

ВИКОРИСТАННЯ ОКРЕМИХ ПІДХОДІВ ПРИ АНАЛІЗІ ЕКОЛОГО-ГЕОХІМІЧНОГО СТАТУСУ ҐРУНТІВ РІЗНИХ ТИПІВ

Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича

Еколого-геохімічний статус ґрунтів формується внаслідок певних процесів ґрунтогенезу. Він зберігає свою стабільність навіть в умовах агроландшафтів. При характеристиці геохімічних особливостей ґрунтів доцільно використовувати кластерний аналіз, на основі якого підтверджено єдність ґрунтового профілю за вмістом мікроелементів.

Ключові слова: еколого-геохімічний статус, мікроелементи, кластер, розподіл, генетичні горизонти, профіль.

Ju. M. Dmytruuk

Chernivitsi National University

USAGE OF DIFFERENT ANALYSIS OF THE ECOLOGY-GEOCHEMICAL STATUS OF SOILS OF DIFFERENT TYPES

It is known that the ecologic-geochemical status of soils formed according to the certain processes of soil formation. It keeps its stability even in a case of the agrolandscapes. The usage of a cluster analysis in characterization of geochemical soil features proved to be very reasonable. It was cluster analysis that helped confirm the unity of a soil profile on the basis of microcells content.

Keywords: the ecological-geochemical status, microcells, cluster, distribution, genetic horizons, a profile.

При діагностиці ґрунтів важливе місце займає аналіз ґрунотвірних процесів. Морфологія генетичних горизонтів часто залишається одним з основних етапів таких досліджень. Проте при польовому вивченні та описах завжди залишається чимало суб'єктивних підходів, що істотно впливає на висновки. Тому актуальним залишається використання додаткових методів діагностики елементарних ґрунотвірних процесів (ЕП). Мета цього дослідження – аналіз окремих математичних підходів при характеристиці еколого-геохімічного статусу (Дмитрук, 2006), розрахованого на основі вмісту хімічних елементів у ґрунтах різних типів.

ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИ

Використані дані морфологічних описів чорноземів вилугуваних та типових і сірих лісових ґрунтів агроландшафтів Прут-Дністровського межиріччя і вмісту в них мікроелементів (хімічних елементів, кількість яких у ґрунтах менше 0,01 %): *Pb, Cd, Cu, Ni, Cr, Zn*. Для виявлення залежностей між еколого-геохімічним статусом окремих ґрунтів та їх генетичних горизонтів проводились аналіз нормальності розподілу і статистична обробка даних (середні арифметичні, геометричні, варіабельність, стандартне відхилення), кластерний аналіз. Використано програмне забезпечення «Statistica» та «Excel».

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Кожний тип ґрунту відображає систему чинників, які в часі визначають хід міграційно-аккумулятивних процесів, тобто власне ЕП. Тому для різних ґрунтів властиві іманентні показники еколого-геохімічного статусу. Це підтверджується результатами кластерного аналізу, згідно з яким мікроелементи об'єднуються не між собою, що встановлено в класичній геохімії для порід та мінералів (такі поєднання хімічних елементів названі парагенезисом), а за типами ґрунтів (рис. 1). Отже, чорноземи типові за еколого-геохімічним статусом – це одна група, вилугувані – інша (рис. 1, а), незважаючи на досить близьку кількість мікроелементів у них (табл. 1). За вмістом мікроелементів аналогами є чорноземи вилугувані та сірі лісові ґрунти, тоді як чор-

ноземи типові мають специфічні риси (рис. 1, б). До речі, це ще одна перевага багатовимірного аналізу, на основі якого можлива не тільки кількісна, але й якісна характеристика показників, у чому обмежені власне статистичні методи. Отже, особливості ґрунтогенезу – визначальні для еколого-геохімічного статусу ґрунтів різних типів.

