

---

# ОХОРОНА ТА ВІДНОВЛЕННЯ ҐРУНТІВ

---

УДК 631.453:477.8

Ю. М. Дмитрук

## ОЦІНКА СТІЙКОСТІ ҐРУНТІВ ПЕРЕДКАРПАТТЯ ДО ЗАБРУДНЕННЯ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ

*Чернівецький національний університет*

Запропоновано 10-бальну шкалу для оцінки стійкості ґрунтів щодо забруднення важкими металами. Верифікація шкали здійснювалася з використанням картосхеми вмісту важких металів у ґрунтах.

*Ключові слова: оцінка, важкі метали, стійкість, деградація.*

Yu. M. Dmytruk  
*Chernivtsi National University*

### EVALUATION OF STABILITY OF TRANSCARPATHIAN SOILS TO CONTAMINATION BY HEAVY METALS

A new 10-point scale is offered for the evaluation of stability of soils to contamination by heavy metals. The verification of the offered approach was conducted with the help of a constructed map of a contents of heavy metals in soils with an evaluation of their stability in numbers, which has confirmed a high reliability of the developed scale.

*Key word: an evaluation, heavy metals, stability, degradation.*

Для території Передкарпаття, де потенційні забруднювачі середовища невеликі за обсягами виробництва і де на сьогодні деградації ґрунтів внаслідок нагромадження полютантів не виявлено, визначення реперних ділянок для організації локального моніторингу пов'язане насамперед з властивостями ґрунтів. Априорі зрозуміло, що вихідні природні показники ґрунтового покриву детермінують різну його стійкість до можливої деградації. Проте кількісна оцінка здатності ґрунтів протистояти забрудненню ускладнена відсутністю загальноприйнятої системи параметрів, які необхідно враховувати для оцінювання. Тому головна мета роботи – побудова шкали оцінки природних властивостей ґрунтів та аналіз на цій основі їх стійкості до забруднення важкими металами.

Ця проблема тривалий час розробляється в Україні, а також у багатьох країнах світу (Важенин, 1983; Глазовская, 1994; Ильин, 1991; Медведев, Хоролец, 1999; Перельман, 1998; Экологическая оценка ..., 1995; До питання оцінки ..., 1999; Фрид, 1999). Існуючі на сьогодні оцінні шкали відрізняються своїми можливостями, проте їх головний недолік – територіальна обмеженість. Вони, як правило, не орієнтовані на специфіку ґрунтів певного регіону, до яких належить і Передкарпаття з його складним рельєфом та кліматом і строкастою структурою ґрунтового покриву, де можливості об'єктивної оцінки стійкості ґрунтів нівелюються. Ось чому розробка шкали з урахуванням результатів аналізу ґрунтів території, для якої організується моніторинг, дозволить оптимізувати оцінку стійкості ґрунтового покриву та визначати ті ділянки, які першочергово потребують контролю за якісним станом. Розроблені шкали оцінювання дозволяють математичну обробку та картографічне моделювання, а саме за їх результатами можливо розробити дійові рекомендації з оптимізації довкілля.

Оскільки основним джерелом забруднення для території Передкарпаття є автотранспорт, ключові ділянки для відбору зразків ґрунтів з верхнього (0–20 см) горизонту обиралися нами на типових ґрунтах, на відстані не менш ніж 300 м від будь-яких доріг. Вибираючи ключові ділянки розміром 2×2 км, враховували співвідношення між типами ґрунтів на території дослідження на основі ґрунтової карти Чернівецької області (1 : 200000). Серед ключових ділянок бурувато-підзолисті ґрунти різних відмін становлять 45,8 % ґрунтового покриву; сірі й темно-сірі – 29,2 %; лучні й чорноземно-лучні – 12,5 %; чорноземи опідзолені – 8,33 %; дернові борові – 4,17 %.

© Дмитрук Ю. М., 2004

Зразки ґрунтів відбирались з 10 мікроділянок розміром 100×100 м, спорадично розміщених на території ключової ділянки. Кожна з них репрезентувала один вид елементарного ландшафту. З кожної мікроділянки по її діагоналях відбиралося майже 20 зразків. Загальна кількість індивідуальних зразків ґрунтів з кожної ключової ділянки перевищувала 200, з них відбиралася одна середньозмішана проба.

