

## ЛАТЕРАЛЬНО-РАДІАЛЬНИЙ РОЗПОДІЛ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ У СХИЛОВИХ ТЕМНО-СІРИХ ОПІДЗОЛЕНИХ ҐРУНТАХ

А.В. Тертишна, М.М. Мірошниченко

Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н.Соколовського», *ecosoil@meta.ua*

*Розподіл міцнофіксованих форм Cd, Zn, Co, Cr, Cu, Ni, Fe, Mn та Pb за профілем темно-сірих опідзолених ґрунтів залежить від їх розташування у геохімічній катені. У середній частині схилу мікроелементи накопичуються у мулі гумусо-акумулятивного горизонту. Максимальний вміст мікроелементів спостерігається у ґрунті та його мулистій фракції нижньої частини схилу. Проте, рослини *Agropyrum repens* мають близький мікроелементний склад в усіх ґрунтах схилу.*

*Ключові слова: геохімічна катена, схилі ґрунти, мікроелементи, глиниста фракція.*

**Вступ.** Ландшафтний рівень є найбільш показовим об'єктом вивчення процесів міграції та просторового розподілу хімічних елементів [5-6]. Саме на цьому рівні просторової організації геосистем з'являється можливість відстежити особливості латерального та радіального перерозподілу хімічних елементів, встановити вплив зовнішніх факторів їхньої міграції, які отримали в останній час назву ландшафтно-геохімічних [1]. До ознак розмежування елементарних ландшафтів, які було запропоновано Б.Б. Полиновим, слід додати також особливості атмосферної міграції елементів і відсутність внутрішніх причин, які обмежують площу їх розповсюдження.

Враховуючи все це, до елементарних ландшафтів можна відносити такі ділянки біосфери, в яких за ідентичних геоморфологічних умов на аналогічних ґрунтоутворних породах залягають однакові відмінності ґрунтів, під однотипною рослинністю. У свою чергу, геохімічні ландшафти, за визначенням А.І. Перельмана, - це парагенетична асоціація сполучених елементарних ландшафтів, які пов'язані між собою міграцією елементів [8]. У дослідженні процесів міграції та розподілу елементів у ландшафті важливим є врахування місцевих геоморфологічних особливостей, а саме, експозиції та форми схилу, мікрорельєфу з його особливими мікрокліматичними умовами.

Схилі ґрунти опідзоленого ряду мають чітко виражену залежність від цих особливостей геоморфології, які є визначальними у формуванні гідрологічного режиму, а звідси - й інтенсивності розвитку процесів глеє-елювіального перерозподілу речовини [9]. Ці особливості позначаються і на мікроелементному складі ґрунтового покриву, сприяючи формуванню його просторової неоднорідності [7]. Задачею нашого дослідження було встановлення розподілу мікроелементів у геохімічному ландшафті за кате-

ною типових для лівобережного лісостепу темно-сірих опідзолених ґрунтів.

**Об'єкти та методи досліджень.** Об'єкт досліджень розташований на території експериментального ландшафтного полігону "Люботинка" на схилі плато, прорізаного долиною річки з однойменною назвою. Територія відноситься до південно-східної (Харківської) підпровінції лівобережного високого Лісостепу [2]. Схил, на якому проводили дослідження, має південно-східну експозицію та максимальну абсолютну височину 181 м. Ухил поверхні коливається від 2° до 4°, у нижній третині (терасованій) - до 7-9°. На схилі за катеною було закладено три розрізи (рис. 1). Об'єкт - це ландшафтно-геохімічна катена - ряд елементарних ландшафтів, які є, в свою чергу, частиною єдиної ландшафтно-геохімічної системи водозбору р. Люботинка.

Методика досліджень передбачала визначення вмісту міцнофіксованих форм (витяжка 1н HCl за МВВ 31-4497058-015) Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb і Zn у ґрунті та його мулистій частині за генетичними горизонтами ґрунтових розрізів. Мулисту частину виділяли за методом М.І. Горбунова. У містах закладення розрізів відбирали проби тест-рослин *Agropyrum repens*, в яких визначали вміст мікроелементів після озолення за ДСТУ 26929. Вимірювання масової частини мікроелементів проводили атомно-абсорбційним методом на спектрофотометрі Сатурн.

