

## ОСОБЛИВОСТІ ВМІСТУ ТА РОЗПОДІЛУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ҐРУНТАХ ГОРґАНІВ

*Чернівецький національний університет*

Установлено фоновий уміст окремих важких металів та особливості його розподілу по профілю буроземів лісових і лучних формацій однієї з найменш антропогенно зміненої частини Східних Карпат – Горганів.

*Ключові слова:* важкі метали, бурі гірсько-лісові і гірсько-лучні ґрунти, геохімічні коефіцієнти.

Yu. M. Dmytruk, I. I. Nazarenko, M. M. Turash, P. G. Nazarok

*Chernivtsi National University*

### FEATURES OF A CONTENT AND ALLOCATION OF HEAVY METALS IN GORGAN'S SOILS

For not infringed antropogeneous of territory of East Carpathians – Gorgany is placed: a background content of separate heavy metals in soils; features of their allocation under the profile brown soil wood and bows vegetative association; a direction and intensity streams of migration.

*Keywords:* heavy metals, mountain-wood and mountain-meadow soils, geochemical coefficients.

Актуальною проблемою для території України залишається вивчення екологічного стану ґрунтового покриву не лише антропогенних ландшафтів, але й фонових екосистем. Результати таких розвідок дозволяють проводити аргументований моніторинг, виходячи з установлених величин умісту важких металів у компонентах біогеоценозів (Касимов, 2002). Залежність умісту металів від еколого-геохімічних умов зумовлює їх значну варіабельність, а строкатість природних факторів та їх вертикальна поясність у Карпатах посилюють геохімічну мінливість ґрунтів (Лабий, 1988). У таких умовах дослідження доцільно проводити для окремих реперних ділянок, а при виявленні аномалій умісту важких металів – організувати детальніші обстеження.

### ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Горгани – частина Карпатської гірської країни, на території якої господарська діяльність досить обмежена (лісорозробки та тваринництво в особистих господарствах), що дозволяє характеризувати цей регіон як фоновий щодо хімічного забруднення. Ця частина Карпат розміщується між долинами рік Мізунка і Ріка на північному заході та р. Прут на південному сході. Найвища вершина – гора Сивуля (1818 м). У геологічній будові поширеними є пісковики та їх елювій – делювій, що на окремих вершинах виходить на поверхню, утворюючи «кам'яні» ріки, які мають місцеву назву – «горгани». До висоти 1300–1450 м зростають буково-ялинові і ялинові ліси, які вище переходять у чагарникове криволісся з гірської сосни («жерепу»). Між ними розміщуються гірські луки, що часто мають вторинне походження, на відміну від полонин, приурочених до вершин хребтів (Природа ..., 1968).

Досліджувалися бурі гірсько-лісові і гірсько-лучні ґрунти, розміщені в межах одного мезорельєфу, але під лісом та луками відповідно. Всі розрізи розташовані на схилах, за винятком розрізу № 4 (автономний). Зразки ґрунтів відбирали за генетичними горизонтами (гумусовий і перехідний, який в окремих місцях ділився на верхній і нижній перехідні) до материнської породи включно. У відібраних зразках визначали: уміст гумусу – за Тюрнімом, кислотність актуальну – потенціометрично, гідролітичну – за Каппеном, смність поглинання – за Альошиним, суму ввібраних основ – за Каппеном-Гільковцем, валовий уміст і кількість рухомих форм важких металів –

атомно-абсорбційною спектрофотометрією на основі азотнокислої витяжки з наступним випаровуванням пероксиду водню та в ацетатно-амонійному буферному розчині з  $pH = 4,8$  відповідно.