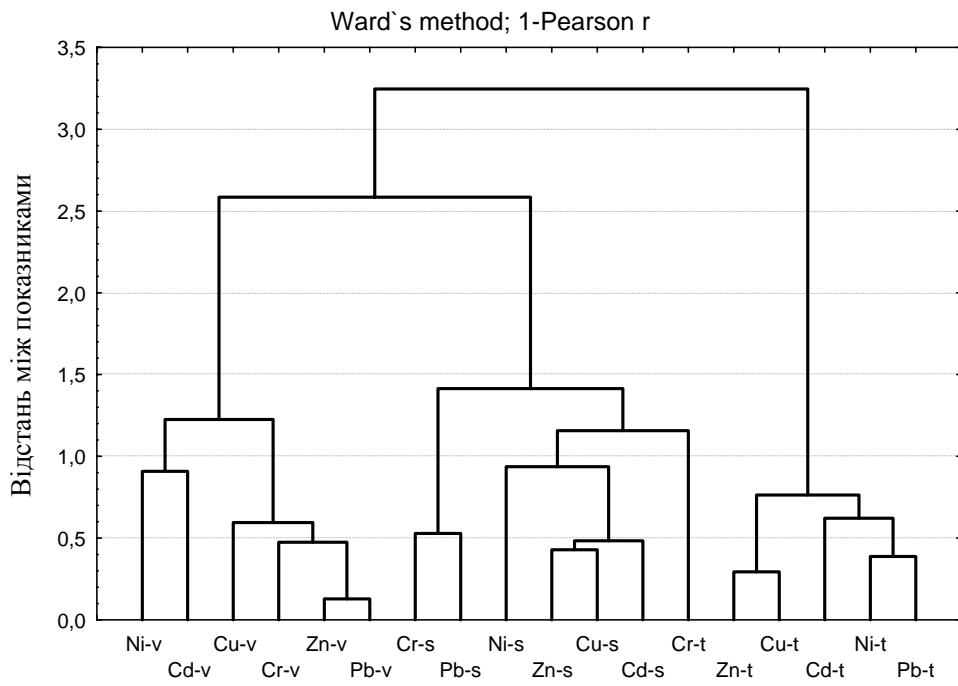
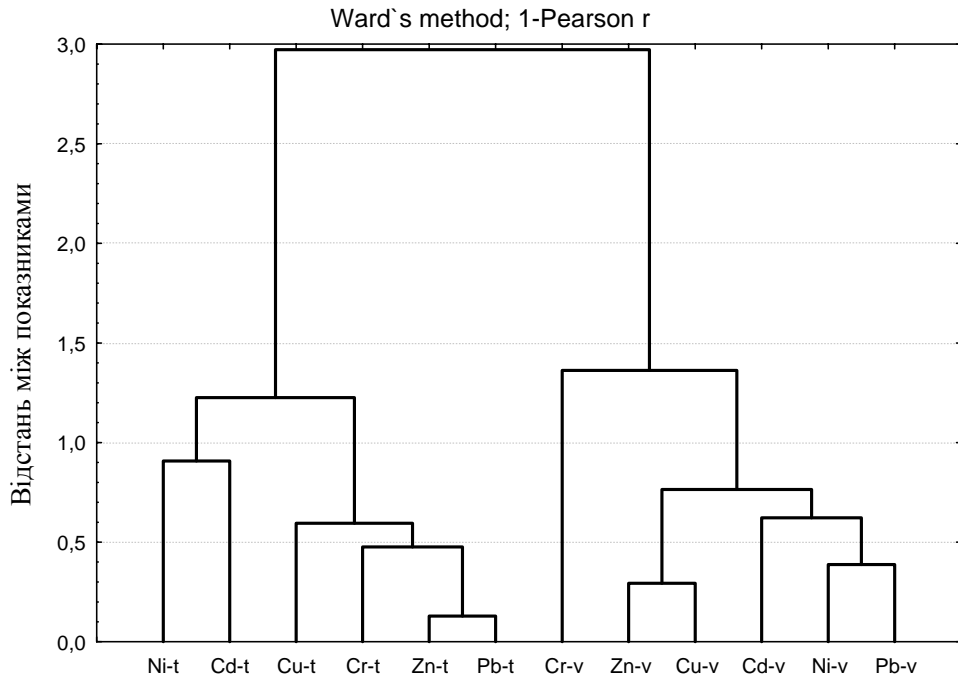


Рис. 1. Дерево зв'язків умісту мікроелементів у чорноземах (а) та в чорноземах і сірих лісових ґрунтах (б); чорноземи: t – типові, v – вилугувані; s – сірі лісові

Відомо, що вміст мікроелементів характеризується великою варіабельністю, що пояснюється природою ґрунтів – нелінійних, багатокомпонентних екологічних систем, у яких постійно проходять багатofакторні процеси («ґрунт-реактор»). Тому розподіл мікроелементів у ґрунтах найчастіше асиметричний, зокрема в чорноземах має лівосторонню асиметрію, у сірих лісових – асиметрія обох видів, яка, до того ж, має і полімодальний характер (рис. 2, а). Один із варіантів аналізу – це використання логарифмів вмісту мікроелементів, при якому спостерігається логнормальний розподіл. У багатьох випадках розподіл вмісту хімічних елементів у ґрунтах не узгоджується з жодним законом, тому при вирішенні завдань статистичної оцінки та порівняльного аналізу приходиться використовувати непараметричні методи (Ярошевский, 1996).

Зважаючи на велику неоднорідність ґрунтового профілю, виражену набором певних генетичних горизонтів, нами аналізується еколого-геохімічний статус за генетичними горизонтами різних ґрунтів. Установлено, що в окремих випадках різниця за еколого-геохімічним статусом різних горизонтів одного ґрунту перевищує таку для різних ґрунтів. Так, якщо в усіх випадках розподіл вмісту мікроелементів за типами ґрунтів відрізняється від нормального, то при такому ж аналізі за окремими горизонтами асиметричний розподіл зустрічається рідше, особливо для сірих лісових ґрунтів (табл. 2).

