

## ВМІСТ І РОЗПОДІЛ Zn ТА Cu У ҐРУНТАХ ЛУЧНИХ ЕКОСИСТЕМ ПЕРЕДКАРПАТТЯ І ПРУТ-ДНІСТРОВСЬКОГО МЕЖИРІЧЧЯ

Ю.М. Дмитрук

*Чернівецький національний університет імені Ю. Федьковича*

*Вміст міді і цинку у ґрунтах лучних екосистем характеризується своєрідною варіабельністю і профільним розподілом порівняно з ґрунтами інших агроекосистем. Це свідчить про меншу трансформованість ґрунтів лучних екосистем під впливом агрогенних процесів.*

**Ключові слова:** мідь, цинк, лучна екосистема, агроекосистема

**Вступ.** Одна з найактуальніших глобальних проблем – вивчення закономірностей біогеохімічних циклів у біосфері, змінених у результаті діяльності людини. Тому першочергової уваги потребують екосистеми, які зазнають максимального антропогенного впливу та характеризуються низькою стійкістю. До останніх можна віднести і лучні агроекосистеми з переважно гідроморфними ґрунтами, міграційні потоки в яких мають характерні риси і часто змінені внаслідок меліоративних заходів. Вони використовуються не тільки як пасовища або сіножаті, але й під ріллею. Стійкість біогеохімічних циклів пов'язана, насамперед, з особливостями ґрунтів. Характеристики останніх кардинально впливають на міграцію хімічних елементів як за ланцюгами живлення, так і в суміжні середовища. Тому мета нашого дослідження шляхом порівняльного аналізу встановити особливості вмісту і розподілу міді та цинку в ґрунтах лучних агроекосистем.

**Аналіз останніх досліджень.** Лучні екосистеми часто вважають еталонними для біогеохімічних вишуків, тобто передбачається, що саме тут вміст хімічних елементів фоновий. Це зв'язано з переважно менш інтенсивним використанням лучних агроекосистем порівняно з іншими. Проте луки часто розміщуються на заплавах та інших азональних ландшафтах, які характеризуються певними особливостями, пов'язаними з спрямованістю радіальних і латеральних міграційних потоків. У системі циклічного масообміну важких металів ґрунту належить особливе місце. Регулювання ним потоків металів зумовлене рівновагами і взаємопереходами між різними формами, які відрізняються міцністю фіксації і здатністю включатися до певного виду міграції. Більшість хімічних елементів, закріплених ґрунтом, належить до двох видів сполук: адсорбційних комплексів з нерозчинними компонентами ґрунтового гумусу та металів, акумульованих оксидами заліза [6].

Лучні біогеоценози особливо не виділяються за показниками міграції-акумуляції мікроелементів, порівняно з лісовими та аграрними. Так, для міді і цинку кларк концентрації складає 0,57 та 0,83; коефіцієнт біологічного

поглинання – 0,41 та 0,83; коефіцієнт концентрації – 0,76 та 1,19, відповідно. Зате лучні та аграрні біогеоценози істотно відрізняються за ємністю кругообігу елементів, при їх близькій продуктивності. В перших акумулюється цинк, в других – мідь. Водночас баланс міді від'ємний і становить (-18,35), а цинку – (-52,36) кг/(км<sup>2</sup>/рік), що може супроводжуватися їх дефіцитом [8]. Проте дерновий процес на дернових ґрунтах лучного біогеоценозу призводить до зростання вмісту цинку вдвічі, порівняно з материнською породою – алювієм [3].

Біогеохімія цинку і міді характеризується такими показниками, відповідно: у рослинах в середньому 30,0 мг/кг та 8,0; у мертвій органічній речовині континентів 25 мкг/г і 3,0 мкг/г; у власне осадовій товщі –  $129,4 \cdot 10^{12}$  т і  $56,2 \cdot 10^{12}$  т; річним приростом рослинності захоплюється 5160000 т і 1376000 т; на 1 км<sup>2</sup> – це 43 кг та 11,5 кг, тобто інтенсивність захоплення становить 11,8 і 2,3; загалом у біологічному кругообігу на суші  $5,2 \cdot 10^6$  т/рік та  $1,3 \cdot 10^6$  т/рік; у річковому стоці –  $0,82 \cdot 10^6$  т/рік розчинного цинку і  $0,28 \cdot 10^6$  т/рік розчинної міді [6].