Розраховувались геохімічні коефіцієнти:  $K_K$  – кларк концентрації валових (рухомих) форм певного елемента як відношення його кількості в даному місці до регіонального фонового вмісту;  $I_B$  – індекс насиченості ґрунтів як середньоарифметичне від кларків концентрації валових форм та  $I_P$  – індекс рухомих форм важких металів;  $K_R$  – коефіцієнт радіальної міграції як відношення вмісту елемента у певному генетичному горизонті даного ґрунту до середнього вмісту цього самого елемента в аналогічних генетичних горизонтах ґрунтів території дослідження;  $K_M$  – коефіцієнт місцевої міграції як відношення вмісту елемента у верхньому горизонті ґрунтів підпорядкованих ландшафтів до вмісту цього самого елемента у верхньому горизонті ґрунтів елювіального (автономного) ландшафту; рухомість – як відсоток умісту рухомих форм від валової кількості елементів (Перельман, 1975; Дмитрук, Слюсарчук, 2003). Значення коефіцієнтів від 0,90 до 1,10 свідчать про фоновий уміст, тобто про рівновагу між міграцією та акумуляцією; менші ніж 0,90 – про виніс елементів, а більші ніж 1,10 – про їх накопичення. Результати обробляли статистичними і математичними методами за допомогою пакета STATISTICA

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Характер профільного розподілу властивостей гірсько-лісових і гірсько-лучних буроземів цілком аналогічний (рис. 1), що є свідченням генезису ґрунтів унаслідок єдиних ґрунтоутворювальних процесів. Деяка різниця за властивостями лісових і лучних ґрунтів істотно не значуща ( $p < 0,05$ ), тому на геохімічний стан цих ґрунтів вплинула перш за все спрямованість міграційних потоків, що пов'язана з ландшафтно-екологічними особливостями.

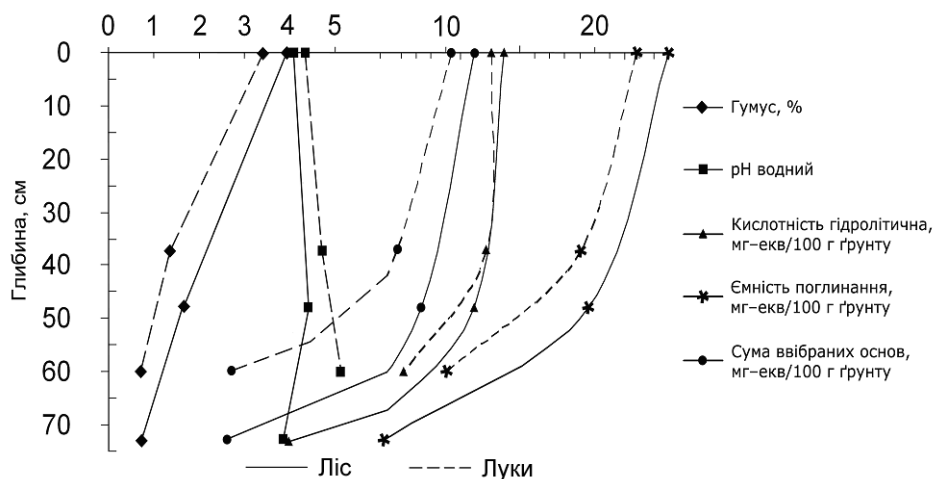


Рис. 1. Профільний розподіл показників ґрунтів

Установлено, що місцевий фон валових і рухомих форм елементів (табл. 1) знаходиться в межах амплітуди, установлені авторами, які вивчали вміст важких металів у ґрунтах Карпат (Лабий, 1988; Кабата-Пендіас, Пендіас, 1989; Руденко, Дмитрук, 1999; Дмитрук, 2003). Але ґрунтам Горганів притаманні окремі особливості профільного розподілу та кількості елементів.

Тільки середньозважений валовий уміст у ґрунті міді вищий під лісовими формаціями, усіх інших елементів – під лучними. Особливо велика різниця – за вмістом марганцю (602 та 274 мг/кг відповідно) і кадмію (0,38 та 0,22 мг/кг).