Таблиця 1

Статистичні показники вмісту мікроелементів у ґрунтах, мг/кг

Горизонти	Pb	Cd	Cu	Ni	Cr	Zn
Чорноземи: типові/вилугувані						
Норн	14,9±1,68	0,36±0,08	11,6±2,43	25,1±2,13	13,9±1,53	28,3±10,5
Норн	15,7±0,96	0,40±0,09	12,8±8,74	32,0±33,3	13,8±1,30	26,9±5,36
Нк	15,3±1,53	0,44±0,06	12,6±2,52	26,2±2,37	11,9±1,42	29,3±11,8
Н	14,2±1,88	0,36±0,09	10,6±1,70	28,6±27,0	12,4±2,27	24,4±4,0
Нрк	14,6±1,69	0,42±0,18	11,9±2,74	26,2±3,54	10,8±3,03	31,6±8,28
Нр	15,0±1,80	0,40±0,09	11,9±2,60	27,6±8,37	12,8±2,60	29,5±8,24
Phk	15,5±2,54	0,56±0,09	12,6±4,12	27,1±7,43	10,1±1,76	33,3±8,41
Phk	15,2±1,76	0,45±0,20	9,80±2,56	24,8±4,06	10,8±3,18	25,1±3,56
Рк	16,2±2,66	0,56±0,12	12,6±2,22	31,3±11,4	10,0±1,43	28,5±5,29
Рк	19,0±7,78	0,58±0,16	11,7±6,54	26,4±3,11	11,0±7,24	30,4±15,1
Сірі лісові						
Норн	11,6±4,68	0,81±0,23	14,5±7,28	35,6±24,7	9,11±0,63	26,8±6,55
HE	14,3±1,67	0,85±0,15	12,4±4,34	20,9±8,96	9,39±1,82	26,4±6,36
Eh	23,1±18,1	0,91±0,15	9,96±0,58	12,6±1,27	11,3±3,0	22,5±2,01
Ih	14,3±3,45	0,83±0,29	12,9±8,48	24,6±26,2	10,0±2,23	27,4±5,70
I	16,2±2,71	1,06±0,26	13,7±5,27	34,8±13,0	12,1±2,56	31,8±8,95
Ip	14,8±2,12	0,72±0,19	11,9±2,69	26,7±12,2	10,2±1,02	26,1±5,64
P	15,0±2,82	0,95±0,39	13,0±3,13	25,6±8,82	10,2±2,72	30,1±5,29

Очевидно, для останніх логнормальний розподіл характерніший, ніж для чорноземів. Найбільш диференційована кількість у ґрунтах, а тому асиметричний розподіл спостерігається для купруму та ніколу, які відповідно потребують непараметричних методів аналізу, мінімально – для хрому та кадмію. У чорноземах вилугуваних найбільш неоднорідним є орний горизонт, типових – нижній перехідний до породи, а в сірих лісових – ілювіальні горизонти.

На основі кластерного аналізу виявлено, що диференціація ґрунтів на генетичні горизонти корелює з їх еколого-геохімічним статусом. За вмістом мікроелементів для чорноземів вилугуваних спостерігаються три групи горизонтів: 1) гумусовані, де поєднані власне гумусові горизонти з орним шаром, який є їх частиною; 2) перехідні горизонти, що утворюють спільний кластер з попередніми гумусовими; 3) нижня частина профілю, насамперед материнська порода, яка характеризується найбільшими особливостями еколого-геохімічного статусу (рис. 3, а). Окремий кластер утворює хром у різних горизонтах, що, очевидно, пов'язано з найбільш своєрідною поведін-

кою цього металу, який має не лише змінну валентність, але й властивості аніону. Такі ж риси хрому, до речі, спостерігаються і для ґрунтів інших типів.

Отже, еколого-геохімічний статус материнської породи однорідний та найбільш відмінний від інших генетичних горизонтів. Водночас значно мінливіший еколого-геохімічний статус притаманний для орного шару, який потрапляє відразу до трьох кластерів. Зрозуміло, що саме в цьому горизонті максимальні зміни природних процесів ґрунтогенезу.