Вважають [10], що забруднення середовища важкими металами, включно цинком і міддю, має глобальний характер. В агроценозах вплив мінеральних добрив на рухомість міді і цинку в забруднених дерново-підзолистих ґрунтах може бути істотно меншим, ніж погодних умов. Зволоженість більше впливає на рухомість цинку, порівняно з міддю, що пояснюється переважною фіксацією цинку гідроксидами заліза та марганцю. Ахтирцев із співавторами [2] характеризують лучні ґрунти як об'єкти слабкої диференціації за вмістом рухомих форм цинку та міді.

Чисельні дані свідчать, що загальні закономірності розподілу міді і цинку в гідроморфних ґрунтах зумовлені, перш за все, складом материнських порід і ступенем диференціації ґрунтового профілю. На вміст рухомих форм міді впливають склад гумусу, мінералогічний і гранулометричний склад, а рН та ОВП практично не діють. На рухомість цинку найбільший вплив мають органічні хелати та рН [1]. Гідроморфні ґрунти Східноєвропейської рівнини містять більше міді і цинку, ніж автоморфні лісової та інших зон, а заплавні ґрунти степів – більше, ніж такі ж лісової зони. При цьому валові і рухомі форми міді тісно корелюють між собою, тоді як цинку – ні [7]. Дуже мало міді містять торфові ґрунти. Тому тут ефективно використання мідних мікродобрив у дозі 25 кг/га [9]. Загалом кількість цих мікроелементів змінюється досить сильно у залежності від території й ґрунтів (табл. 1). Відмітимо, що абсолютне порівняння наведених у цій таблиці даних не зовсім коректне через різні методи визначення як валового вмісту, так і кількості рухомих форм металів. Проте порівняння наших результатів з даними інших авторів свідчить про їх тотожність і фонові значення для того або іншого регіону.

### 1. Вміст у ґрунтах різних екосистем міді і цинку

Ґрунти	Вміст міді, мг/кг		Вміст цинку, мг/кг	
	валовий	рухомих форм	валовий	рухомих форм
Регіональний фон, [8]	14,0	-	60,0	-
Лучні	32,3	0,38	67,9	0,93
Лучні алювіальні	16,7	0,36	42,4	0,98
Лучно-солонцюваті, [11]	20,0	0,15	76,6	0,87
Лучні глинисті, горизонти[1]:				
А	12,8	-	44,4	-
В	12,2		40,3	
С	9,50		33,3	
Верхній шар (0–20 см):				
алювіальних заплавлених	22,3	3,62	41,9	3,20
лучно-чорноземних	55,2	7,12	88,8	0,22
сірих лісових, [7]	23,0	3,28	62,9	0,68
Регіональний фон:				
Західний Лісостеп	12,5	0,44	29,5	1,28
Передкарпаття, [5]	16,2	0,50	46,4	1,39
Амплітуда	9,50 – 55,2	0,15 – 7,12	29,5 – 88,8	0,22 – 3,20

Отже, загалом біогеохімічні дослідження лучних екосистем не можна вважати завершеними, інформації про поведінку тут мікроелементів недостатньо, на відміну від даних про макроелементи.

