кислий ( $H^+$  – 5,6 %) класи ландшафтів, які займають 65,2 % площі цієї підзоні, Представлений дерново-підзолистими, дерновими опідзоленими оглейованими ґрунтами, які формуються на давньоалювіальних, алювіальних та водно-льодовикових відкладах (пісках, супісках, суглинках, пісках з гравієм, галькою). До вибірки сільськогосподарських земель в цій підзоні увійшли ґрунти кислого в поєднанні з кислим глейовим ( $H^+$ ,  $H^+Fe^{2+}$  – 41,6 %) і кислий кальцієвий ( $H^+Ca^{2+}$  – 7,6 %) класи ландшафтів, представлені дерново-підзолистими та темно-сірими опідзоленими ґрунтами, сформованими на давньоалювіальних та водно-льодовикових відкладах (пісках, супісках, суглинках).

*Карпатські гори (лісова буроземна Карпатська підзона).* Кислий буроземний клас ландшафту

Таблиця 4. Загальні статистичні параметри ґрунтів сільськогосподарських (Ар) та пасовищних (Gr) земель України і Європи

Елемент, вид аналізу	Місце опробування. Вмст, мг/кг											
	Європа (n=2210)				Україна Ар (n = 263)				Україна Gr (n = 266)			
	min	max	Середнє	Медіана	min	max	Середнє	Медіана	min	max	Середнє	Медіана
Ag, ICP*	0,001	2,95	0,054	0,039	0,001	0,127	0,038	0,037	0,001	0,14	0,033	0,031
Al, XRF	1960	144000	52300	55500	2435	83304	45868,7	50808	2911	92513	42628,5	46944,5
As, XRF	1,5	695	9,75	7	1,5	30	6,5	7	1,5	70	6,5	6
Au, ICP	0,0001	0,0833	0,0016	0,0009	0,0001	0,0122	0,001	0,0007	0,0001	0,0085	0,0009	0,0008
B, ICP	0,5	48,7	3,72	2,56	0,5	22	5,5	5	0,5	36	6,1	6
Ba, XRF	16	3350	410	391	48	554	376,3	413	44	812	350,9	384,5
Be, ICP	0,05	11,1	0,641	0,54	0,05	1,4	0,7	0,7	0,05	2,4	0,6	0,6
Bi, ICP	0,01	3,18	0,21	0,17	0,01	0,49	0,16	0,18	0,01	0,47	0,16	0,16
Ca, XRF	85,8	378000	25000	8630	143	231848	11872,2	7662	100	176959	15643,5	8540,5
Cd, ICP	0,005	7,5	0,245	0,182	0,02	0,74	0,17	0,17	0,02	22,52	0,25	0,15
Ce, XRF	10	317	59,2	59	10	93	59	63	10	102	53,8	59
Cl, XRF	10	600	51,5	20	10	490	37,1	10	10	180	24,4	10
Co, ICP	0,05	126	9,08	7,75	0,1	23,3	8,7	9,3	0,05	22,5	8,3	8,7
Cr, XRF	2	6130	86,1	64	7	303	74,7	79	6	256	68,8	76
Cs, XRF	1,5	42	5,64	5	1,5	10	5,4	6	1,5	11	4,9	5
Cu, XRF	2,5	391	18,1	14	2,5	75	14,5	14	-5	57	13,6	13
F, XRF	250	2100	386	250	250	1600	478,7	250	250	1000	292,7	250
Fe, XRF	839	155000	26100	25000	839	53576	22576,2	23991	909	47631	21173,3	23081
Ga, XRF	1	36	11,7	12	1	22	9,8	11	1	21	9	10
Ge, AC-ФЕК	-	-	-	-	0,5	2,3	1,4	1,4	0,39	4,5	1,5	1,4
Hf, XRF	2,5	28	8,59	8	2,5	28	10,9	11	2,5	24	10,6	11
Hg, AAS	-	-	-	-	0,013	1,177	0,038	0,032	0,013	0,348	0,036	0,031
In, ICP	0,01	0,348	0,0196	0,01	0,01	0,07	0,019	0,02	0,01	0,05	0,018	0,01
K, XRF	241	79200	16200	16000	1367	23594	15407,1	16936	1284	25837	14259,6	16070,5
La, XRF	10	155	23,7	23	10	47	22,8	25	10	45	22,2	23,5
Li, ICP	0,161	136	14,2	11,8	0,2	33,1	12,8	12,5	0,3	35,7	11,8	11,7
Mg, XRF	121	127000	7530	5670	121	11880	5403,2	5428	121	21107	5216,7	5095,5
Mn, XRF	38,7	17400	713	612	46	4003	628,3	643	31	3662	579,2	569
Mo, AC-ФЕК	-	-	-	-	0,28	16	1,6	1,5	0,26	16	1,6	1,4
Na, XRF	74,2	34000	8100	5790	149	12026	4924,5	5272	149	11759	4585,4	4991,5
Nb, XRF	1	126	13	13	2	20	12,7	14	-2	20	11,8	13
Ni, XRF	1,5	2540	32,8	20	1,5	68	26,1	28	1,5	68	24,3	25
P, XRF	61,1	4420	898	772	164	3421	678,3	658	124	2442	642,8	620
Pb, XRF	1,5	1290	26,6	21	4	44	17,3	18	1,5	58	16,7	17
Pd, ICP	0,005	0,148	0,005	0,005	0,005	0,01	0,005	0,005	0,005	0,013	0,003	0,0026
Pt, ICP	0,001	0,027	0,0012	0,001	0,001	0,006	0,0012	0,001	0,0005	0,0042	0,001	0,001
Rb, XRF	1	404	78,4	75	7	131	69,2	76	1	126	65,4	70
Re, ICP	0,0005	0,00525	0,0005	0,0005	0,0005	0,002	0,0005	0,0005	0,0005	0,008	0,0006	0,0005
S, XRF	20	83100	308	40	20	1400	132,9	80	20	1720	193,7	120
Sb, ICP	0,01	17,1	0,37	0,24	0,03	0,9	0,23	0,23	0,02	11,05	0,27	0,23
Sc, XRF	1	42	8,83	8	1	18	8,2	8	1	17	7,7	8
Se, ICP	0,05	3,84	0,408	0,357	0,05	1	0,35	0,4	0,05	2,3	0,34	0,3
Si, XRF	11500	451000	310000	313000	112513	451079	337511,4	331648	132052	457296	336041,2	329708
Sn, AC-ФЕК	-	-	-	-	0,57	20	3,6	3,5	1,2	7,5	3,5	3,4
Sr, XRF	7	4560	143	101	10	418	98,1	95	7	727	101,3	89,5
Ta, XRF	2,5	10	2,53	2,5	2,5	6	2,5	2,5	2,5	6	2,6	2,5
Te, ICP	0,01	0,274	0,0276	0,01	0,01	0,1	0,026	0,02	0,01	0,19	0,025	0,02
Th, XRF	2,5	84	9,01	9	2,5	16	7,8	8	2,5	19	9,2	10
Ti, XRF	89,9	24600	3650	3690	432	7224	3772,1	4280	492	6403	3523,6	3960
Tl, ICP	0,01	2,45	0,159	0,119	0,01	0,3	0,12	0,13	0,01	0,37	0,11	0,11
U, ICP	0,05	23,6	1,11	0,746	0,05	1,2	0,52	0,5	0,05	2,3	0,52	0,5
V, XRF	2,5	323	73,2	70	2,5	234	68,8	73	2,5	157	64	68
W, XRF	2,5	25	2,78	2,5	2,5	2,6	2,5	2,5	15	2,6	2,5	
Y, XRF	6	111	26,9	2	6	29,2	33	6	26	29,5		
Yb, AC-ФЕК	-	-	0,86	35	3,6	3,4	1	14	3,4	3,3		
Zn, XRF	1,5	1410	66,962	7	129	50,7	53	7	125	48,3	51	
Zr, XRF	4	963	285	263	107	796	403,3	400	81	738	375	372

Примітка: ICP – мас-спектрометричний аналіз з індуктивно зв'язаною плазмою (лабораторія АСМЕ – Канада, м. Ванкувер); XRF – рентген-флуорисцентний аналіз (лабораторія BGR – Німеччина, м. Ганновер); AAS – безпозум'яна атомно-абсорбційна спектрометрія (лабораторія BGR – Німеччина, м. Ганновер); AC-ФЕК – напівкількісний спектральний аналіз з реєстрацією спектра фотоелектронною касетою (лабораторія ДП "УГК" Україна, м. Київ); n – кількість проб, за якими виконано розрахунок.