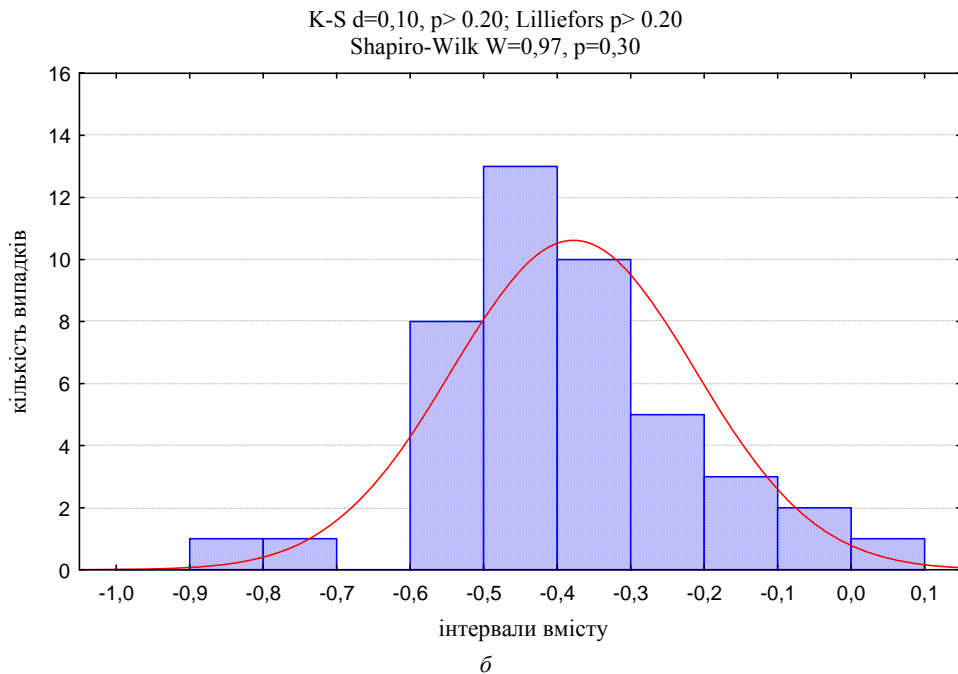
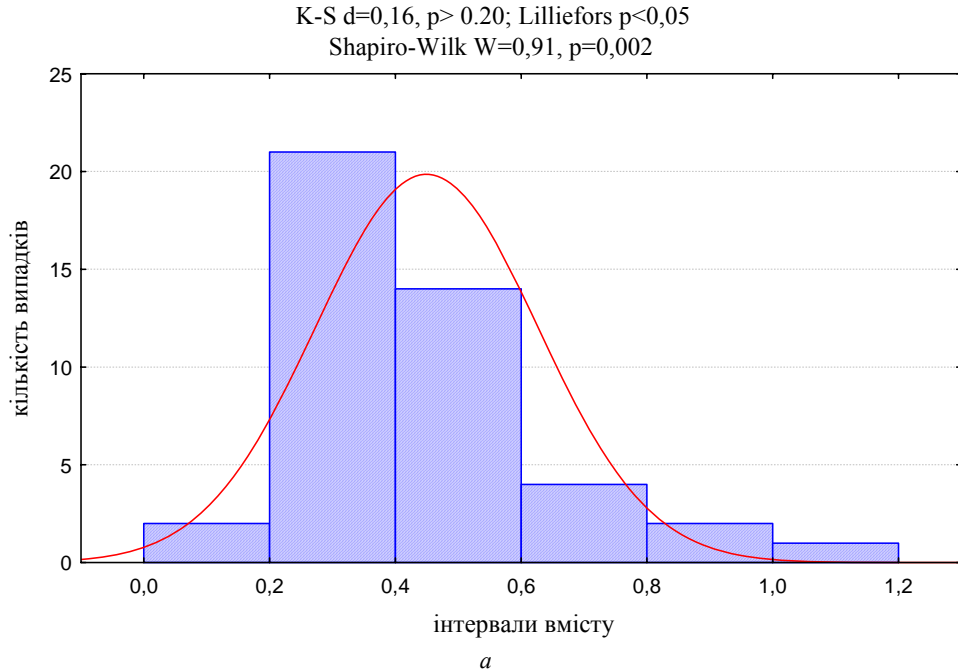


Рис. 2. Розподіл валового вмісту кадмію (а) та логарифмів його вмісту (б) у чорноземах вилугуваних

Таблиця 2

Характеристика розподілу вмісту мікроелементів за генетичними горизонтами ґрунтів на основі тесту Шапіро-Уїлкінсона

Горизонти	Pb	Cd	Cu	Ni	Cr	Zn
А. Чорноземи: 1) типові						
Норн	н/н	н/н	н/н	н/н	н/н	0,73/н*
Нк	н/н	н/н	0,65/0,67	н/н	н/н	н/н
Нрк	н/н	н/0,80	н/н	н/н	н/н	н/н
Phk	0,60/0,63	н/н	0,73/0,82	0,74/н	н/н	н/н
Рк	н/н	н/н	н/н	0,72/0,75	н/н	0,80/н
2) вилугувані						
Норн	н/н	н/н	0,51/0,63	0,60/0,66	н/н	0,79/н
Н	н/н	н/0,79	н/н	0,50/0,60	н/0,77	н/н
Нр	н/н	н/н	н/н	0,78/н	н/н	н/н
Phk	н/н	н/н	н/н	0,74/0,81	н/н	н/н
Рк	0,77/0,81	н/н	0,67/0,75	н/н	0,72/н	0,67/0,76
Б. Сірі лісові						
Норн	0,79/0,67	н/н	н/н	н/н	н/н	н/н
HE	н/н	н/н	н/н	н/н	н/н	н/н
Еh	н/н	н/н	н/н	н/н	н/н	н/н
Іh	н/н	н/н	0,77/н	0,68/н	н/н	н/н
І	н/н	н/н	н/0,77	н/н	н/н	н/н
Ір	н/н	н/н	0,77/н	н/н	н/н	н/н
Р	н/н	н/н	0,86/н	0,85/н	н/н	н/н