**Методика досліджень.** Територія досліджень – це Передкарпаття (стаціонар Красноільськ) і Прут-Дністровське межиріччя (стаціонари Рашків та Ширівці). Аналізувалися особливості поведінки мікроелементів у ґрунтах лук, пасовищ, ріллі та лісосмуг (стаціонари Прут-Дністровського межиріччя) і лук, пасовищ, ріллі та лісу (Передкарпаття). Стаціонари вибрані залежно від поєднання природних особливостей та способів використання. На ґрунтах різного генезису закладали розрізи, а також відбирали зразки з верхнього (0 – 20 см) шару за площею екоотопів [4]. У відібраних зразках визначали основні показники (вміст гумусу, актуальну та обмінну кислотності, ємність поглинання, грансклад) ґрунтів і вміст міді та цинку: валовий (на основі азотнокислої витяжки з наступним випаровуванням пероксиду водню) та рухомий (в ацетатно-амонійній витяжці з рН=4,8) атомно-абсорбційною спектрофотометрією. Результати опрацьовували математичними методами з використанням програми «Statistica 6.0». В обчисленні середніх для стаціонарів дані про кількість мікроелементів у ґрунтах лучних екосистем не враховувалися.

**Результати досліджень.** Загалом різниця за валовою кількістю мікроелементів міді та цинку в ґрунтах лучних екосистем та агроекосистем стаціонарів не істотна (табл. 2). Дещо більші відмінності спостерігаються між кількістю рухомих форм, насамперед для території стаціонару Рашків.

## 2. Вміст міді і цинку в ґрунтах стаціонарів

Мікро-елементи	Форми	Вміст мікроелементів, мг/кг					
		Красноільськ		Рашків		Ширівці	
		лучні	орні	лучні	орні	лучні	орні
Мідь	вал.	18,3	16,3	14,7/14,4*	14,1/13,4	10,2/13,6	12,7/13,2
	рух.	-	-	0,51/0,75	0,58/0,97	0,66/0,60	0,42/0,36
Цинк	вал.	50,0	48,9	27,9/29,4	25,6/27,5	37,0/38,6	34,4/36,6
	рух.	-	-	2,12/1,57	1,50/1,76	3,95/1,36	1,27/1,61

\* - до rischi – у верхньому (0–20 см) шарі, після – середньозважене, за генетичними горизонтами профілів; для Красноільська наведені тільки середньозважені дані за генетичними горизонтами профілів

Зазвичай середні дані приховують певні тенденції просторової і профільної динаміки хімічних елементів. Тому доцільно використовувати й інші статистичні показники, наприклад, абсолютний або відносний розмахи, а також варіабельність вмісту мікроелементів (табл. 3).

## 3. Варіабельність вмісту мікроелементів у ґрунтах стаціонарів

Мікро-елемент и	Форми	Варіабельність, %					
		Красноільськ		Рашків		Ширівці	
		лучні	орні	лучні	орні	лучні	орні
Мідь	валові	42,7	38,9	39,0/21,9 <sup>1)</sup>	35,1/40,8	22,0/51,7	32,0/35,0
	рухомі	-	-	49,0/58,7	69,0/42,3	80,3/53,2	86,2/61,9
Цинк	валові	41,8	27,8	62,0/18,3	36,2/22,3	30,5/65,6	43,0/44,2
	рухомі	-	-	72,6/27,4	88,7/68,2	49,6/76,0	83,6/66,1