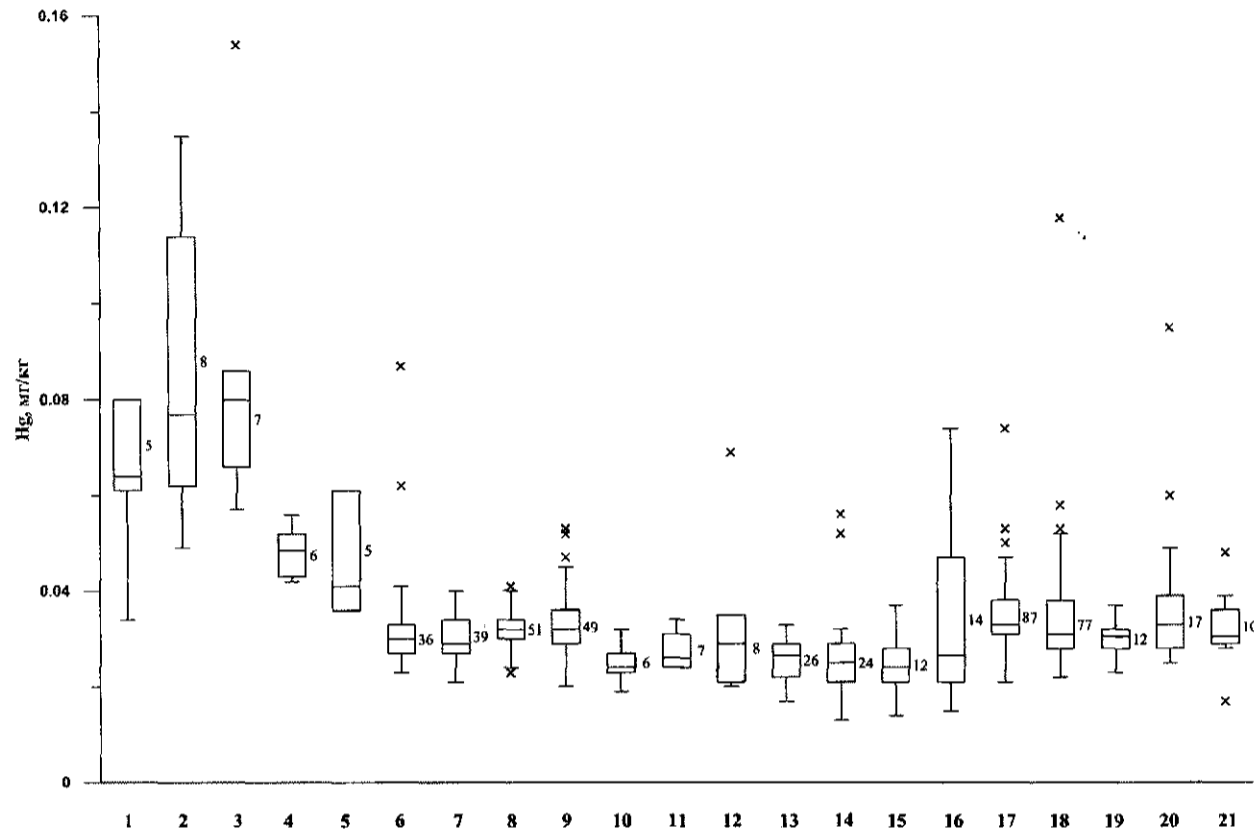


Рис. 3. Розподіл вмісту ртуті в ґрунтах сільськогосподарських та пасовищних земель України за класами геохімічних ландшафтів: 1 – Закарпатська лісо-лучна буроземна зона, клас кислий буроземний ( $H^+Al^{3+}Fe^{3+}$ ), ґрунти – буроземи опідзолені, буроземно-підзолисті, лучно-буроземні (*Gr*); 2 – Карпатські гори, клас кислий буроземний ( $H^+Al^{3+}Fe^{3+}$ ), ґрунти буроземно-підзолисті, буроземи опідзолені (*Ap*); 3 – Карпатські гори, клас кислий буроземний ( $H^+Al^{3+}Fe^{3+}$ ), ґрунти буроземно-підзолисті, буроземи опідзолені (*Gr*); 4 – Передкарпатська лісо-лучна зона, клас кислий в поєднанні з кислим глейовим ( $H^+, H^+Fe^{2+}$ ), ґрунти дерново-підзолисті (*Ap*); 5 – Передкарпатська лісо-лучна зона, клас кислий в поєднанні з кислим-глейовим ( $H^+, H^+Fe^{2+}$ ), ґрунти дерново-підзолисті оглеєні, дернові, дернові опідзолені оглеєні (*Gr*); 6 – Лісостепова зона, клас кальцієвий ( $Ca^{2+}$ ), ґрунти чорноземи типові, звичайні (*Ap*); 7 – Лісостепова зона, клас кальцієвий ( $Ca^{2+}$ ), ґрунти чорноземи типові, звичайні (*Gr*); 8 – Лісостепова зона, клас кислий кальцієвий ( $H^+Ca^{2+}$ ), ґрунти темно-сірі опідзолені, сірі лісові; чорноземи опідзолені (*Ap*); 9 – Лісостепова зона, клас кислий кальцієвий ( $H^+Ca^{2+}$ ), ґрунти темно-сірі опідзолені, сірі лісові; чорноземи опідзолені (*Gr*); 10 – Лісостепова зона, клас кислий глейовий в поєднанні з кальцієвим та натрієвим ( $H^+Fe^{2+}, Ca^{2+}, Na^+$ ), ґрунти лучно-чорноземні (*Ap*); 11 – Лісова зона, класи кислий кальцієвий ( $H^+Ca^{2+}$ ), кислий глейовий в поєднанні з кальцієвим ( $H^+Fe^{2+}, Ca^{2+}$ ), ґрунти темно-сірі опідзолені; чорноземи опідзолені; дернові опідзолені карбонатні; сірі лісові (*Ap*); 12 – Лісова зона, класи кислий кальцієвий ( $H^+Ca^{2+}$ ); кислий глейовий в поєднанні з кальцієвим ( $H^+Fe^{2+}, Ca^{2+}$ ), ґрунти темно-сірі опідзолені; чорноземи опідзолені; дернові опідзолені карбонатні; сірі лісові (*Gr*); 13 – Лісова зона, клас кислий ( $H^+$ ), ґрунти дерново-підзолисті, дернові опідзолені (*Ap*); 14 – Лісова зона, клас кислий ( $H^+$ ), ґрунти дерново-підзолисті, дернові опідзолені оглеєні (*Ap*); 15 – Лісова зона, клас кислий глейовий ( $H^+Fe^{2+}$ ), ґрунти дерново-підзолисті, дернові опідзолені оглеєні (*Ap*); 16 – Лісова зона, класи кислий глейовий ( $H^+Fe^{2+}$ ), ґрунти дерново-підзолисті оглеєні (*Gr*); 17 – Степова зона, клас кальцієвий ( $Ca^{2+}$ ), ґрунти чорноземи звичайні, чорноземи типові (*Ap*); 18 – Степова зона, клас кальцієвий ( $Ca^{2+}$ ), ґрунти чорноземи звичайні, чорноземи південні (*Gr*); 19 – Степова зона, класи кальцієвий-натрієвий ( $Ca^{2+}-Na^+$ ), кислий глейовий в поєднанні з кальцієвим та натрієвим ( $H^+Fe^{2+}, Ca^{2+}, Na^+$ ), ґрунти темно-каштанові; каштанові солонцюваті (*Ap*); 20 – Степова зона, клас кальцієвий-натрієвий ( $Ca^{2+}-Na^+$ ), ґрунти каштанові солонцюваті (*Gr*); 21 – Степова зона, класи кислий-глейовий в поєднанні з кальцієвим та натрієвим ( $H^+Fe^{2+}, Ca^{2+}, Na^+$ ), ґрунти чорноземи звичайні; лучно-каштанові (*Gr*). Цифра біля "box-whisker" – кількість проб у вибірці.

( $H^+Al^{3+}Fe^{3+}$ ) охоплює 88,3 % території підзони. Представлений буроземно-підзолистими ґрунтами та буроземами опідзоленими, які формуються на делювіально-алювіальних, делювіально-елювіальних відкладах (суглинках лесовидних, суглинках, глинах Карпатського флішу, щебені сланців та інших порід).