**Результати та їх обговорення.** Ландшафтно-геохімічна система, в якій досліджували просторовий розподіл мікроелементів, є автономною і поєднує в собі потоки елементарних ландшафтних одиниць, які взаємопов'язані речовинно-енергетичними потоками. Досліджувана катена має у своєму складі елювіальні, транс-елювіальні, елювіально-акумулятивні та акуму-

лятивні елементи ландшафту. Тому, в межах обраної території існують усі умови для винесення, транзиту та акумуляції речовини.

Розподіл мікроелементів визначається глибиною процесів вивітрювання та характером ґрунтоутворення. Відомо, що для зональних ґрунтів Лісостепу властиві переважно окисні умови середовища. А.О. Ачасовою раніше було показано, що на всій території полігону панують слабо відновлювальні умови, які можуть сприяти підвищенню рухомості елементів (окрім мі-

ді), але після висихання ґрунту змінюються на окислювальні [3]. Згідно з [4], таке чергування сприяє осадженню марганцю у верхніх горизонтах завдяки виникненню кисневого бар'єра.

Темно-сірий опідзолений важкосуглинковий ґрунт верхньої частини схилу (до 2°) за морфологічними ознаками є перехідним до чорнозему опідзоленого і практично не має ознак еродованості, тому скипання від HCl спостерігалося тільки у нижній частині гумусованого профілю (табл. 1).

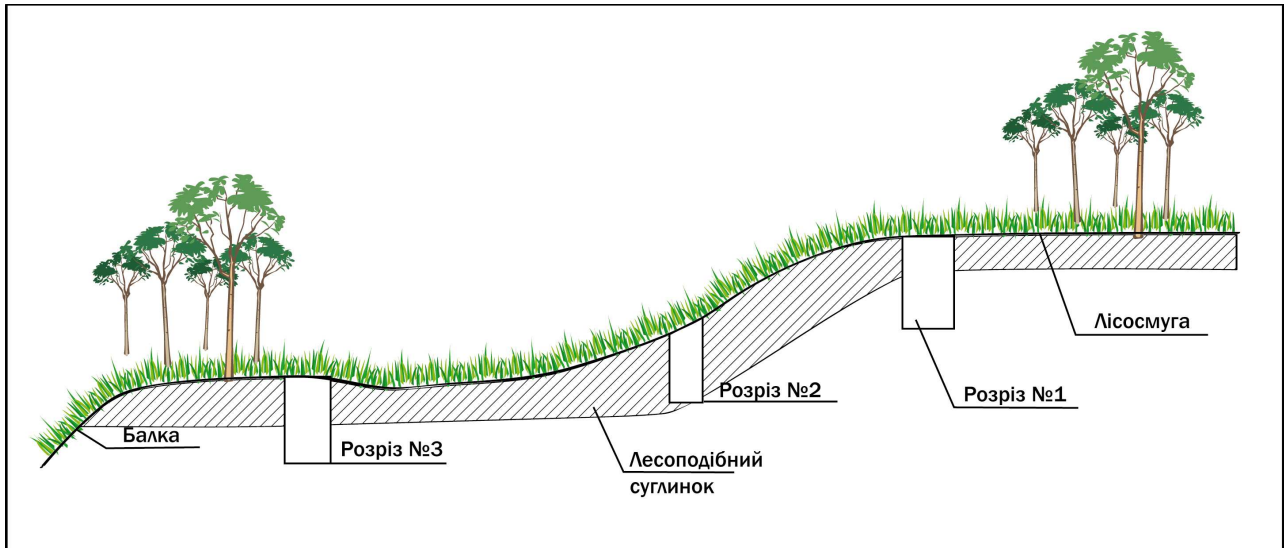


Рис.1 Профіль експериментального ландшафтного полігону "Люботинка"