* Наводиться величина W у випадку її значущості, тобто при відхиленні розподілу від нормального; до риски – для вмісту мікроелементів, після риски – для логарифмів умісту

У чорноземів типових хром також утворює відокремлену групу, що підтверджує особливості його поведінки (рис. 3, б). Найбільш цілісний кластер утворений верхніми перехідними і, дещо менше, нижніми перехідними горизонтами. Із загальних закономірностей випадає розміщений справа кластер, у якому об'єднані різні горизонти.

Характерний еколого-геохімічний статус спостерігається для гумусового горизонту разом з орним шаром (частини гумусового). Останній, які і для вилугуваних підтипів, найбільш диференційований, що пояснюється стохастичними і часто різновекторними впливами при агрогенезі.

Горизонти сірих лісових ґрунтів утворюють чотири кластери (рис. 4). Зокрема, у чітку групу об'єднуються гумусові горизонти (HE+Ih), з якими поєднаний кластер орного шару, тобто верхньої частини гумусово-елювіальних горизонтів. Наголосимо, що орні шари в сірих лісових ґрунтах, на відміну від чорноземів, формують практично цілісну групу. Очевидно, окультурення сірих лісових ґрунтів інтенсивніше змінює їхні показники, ніж чорноземів, які мають більшу стійкість до зовнішніх впливів. Третій кластер утворений горизонтами нижньої частини профілю – пороною і перехідними до неї (рис. 4, а). З цим кластером об'єднується група ілювіальних горизонтів – останній четвертий кластер, який, загалом, найбільш неоднорідний. Останнє пояснюється суттєвим впливом процесів вмивання речовини та відповідними змінами показників, визначальних для кількості мікроелементів. Отже, зміни еколого-геохімічного статусу сірих лісових ґрунтів приурочені до генетичних горизонтів, що не тільки підтверджує реальність їх існування, але й свідчить про унікальність окремих еколого-геохімічних процесів, приурочених до конкретних місць у ґрунтовому профілі.

Кластерний аналіз на основі логарифмів умістів мікроелементів підтверджує доцільність цієї операції за умов логнормального розподілу (рис. 4, 5).

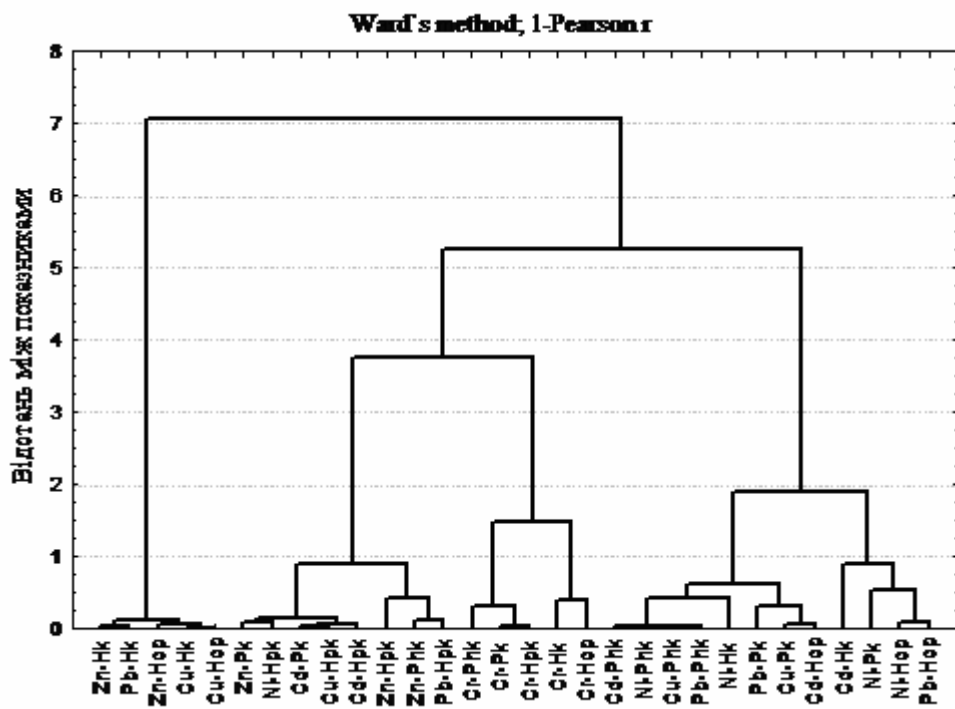
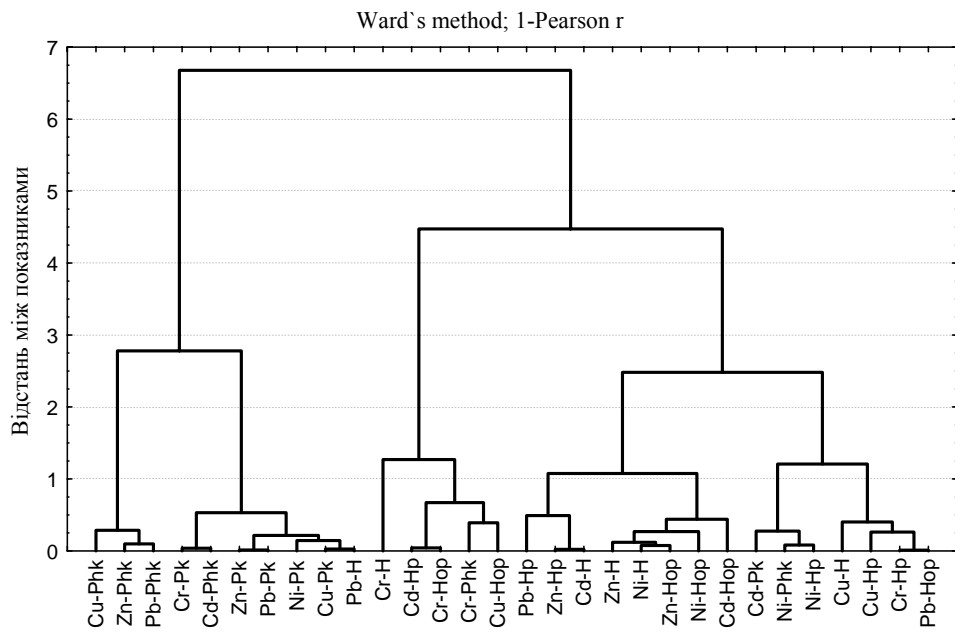