Таблиця 1

## Статистичні показники фонового вмісту важких металів у буроземах Горганів, мг/кг

| Горизонти                                         | Pb        | Cd        | Cu               | Ni               | Cr        | Zn               | Fe               | Mn               |
|---------------------------------------------------|-----------|-----------|------------------|------------------|-----------|------------------|------------------|------------------|
| Валовий уміст                                     |           |           |                  |                  |           |                  |                  |                  |
| H                                                 | 16,8      | 0,24      | 5,77             | 15,0             | 7,05      | 22,0             | 7155             | 426              |
| Hр                                                | 16,2      | 0,30      | 7,88             | 19,8             | 9,71      | 26,0             | 7300             | 546              |
| Ph                                                | 15,8      | 0,29      | 8,92             | 25,6             | 8,95      | 26,8             | 7450             | 204              |
| P                                                 | 16,2      | 0,35      | 12,5             | 25,0             | 11,8      | 27,7             | 6455             | 314              |
| Рухомі форми                                      |           |           |                  |                  |           |                  |                  |                  |
| H                                                 | нв*       | нв        | 0,28 (4,85)      | 0,77 (5,13)      | нв        | 0,39 (1,77)      | 17,8 (0,25)      | 4,17 (0,98)      |
| Hр                                                | нв        | нв        | 0,33 (4,19)      | 1,57 (7,93)      | нв        | 0,55 (2,12)      | 18,9 (0,26)      | 6,13 (1,12)      |
| Ph                                                | нв        | нв        | 0,29 (3,25)      | 1,53 (5,98)      | нв        | 0,24 (0,90)      | 25,0 (0,34)      | 8,12 (3,98)      |
| P                                                 | нв        | нв        | 0,24 (1,92)      | 0,58 (2,32)      | нв        | 0,68 (2,45)      | 43,2 (0,67)      | 8,38 (2,67)      |
| Середньозважене для всіх ґрунтів (M±m)            |           |           |                  |                  |           |                  |                  |                  |
| Валові форми                                      | 16,4±4,52 | 0,29±0,13 | 8,35±3,87        | 20,0±8,11        | 9,18±2,79 | 26,4±9,42        | 7067±2076        | 409±326          |
| V, %                                              | 27,6      | 44,8      | 46,3             | 40,6             | 30,4      | 35,7             | 29,4             | 79,7             |
| Рухомі форми                                      | нв        | нв        | 0,29±0,09 (3,47) | 1,05±0,76 (5,25) | нв        | 0,48±0,47 (1,82) | 24,9±14,0 (0,35) | 6,20±5,42 (1,52) |
| V, %                                              | –         | –         | 31,0             | 72,4             | –         | 97,9             | 56,2             | 87,4             |
| Середньозважене для гірсько-лісових ґрунтів (M±m) |           |           |                  |                  |           |                  |                  |                  |
| Валові форми                                      | 15,3±4,01 | 0,22±0,12 | 8,92±3,71        | 19,2±7,87        | 8,82±3,08 | 25,1±9,38        | 6398±2057        | 273±88,6         |
| V, %                                              | 26,2      | 54,5      | 41,6             | 41,0             | 34,9      | 37,4             | 32,2             | 32,4             |
| Рухомі форми                                      | нв        | нв        | 0,31±0,10 (3,48) | 1,06±0,77 (5,52) | нв        | 0,56±0,57 (2,23) | 25,9±17,7 (0,40) | 6,12±6,08 (2,24) |
| V, %                                              | –         | –         | 32,2             | 72,6             | –         | 102              | 68,3             | 99,3             |
| Середньозважене для гірсько-лучних ґрунтів (M±m)  |           |           |                  |                  |           |                  |                  |                  |
| Валові форми                                      | 17,9±5,06 | 0,38±0,07 | 7,54±4,24        | 21,2±8,94        | 9,69±2,47 | 28,2±9,89        | 8024±1826        | 602±445          |
| V, %                                              | 28,3      | 18,4      | 56,2             | 42,2             | 25,5      | 35,1             | 22,8             | 73,9             |
| Рухомі форми                                      | нв        | нв        | 0,26±0,11 (3,45) | 0,78±0,23 (3,68) | нв        | 0,45±0,54 (1,60) | 25,8±15,5 (0,32) | 7,66±7,01 (1,27) |
| V, %                                              | –         | –         | 42,3             | 29,5             | –         | 120              | 60,1             | 91,5             |

\* Визначення не проводилось; у дужках після M±m рухомих форм – рухомість металів, %.