Визначення показників ґрунтів здійснювали загальноприйнятими методами у триразовій повторності. Валову кількість важких металів у середньозмішаних зразках визначали на основі азотнокислої витяжки (при кип'ятінні з пероксидом водню) атомно-абсорбційною спектрофотометрією (КАС-120 М1). Порівняння встановленого вмісту важких металів з фоновим виконували за кларком розсіювання-акумуляції та коефіцієнтом відносної концентрації (Перельман, 1998; Васильевская, Шибаета, 1990), фоновий вміст елементів ( $K_0$ ) для території Передкарпаття обраний за даними С.С. Руденко та Ю.М. Дмитрука (1999).

Розроблена нами шкала оцінки показників ґрунтів для визначення їх стійкості до забруднення важкими металами (табл. 1) докорінно відрізняється від апробованих робіт (Фрид, 1999). Найголовніша відмінність – це перехід на 10-бальну шкалу, що дозволило провести детальнішу класифікацію ґрунтового покриву за стійкістю до забруднення. Різниця між окремими відмінами при використанні 5-бальної шкали не завжди дозволяла віднести апріорі неоднакові за властивостями, а отже і за стійкістю до забруднення, ґрунти в окремі групи.

Другою відмінністю 10-бальної шкали є більша кількість параметрів оцінки (8 проти 5). Нові показники, введені до шкали оцінювання, розроблялися на основі математичної обробки результатів аналізів. Нами було апробовано використання в шкалі оцінок показників обмінної, гідролітичної та актуальної кислотності, а також вмісту обмінного алюмінію. Виявилося, що обмінна кислотність ( $OK$ , мг-екв/100 г) дуже тісно пов'язана з вмістом у ґрунтах обмінного алюмінію ( $Al$ , мг-екв/100 г):  $OK = 0,842Al - 0,28$  ( $R^2 = 0,99$ ;  $p < 0,0001$ ), а інші види кислотності менше пов'язані між собою:  $pH_{водн.} - \text{гідролітична кислотність (ГК)}$  ( $R^2 = 0,63$ );  $OK - pH_{водн.}$  ( $R^2 = 0,57$ );  $pH_{водн.} - Al$  ( $R^2 = 0,55$ );  $GK - Al$  ( $R^2 = 0,78$ ). Виходячи з результатів регресійно-кореляційного аналізу, у шкалі оцінювання ми пропонуємо актуальну й гідролітичну кислотність, а замість обмінної – використовувати вміст обмінного алюмінію, хоча вважаємо, що така система оцінки не є ідеальною і тому відкрита для вдосконалення.

Відомо, що проблемою ґрунтів Передкарпаття є їх підвищена кислотність. До того ж вважають, що головна причина цього – високий вміст у ґрунтах обмінного алюмінію. Його токсична дія пов'язана з тим, що іони алюмінію проникають через клітинні мембрани в рослинні тканини, утворюючи комплексні сполуки з органічними лігандами. Особливо шкідливий ефект обмінного алюмінію проявляється на розвитку кореневої системи рослин. Отже, використання для оцінювання гідролітичної кислотності і вмісту рухомого алюмінію пояснюється тим, що ґрунти Передкарпаття часто мають підвищені значення названих показників, які негативно впливають на буферність, а отже й на стійкість ґрунтів, так і на їх родючість.

Використання суми обмінних основ разом із вмістом гумусу і фізичної глини дає можливість врахувати особливості ґрунтового вбирного комплексу, який кардинально впливає на буферність і стійкість ґрунтів до забруднення. У той же час вирішено не використовувати показник потужності гумусового горизонту, що пояснюється двома причинами: а) приблизним устанавленням у польових умовах, особливо для ріллі, потужності гумусового горизонту, яке базується на візуальному визначенні і є досить суб'єктивним; б) відбір зразків з верхнього (0–20 см) горизонту для проведення всіх аналізів не потребує додаткового закладання напіврозрізів і розрізів, як при встановленні потужності гумусового горизонту.

Вплив на стійкість ґрунтів фактора біологічного кругообігу важко врахувати через значну сільськогосподарську освоєність території, оскільки для дослідження обиралися ґрунти агроландшафтів, які, власне, потребують першочергової організації моніторингу. Тому значення показників біологічного кругообігу внаслідок щорічного відчуження рослинної маси з урожаєм різко зменшилися. Крім того, інтенсивні антропогенні потоки речовини змінюють хід природних кругообігів.