Рис. 3. Древа об'єднання за вмістом мікроелементів у генетичних горизонтах чорноземів: а – вилугуваного; б – типового

Так, для сірих лісових ґрунтів (рис. 4, б) виявлені ті самі кластери, що й на основі вмісту хімічних елементів, але їхнє об'єднання більш чітке. Зокрема, в «гумусовому» кластері практично на дві підгрупи розділилися гумусово-елювіальні та ілювіально-

гумусові горизонти; окремим кластером стала материнська порода і окремим – ілювіальні горизонти. Практично без змін залишився кластер орного шару (рис. 4, б). Більш виразними стали кластери генетичних горизонтів чорнозему вилугуваного, а визначальний вплив на еколого-геохімічний статус всіх горизонтів має материнська порода (рис. 5, а). Проте для чорнозему типового використання логарифмів умісту мікроелементів призвело до певної диференціації взаємозв'язків між генетичними горизонтами.

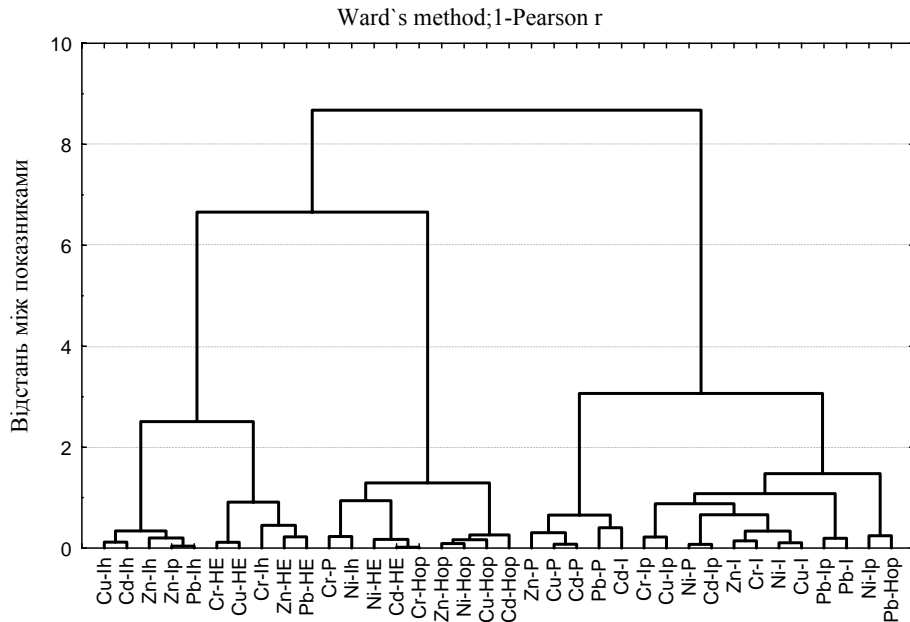
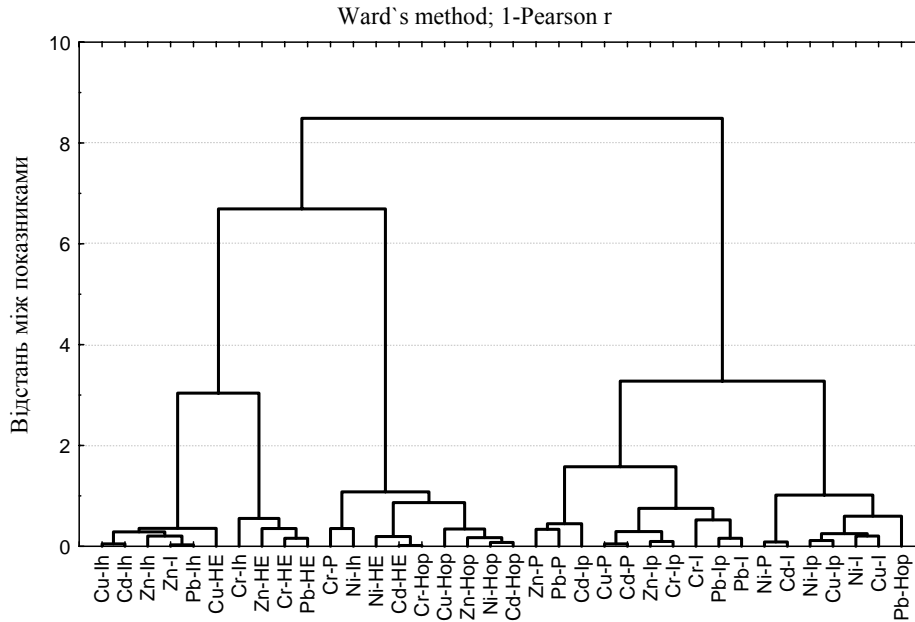


Рис. 4. Древа об'єднання для сірих лісових ґрунтів: а – на основі вмісту мікроелементів; б – на основі логарифмів їх умісту

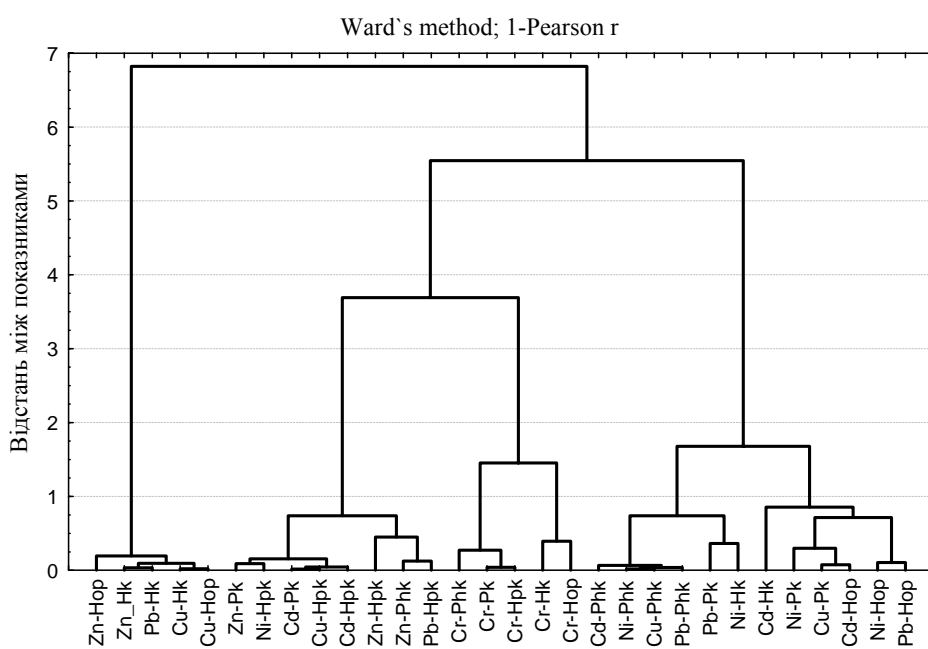
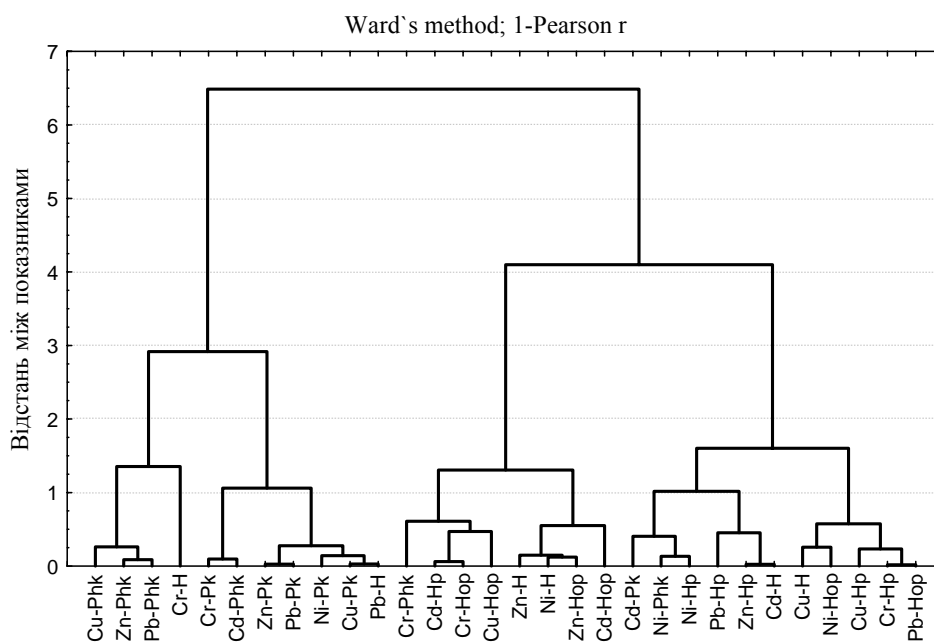