Таблиця 1

Параметри фізико-хімічних властивостей схилових темно-сірих опідзолених ґрунтів

Частини схилу, розріз	Генетичні горизонти	Глибина, см	рН со-льовий	Обмінні катіони, ммоль/кг					Гідролітична кислотність, ммоль/кг
				Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Σ	
Верхня, розріз 1	He	0-30	5,00	137,1	26,5	3,1	5,5	172,2	22,1
	HI	30-50	5,00	137,5	25,1	3,1	5,6	146,2	22,1
	Ih	50-68	7,15	карбонатний		2,2	3,8	-	3,9
	IP	68-...	6,90	карбонатний		0,1	5,1	-	6,7
Середня, розріз 2	He	0-30	5,90	165,6	17,6	2,2	3,8	189,2	11,5
	HI	30-60	7,25	карбонатний		2,2	3,8	-	3,5
	IP	60-...	5,40	133,5	25,2	3,2	4,3	165,2	34,0
Нижня, розріз 3	He	0-30	6,40	карбонатний		0,1	8,1	-	6,7
	HI	30-50	7,35	карбонатний		2,2	3,6	-	3,1
	IP	50-...	5,80	166,5	17,6	2,2	4,0	190,3	17,8

Відповідно до цього на глибині близько 50 см відбувалася різка зміна реакції ґрунтового розчину і можна було очікувати накопичення окремих мікроелементів унаслідок осадження їх гідроокисних форм. Проте, враховуючи сезонні коливання глибини знаходження карбонатів у опідзолених ґрунтах Лісостепу, це є верхньою межею відповідного бар'єру, а дійсне накопичення більшості з досліджуваних мікроелемен-

тів відбувається у перехідному до породи горизонті (табл. 2). Розподіл Cd, Co, Cr за профілем ґрунту був виключно елювіально-іллювіальним. Ni, Fe, Mn, Zn і Pb мали максимуми накопичення як у гумусо-акумулятивному горизонті, так і в перехідному до породи. Мідь, як найбільш споріднений до органічної речовини елемент, виявила чіткі ознаки біогенного накопичення у верхній частині профілю.

**Профільний розподіл міцнофіксованих форм мікроелементів  
у схилових темно-сірих опідзолених ґрунтах**

Частина схилу, розріз	Генетичні горизонти	Глибина, см	Вміст мікроелементів, мг/кг ґрунту								
			Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Верхня, розріз 1	He	0-30	0,01	0,69	0,11	9,6	560	104	4,3	6,2	8,9
	HI	30-50	0,59	0,79	0,18	8,5	440	28	1,6	3,6	4,4
	Ih	50-68	0,66	1,11	2,28	7,8	430	26	0,20	3,8	4,8
	IP	68-...	0,90	9,38	10,2	5,6	1200	465	19,6	11,4	31,9
Середня, розріз 2	He	0-30	0,43	1,22	1,10	8,5	830	63	1,0	3,9	5,8
	HI	30-60	0,01	2,11	1,71	8	800	62	0,25	2,6	5,0
	IP	60-...	0,04	1,23	0,87	7,9	380	49	0,18	7,3	4,1
Нижня, розріз 3	He	0-30	4,24	2,42	0,81	9,4	480	44	1,5	4,8	5,4
	HI	30-50	0,80	1,60	1,88	7,3	430	81	3,8	6,3	4,5
	IP	50-...	0,33	0,81	0,77	7,7	210	50	3,5	7,4	3,4

Аналогічна тенденція до біогенного накопичення міді, цинку та заліза у гумусо-аккумулятивному горизонті простежується і у короткопрофільних ґрунтах схилу. Проте ступінь диференціації орного і підорного шару схилових ґрунтів за вмістом цих елементів була меншою, а для марганцю, нікелю та свинцю акумуляції у верхньому шарі ґрунту нижньої частини схилу не спостерігалось взагалі. Причинами цього може бути зменшення обсягів біологічного колообігу на схилах, особливості опадання аеротехногенних золей, а також прямі втрати збагаченого на мікроелементи ґрунтового матеріалу внаслідок ерозійних процесів.