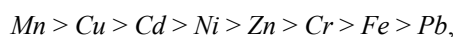
Уміст рухомих форм міді, нікелю і цинку вищий у ґрунтах лісових фітоценозів, а заліза та марганцю – у ґрунтах лучних. Отже, у бурих гірсько-лучних ґрунтах більша кількість металів спричинена не лише біоаккумуляцією, але й іншим характером міграційних процесів. Унаслідок впливу дернини лучних фітоценозів при випаданні опадів менший відсоток поверхневого стоку інфільтрується в ґрунтовий профіль порівняно з гірсько-лісовими ґрунтами, де підстилка краще пропускає вологу. Тому радіальне перенесення інтенсивніше в умовах лісових фітоценозів, а в умовах постійного перевищення кількості опадів над випаровуванням це й зумовлює інтенсифікацію вертикальної міграції елементів.

Відсоток рухомих форм металів від їх валового вмісту вищий на гірсько-лісових ґрунтах, що пов'язано з більшою кислотністю внаслідок впливу кислішого хвойного опаду. Рухомість важких металів зменшується в ряду:  $Ni > Cu > Zn > Mn > Fe$  як для лісових, так і для лучних ґрунтів (табл. 1). Вища рухомість елементів під лісовими формаціями призводить до посиленої міграції і, як наслідок, до зменшення загальної кількості елементів в профілі ґрунтів.

Незважаючи на високу кислотність ґрунтового покриву Горганів, рухомість важких металів є досить низькою порівняно з аналогічним показником для ґрунтів передгірської і рівнинної території. Загалом тільки рухомість нікелю співрозмірна з такою для негірських ґрунтів, рухомість усіх інших елементів у 2–3 рази менша.

Максимум рухомості міді і нікелю виявлено в перехідному горизонті, а цинку та особливо марганцю й заліза – у ґрунотвірній породі (табл. 1), що пояснюється впливом на катіони металів із змінною валентністю процесів оглеєння, яке в цій частині профілю досить інтенсивне.

Варіабельність умісту рухомих форм, як і для інших районів, більша, ніж валового вмісту. Для останнього ряд мінливості такий:



у той час як для рухомих форм



Особливо великою є варіабельність рухомих форм цинку та марганцю. Для останнього це пов'язано з можливим існуванням різновалентних катіонів, співвідношення між якими досить динамічне для гірських ґрунтів.

Детальніше вивчення міграційних процесів проводилось на основі визначення геохімічних коефіцієнтів, зокрема коефіцієнта радіального виносу ( $K_R$ ). Згідно з отриманими результатами (табл. 2) з верхнього горизонту лісових ґрунтів важкі метали переважно виносяться, у той час як в аналогічному горизонті лучних ґрунтів вони акумулюються, що також підтверджує вплив рослинного покриву на характер міграції металів.

Таблиця 2

Середні значення геохімічних коефіцієнтів важких металів

| Горизонт                   | Форма* | Pb   | Cd   | Cu   | Ni   | Cr   | Zn   | Fe   | Mn   | $I_B/I_P$ |
|----------------------------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------|
| 1                          | 2      | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11        |
| 1. Кларки концентрації     |        |      |      |      |      |      |      |      |      |           |
| Бурі гірсько-лісові ґрунти |        |      |      |      |      |      |      |      |      |           |
| H                          | B      | 0,94 | 0,56 | 0,65 | 0,69 | 0,64 | 0,61 | 0,98 | 1,06 | 0,77      |
|                            | P      | –    | –    | 0,79 | 0,49 | –    | 0,91 | 0,87 | 0,68 | 0,75      |
| Hr                         | B      | 1,16 | 1,02 | 1,14 | 1,08 | 1,17 | 1,25 | 0,93 | 1,11 | 1,11      |
|                            | P      | –    | –    | 1,22 | 1,72 | –    | 1,59 | 0,63 | 1,06 | 1,24      |
| Ph                         | B      | 1,03 | 1,29 | 1    | 1,34 | 1,02 | 1,07 | 1,16 | 0,74 | 1,08      |
|                            | P      | –    | –    | 0,95 | 1,22 | –    | 0,46 | 0,46 | 1,56 | 0,93      |
| P                          | B      | 0,8  | 1,26 | 1,32 | 1,01 | 1,28 | 1,14 | 0,98 | 1    | 1,1       |
|                            | P      | –    | –    | 1,04 | 0,45 | –    | 0,8  | 0,8  | 0,82 | 0,78      |