Закарпатська лісо-лучна буроземна зона (лісова буроземна Закарпатська низинна підзона). Кислий буроземний ( $H^+Al^{3+}Fe^{3+}$ –76 % території підзони) і кислий буроземний у поєднанні з глейовим ( $H^+Al^{3+}Fe^{3+}, Fe^{2+}$ –21,5 %) класи ландшафтів. Представлені буроземами опідзоленими та лучно-буроземними ґрунтами, які формуються на

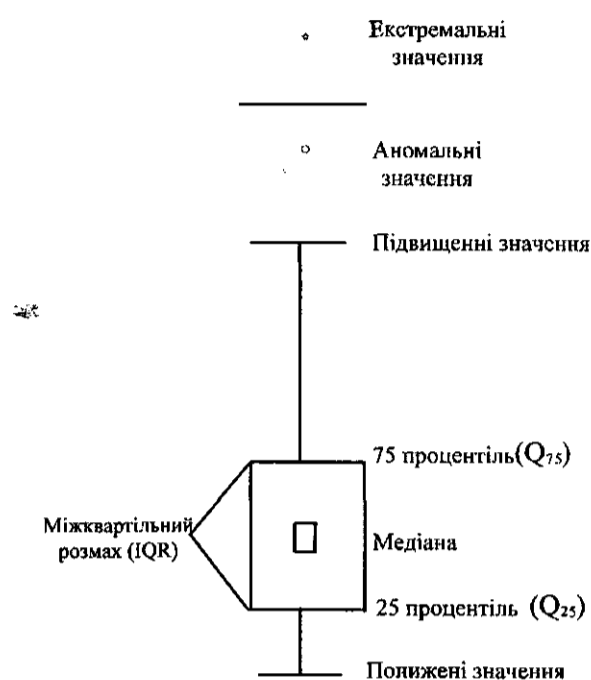


Рис. 4. Побудова графіків *box-whisker*: Межі розраховуються за формулою: понижені значення =  $Q_{25} - 1,5 \times (IQR)$ , підвищенні значення =  $Q_{75} + 1,5 \times (IQR)$ , аномальні значення  $< 3 \times IQR$ , екстремальні значення  $> 3 \times IQR$

давньоалювіальних, алювіально-делювіальних та елювіально-делювіальних відкладах (пісках, глинах, суглинках супісках, гальці, гравію).

**Кримські гори (ксерофітно-лісова Кримська зона).** Кислий буроземний, карбонатний у верхніх горизонтах клас ландшафту ( $H^+ - Al^{3+} - Fe^{3+}, Ca^{2+}$ ) який займає 91 % площі у цій зоні. Представлений коричневими гірськими ґрунтами, які формуються на елювії, делювії щільних порід (суглинки з жорсткою та щебенем, нерозчленована зона аерації).

Результати розподілу хімічних елементів у ґрунтах сільськогосподарських (верхній 20 см шар) та пасовищних (верхній 10 см шар) земель України наведено в табл. 4.

На основі отриманих статистичних даних розраховані коефіцієнти концентрації для ґрунтів України за класами геохімічних ландшафтів та визначено елементи накопичення та дефіциту в них (табл. 5, 6). Основою для визначення коефіцієнту концентрації (Кк) хімічного елементу в геохімічному класі ландшафту слугувало медіанне (вважали кларковим) значення для елементу в ґрунтах Європи, розраховане за результатами робіт програми *GEMAS* і надане європейськими співвиконавцями робіт. До елементів накопичення віднесено ті Кк яких перевищує 1,5 ( $Kk > 1,5$ ), а до елементів дефіциту з  $Kk < 0,5$ . Такий підхід – емпіричний хоч і пропонується при викопанні геохімічних робіт

[1], тому в табл. 7, 8 наведено повний ряд хімічних елементів за зменшенням їх Кк.

Наочно розподіл хімічних елементів у ґрунтах виділених класів ландшафтів сільськогосподарських та пасовищних земель України можна відобразити за допомогою методики непараметричної статистики з побудовою графіків *box-whisker* (комірка-вусики) [8]. Ця методика дозволяє порівняти декілька вибірок з різних територій і побачити статистичні особливості кожної з них (рис. 3). До цієї методики все більшою мірою схиляються геохіміки Європи та світу, які виконують аналізування результатів геохімічних досліджень. За такого підходу фонові значення характеризують не середнім значенням елементу, а медіаною. Мірою однорідності даних є міжквартильний розмах (замість середньоквадратичного відхилення). Крім того, методика не вимагає аналізування закону розподілу хімічного елементу у вибірці (рис. 4).

Аналіз результатів визначення статистичних параметрів хімічних елементів у ґрунтах України свідчить про незначні відмінності рівня концентрації хімічних елементів у сільськогосподарських та пасовищних ґрунтах. Для більшості досліджуваних елементів (P, Al, Mg, Na, K, Mn, Ba та ін.) спостерігається незначне зростання вмісту у ґрунтах сільськогосподарського призначення, що імовірно зв'язане із агрохімічними роботами (табл. 4). Збіднення сільськогосподарських ґрунтів по відношенню до пасовищних на Ca і S імовірно зв'язано із біогеохімічною міграцією цих елементів.

Для ґрунтів, згрупованих за класами водної міграції хімічних елементів, збагачення хімічними елементами спостерігається для кальцієвих класів ( $Ca^{2+}$ ) ґрунтів (сільськогосподарських і пасовищних земель), а збіднення – для кислих ( $H^+$ ) класів ґрунтів, що є закономірним процесом з позицій ландшафтно-геохімії (табл. 5, 6). Виключенням є тільки вибірка для кислого класу буроземних ґрунтів Карпатських гір, де спостерігається збагачення хімічними елементами, на які спеціалізовані ґрунтоутворювальні гірські породи Карпат (Hg, S, Cd, Sb, Ag та інші). Привертає увагу переважна присутність підвищених концентрацій Cl в кислому класі ґрунтів (дерново-підзолисті та підзолисті їх різновиди), навіть у лісостеповій біокліматичній зоні й S та B у кальцієвому класі ґрунтів (чорноземні та каштанові їх різновиди).

Результати порівняння концентрацій хімічних елементів у ґрунтах сільськогосподарських та пасовищних земель за класами геохімічних ландшафтів наведені в табл. 5. З неї видно, що в сіль-

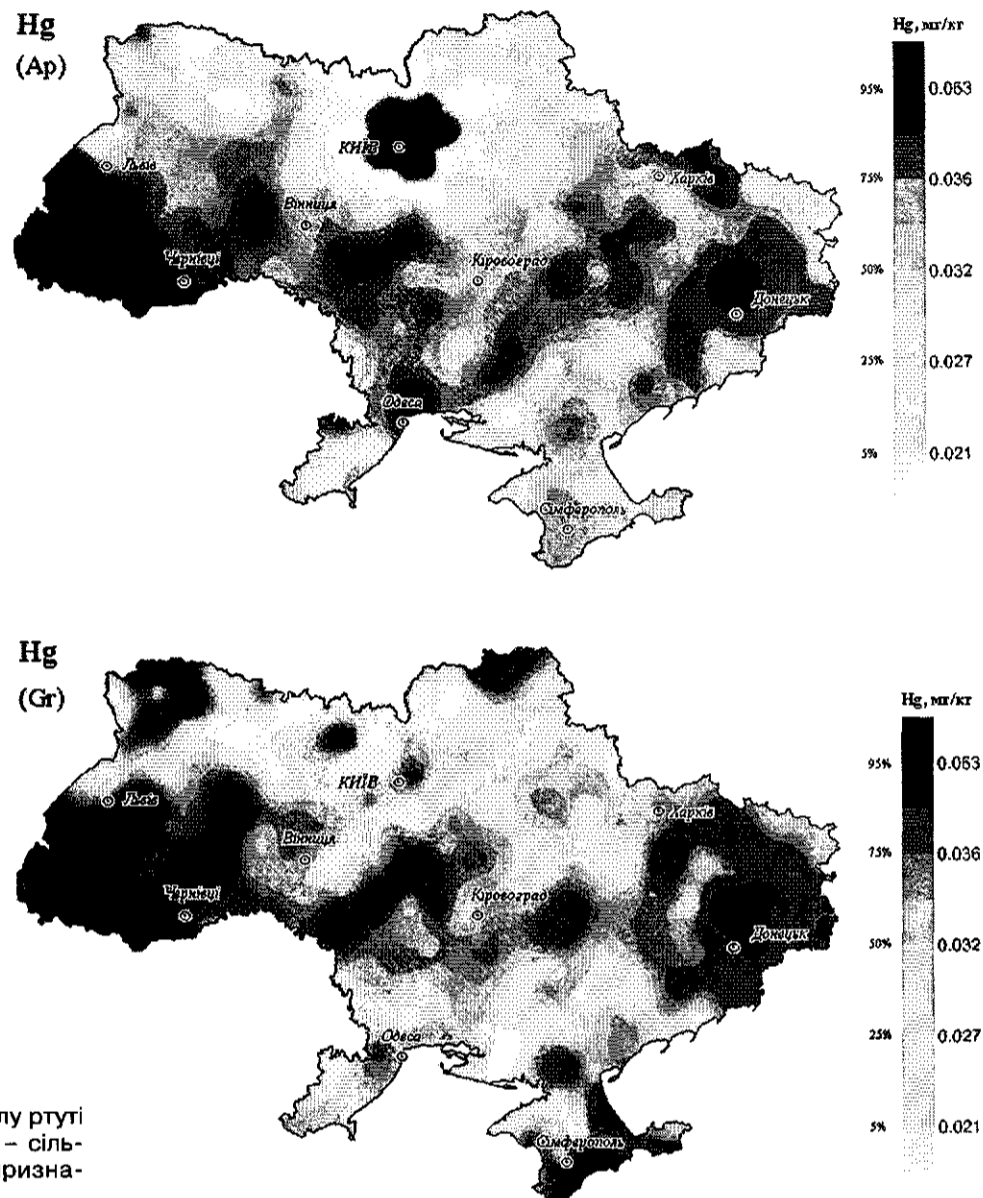


Рис. 5. Схема розподілу ртуті в ґрунтах України (Ar – сільськогосподарського призначення, Gr – пасовища)

сільськогосподарських ґрунтах кислих класів ландшафтів спостерігається зростання вмісту більшої кількості елементів, ніж у сільськогосподарських ґрунтах кальцієвих класів ландшафтів. Скоріш за все, це пов'язано із більш інтенсивним їх агрохімічним освоєнням. Загалом, у ґрунтах сільськогосподарських земель різних класів ландшафтів не встановлено закономірного накопичення певної групи елементів, але частіше від інших нагромаджуються Cl, F, Pt, As, Na, та ін. Встановлене накопичення S в сільськогосподарських ґрунтах Карпатських гір вимагає додаткових досліджень та пояснень.