Місце розташування у геохімічній катені та особливості мікрорельєфу наклали відбиток і на закономірності радіального розподілу інших мікроелементів у профілі ґрунтів. Насамперед, слід відзначити аномально велике накопичення Cd у верхньому шарі ґрунтів нижньої частини схилу, що є наслідком високої рухомості цього небезпечного токсиканта, його ймовірного латерального перерозподілу, а також виходом карбонатного шару на поверхню. У цьому шарі, який мав не характерну для опідзолених ґрунтів слаболужну реакцію ґрунтового розчину (рН водної витяжки від 7,1 до 7,8) та був розташований на глибині 30-60 см у середній частині схилу і від поверхні до 50 см – у нижній частині, спостерігалось також накопичення Cr та Co.

Таким чином, мікроелементний склад схилових темно-сірих опідзолених ґрунтів значно відрізняється від плакорних умов, а основними факторами, що визначають ці відмінності, є:

- мікрокліматичні умови на різних частинах схилу (режим інсоляції, зволоження, температурного та вітрового режиму);

- ерозійно-міграційні процеси (винос дрібнодисперсного матеріалу та міграція водорозчинних форм елементів);

- неоднакова інтенсивність біогенної акумуляції елементів;

- зміна глибини залягання карбонатного бар'єру.

Високодисперсна частина ґрунту є достатньо консервативним показником, що мало змінюється у часі, але значною мірою визначає хімічне та фізико-хімічне поглинання елементів. З цих позицій вміст мікроелементів у мулистій частині ґрунту є генетичною ознакою, що допомагає відокремити результати їхнього перерозподілу в ландшафті від перерозподілу за профілем ґрунту унаслідок глеє-елювіальних процесів (табл. 3).

Мулиста частина темно-сірого ґрунту вверху схилу майже однорідна за вмістом Cd, Co, Cr, Cu, Ni та Zn в усіх генетичних горизонтах, але вміст Fe та Mn у тонкодисперсному матеріалі верхніх горизонтів був значно вищим, ніж у перехідних. На відміну від цього, радіальний розподіл більшості мікроелементів (за винятком Cd) у мулистій частині ґрунту транселювіальної частини катени більше диференційований і має чітко виражений максимум у горизонті He. Це може бути наслідком переважно «транзитного» проходження елементів з поверхневим стоком, коли тільки невелика їх частка поглинається поверхневим шаром ґрунту, а за систематичної оранки це накопичення поширюється на увесь орний шар.

Тонкодисперсний матеріал у ґрунті розрізу № 3, закладеного на надбровочній площадці досліджуваного схилу, виявився істотно збагаченим на Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb та Zn, що свідчить про часткове «розвантаження» геохімічного потоку цих елементів. З них лише кількість заліза, міді та цинку збільшується у тонкодисперсній частині унаслідок біологічного накопичення. Збагачення мулу на інші елементи вочевидь має геохімічні причини.

Профільний розподіл міцнофіксованих форм мікроелементів у мулистій фракції схилових темно-сірих опідзолених ґрунтів

Частина схилу, розріз	Генетичні горизонти	Глибина, см	Вміст мікроелементів у мулистій частині ґрунту, мг/кг								
			Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Верхня, розріз 1	He	0-30	0,19	0,15	1,12	1,88	22	110	3,3	2,7	2,1
	HI	30-50	0,15	0,16	1,21	2,02	35	48	2,6	5,8	3,3
	Ih	50-68	0,12	0,11	2,03	1,88	4,3	14	2,4	3,6	2,2
	IP	68-...	0,18	0,16	0,94	0,95	5,5	19	2,9	1,9	2,3
Середня, розріз 2	He	0-30	0,23	1,26	7,92	18,1	54	110	18,5	8,8	13,8
	HI	30-60	0,13	0,11	2,16	1,83	19	33	3,6	8,8	2,0
	IP	60-...	0,21	0,19	1,21	1,73	18	120	4,0	5,6	3,8
Нижня, розріз 3	He	0-30	1,98	1,83	2,27	12,5	330	130	0,4	7,8	9,0
	HI	30-50	0,21	5,43	8,83	8,21	86	330	4,1	9,1	8,3
	IP	50-...	0,16	4,51	7,49	10,2	79	300	6,9	10,2	9,4