Рис. 5. Древа об'єднання за логарифмами вмісту мікроелементів у генетичних горизонтах чорноземів: а – вилугуваного; б – типового

Отже, логарифмування до проведення кластерного аналізу зумовлює нормалізацію розподілу та відповідно об'єктивніше групування генетичних горизонтів за еколого-геохімічним статусом. Цей факт підтверджує переважно асиметричний розподіл вмісту мікроелементів у ґрунтах та необхідність його ретельної математичної обробки.

Середній уміст мікроелементів не завжди дозволяє встановити диференційованість еколого-геохімічного статусу (табл. 1). У такому випадку і доцільно проводити кластерний аналіз, адже середні величини вмісту мікроелементів можуть приховувати окремі тенденції їх перерозподілу, а отже, характер процесів ґрунтогенезу. Максимальна кількість мікроелементів спостерігається в нижній частині профілю чорноземів вилугуваних, а у типових, крім того, у верхньому орному шарі. Сірі лісові ґрунти істотніше диференційовані внаслідок елювіально-ілювіального перерозподілу, тому й екстремальні значення кількості мікроелементів спостерігаються майже у всіх горизонтах, найчастіше – в ілювіальних.

Диференційованість умов у тих або інших горизонтах підтверджується відповідною варіабельністю вмісту мікроелементів. Так, для чорноземів вилугуваних максимальна варіабельність притаманна для материнської породи (36,9 %) і орного шару (23,8 %), серед хімічних елементів – для ніколу (35,6 %) та купрум (32,3 %), а найменша – для плумбуму (13,6 %). У чорноземів типових найбільш варіабельним умістом характеризуються цинк (28,4 %) та купрум (22,3 %), найменшим – плумбум (12,8 %), а серед горизонтів найбільш варіабельні перехідні (верхній – 22,1 % та нижній – 21,9 %), тоді як мінімальна мінливість умісту елементів – у гумусовому горизонті (15,2 %). Для сірих лісових ґрунтів найбільш варіабельна кількість ніколу (40,7 %) і купрум (28,4 %), найменша – хрому (17,2 %), а серед генетичних горизонтів цих ґрунтів високою диференційованістю виділяються ілювіально-гумусовий (37,4 %) та орний (29,9 %), водночас найменша мінливість умісту мікроелементів в елювіально-гумусовому горизонті (16,2 %).

ВИСНОВКИ

Отже, аналіз еколого-геохімічного статусу ґрунтів потребує системного підходу з урахуванням неоднорідності ґрунтових профілів. Мікроелементи при кластерному аналізі об'єднуються в групи за генетичними горизонтами, на відміну від парагенетичних асоціацій у геологічних тілах. Порівняння різних ґрунтових таксонів за еколого-геохімічним статусом доцільно проводити окремо для гумусованої частини профілю, перехідних горизонтів і материнської породи.

Остання зберігає в чорноземах своє пріоритетне значення для еколого-геохімічного статусу, тоді як для сірих лісових ґрунтів істотніший вплив мають ЕПП. Це підтверджує функціонування ґрунту як унікальної системи, генезис якої – результат впливу, найперше, радіальних потоків. Агрогенез впливає на найбільш дієвий – орний шар, водночас еколого-геохімічний статус іншої частини ґрунтового профілю, як функція відповідного ґрунтогенезу, зберігає свої іманентні особливості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Дмитрук Ю. М. Еколого-геохімічний аналіз ґрунтового покриву агроєкосистем. – Чернівці: Рута, 2006. – С. 37-50.
- Ярошевский А. А. Применение математики в геохимии: некоторые типы задач и методы решения // Соросовский образоват. журн. – 1996. – № 7. – С. 67-73.

Надійшла до редколегії 17.07.08