Закінчення табл. 2

| 1                                 | 2 | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   |
|-----------------------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Бурі гірсько-лучні ґрунти         |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Н                                 | В | 1,07 | 0,92 | 0,77 | 0,79 | 0,88 | 1,02 | 1    | 0,94 | 0,92 |
|                                   | Р | –    | –    | 1,27 | 1,2  | –    | 0,7  | 0,55 | 0,63 | 0,87 |
| Нр                                | В | 0,78 | 1,06 | 0,59 | 0,87 | 0,91 | 0,63 | 1,16 | 1,51 | 0,94 |
|                                   | Р | –    | –    | 1,04 | 0,92 | –    | 0,33 | 0,94 | 0,92 | 0,83 |
| Р                                 | В | 1,13 | 1,09 | 1,76 | 1,44 | 1,28 | 1,35 | 0,84 | 0,58 | 1,18 |
|                                   | Р | –    | –    | 0,62 | 0,76 | –    | 2,09 | 1,72 | 1,63 | 1,36 |
| 2. Коефіцієнти радіального виносу |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Бурі гірсько-лісові ґрунти        |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Н                                 | В | 0,85 | 0,53 | 1    | 0,89 | 0,79 | 0,7  | 0,68 | 0,87 | 0,79 |
|                                   | Р | –    | –    | 0,86 | 0,79 | –    | 1,33 | 1,19 | 0,85 | 1,0  |
| Нр                                | В | 1,1  | 0,77 | 1,29 | 1,05 | 1,06 | 1,21 | 0,55 | 0,82 | 0,98 |
|                                   | Р | –    | –    | 1,13 | 1,37 | –    | 1,47 | 0,81 | 0,9  | 1,14 |
| Р                                 | В | 0,76 | 0,81 | 0,94 | 0,78 | 0,96 | 1,03 | 0,88 | 0,96 | 0,89 |
|                                   | Р | –    | –    | 1,32 | 0,97 | –    | 0,6  | 0,97 | 0,51 | 0,87 |
| Бурі гірсько-лучні ґрунти         |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Н                                 | В | 1,13 | 1,46 | 1    | 1,12 | 1,21 | 1,3  | 1,32 | 1,13 | 1,21 |
|                                   | Р | –    | –    | 1,18 | 1,22 | –    | 0,8  | 0,81 | 1,16 | 1,03 |
| Нр                                | В | 0,86 | 1,35 | 0,56 | 0,94 | 0,9  | 0,68 | 1,66 | 1,28 | 1,04 |
|                                   | Р | –    | –    | 0,82 | 0,46 | –    | 0,27 | 1,29 | 0,68 | 0,7  |
| Р                                 | В | 1,25 | 1,18 | 1,06 | 1,22 | 1,21 | 1,37 | 1,12 | 1,04 | 1,18 |
|                                   | Р | –    | –    | 0,67 | 1,02 | –    | 1,38 | 1,02 | 1,49 | 1,12 |

\* В – валовий уміст; Р – рухомі форми; остання колонка: індекси насичення ґрунтів – для  $K_K$ .

У перехідних горизонтах як лісових, так і лучних ґрунтів спостерігається рівновага між міграцією – акумуляцією важких металів: одні з них виносяться, інші – накопичуються.

У материнській породі характер міграційних процесів аналогічний гумусовому горизонту: під лісом – переважає винесення, під луками – нагромадження. Отже, підтверджується ефективність  $K_R$ , який на відміну від елювіально-акумулятивних коефіцієнтів дозволяє виявляти хід міграції і в материнській породі (Дмитрук, Слюсарчук, 2003). Виходячи із установлених змін напрямку міграції залежно від виду фітоценозу, можна стверджувати, що рівновага в перехідних горизонтах ґрунтів демонструє «транзитну» роль  $H_r$ . Дія геохімічних бар'єрів не проявляється через відсутність карбонатів, акумуляції мулу, різкого зменшення вмісту органіки в перехідних горизонтах.