Таблиця 1

## Шкала оцінювання показників ґрунтів, бали

Показники ґрунтів	Бали									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Уміст гумусу, %	< 1,40	1,41–1,75	1,76–2,10	2,11–2,45	2,46–2,80	2,81–3,15	3,16–3,60	3,61–3,95	3,96–4,30	> 4,30
pH <sub>водний</sub>	< 4,0	4,0 – 4,35	4,36–4,70	4,71–5,05	5,06–5,40	5,41–5,75	5,76–6,10	6,11–6,45	6,46–6,80	> 6,80
Гідролітична кислотність, мг-екв/100 г	> 10,0	8,51–10,0	7,81–8,50	6,46–7,80	4,21–6,45	2,71–4,20	2,01–2,70	1,61–2,0	1,30–1,60	< 1,30
Сума обмінних основ, мг-екв/100 г	< 6,05	6,06–10,0	10,1–12,6	12,7–14,0	14,1–15,3	15,4–16,6	16,7–18,0	18,1–20,0	20,1–25,0	> 25,0
Кількість частинок < 0,01, %	< 19,0	19,1–34,0	34,1–44,0	44,1–49,0	49,1–54,0	54,1–59,0	59,1–65,0	65,1–70,0	70,1–80,0	> 80,0
Уміст обмінного алюмінію, мг-екв/100 г	> 10,0	8,01–10,0	6,01–8,0	5,51–6,0	5,11–5,50	2,26–5,10	1,26–2,25	1,01–1,25	0,90–1,0	< 0,90
Вид елементарного ландшафту	АОБ	АР	САОБ	САР	АДВ	АД	АНС	ТЕНС	ТЕВС	Е
Вид геохімічного ландшафту*	Н–Н–Fe	Н–Fe	Fe–Н–Fe	Н	Н–Н–Са	Н–Са–Н	Н–Fe–Са	Са–Н–Са	Са–Fe–Са	Са

Примітка. АОБ – аквально-озерне боліт; АР – аквально-озерне боліт; САОБ – субаквально-озерне боліт; САР – субаквально-озерне боліт; САР – субаквально-озерне боліт; АДВ – субаквально-озерне боліт; АД – субаквально-озерне боліт; АНС – субаквально-озерне боліт; ТЕНС – субаквально-озерне боліт; ТЕВС – субаквально-озерне боліт; Е – елювіальний; \* Види геохімічних ландшафтів, установлені на основі гіпоморфних елементів та карти геохімічних ландшафтів (Перельман, 1998; Гуцуляк, 1995).

Рівень хімізму тієї чи іншої території та інтенсивність процесів поверхневого переносу визначалися на основі класифікації елементарних і геохімічних ландшафтів. При цьому враховувалося, що чим більше природних можливостей території до накопичення поллютантів (від'ємні форми рельєфу, депресії з процесами заболочування або затоплення чи підтоплення), тим нестійкішим до забруднення буде ґрунтовий покрив і тим нижчий бал оцінки в нього; чим кисліший є клас геохімічного ландшафту з переважанням тих чи інших типоморфних елементів, які можуть сприяти деградації ґрунтів при потраплянні поллютантів, тим менша стійкість таких територій до антропогенного забруднення і тим нижчий бал оцінки в них.

До однакових елементарних ландшафтів нами віднесено ділянки агроландшафтів з аналогічними геоморфологічними та літологічними умовами. Як відомо, геохімічні ландшафти – це комплекси поєднаних елементарних ландшафтів, пов'язаних між собою міграцією елементів (Алексеєнко, 1990). На техногенних ландшафтах не лише порушено біологічний кругообіг елементів, але й поширені рослини, які не характерні для природних систем. Тому дати якісну й кількісну оцінку агроландшафтів можна лише на ландшафтно-геохімічній основі, тобто враховуючи тип елементарного та геохімічного ландшафтів.

Важливо також оцінювати існуючі геохімічні бар'єри, на яких концентруються елементи, але для їх вивчення потрібно закладати ґрунтові розрізи, часто на глибину залягання не тільки материнської, але й підстиляючої породи. Тому на сьогодні питання включення до шкали цього показника не знайшло своєї реалізації, щоб не ускладнювати подібні роботи. Безумовно й те, що кількість показників у шкалі оцінки стійкості ґрунтів не повинна бути ні замалою, ні надто великою.