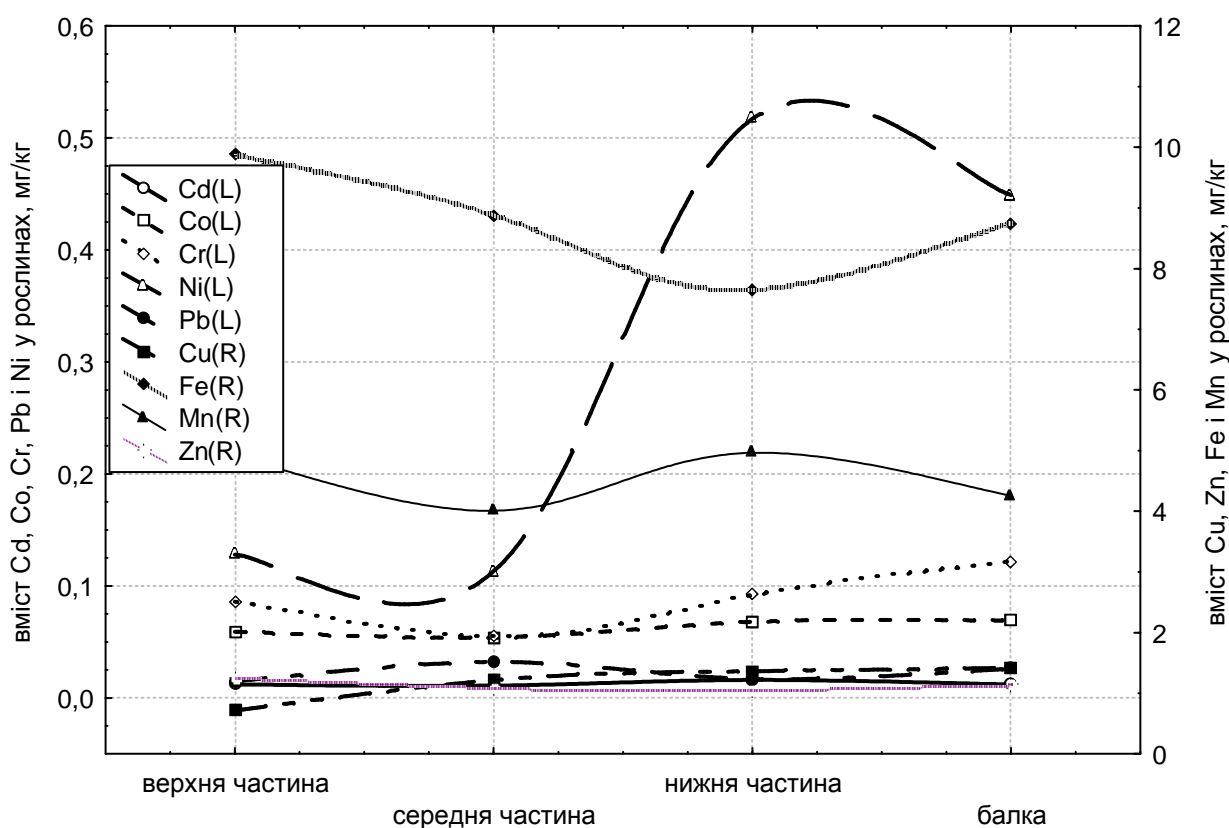


Рис.2. Вміст мікроелементів у рослинах *Agropurum repens* на різних частинах схилу

Незалежно від причинно-наслідкових зв'язків факторів формування мікроелементного складу схилових ґрунтів, найбільш практичне значення має його вплив на живлення сільсько-господарських рослин. Закономірностей якісної зміни мікроелементного складу рослинної продукції з переходом від плакорних до схилових ґрунтів до цього часу майже не виявлено. Для з'ясування цього питання ми застосували метод сполучених проб, а за тест-рослину обрали пирій повзучий (*Agropurum repens*), коренева система якого розташована переважно у верхньому 30-сантиметровому шарі. Окрім пробних пло-

щадок навколо розрізів було закладено ще одну на дерновому слабозвинуту ґрунті крутого схилу балки (до 15°), на відстані близько 20 м від розрізу № 3.