Висока точність та достовірність отриманих результатів геохімічного дрібномасштабного (1 : 5 000 000) картування ґрунтів України, окрім ландшафтно-геохімічних їх особливостей, відображає

геохімічну спеціалізацію регіональних геологічних утворень та структур, а також фіксує регіональні екологічні проблеми територій (рис. 5, 6). Навіть для такого техногенного елементу як Hg, максимальний рівень його концентрації зафіксований у Закарпатті та Карпатських горах, в Кримських горах і на Керченському півострові, на Донбасі та в інших місцях, де ці концентрації можна пояснити геологічними чинниками. Виключенням є одна точка випробування в районі м. Київ, де в ґрунтах сільськогосподарського призначення зафіксоване максимальне значення концентрації Hg (1,177 за медіанного – 0,031 мг/кг), за відсутності такого в ґрунтах пасовищних земель (0,039 мг/кг). Такий рівень концентрації Hg в сільськогосподарських ґрунтах поблизу м. Київ висвітлює екологічні проблеми, що супроводжують життєдіяльність мега-

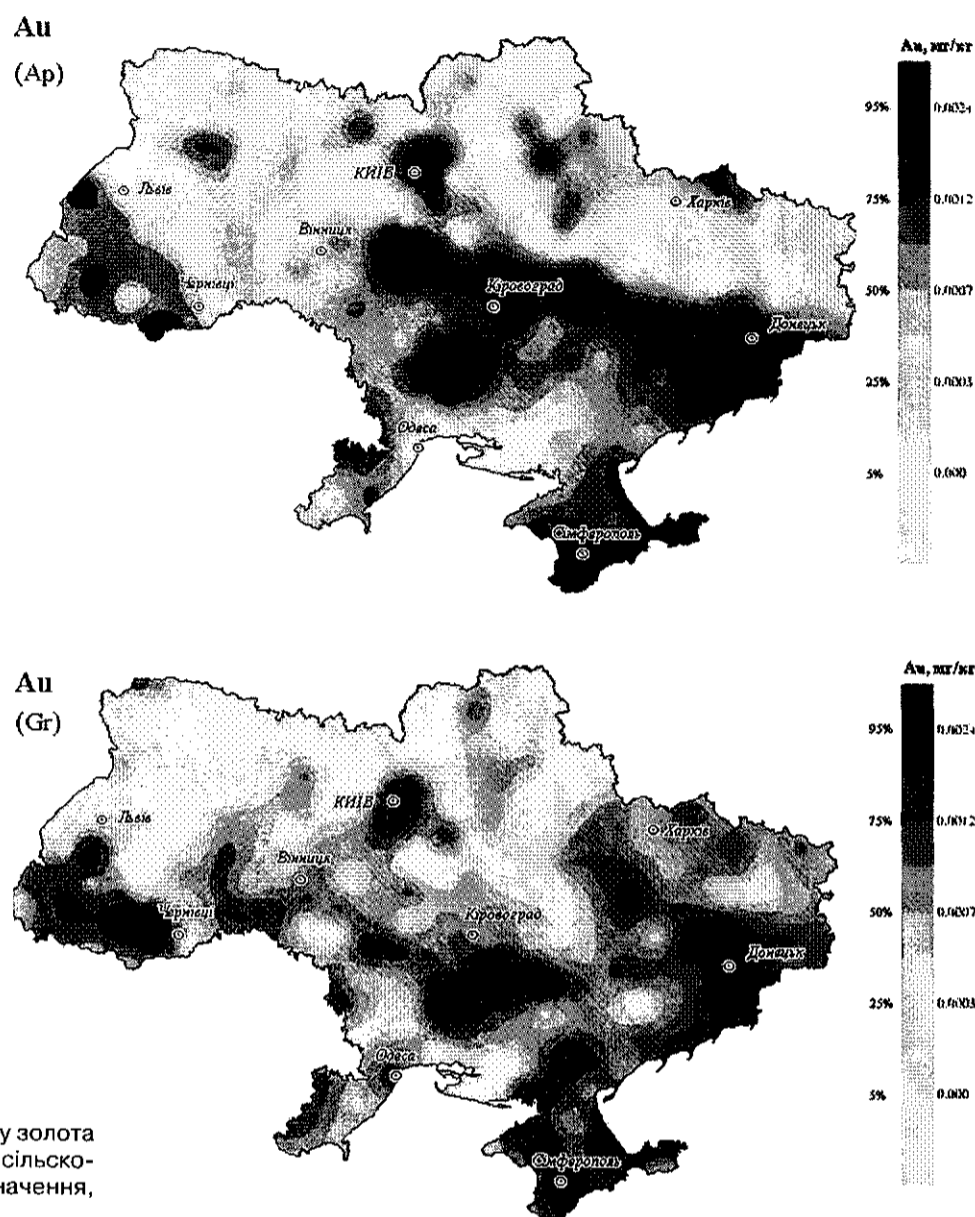


Рис. 6. Схема розподілу золота в ґрунтах України (Ar – сільськогосподарського призначення, Gr – пасовища)

полісів. Найімовірніше, аномальні концентрації Hg в сільськогосподарських ґрунтах поблизу м. Київ зв'язані із механічним внесенням мулів стічних вод міста в якості органічних добрив ще в 1970-х роках (пізніше їх використання у сільському господарстві заборонено). Цей факт встановлено під час геохімічних досліджень ґрунтів Бориспільського району (В.Р. Клос, 1993). Аналогічно пояснюється розподіл концентрацій Au в ґрунтах України (рис. 6) та інших елементів, не описаних в цій статті.

Наведені результати робіт будуть уточнюватись (за згаданими в тексті елементами) та доповнюватись новими аналітичними даними в ході виконання робіт за програмою GEMAS.

**Висновки.** Для визначення фонових вміст елементів у ґрунтах різних регіонів України вико-

ристано ландшафтно-геохімічне районування території. Групування ґрунтів здійснено у межах площ розвитку одного класу геохімічного ландшафту, що має однакові умови водної (фізико-хімічної) міграції хімічних елементів. Такий підхід дозволив визначити геохімічні параметри ґрунтів сільськогосподарських та пасовищних земель України на 99,16 % території, в межах розвитку 13 класів геохімічних ландшафтів.

У ґрунтах кислих класів геохімічних ландшафтів, як правило, спостерігається винесення (зменшення концентрації) більшості хімічних елементів, а в ґрунтах кальцієвих класів спостерігається їх нагромадження, що цілком узгоджується з положеннями ландшафтно-геохімії.