Розподіл величин показників за балами проводився шляхом їх приведення до нормального закону розподілу на основі величин асиметрії й ексцесу. Тому зміна градацій у той чи інший бік пояснюється саме цим фактором. Для перевірки підкорення показників закону нормального розподілу й оптимального вибору діапазонів нами будувалися гістограми розподілу всіх обраних показників.

Як видно з табл. 1, максимально можлива сума балів дорівнює 80, що в природних умовах може й не зустрічатися. Тому для групування ґрунтів за набраними балами здійснено нормування даного показника. Нами було прийнято, що величина 80 % і більше від максимальної суми балів характеризуватиме групу дуже стійких ґрунтів; від 70 до 80 % від максимуму – стійких; від 60 до 70 % – середньої стійкості, від 45 до 60 % – слабкої стійкості; від 30 до 45 % – нестійкі і менше за 30 % – дуже нестійкі ґрунти (табл. 2).

Таблиця 2  
Групування ґрунтів за стійкістю до забруднення важкими металами

Бали	Група ґрунтів за стійкістю
> 64	Дуже стійкі
56 – 64	Стійкі
48 - 55	Середньої стійкості
36 - 47	Слабкої стійкості
24 – 35	Нестійкі
< 24	Дуже нестійкі

Після цього всі ключові ділянки території дослідження було розміщено відповідно до суми набраних балів (табл. 3).

Установлено, що з шести типів стійкості ґрунтового покриву до забруднення на території дослідження є п'ять, причому до стійких та дуже нестійких віднесено три ділянки (12,5; 8,33 та 4,17 % території дослідження відповідно). Переважна частина території Передкарпаття відноситься до слабкої і середньої стійкості ґрунту (66,7 %, або 2/3, площі ґрунтового покриву).

До стійких ґрунтів відносяться чорноземно-лучний і в одному випадку – сірий лісовий. До ґрунтів середньої стійкості – чорноземи опідзолені, сірі й темно-сірі лісові та лучний, які займають 77,8 % від усієї площі ґрунтів середньої стійкості.

Приблизно п'ята частина площі таких ґрунтів припадає на бурувато-підзолисті відміни. Серед ґрунтів слабкої стійкості площа бурувато-підзолистих становить уже майже 43,0 %, а серед групи нестійких та дуже нестійких бурувато-підзолисті відміни займають всю площу. До ґрунтів слабкої стійкості відносяться також по одній ділянці з сірим лісовим, темно-сірим опідзоленим, лучним і дерновим боровим.

Отже, збільшення в структурі ґрунтового покриву площі бурувато-підзолистих ґрунтів супроводжується зменшенням стійкості ґрунтів такої території до забруднення, а в той самий час опідзолені ґрунти, переважно на лесових породах, переважають у групі

стійких та середньої стійкості. Звичайно ж, до такого висновку можна було дійти апіорі, знаючи властивості тих чи інших ґрунтів. Проте ця оцінка не має кількісного виразу, а отже – можливості проведення картографічних робіт та наступного районування з використанням математичних моделей. Важливість проведеної роботи, на нашу думку, полягає також у тому, що групування, виконане на основі аналізів, дозволить обґрунтувати виділення територій, які потребують першочергових робіт з моніторингу якісного стану ґрунтового покриву. По-друге, для тих чи інших груп ґрунтів за стійкістю припустиме математична обробка результатів аналізів на вміст важких металів, що дозволяє встановити особливості їх розподілу. Нарешті, створення картосхеми стійкості ґрунтів дозволяє проводити візуальну оцінку території Передкарпаття та поєднувати можливості різних існуючих карт. На основі проведеної роботи стала можливою побудова картосхеми ізоліній умісту важких металів та необхідних показників ґрунтів.