$K_R$  рухомих форм дещо відрізняється від їх валового вмісту, що звичайно ж пов'язано з більшою динамічністю та мінливістю рухомих форм елементів. Так, у верхньому гумусовому горизонті і лісових, і лучних ґрунтів спостерігається рівновага процесів міграції – акумуляції важких металів (табл. 2). У перехідних горизонтах гірсько-лісових ґрунтів переважає акумуляція, а гірсько-лучних – міграція. У материнській породі, навпаки, акумулюються важкі метали під луками, а мігрують з породи під лісовими ґрунтами (аналогічно валовому вмісту).

Наслідком процесів міграції – акумуляції є певна кількість важких металів у кожному ґрунтовогому профілі, тобто їх насиченість елементами. Останню характеризують такі коефіцієнти, як  $I_B$  або  $I_P$  (табл. 2). Згідно з ними у ґрунтах під лісовими формаціями важкі метали мігрують з гумусового, акумулюються в перехідному горизонті і в материнській породі їх кількість – у межах фону. Під луками  $I_P$  показує винесення важких металів з гумусового і перехідного горизонтів та акумуляцію в материнській породі. Обчислені значення  $I_B$  показали, що під лучними формаціями валово-

вий уміст важких металів знаходиться в межах фону в двох верхніх горизонтах і акумулюються в ґрунотвірній породі.

Фон та акумуляція металів у материнській породі досліджуваних ґрунтів незалежно від виду фітоценозу свідчать про її визначальну роль у формуванні геохімічного статусу ґрунтів, а також підтверджують відсутність антропогенної складової у вмісті важких металів.

На основі коефіцієнта місцевої міграції встановлено, що середня валова кількість металів у верхньому горизонті ґрунтів транселювіальних (підпорядкованих) ландшафтів менша порівняно з елювіальним (автономним) ландшафтом (мідь і залізо – в межах фону). Особливо інтенсивна міграція відбувається на гірсько-лісових ґрунтах порівняно з лучними ( $K_M$  сер. 0,63 і 0,84 відповідно).

Акумулюються рухомі форми заліза і марганцю (2,70 та 2,44 відповідно) згідно з коефіцієнтами місцевої міграції у верхньому горизонті ґрунтів схилів порівняно з автономним елементарним ландшафтом. Інтенсивніший цей процес під луками порівняно з лісом (1,62 та 1,30 відповідно). Проте рухомі форми інших елементів виносяться, як і їх валовий уміст. У цілому інтенсивність міграції зростає в ряду розрізів: № 2А < № 5 < № 2 < № 3 < № 1.

Попарний кореляційний та кластерний аналізи підтвердили певні зв'язки між властивостями ґрунтів і вмістом у них важких металів. Зауважимо, що кластерний аналіз краще візуально демонструє кореляції між окремими показниками (рис. 2 та 3) і, у свою чергу, підтверджується результатами кореляційного аналізу.

Так, парагенетичний ряд металів у буроземах Горганів утворюють нікель, хром, мідь та цинк. Інші елементи мають своєрідні особливості поведінки. Визначається кількість перелічених металів у ґрунтах, що досліджувалися перш за все актуальною кислотністю. Уміст валового свинцю та кадмію тісно пов'язаний із кількістю заліза і марганцю в ґрунті та вмістом гумусу. Від останнього залежать інші властивості, що визначалися: гідролітична кислотність, ємність поглинання, сума ввібраних основ (рис. 2 та 3). Під лучними фітоценозами з указаними елементами не асоціюється мідь (нікель, хром та цинк), а під лісовими – цинк (мідь, нікель і хром).