На концентрацію хімічних елементів у ґрунтах істотно впливають фізико-хімічні умови мігра-

Регіональні геохімічні дослідження ґрунтів України в рамках міжнародного проекту (GEMAS)

Таблиця 5. Геохімічні особливості сільськогосподарських ґрунтів (Ар) України за класами геохімічних ландшафтів відносно ґрунтів Європи

Ландшафтно-біокліматична зона	Клас геохімічного ландшафту	Тип ґрунту	Елементи та їх Кк
Лісова	кислий Н <sup>+</sup> (47,1 % площі зони)	дерново-підзолисті, дернові опідзолені (n = 26)	Cl (2,3); Si (1,3); Hf (1,1); Zr, W, Te, Ta, Re, Pt, Pd, In, F (1,0); Hg (0,9); Ge, Mo, Sn (0,8); Yb (0,7); Se (0,6); Y, P, S, Sr, Nb, Ba (0,5); Mn, La, Ce, Cr, Pb, U, K, Na, B (0,4); Ti, Tl, Cd, Ag, Rb, Cs, Zn, Sb, V, Th, Bi, Co, Ca (0,3); Al, Au, As, Fe, Ni, Li, Be, Cu, Ga, Mg (0,2); Sc (0,1)
Українське Полісся	кислий глейовий Н <sup>+</sup> -Fe <sup>2+</sup> (26,5%); кислий в поєднанні з кислим-глейовим Н <sup>+</sup> , Н <sup>+</sup> -Fe <sup>2+</sup> (12,2 %)	дерново-підзолисті, дернові опідзолені оглеєні (n = 12)	Cl (1,8); Si (1,3); F, Hf, In, Pd, Pt, Re, Ta, Te, W (1,0); Mo, Ge, Sn, Yb (0,9); Zr, Hg (0,8); Se (0,6); S (0,5); La, P, Pb, Nb, Y, Sr, B, Ba, K (0,4); Cd, Cs, Rb, Mn, Th, Ti, Ag, Na, U, Sb, Zn, Ce, Tl, Cr (0,3); V, Ca, As, Al, Bi, Ni, Fe, Cu (0,2); Ga, Sc, Co, Au, Mg, Li, Be (0,1)
	кислий кальцієвий Н <sup>+</sup> -Са <sup>2+</sup> (4,7 %); кислий глейовий в поєднанні з кальцієвим Н <sup>+</sup> -Fe <sup>2+</sup> , Са <sup>2+</sup> (3,7 %); кальцієвий в поєднанні з кислим кальцієвим Са <sup>2+</sup> , Н <sup>+</sup> -Са <sup>2+</sup> (1,4 %); кислий кальцієвий в поєднанні з глейовим Н <sup>+</sup> -Са <sup>2+</sup> , Fe <sup>2+</sup> (1 %)	темно-сірі опідзолені; чорноземи опідзолені; дернові опідзолені карбоонатні; сірі лісові (n = 7)	Zr (2,4); Hf (1,9); Si, Ge, B (1,2); F, In, Pd, Pt, Re, Sn, Ta, Te, W (1,0); Yb, Ba, K, Hg, Y (0,9); Se, Ti, Mo, Ce, Na, Nb, Cr (0,8); Be, Mn, Sr, U, Th (0,7); Rb, P, Sc, Co, Ni, Tl, Pb (0,6); Al, Ca, Cl, Ga, S, V, Ag (0,5); Fe, La, As, Cu, Bi, Zn, Mg, Cd, Li (0,4); Sb, Cs (0,3); Au (0,1)
	кальцієвий Са <sup>2+</sup> (31,3 % площі зони)	чорноземи типові, звичайні (n = 36)	S, Te, Zr, B (2,0); Hf (1,7); In (1,5); Be (1,2); Y, Ni, Se, La, Cr, Cs, Ti, Ca, Si, Ce, K, Th, Ba (1,1); F, Hg, Nb, Pd, Pt, Re, Ta, W, Sn (1,0); Co, Sc, Ge, Rb, Sr, Na, V, Yb, Li, Mn, Bi, Cd, Mg, P, Mo, Cu (0,9); Tl, Al, Ag, Fe, Ga, Pb, Sb (0,8); Zn, As, Au, U (0,7); Cl (0,5)
Лісостепова	кислий кальцієвий Н <sup>+</sup> -Са <sup>2+</sup> (43,4 %); кислий кальцієвий в поєднанні з глейовим Н <sup>+</sup> -Са <sup>2+</sup> , Fe <sup>2+</sup> (3,4 %); кальцієвий в поєднанні з кислим кальцієвим Са <sup>2+</sup> , Н <sup>+</sup> -Са <sup>2+</sup> (2,4 %)	темно-сірі опідзолені, сірі лісові; чорноземи опідзолені (n = 52)	2,0; Zr (1,9); Hf (1,8); Y (1,3); Be, Ti, Cr, Th, Nb (1,2); La, K, Si, Cs, Ba, Ge, Ce, Hg, Ni (1,1); Sn, Mn, Co, Rb, F, In, Pd, Pt, Re, Sc, Ta, Te, W, Na, Se, Yb, Tl (1,0); Cd, Mo, Ag, Pb, P, V, Sr, Cu, Bi (0,9); Al, Ga, Fe, Li, U, Ca, Mg, Zn (0,8); As, Sb (0,7); Au (0,6)
	кислий глейовий в поєднанні з кальцієвим та натрієвим Н <sup>+</sup> -Fe <sup>2+</sup> , Са <sup>2+</sup> , Na <sup>+</sup> (4,1 %)	лучно-чорноземні (n = 6)	Cl (2,5); Zr (2,1); B, Hf (1,8); Si (1,2); F, In, Pd, Pt, Re, S, Ta, Te, W (1,0); Th, Yb, Ti, K, Y, Ge, Ba, La, Nb (0,9); Se, Be, Cr, Sn, Cs, Hg, Na, Sr, Ce, Sc (0,8); Rb, U, Mo (0,7); Ca, P, Al, Pb, Tl, V, Mn, Ni, Cu, Li, Co (0,6); Cd, Fe, Ga, Mg, As, Zn, Bi, Ag, Au (0,5); Sb (0,4)
Степова	кальцієвий Са <sup>2+</sup> (76 % площі зони)	чорноземи звичайні, типові (n = 87)	S (4,0); In, Te (3,0); F (2,8); B (2,7); Ni (2,0); Be, Li (1,7); Co (1,6); Cu, Cr (1,5); Mg, Cs, Sc (1,4); Zr, V, Sb, Bi, As, Tl (1,3); Ca, Fe, Mn, Ti, Ce, La, Y, Ag, Rb, Nb (1,2); Sr, Mo, Ba, Hf, Se, K, Hg, Cd, Ga, Zn, Au, Al, Ge, Yb, Sn (1,1); Pd, Pt, Re, Ta, Th, W, Si (1,0); Na, Pb, P (0,9); U (0,7); Cl (0,5)
	кальцієвий-натрієвий Са <sup>2+</sup> - Na <sup>+</sup> (9,8 %); кислий глейовий в поєднанні з кальцієвим та натрієвим Н <sup>+</sup> -Fe <sup>2+</sup> , Са <sup>2+</sup> , Na <sup>+</sup> (6,2 %)	темно-каштанові; каштанові солонцюваті (n = 12)	B (3,7); In, Te (3,0); F (2,8); S, Ni (2,0); Li, Co (1,6); Cr, Ag, Be (1,5); Sc, Mg, Cu, Tl, As, V (1,4); Bi, Zr, Mn, Fe, Y (1,3); Ti, K, Ce, Nb, Rb (1,2); Ge, Sr, Mo, Hf, Zn, Cs, Ba, Al, Sb, La, Ga, Sn (1,1); Na, Hg, Cd, Si, Pd, Pt, Re, Ta, W, Yb, Se (1,0); Pb, P (0,9); Th, Ca, Au, U (0,7); Cl (0,5)
Перекарпатська лісолучна	кислий в поєднанні з кислим глейовим Н <sup>+</sup> , Н <sup>+</sup> -Fe <sup>2+</sup> (41,6 % площі зони)	дерново-підзолисті (n = 6)	Te (3,5); Se (2,0); Au (1,7); Hg, Zr, B (1,6); In (1,5); Cs, Hf (1,4); Sn, Yb, Ag, Be, Co, Th, Bi, Ge, Ni (1,3); Cr, Ti, As, Mn, Nb, La (1,2); Tl, Sb, Si, V, Rb, P, Y (1,1); Pb, Mo, Ce, F, Pd, Pt, Re, Sc, Ta, W, K, Sr, Na, Ba, Cu (1,0); Li, Fe, Al (0,9); Ga, Cd, Zn, Mg, S (0,8); Cl, Ca (0,5)
Карпатські гори	кислий буроземний Н <sup>+</sup> -Al <sup>3+</sup> -Fe <sup>3+</sup> (88,3 % площі зони)	буроземно-підзолисті, буроземні опідзолені (n = 8)	Te (3,5); Hg (2,6); S (2,5); Cd (2,1); Sb, Ag (1,9); Sn, Se, Cr (1,7); Bi, Li, Mo, Mn, Co, B (1,6); In, Pb (1,5); V, Zn, Au (1,4); Tl, Ni, P, Cl, Cu (1,3); As, Cs, Ge, Fe (1,2); Na, Ga, Be, Ti, Sc (1,1); Al, Nb, Mg, F, Hf, Pd, Pt, Re, Ta, W, Yb, Si, Rb (1,0); Ba, K, Ce, Sr (0,9); Y, La (0,8); U, Zr, Th (0,7); Ca (0,5)

Примітка. В таблиці наведені коефіцієнти концентрації хімічних елементів відносно фонового їх вмісту (медіана) в ґрунтах Європи (Кк > 1,5 – елементи накопичення, Кк < 0,7 – елементи виносу)

ції елементів та геохімічна спеціалізація ґрунтоутворювальних та підґрунтових гірських порід. Техногенний вплив на геохімічний склад ґрунтів на регіональному рівні не суттєвий, хоч поблизу мегаполісів зафіксовано аномальні техногенні концентрації деяких елементів (Hg, Ag, Cd, Pb та ін.), переважно у сільськогосподарських ґрунтах.