Таблиця 3

**Стойкість ґрунтів ключових ділянок Передкарпаття до забруднення важкими металами**

Ключові ділянки	Гумус, %	pH	ГК	СОО	ФГ	Al	ЕЛ	ГЛ	Сума балів
Бобівці	9	7	8	8	6	7	6	7	58
Байраки	7	8	8	7	6	8	7	5	56
Заволока	1	8	9	7	6	9	8	7	55
Вашківці	4	7	8	6	6	10	6	5	52
Турятка	5	8	9	9	4	3	7	8	51
Мілієве	4	7	10	5	3	10	6	5	50
Станівці	4	9	8	8	4	8	7	2	50
Спаська	5	6	9	3	3	8	9	6	49
Чорторія	2	7	10	5	1	10	6	7	48
Карапчів	6	9	7	4	4	7	5	6	48
Кам'яна	2	7	7	5	7	9	8	3	48
Банилів	2	5	10	6	4	9	5	6	47
Герца	2	9	8	2	2	8	8	5	44
Мигове	5	4	6	4	7	7	5	3	41
Череш	10	3	5	3	1	6	5	6	39
Глибочок	4	4	6	4	2	7	8	4	39
Банилів-Підгірний	2	4	7	5	1	8	9	2	38
Клинівка	5	4	5	5	3	6	6	2	36
Іспас	5	3	2	2	7	6	7	2	34
Їжівці	3	2	5	3	4	6	7	2	32
Лукавці	7	1	3	2	4	6	5	2	30
Комарівці	2	1	4	4	4	5	7	1	28
Берегомет	4	3	3	1	5	4	6	1	27
Будянець	3	2	1	1	5	3	5	3	23

Примітка. pH – актуальна кислотність; ГК – гідролітична кислотність; СОО – сума обмінних основ; ФГ – кількість частинок, менших 0,01 мм; Al – уміст обмінного алюмінію; ЕЛ – вид елементарного ландшафту; ГЛ – вид геохімічного ландшафту.

Для попереднього встановлення можливостей ключових ділянок акумулювати поллютанти і для перевірки дійсної стійкості ґрунтів до забруднення у зразках ґрунтів усіх ділянок визначали валовий уміст свинцю, нікелю, цинку, міді і хрому. Визначений валовий уміст важких металів показує, що їх середня кількість у ґрунтах ключових ділянок на території Передкарпаття дещо менша порівняно з фоновим умістом, за винятком валової

кількості цинку (табл. 4). Проте порівняння з іншими результатами за коефіцієнтом відносною концентрації свідчить, що й установлений нами вміст є фоновий, враховуючи певну варіабельність кількості металів. Так, вважається, якщо  $0,70 < Ko < 1,30$ , то вміст такого елемента – у межах фону. Про розсіювання свідчать значення коефіцієнта, менші від 0,70, а про акумуляцію – більші від 1,30. Тому встановлений середній валовий вміст важких металів відноситься до фонового.

Варіабельність валового вмісту елементів відповідає природним межах, за винятком мінливості валового вмісту хрому (45,6 %), що дозволяє стверджувати відсутність істотної антропогенної складової. Збільшення мінливості вмісту важких металів спричинено різноманіттям території дослідження як за природними умовами ґрунтоутворення, так і за складом ґрунтового покриву, геохімією ландшафтів, а також інтенсивним використанням ґрунтів у сільськогосподарському виробництві.

Обчислені значення медіани валового вмісту важких металів, які завжди менші, ніж середньоарифметична їх величина, свідчать про деяку асиметрію в розподілі значень з лівостороннім спрямуванням. Тобто практично для кожного елемента є окремі ареали підвищеного вмісту. За кількістю значень валового вмісту важких металів, які перевищують фонове, елементи утворюють такий ряд: *цинк > свинець > нікель > мідь > хром*. У цілому для всієї території дослідження частка елементів фонового вмісту становить 55,8%; розсіювання – 32,5% та акумуляції – 11,7%.

Таке співвідношення процесів міграції елементів на території Передкарпаття пояснюється природними факторами, а саме складним горбисто-грядовим рельєфом з густою мережею невеликих річок, балок та улоговин, а також місцевих понижень у рельєфі. По-друге, промивним водним режимом, внаслідок чого значна частина речовини мігрує разом з поверхневим та внутрішньоґрунтовым стоком. По-третє, впливом антропогенного фактора на території агроландшафтів (щорічне розорювання, внесення добрив і меліорантів, відчуження разом з урожаєм певної частини речовини з природних кругообігів).