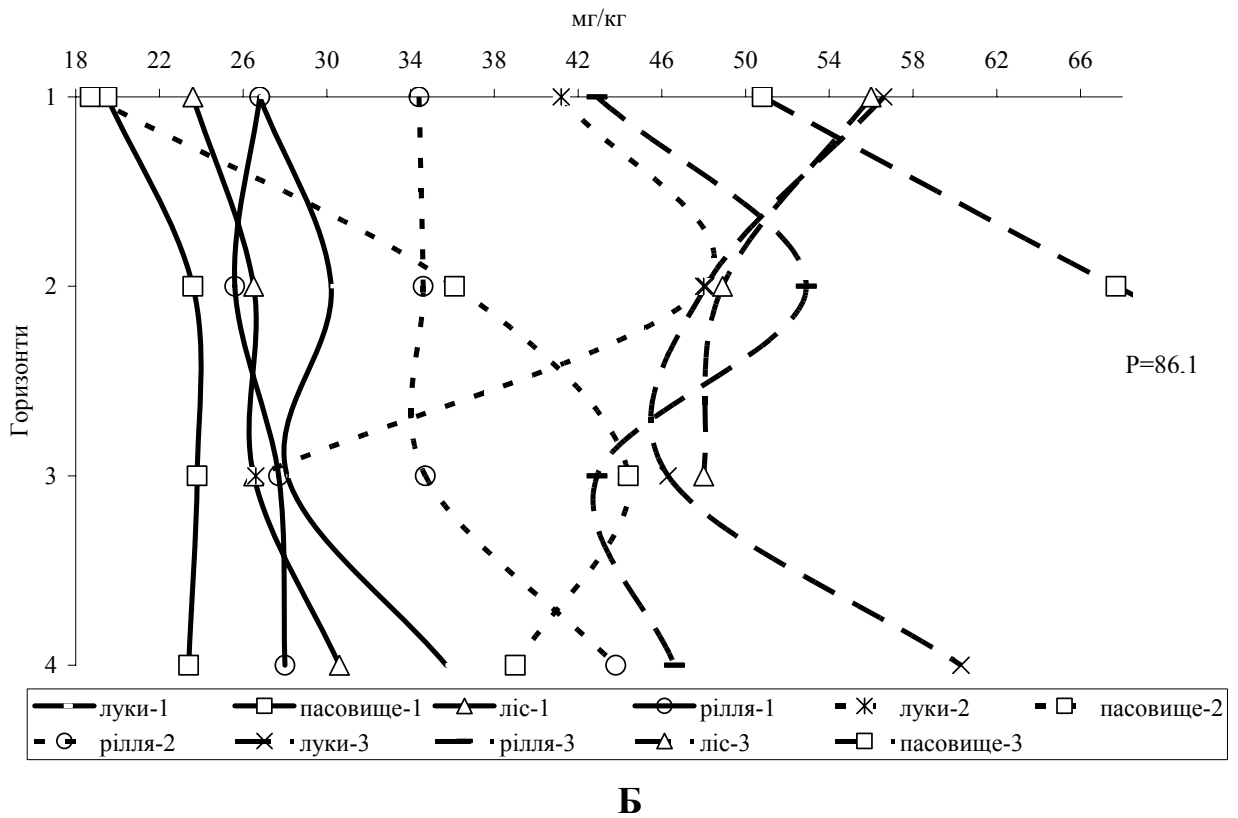
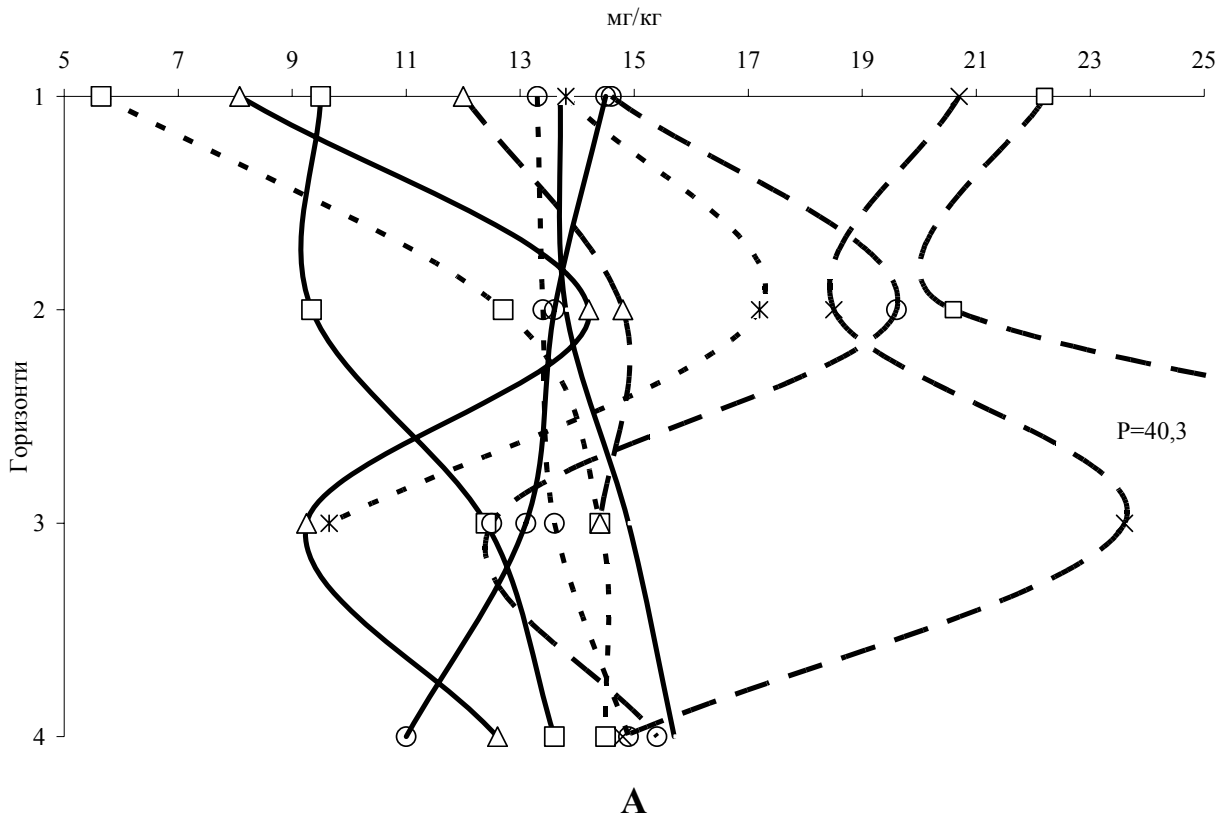
<sup>1)</sup> - до rischi – у верхньому (0–20 см) шарі, після – за генетичними горизонтами профілів