Таблиця 6. Геохімічні особливості ґрунтів пасовищ (Gr) України за класами геохімічних ландшафтів відносно ґрунтів Європи

Ландшафтно-біокліматична зона	Клас геохімічного ландшафту	Тип ґрунту	Елементи та їх Кк
Лісова	кислий Н <sup>+</sup> (47,1 % площі зони)	дерново-підзолисті, дернові опідзолені (n = 24)	Cl (3,0); Si (1,4); F, Hf, In, Re, Ta, W (1,0); Zr, Ge, Mo (0,9); Hg, Sn (0,8); Yb (0,7); Pt, S, Ba, Te, Mn (0,5); P, La, Nb, K, Se, Pb, Y (0,4); Sr, Ti, Na, Cd, Rb, Cr, Cs, Tl, Sb (0,3); Zn, Ag, Th, Al, Bi, As, Ca, U, V, Cu, B, Ce, Fe, Ni (0,2); Co, Li, Be, Ga, Sc, Mg, Au, Pd (0,1)
Українське Полісся	кислий глейовий Н <sup>+</sup> -Fe <sup>2+</sup> (26,5 %)/кислий в поєднанні з кислим-глейовим Н <sup>+</sup> , Н <sup>+</sup> -Fe <sup>2+</sup> (12,2 %)	дерново-підзолисті оглеєні (n = 14)	Cl (4,0); Si (1,4); F, In, Re, Ta, W (1,0); Zr, Hf, Ge, Hg (0,9); Sn (0,8); Yb, Mo (0,7); P, Se, Pt, S, Te, Au (0,5); Sr, Ba, La, Pb, Nb, Y, K, Ti, Cd (0,4); Tl, Na, Ag, Bi, Cs, Sb, Cr, U, B, Ce, Rb, Ca (0,3); Al, Zn, Th, Mn, As, Cu, Be, V, Ni, Ga, Fe (0,2); Co, Li, Se, Mg, Pd (0,1)
	кислий кальцієвий Н <sup>+</sup> -Са <sup>2+</sup> (4,7 %); кислий глейовий в поєднанні з кальцієвим Н <sup>+</sup> -Fe <sup>2+</sup> , Са <sup>2+</sup> (3,7 %); кальцієвий в поєднанні з кислим кальцієвим Са <sup>2+</sup> , Н <sup>+</sup> -Са <sup>2+</sup> (1,4 %); кислий кальцієвий в поєднанні з глейовим Н <sup>+</sup> -Са <sup>2+</sup> , Fe <sup>2+</sup> (1 %)	темно-сірі опідзолені; чорноземи опідзолені; дернові опідзолені карбонатні; сірі лісові (n = 8)	S (1,8); Hf (1,4); Zr (1,3); Si (1,2); B (1,1); Cl, F, In, Re, Ta, W (1,0); Hg, Mo (0,9); Ba, Sn, Sr, Ge, P, Y (0,8); Ca, Nb, La, Mn, Yb (0,7); K, Ti, Th, Se, Cr, Rb, Ce, U (0,6); Na, Cd, Al, Cu, Pb, Pt, Te, Co, Ni, Sb, Fe (0,5); Sc, Tl, V, Ga, Ag, Zn, Mg, Bi (0,4); Li, Cs (0,3); Be, As (0,2); Au, Pd (0,1)
Лісостепова	кальцієвий Са <sup>2+</sup> (38,7 % площі зони)	чорноземи типові (n = 39)	S (3,0); B (2,2); Zr (2,0); Hf (1,8); Ca, Y (1,2); Be, Si, K, Ba (1,1); Ti, Ce, Cr, Cl, Cs, F, Ge, In, Nb, Pt, Re, Ta, Th, W, Sr, Sn, Na (1,0); Yb, Hg, Rb, Ni, Sc, Tl, Mo, Mg (0,9); Co, La, P, Mn, Al, Au, Li, V, Fe, Cu, Se (0,8); U, Zn, Pb, Ga, Ag, Cd, Bi (0,7); Sb, As (0,6); Te, Pd (0,5)
	кислий кальцієвий Н <sup>+</sup> -Са <sup>2+</sup> (43,4 %); кислий кальцієвий в поєднанні з глейовим Н <sup>+</sup> -Са, Fe (3,4 %); кальцієвий в поєднанні з кислим кальцієвим Са, Н <sup>+</sup> -Са (2,4 %)	темно-сірі опідзолені, сірі лісові; чорноземи опідзолені (n = 53)	S (2,0); (1,9); Zr, B (1,8); Hf, Y, La (1,2); K, Be, Ti, Si, Ba, Cr, Ce, Nb, Ge, Sn (1,1); Hg, Na, Yb, Cl, Cs; F, In, Mo, Ni, Rb, Re, Sc, Ta, Th, W, Co, Mn (1,0); Tl, Li, Sr, V, Al, Ca, Mg (0,9); Cu, Fe, Bi, P, Ag, Pb, Cd, Zn, Se, Ga (0,8); Sb, As (0,7); Au (0,6); Pt, Te (0,5); Pd (0,1);
	кислий-глейовий в поєднанні з кальцієвим та натрієвим Н <sup>+</sup> -Fe <sup>2+</sup> , Са <sup>2+</sup> , Na <sup>+</sup> (4,1 %)	лужно-чорноземні (n = 3)	S (8,0); B (4,0); Cl (3,0); Zr (1,9); Hf (1,8); Si (1,2); Ca, P (1,1); Se, F, Hg, In, Re, Ta, W, Pd (1,0); Sr, Mo (0,9); Ce, K, Th, Ba, Y, Yb, Ge, Ti, Be (0,8); Sn, Na, U, Cr, Mn (0,7); Rb, Sc, Cu, Nb, Ni, V (0,6); Zn, Cd, Fe, Al, Pb, Pt, Bi, Co, Te, Mg (0,5); Tl, Ga, La, Ag, Sb, Li (0,4); Au, Cs (0,3); As (0,2)
Степова	кальцієвий Са <sup>2+</sup> (76 % площі зони)	чорноземи звичайні, чорноземи південні (n = 77)	S (7,0); B (2,9); In (2,0); Ca (1,8); Ni (1,7); Be, Li, Co, Te (1,5); Zr, Cr, Mg, Cu (1,4); Y, Sc (1,3); Sr, Ti, V, Cs, Mn, Ti, Ba, Fe, Bi (1,2); Mo, As, Hf, La, Ce, K, Rb, Nb (1,1); Al, Sb, Yb, Sn, Zn, Au, Cl, F, Ga, Hg, Pd, Pt, Re, Ta, W, Si, Na, Ag (1,0); Ge, Cd, Th, P, Pb (0,9); Se (0,8); U (0,7)
	кальцієвий-натрієвий Са <sup>2+</sup> -Na <sup>+</sup> (9,8 % площі зони)	каштанові солонцюваті (n = 13)	In, S (3,0); B (2,9); Ni (2,1); Be (1,9); Cu, Li (1,8); Co (1,7); Cr, Cs (1,6); Mg (1,5); V, As, Fe, Sc (1,4); Mn, Ca, Zr, K, Y, Ti, Bi, Sr (1,3); Ti, Mo, Sb, Zn, Ba, Rb, Ce, Nb (1,2); Al, Na, Yb, Ga, Ge, Hg (1,1); Sn, Ag, Cd, Cl, F, Hf, Pd, Pt, Re, Ta, W, Te, Si, P (1,0); La, Pb (0,9); Th, Au, Se (0,8); U (0,7)
	кислий-глейовий в поєднанні з кальцієвим та натрієвим Н <sup>+</sup> -Fe <sup>2+</sup> , Са <sup>2+</sup> , Na <sup>+</sup> (6,2 %); кислий глейовий в поєднанні з кальцієвим Н <sup>+</sup> -Fe <sup>2+</sup> , Са <sup>2+</sup> (1,7 %)	чорноземи звичайні, лужно-каштанові (n = 15)	B, S (4,0); In (2,0); Ni (1,7); Be (1,5); Co, Mg, Cr, Li (1,4); Ca, Cu, Mo, Zr, Sc, Sr (1,3); Y, K, V, Cs, Ce, Ti, Yb (1,2); As, Fe, Tl, Ag, Bi, Hg, Mn, Rb (1,1); Sb, Al, Si, Zn, Sn, Ba, Na, Au, Cl, F, Ga, Ge, La, Nb, Pd, Pt, Re, Ta, W, Te, P (1,0); Hf, Pb, Se (0,9); Th (0,8); Cd, U (0,7)
Передкарпатська лісо-лучна	кислий в поєднанні з кислим-глейовим Н <sup>+</sup> , Н <sup>+</sup> -Fe <sup>2+</sup> (41,6 %); кислий глейовий Н <sup>+</sup> -Fe <sup>2+</sup> (18 %); кислий Н <sup>+</sup> (5,6 %)	дерново-підзолисті оглеєні, дернові, дернові опідзолені оглеєні (n = 5)	In (3,0); Re, Te (2,0); Mn (1,8); Co (1,6); Zr (1,5); Mo, Au (1,4); Hg, Ti, Th, Se, Hf (1,3); Sn, Yb, Ce, Tl, Cr, Nb (1,2); Ge, As, Be, Rb, Na, Si, B, K, La, Ba, Cd (1,1); Y, Cl, Cs, F, Ni, Sc, Ta, W, Bi, U, V, Li, Sr, Pb (1,0); P, Al, Fe, Ag, Sb (0,9); Cu, Zn, Ga, Mg (0,8); Pt, S (0,5); Ca (0,4); Pd (0,1)
Карпатські гори	кислий буроземний Н <sup>+</sup> -Al <sup>3+</sup> -Fe <sup>3+</sup> (88,3 %); кислий буро-земний в поєднанні з глейовим Н <sup>+</sup> -Al <sup>3+</sup> -Fe <sup>3+</sup> , Fe <sup>2+</sup> (9,8 %)	буроземно-підзолисті, буроземи опідзолені (n = 7)	Hg (2,6); Ag (2,3); Cd (2,1); Se, As, In, Mn (2,0); Mo (1,9); Sb (1,8); Cr, V, Sn (1,7); Au, Co (1,6); Te (1,5); Bi, Cs, Zn, Cu, P, Ti, Yb, Fe, Ni (1,3); Ge, Li (1,2); La, Sc, Na, B, Pb, Si, Mg (1,1); Al, Ce, Cl, F, Re, Ta, Th, W (1,0); Ti, Nb, Y, Ga, Rb, Hf (0,9); Sr, U, Zr, Ba, Be (0,8); K (0,7); Ca, Pt, S (0,5); Pd (0,1)
Закарпатська лісо-лучна буроземна	кислий буроземний Н <sup>+</sup> -Al <sup>3+</sup> -Fe <sup>3+</sup> (54 %); кислий буроземний в поєднанні з глейовим Н <sup>+</sup> -Al <sup>3+</sup> -Fe <sup>3+</sup> , Fe <sup>2+</sup> (21,5 % площі зони)	буроземи опідзолені, буроземно-підзолисті, лужно-буроземні (n = 5)	Cl (3,0); Te (2,5); Hg (2,1); Zr, Hf (1,8); Ti (1,6); Yb, La (1,5); Sn, Sb, Au, Nb, Co (1,4); Be, Y, Mn, Cr, As, U, Bi, Ce (1,3); Na, Ge, Cs, Pb, V, Ni (1,2); Li, Si, Sc, Fe, Th, Ba, Cd, Zn, Al (1,1); Sr, Tl, Se, F, Ga, In, Re, Ta, W (1,0); Rb, K (0,9); Cu, Mg, P, Ag (0,8); Mo (0,7); Pt, S (0,5); Ca, B (0,4); Pd (0,1)
Кримські гори	кислий буроземний карбонатний Н <sup>+</sup> -Al <sup>3+</sup> -Fe <sup>3+</sup> , Са <sup>2+</sup> (91 % площі зони)	коричневі гірські (n = 3)	S (10,0); In (4,0); Te (3,9); Ni (3,2); Cu (2,8); As (2,6); Hg (2,3); Co (2,2); Bi (2,1); Cs, V (2,0); Cr, Sc (1,8); Fe, Zn, Be, Ga (1,7); Al (1,6); Mg, B, Na (1,5); Rb, Au, Mn, Sb, Li, Ge (1,4); K, Ti, Sn, Y, Pb, Ag (1,3); Sr, Ce, Nb (1,2); Ca (1,1); Cl, F, Hf, La, Mo, Pd, Pt, Re, Ta, W, Yb, Ba, P (1,0); Si (0,9); Th, Zr (0,8); Tl (0,7); Se (0,5); Cd (0,4); U (0,3)