Виявилося, що істотні відмінності між тест-рослинами у різних частинах схилу спостерігаються лише для Ni, Cr і Pb (рис. 2). Розмах коливань концентрації таких важливих мікроелементів живлення рослин, як Fe, Mn, Co, Cu і Zn не перевищував 30 %. Отже, незважаючи на значні зміни мікроелементного складу ґрунтів у різних частинах геохімічної катени, ці концентрації відповідали діапазону саморегуляції рослинного організму.

Значне збільшення вмісту кадмію у нижній частині схилу, очевидно, компенсувалося підвищенням рН, що обмежувало рівень концентрації іонів  $Cd^{2+}$  у ґрунтовому розчині. Звичайно для інших видів рослин, особливо тих, що активно виробляють фітосидерофори, зміни мікроелементного складу схилових ґрунтів можуть мати важливіше значення. Тому, висновок про відносну вирівняність надходження фізіологічно необхідних *мікроелементів* до рослин є дуже попереднім.

**Висновки.** На відміну від плакорних умов, у профілі темно-сірих опідзолених ґрунтів на схилі зменшується накопичення міді, цинку та заліза у гумусо-аккумулятивному горизонті, але значно збільшується вміст міцнофіксованих форм кадмію. У мулистій частині схилових ґрунтів радіальний розподіл більшості мікроелементів більше диференційований, а у нижній частині схилу є значно вищим, ніж за плакорних умов. Концентрація фізіологічно важливих мікроелементів у тест-рослинах *Agropyrum repens* на різних частинах схилу має близькі значення.

#### Список літератури:

1. Алексеенко В.А. Эколого-геохимические изменения в биосфере. Развитие, оценка – М.: Логос, 2006. – 520 с.

2. Атлас почв Украинской ССР / Под. ред. Н.К. Крупского, Н.И. Полупана. - К.: Урожай, 1979. – с. 14-16.
3. Ачасова А.О. Почвенно-экологические условия формирования пространственной неоднородности тяжелых металлов в почвах Левобережной Лесостепи Украины. – Харьков, 2003. – с. 71-77.
4. Гниломедов В.Д. Геохимические барьеры в лесостепных ландшафтах центральной части Русской равнины: Автореф. дис... канд. геогр. наук: 11.00.01/Моск. Гос. ун-т.- М., 1984. - 23с.
5. Дмитраков Л.М., Пинский Д.Л. Микроэлементный состав природных и техногенных потоков в ландшафтах центральной Лесостепи //Почвоведение. 2002. -№ 12. –С.1501-1508
6. Добровольский В.В. Ландшафтно-геохимические критерии оценки загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами // Почвоведение. –1999. -№ 5. – С.639-645.
7. Мірошніченко М.М., Фатєєв А.І. Агрогеохімія мікроелементів в ґрунтах України // Агрохімія і ґрунтознавство. Спецвипуск до VIII з'їзду УТГА. - Кн. перша. - С. 98-107.
8. Перельман А.И. Геохимия - М.: Высшая школа, 1988. – 527 с.
9. Полупан М.І., Балюк С. А., Соловей В.Б., Величко В.А., Волков П.О. Природний механізм захисту схилових ґрунтів від водної ерозії / за ред. М.І. Полупана. – К.: Фенікс, 2011. – 144 с..

## LATERAL-RADIAL ALLOCATION MICROELEMENTS IN THE SLOPES HAPLIC GREYZEMS

A. Tertyshna, M. Miroshnichenko

*The allocation of strongly fixed forms of Cd, Zn, Co, Cr, Cu, Ni, Fe, Mn and Pb in the dark grey ashed soils profile depends on the location of the geochemical catena. Microelements accumulate in the clay fraction of the humus-accumulative soil horizon in the middle of the slope. The maximum content of all microelements in soil and clay is detected at the bottom of the slope. However, plants Agropyrum repens have similar microelement composition of all soils of the slope.*

*Keywords: geochemical catena, slope soils, microelements, clay fraction*

Одержано редколлегією 28.12.2011