За мінливістю валового вмісту міді виділяються ґрунти лучних екосистем, порівняно з іншими ґрунтами як за верхнім шаром, так і за профілем. Різниця між варіабельністю рухомих форм міді значно менша. У верхньому шарі ґрунтів лучних екосистем мінливість валового вмісту цинку також більша, тоді як за профілем цей показник ґрунтів інших агроекосистем перевищує лучні. Варіабельність вмісту рухомих форм цинку більша для ґрунтів агроекосистем, порівняно з лучними. На загал внаслідок інтенсивнішого використання змінюється насамперед рухомість міді і цинку (в більшості випадків вона зростає), а не їх абсолютна кількість. Збільшення рухомості призводить до інтенсифікації міграційних процесів, що посилює, на нашу думку, негативні тенденції: винесення мікроелементів за межі ґрунтового профілю та збіднення ними ґрунтів, збільшення вмісту хімічних елементів у підґрунтових і поверхневих водах тощо.

Біологічна акумуляція, яка превалює у ґрунтах лучних екосистем, порівняно з орними, іноді пасовищними і садовими, протистоїть як латеральній (за умов переважання схилових земель), так і радіальній міграції. Прихідна складова в межах агроекосистем (внесення добрив, засобів захисту рослин,

меліорантів і т.ін.), на відміну від лучних, вирівнює загальний баланс мікроелементів.

Профільний перерозподіл кількості мікроелементів (рис. 1, 2) неоднозначний, що, безумовно, пояснюється диференціацією еколого-ландшафтних умов, характеру агрогенезу та, власне ґрунтоутворенням. Розсіювання валового вмісту міді, порівняно з ґрунтами лук, характерно для ґрунтового покриву пасовищ. Для них і також для ґрунтів лісосмуг істотно збільшилася профільна диференційованість міді. Ґрунти польових агроecosystem характеризуються деяким зростанням акумулятивних процесів у верхньому горизонті та зростанням міграції вниз по профілю (рис. 1). Рухомі форми міді розсіюються з лучних ґрунтів і як наслідок інтенсивного поглинання цього елемента рослинністю та наступного відчуження фітомаси, що й призводить до збільшення міграційного індексу, який фіксує результати всіх процесів перерозподілу (рис. 2).