Регіональні геохімічні дослідження ґрунтів України в рамках міжнародного проекту (GEMAS)

Таблиця 7. Геохімічні особливості сільськогосподарських ґрунтів (Ar) України за класами геохімічних ландшафтів відносно ґрунтів пасовищних (Gr) земель

Ландшафтно-біокліматична зона	Клас геохімічного ландшафту	Тип ґрунту	Елементи та їх Кк
Лісова (Українське Полісся)	кислий Н <sup>+</sup> (47,1 % площі зони)	дерново-підзолисті, дернові опідзолені (n = 26)	Ce (2,4); Au, B, Pt, U (2,0); Co (1,8); Y (1,7); Sr (1,6); Cl, Mg (1,5); V, Na, Li, Cr (1,4); Be, Se, Ti, Ga, Ni, Ag, Ca (1,3); Zn, Nb, Fe, P, Zr, Bi (1,2); Al, K, Hf, Tl, Yb, Pb, Hg (1,1); Rb, Ba, Mn, Pd, As, Cd, Cs, Cu, F, In, La, Mo, Re, S, Sb, Sc, Sn, Ta, Te, Th, W, Si; Ge (1,0)
	кислий глейовий Н <sup>+</sup> -Fe <sup>2+</sup> (26,5 %); кислий в поєднанні з кислим-глейовим Н <sup>+</sup> , Н <sup>+</sup> -Fe <sup>2+</sup> (12,2 %)	дерново-підзолисті, дернові опідзолені оглеєні (n = 12)	Pt (2,0); Mo (1,5); Mn (1,4); B, Fe, V, Y (1,3); Yb, Zn (1,2); Sn, Hf, Ni, Rb, Nb, Ge (1,1); Mg, Sr, Pd, As, Cs, Cu, F, In, La, Pb, Re, S, Sc, Se, Ia, Te, Th, U, W, K, Si, Na, Ce, Ba, Al (1,0); Zr, Ca, Hg, Cr, Ag, Cl, Co (0,9); P, Sb, Cd, Ti, Li, Ga, Tl (0,8); Bi (0,6); Be (0,5); Au (0,2)
	кислий кальцієвий Н <sup>+</sup> -Ca <sup>2+</sup> (4,7 %); кислий глейовий в поєднанні з кальцієвим Н <sup>+</sup> -Fe <sup>2+</sup> , Ca <sup>2+</sup> (3,7 %); кальцієвий в поєднанні з кислим кальцієвим Ca <sup>2+</sup> , Н <sup>+</sup> -Ca <sup>2+</sup> (1,4 %); кислий кальцієвий в поєднанні з глейовим Н <sup>+</sup> -Ca <sup>2+</sup> , Fe <sup>2+</sup> (1 %)	темно-сірі опідзолені, чорноземи опідзолені; дернові опідзолені карбонатні; сірі лісові (n = 7)	Be (3,2); As, Pt, Zr (2,0); Na (1,6); Ge, K (1,5); Yb, Sc, Ti, Ce (1,4); Tl, Co, Hf, Sn, Cr, Ni, Y, U (1,3); Ga, Se, Ag, V, Ba, Al, Li (1,2); Mn, Nb, Pb, Rb (1,1); Mg, Si, Zn, Fe, Pd, Au, B, Bi, Cl, Cs, F, In, Re, Ta, Te, W, Sr (1,0); Cu, Mo, Hg, Th (0,9); P (0,8); Ca, Cd (0,7); La, Sb (0,6); S (0,3)
Лісостепова	кальцієвий Ca <sup>2+</sup> (31,3% площі зони)	чорноземи типові, звичайні (n = 36)	Pd (2,1); Te (2,0); In (1,5); Se, La, As, Bi (1,3); Ni, Cd, Ag, Cu, Ga, V, Co, Sb (1,2); Mn, Li, Y, Cr, Cs, Pb, Ce, Be, Mo, P, Al, Sc, Zn, Mg, Fe, Na, Ba, Ti (1,1); Zr, Hg, K, Rb, Sr, Sn, Cl, F, Nb, Pt, Re, Ta, Tl, U, W, Yb, Si, Hf (1,0); Ca, Ge, Th (0,9); B, Au (0,8); S (0,7)
	кислий кальцієвий Н <sup>+</sup> -Ca <sup>2+</sup> (43,4 %); кислий кальцієвий в поєднанні з глейовим Н <sup>+</sup> -Ca <sup>2+</sup> , Fe <sup>2+</sup> (3,4 %); кальцієвий в поєднанні з кислим кальцієвим Ca <sup>2+</sup> , Н <sup>+</sup> -Ca <sup>2+</sup> (2,4 %)	темно-сірі опідзолені, сірі лісові; чорноземи опідзолені (n = 52)	Cl (4,0); Pt (2,0); Se (1,2); Cd, Mn, Ag, Y, P, Pb, Ga, Cs, Cu, Be, Sr, Na, Cr, Nb, Ti, Ba, Zr, Co, K, Ni (1,1); Tl, Al, Zn, Rb, Sn, Fe, Si, V, Pd, As, Au, B, Ce, F, Ge, Hf, Hg, In, Mo, Re, S, Sc, Ta, Te, U, W, Ca, Yb, Bi, Th (1,0); Mg, La, Li (0,9); Sb (0,8)
	кислий глейовий в поєднанні з кальцієвим та натрієвим Н <sup>+</sup> -Fe <sup>2+</sup> , Ca <sup>2+</sup> , Na <sup>+</sup> (4,1 %)	лучно-чорноземні (n = 6)	Cs (2,7); As (2,3); La (2,1); Pt (2,0); Cl (1,7); Li (1,5); Nb, Tl (1,4); Ga, Al, Y (1,3); Na, Yb, Ba, Sc, Ti, Cr, K, Co (1,2); Zr, Sn, Pb, Ge, Mg, Ag, Be, Rb, Fe, V (1,1); Pd, Si, Cd, Cu, F, Hf, In, Re, Ta, Te, U, W, Sr, Ni, Zn (1,0); Ce, Th, Mn, Bi, Sb (0,9); Mo, Hg, Se (0,8); Au (0,7); Ca, P (0,6); B (0,4); S (0,1)
Степова	кальцієвий Ca <sup>2+</sup> (76 % площі зони)	чорноземи звичайні, типові (n = 87)	F (2,8); In (1,5); Se (1,3); Ag, Cs, Cu, Ge (1,2); Ni, V, As, Be, Ce, Cd, Li, Sb, Fe, Sc, Al, Mn, Mg, Rb, Ga, Zn, Co, Nb, Tl, Cr, Hg, Mo, Y, K, Yb, Sn, Ti, Na (1,1); Bi, Ba, La, P, Sr, Si, Au, Cl, Hf, Pb, Pd, Pt, Re, Ta, Te, U, W, Zr (1,0); Th, B (0,9); Ca (0,7); S (0,6)
	кальцієвий-натрієвий Ca <sup>2+</sup> -Na <sup>+</sup> (9,8 %); кислий глейовий в поєднанні з кальцієвим та натрієвим Н <sup>+</sup> -Fe <sup>2+</sup> , Ca <sup>2+</sup> , Na <sup>+</sup> (6,2 %)	темно-каштанові, каштанові солонцюваті (n = 12)	F (2,8); In, Te (1,5); Ag, Cd, Hf, Tl (1,3); Mn, Li, As, Cu, Se, Ba, Co, Nb, Sc (1,2); Ni, Ge, Fe, Y, Bi, V, Na, Al, Zr, U, Cr, Zn, Ga, Rb, Ti, Sn, K, Mg (1,1); Ce, La, Si, Be, Cl, Pb, Pd, Pt, Re, Sr, Ta, W, P (1,0); Mo, Th, Cs, Sb, Hg, Yb, B (0,9); Au (0,7); Ca (0,6); S (0,5)