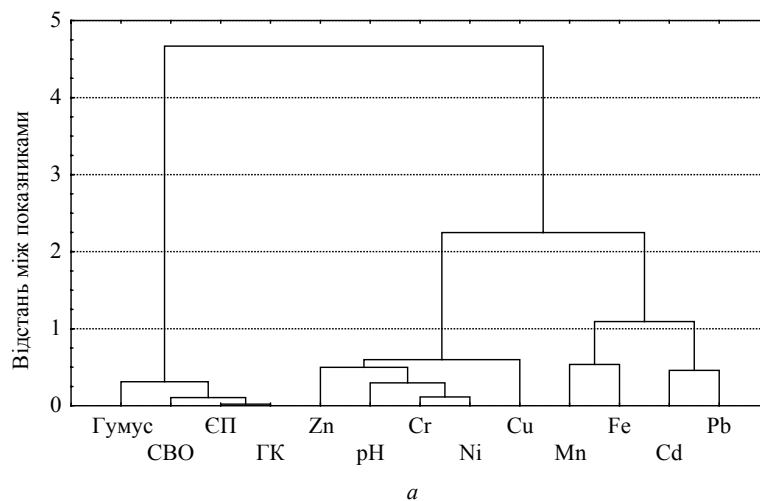
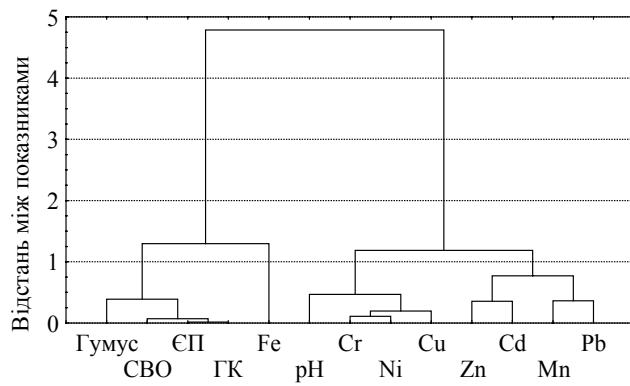
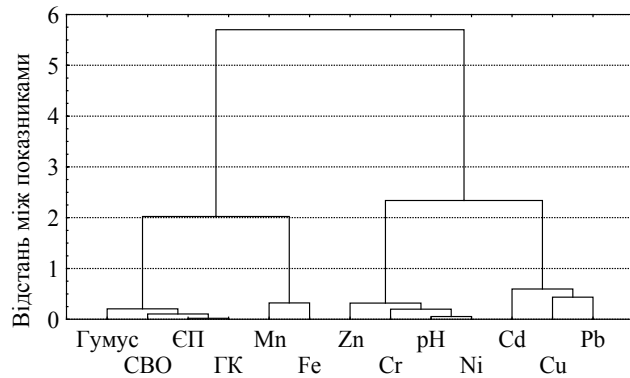


Рис. 2. Дерево зв'язків (Ward's method; 1-Pearson  $r$ ) властивостей буроземів Горганів та валового вмісту важких металів: а – усі буроземи; б – гірсько-лісові; в – гірсько-лучні

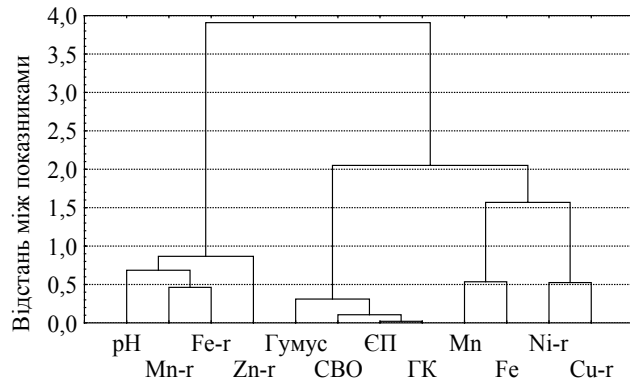


б



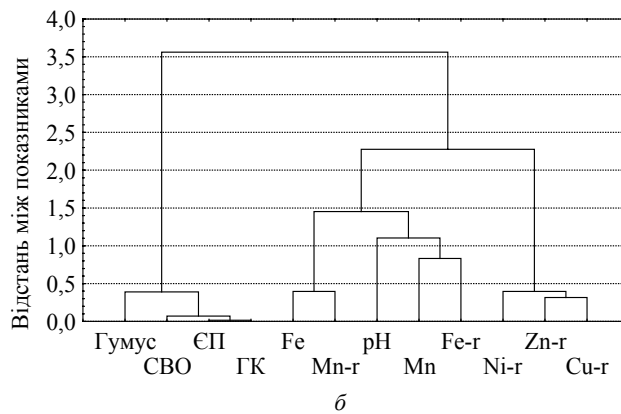
в

Рис. 2. Закінчення. Дерево зв'язків (Ward's method; 1-Pearson  $r$ ) властивостей буроземів Горганів та валового вмісту важких металів: а – усі буроземи; б – гірсько-лісові; в – гірсько-лучні