**Рис. 1.** Розподіл валового вмісту міді (А) та цинку (Б) по профілю ґрунтів агроєкосистем Раикова (1), Ширівців (2) та Красноільська (3)

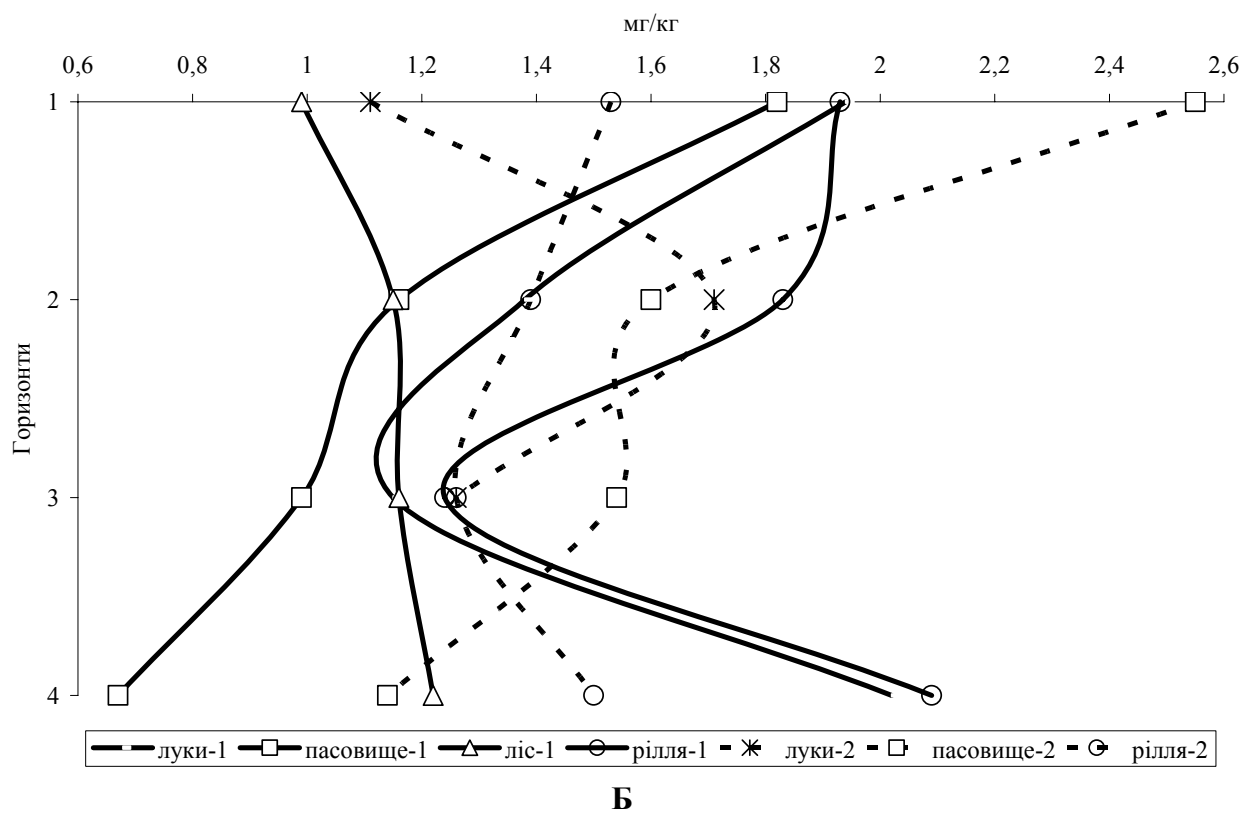
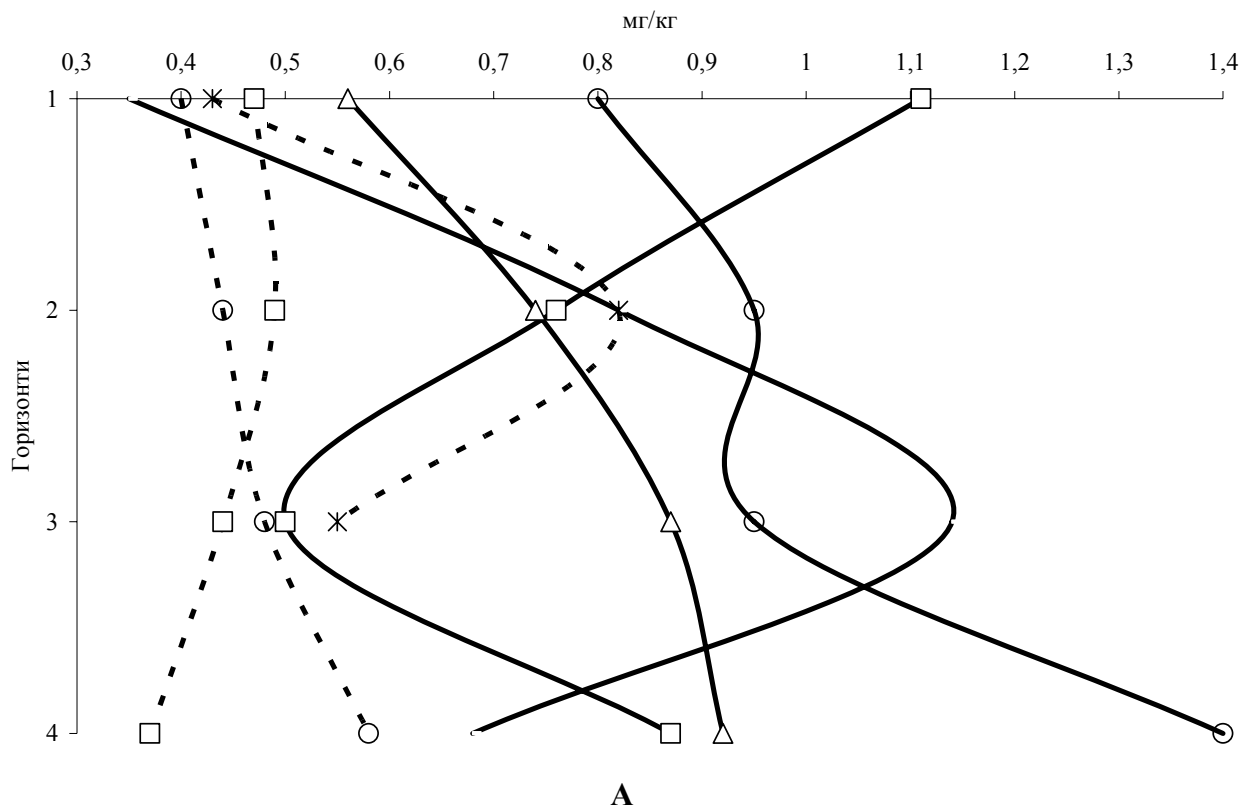