Перекарпатська	кислий в поєднанні з кислим глейовим Н <sup>+</sup> , Н <sup>+</sup> -Fe <sup>2+</sup> (41,6 % площі зони)	дерново-підзолисті (n = 6)	Pt (2,0); S, Ag (1,5); Cs, Se (1,3); B, Ni, Cu, Bi, Hg (1,2); Be, P, Y (1,1); Sb, Sr, V, Yb, Zr, Au, Hf, Sn, Ge, Ca, Fe, U, As (1,1); Pb, Cr, Si, Mg, La, Al, Pd, Cl, F, Ga, Nb, Sc, Ta, W, Ba, Li, K, Na, Ti, Tl, Zn, Rb (1,0); Te, Ce, Co (0,9); Th, Mo (0,8); Cd, Mn (0,7); In, Re (0,5)
Карпатські гори	кислий буроземний Н <sup>+</sup> -Al <sup>3+</sup> -Fe <sup>3+</sup> (88,3 % площі зони)	буроземно-підзолисті, буроземні опідзолені (n = 8)	S (5,0); Cl (2,5); Pt (2,0); Be (1,5); Li (1,4); B, K, Pb (1,3); Ga, Ba, Tl, Te, Na (1,2); Hf, Nb, Sr, Ca, Zn, Rb, Al, Bi (1,1); Ni, Co, Ti, Cu, Sn, Mg, Pd, F, Re, Ta, W, Y, Cr, P, Ge, Hg, Si, Fe (1,0); Sc, Zr, U, Sb, Cd, Ce, Mo, Cs, Mn (0,9); V, Ag, Au, Yb, In, Se (0,8); La, (0,7); As (0,6); Th (0,5)

Сільськогосподарське використання земель в Україні не суттєво змінило їх природний геохімічний склад. Встановлено, що в сільськогосподарських ґрунтах кислих класів ландшафтів спостерігається зростання концентрацій більшої кількості елементів, ніж у сільськогосподарських ґрунтах кальцієвих класів ландшафтів. Імовірно, це зв'язано із більш інтенсивним агрохімічним освоєнням цих земель. Зменшення концентрації Ca та S у ґрунтах сільськогосподарських земель пов'язано із біогеохімічною міграцією цих елементів.

Валовий вміст у ґрунтах Bi, Cl, F, Ge, In, Mo, S, Sb, Ta, Te, U, W, Yb необхідно уточнити, застосувавши більш точні аналітичні методи.

Висока якість аналітичних результатів та широкий спектр визначених хімічних елементів, отриманих під час виконання міжнародного проекту GEMAS, можуть слугувати матеріалом для більш поглиблених наукових висновків та розуміння геохімічних умов формування ландшафтів і ґрунтів України.

Надійшла 26.09.2012.

**Клос Б.Р., Бірке М., Жовинський Е.Я., Акінфієв Г.О., Амашукелі Ю.А., Кламенс Р.**

1. *Методичні рекомендації для складання геохімічних карт (геохімічної спеціалізації геологічних утворень докембрійського фундаменту та прогнозно-геохімічної) масштабів 1: 200 000 та 1: 50 000 стосовно умов Українського щита : Методичні рекомендації.* – К. : УкрДГРІ, 2006. – 96 с.
2. *Полупан М.І., Соловей В.Б., Величко В.А.* Класифікація ґрунтів України – К. : Аграрна наука, 2005. – 300 с.
3. *Суцук Ю.Я.* Геохимия зоны гипергенеза Украинских Карпат. – К. : Наук. думка, 1978. – 212 с.
4. *Bowen H.J.M.* Environmental Chemistry of the Elements. – London-New York-Toronto-Sydney-San Francisco : Academic Press, 1979. – 250 p.
5. *Geochemical Atlas of Europe.* – Part 1: Geological Survey of Finland / Salminen R. (Chief-editor) et al. – Espoo (Finland), 2005. – 542 p.
6. *Geochemical Atlas of Europe.* – Part 2: Interpretation of geochemical maps, Additional Tables, Figures, Maps and related publications / Geological Survey of Finland ; Tarvainen T. (Chief editors) et al. – Espoo (Finland), 2006. – 692 p.
7. *Agricultural Soils in Northern Europe: A. Geochemical Atlas, Geologisches Jahrbuch, Sonderhefte / Ed.: Reihe D., Heft S.D.* – Stuttgart, Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 2003. – 279 p.
8. *Tukey J.W.* Exploratory data analysis. – Massachusetts (USA) : Addison-Wesley, Reading, 1977. – 506 p.

*Клос В.Р., Бірке М., Жовинский Э.Я., Акинфиев Г.А., Амашукели Ю.А., Кламенс Р.* **Региональные геохимические исследования почв Украины в составе международного проекта геохимического картирования сельскохозяйственных и пастбищных земель Европы (GEMAS).** По результатам геохимического исследования почв Украины, проведенного в рамках геохимического картирования пахотных и пастбищных почв Европы (проект GEMAS), определены параметры содержания 57 химических элементов в почвах Украины, сгруппированных по классам водной миграции геохимических ландшафтов.

*Klos V.R., Birke M., Zhovinski E.Ya., Akinfiyev G.A., Amashukeli I.A., Klamens R.* **Regional geochemical study of Ukrainian grounds within the bounds of the international project of geochemical mapping agricultural and grazing lands of Europe (GEMAS).** The results of the geochemical study of Ukrainian soils within the bounds of the international project of geochemical mapping of the European agricultural and grazing lands (GEMAS), are offered. The parameters of contents of 57 chemical elements, which are grouped by the classes of water migration of geochemical landscapes, are calculated.