Залежність вмісту важких металів від показників, що аналізуються, оцінювалася на основі поліномів третього степеня, які найчастіше, порівняно з іншими (лінійні, логарифмічні, експоненціальні тощо), були достовірними ( $\alpha < 0,05$ ) з тісними коефіцієнтами кореляції. Для оцінки залежностей вирішено було використовувати коефіцієнт детермінації. Якщо  $R^2$  не перевищував 0,3, то для математичної моделі використовувався поліном 5 степеня. Регресійно-кореляційний аналіз хімічних даних ґрунтів усіх ключових ділянок показав, що більшість коефіцієнтів слабкі. Однак розділивши ґрунти на дві групи за стійкістю (1-ша група – стійкі і середньої стійкості; 2-га група – слабкої стійкості і нестійкі) та провівши повторну математичну обробку результатів, установили, що тісність зв'язку істотно збільшилася (табл. 5). Для виявлення рейтингу тих чи інших показників нами враховувалися коефіцієнти кореляції, які перевищують значення 0,70, або коефіцієнти детермінації зі значенням понад 50%.

Установлено, що найбільший вплив на валовий вміст важких металів мають сума обмінних основ та вміст обмінного алюмінію, що підтвердило необхідність включення до шкали оцінювання показників, які відсутні в інших системах. Наступними за силою впливу на вміст металів у ґрунтах розмістилися кислотність гідролітична й актуальна. Деяко несподівано виявилось, що вміст фізичної глини та гумусу найменше позначається на валовому вмісті важких металів. Ймовірно, що для більш точної оцінки доцільно визначати складові цих показників, наприклад якісний аналіз вмісту гумусу або вміст часточок мулу, фізичної глини, пилу тощо; або підшукувати характеристики, опосередковано пов'язані з ними. Можливо, що кількісна оцінка ґрунтового вбирного комплексу на основі величини суми обмінних основ є оптимальна внаслідок дії лімітуючих факторів.

На основі встановленої стійкості ґрунтів та вмісту в них важких металів побудовано картосхему стійкості ґрунтового покриву Передкарпаття Чернівецької області до забруднення. Виявлено, що територіально процеси акумуляції переважають на трьох ключових ділянках (табл. 4): Банилів (Вижницький район), Байраки та Карапчів (Глибоцький район). З них особливої уваги потребує територія Банилова, ґрунтовий покрив якої віднесено до групи слабкої стійкості (Байраки – стійкий, а Карапчів – середньої стійкості). Саме тому для проведення локального моніторингу стану ґрунтів пропонуємо вибрати одну з ділянок на території Банилова.