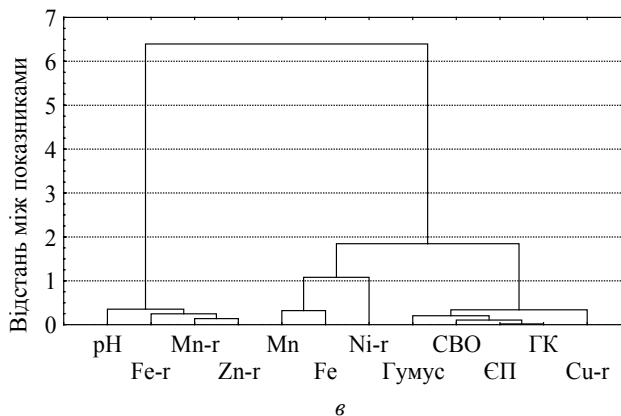


а

Рис. 3. Дерево зв'язків (Ward's method; 1-Pearson  $r$ ) властивостей буроземів Горганів та вмісту рухомих форм важких металів: а – усі буроземи; б – гірсько-лісові; в – гірсько-лучні



б



б

Рис. 3. Закінчення. Дерево зв'язків (Ward's method; 1-Pearson  $r$ ) властивостей буроземів Горганів та вмісту рухомих форм важких металів: а – усі буроземі; б – гірсько-лісові; в – гірсько-лучні

\* \* \*

Результати кластерного аналізу в цілому підтверджують установлені кореляції. Виходячи з отриманих кластерів, можна для аналізу залишити із властивостей ґрунтів лише вміст гумусу (мультиколінеарність з гідролітичною кислотністю, ємністю поглинання і сумою ввібраних основ) та кислотність актуальну, що спрощує проведення множинної кореляції, практично не впливаючи на остаточні висновки.

## ВИСНОВКИ

Установлено, що вміст важких металів вищий на гірсько-лучних ґрунтах, що є наслідком дії біоаккумуляції, меншої рухомості елементів та іншого характеру міграції внаслідок перерозподілу поверхневого стоку. Кількість елементів та їх профільний розподіл свідчать про відсутність антропогенної складової і може вважатися фоновією для буроземів Горганів. Особливістю геохімії буроземів Горганів, порівняно з іншими районами Карпат, є менший валовий вміст міді та понижена рухомість цинку, заліза і марганцю.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

**Дмитрук Ю. М.** Вплив природних умов середньогірських ландшафтів Покутсько-Буковинських Карпат на рухомість окремих важких металів // Наук. вісник Чернів. ун-ту. – Вип. 169. Біологія. – 2003. – С. 210-219.

**Дмитрук Ю. М., Слюсарчук І. І.** Оцінка вмісту нікелю в ґрунтах елементарних ландшафтів Покутсько-Буковинських Карпат на основі геохімічних коефіцієнтів // Ґрунтознавство. – 2003. – Т. 4, № 1–2. – С. 78-83.

**Кабата-Пендиас А., Пендиас Х.** Микроэлементы в почвах и растениях. – М.: Мир, 1989. – 440 с.

**Касимов Н. С.** Базовые концепции и принципы геохимии ландшафтов // Геохимия ландшафтов и география почв. – М.: Ойкумена, 2002. – С. 23-39.

**Лабий Ю. М.** Распределение рассеянных элементов в ландшафтах Восточных Карпат и Прикарпатья // Геологический журнал. – 1988. – № 4. – С. 23-28.

**Перельман А. И.** Геохимия ландшафта. – М.: Высш. шк., 1975. – 341 с.

**Природа Українських Карпат / Під ред. К. І. Геренчука.** – Л.: Вид-во Львів. ун-ту, 1968. – 266 с.

**Руденко С. С., Дмитрук Ю. М.** Селен в ґрунтах Буковини // Вісник аграрної науки. – 1999. – № 7. – С. 50-54.

*Надійшла до редколегії 11.05.04*