Рис. 2. Розподіл вмісту рухомих форм міді (А) та цинку (Б) по профілю ґрунтів агроєкосистем Раїкова (1) та Ширівців (2)

Посилюється розсіювання валового цинку з ґрунтів усіх агроєкосистем, крім садових, порівняно з луками (рис. 1). Профільна динаміка рухомих форм цинку неоднозначна: у лісосмугах і пасовищах превалюють процеси розсіювання (як і для рухомих форм міді – внаслідок біологічного поглинання), тоді як у ґрунтах садів і польових агроєкосистем процеси виносу – накопичення аналогічні з лучними (рис. 2).

Характерна ознака профільного перерозподілу мікроелементів у лучних ґрунтах – їх збільшення вниз до материнської породи, що, власне, вважається типовим для більшості ґрунтів, перш за все природних геосистем. Деякий елювіально-ілювіальний перерозподіл спостерігається для сірих лісових ґрунтів лучних біогеоценозів. Пасовищні екосистеми характеризуються близьким з лучними профільним розподілом мікроелементів, а садові та, особливо, польові характеризуються зміщенням їх максимуму догори по профілю.

### **Висновки.**

Отже, вміст міді і цинку у ґрунтах лучних екосистем Передкарпаття і Прут-Дністровського межиріччя фоновий, що підтверджується їхнім профільним розподілом і порівнянням з іншими даними. Результатом тривалого агрогенезу є зміни, насамперед, варіабельності та профільного розподілу мікроелементів. Тому для моніторингу антропогенних пертурбацій в екосистемах, у тому числі динаміки вмісту металів, необхідно визначити не лише їх абсолютну кількість, але й особливості профільних змін та статистичні характеристики, зокрема варіабельність.

### **Література:**

1. *Ахтырцев Б.П., Ахтырцев А.Б., Яблонских Л.А.* Тяжелые металлы и радионуклиды в гидроморфных почвах лесостепи Русской равнины и их профильное распределение // Почвоведение.- 1999.- № 4.- С. 435 – 444.
2. *Ахтырцев Б.П. и др.* Подвижные тяжелые металлы в лесостепных почвах и масштабы загрязнения ими пахотных угодий Воронежской области // Современные проблемы загрязнения почв. Сб. тезисов Междунар. научной конф.- Москва, 24 – 28 мая 2004 г. - С. 170 – 172.
3. *Барсова Н.Ю.* Показатели поглощения цинка дерновой почвой террасы реки Волги // Современные проблемы загрязнения почв. Сб. мат-лов II междунар. научной конф. Том 2.- Москва, 28 мая – 1 июня 2007 г. - С. 7 – 10.
4. *Дмитрук Ю.М.* Еколого-геохімічний аналіз ґрунтового покриву агроєкосистем.- Чернівці: Рута, 2006.- 328 с.
5. *Дмитрук Ю.М.* Оценка антропогенных изменений поведения тяжелых металлов в почвах // Современные проблемы загрязнения почв. Сб. мат-лов II междунар. научной конф. Том 2.- Москва, 28 мая – 1 июня 2007 г. - С. 49 – 52.
6. *Добровольский В.В.* Биосферные циклы тяжелых металлов и регуляторная роль почвы // Почвоведение.- 1997.- № 4.- С. 431 – 441.
7. *Зборищук Ю.Н., Зырин Н.Г.* Медь и цинк в пахотном слое (0 – 20 см) почв ЕЧС // Почвоведение.- 1978.- № 1.- С. 31 – 37.
8. *Золотарёва Б.Н., Учватов В.П.* Основные характеристики миграционных циклов и баланс тяжелых металлов на территории Верхнеокского бассейна // Почвенные процессы и пространственно-временная организация почв.- Москва: Наука, 2006.- С. 394 – 408.
9. *Ильин В.Б.* Микроэлементы в ландшафтах Западной Сибири // Почвоведение.- 1979.- № 7.- С. 43 – 49.
10. *Карпова Е.А., Голятина С.В., Ермаков А.А.* Подвижность меди и цинка в загрязненных дерново-подзолистых почвах агроценозов в зависимости от природных и антропогенных факторов //



Современные проблемы загрязнения почв. Сб. мат–лов II междунар. научной конф. Том 1.- Москва, 28 мая – 1 июня 2007 г. - С. 369 – 372.

11. *Котова Т.В.* Тяжелые металлы в почвах и сельскохозяйственной продукции Тюменской области // Современные проблемы загрязнения почв. Сб. мат–лов II междунар. научной конф. Том 2.- Москва, 28 мая – 1 июня 2007 г. - С. 87 – 90.

## **THE CONTENTS AND DISTRIBUTION Zn AND Cu IN SOILS OF MEADOW ECOSYSTEMS OF PRECARPATIAN AND OF PRUT-DNISTER INTERFLUVE**

**Yu. M. Dmytruk**

Chernivtsi National University named Yu. Fed'kovich

The maintenance of copper and zinc in soils meadow ecosystems is characterised original by variability and profile distribution, in comparison with soils of others agroecosystems. It testifies to smaller transformation of soils meadow ecosystems owing to farming industry.

**Key words:** copper, zinc, meadow ecosystem, agroecosystem.