Валовий уміст важких металів у верхньому горизонті ґрунтів Передкарпаття, мг/кг

Ключові ділянки	Важкі метали						
	Pb	Ni	Cr	Cu	Zn	Ko	
I	2	3	4	5	6	7	
Баніїлів	12,0	<b>25,9*</b>	<b>17,0</b>	<b>16,4</b>	<b>54,6</b>	<b>0,90-1,50-1,72-1,40-1,53</b>	
Мілієве	10,0	17,1	7,50	10,9	38,0	0,75-0,99-0,76-0,93-1,06	
Вашківці	6,42	10,4	3,70	8,25	34,2	0,48-0,60-0,37-0,70-0,96	
Іслає	10,5	<b>17,6</b>	4,60	9,95	32,4	0,78-1,02-0,46-0,85-0,91	
Лукавці	8,50	9,70	6,40	7,95	27,1	0,63-0,56-0,65-0,68-0,76	
Чортгорія	5,60	8,55	2,55	7,05	15,5	0,42-0,49-0,26-0,60-0,43	
Баніїлів-Підгірний	14,0	14,1	7,50	12,2	<b>57,1</b>	1,04-0,82-0,76-1,04- <b>1,60</b>	
Кам'яна	13,4	12,4	7,10	8,80	37,8	1,0-0,72-0,72-0,75-1,06	
Іжівці	8,65	10,2	6,85	8,45	27,9	0,64-0,59-0,69-0,72-0,78	
Будянець	9,60	9,35	5,30	7,65	31,9	0,72-0,54-0,54-0,65-0,89	
Глибочок	10,6	11,4	5,00	7,45	32,6	0,79-0,66-0,50-0,64-0,91	
Мигове	8,50	6,25	3,10	4,45	22,7	0,63-0,36-0,31-0,38-0,64	
Комарівці	9,10	13,2	4,55	9,95	24,4	0,68-0,76-0,46-0,85-0,68	
Клишівка	9,80	11,8	5,65	9,35	32,3	0,73-0,68-0,57-0,80-0,90	
Бобівці	16,0	<b>27,6</b>	10,4	10,2	35,5	1,19- <b>1,60</b> -1,05-0,87-0,99	
Станівці	<b>25,5</b>	11,4	7,15	9,95	27,1	<b>1,9</b> -0,66-0,72-0,85-0,76	
Берегомет	16,0	14,8	7,35	9,75	<b>80,0</b>	1,19-0,86-0,74-0,83- <b>2,24</b>	
Череш	10,8	17,0	6,75	6,40	<b>52,7</b>	0,80-0,98-0,68-0,55- <b>1,48</b>	
Спаська	8,40	18,0	8,35	14,1	34,3	0,63-1,04-0,84-1,20-0,96	
Заволока	9,90	18,0	8,35	10,5	28,6	0,74-1,04-0,84-0,90-0,80	
Карапчів	14,7	<b>24,2</b>	12,0	<b>15,6</b>	37,5	1,10- <b>1,40</b> -1,21- <b>1,33</b> -1,05	
Байраки	15,7	22,1	<b>15,6</b>	13,8	<b>51,4</b>	1,17-1,28- <b>1,58</b> -1,18- <b>1,44</b>	
Герца	8,0	9,75	6,90	8,45	22,8	0,60-0,56-0,70-0,72-0,64	
Турачка	16,7	13,7	9,50	8,65	<b>48,4</b>	1,25-0,79-0,96-0,74- <b>1,36</b>	
M ± m	12,0 ± 3,80	15,2 ± 6,0	7,61 ± 3,47	10,0 ± 2,82	37,7 ± 14,2		

	1	2	3	4	5	6	7
Коефіцієнт варіації		31,7	39,5	45,6	28,2	37,7	-
Медіана		10,2	13,9	7,0	9,55	34,2	-
Фоновий вміст		13,4 ± 5,32	17,3 ± 3,84	9,90 ± 2,47	11,7 ± 2,18	35,7 ± 8,47	-
К <sub>0</sub> території		0,90	0,88	0,77	0,85	1,06	-

Примітка. Виділено жирним значення, за яких спостерігається акумуляція, курсивом – розсіювання елементів.

земи опідзолені) тривалий час інтенсивно використовуються і несподівано мають гірші властивості порівняно навіть із сірими лісовими чи бурувато-підзолистими відмінами, що й спричинило віднесення їх, незважаючи на таксономічну належність, до групи ґрунтів слабкої стійкості.

Таблиця 5  
Коефіцієнти детермінації ( $R^2$ ) зв'язків важких металів з показниками ґрунтів

Групи ґрунтів	Pb	Ni	Cr	Cu	Zn
Уміст гумусу (1)*					
Усі ґрунти	0,04	0,13	0,08	0,09	0,05
Стійкі	0,10	0,43	0,39	<b>0,53</b>	0,46
Нестійкі	<b>0,41**</b>	<b>0,34</b>	0,39	0,44	<b>0,44</b>
рН водний (6)					
Усі ґрунти	0,16	0,17	0,17	0,16	0,11
Стійкі	0,53	0,31	0,47	0,84	<b>0,47</b>
Нестійкі	<b>0,42</b>	<b>0,84</b>	<b>0,96</b>	<b>0,70</b>	<b>0,50</b>
Гідролітична кислотність (6)					
Усі ґрунти	0,03	0,18	0,20	0,22	0,02
Стійкі	<b>0,62</b>	0,52	<b>0,62</b>	<b>0,60</b>	0,39
Нестійкі	0,08	0,41	0,70	0,52	0,06
Уміст обмінного алюмінію (9)					
Усі ґрунти	0,05	0,05	0,12	0,09	0,06
Стійкі	0,32	0,80	0,76	0,60	0,53
Нестійкі	<b>0,63</b>	<b>0,75</b>	<b>0,89</b>	<b>0,79</b>	<b>0,73</b>
Сума обмінних основ (10)					
Усі ґрунти	<b>0,53</b>	0,40	0,22	0,16	0,20
Стійкі	0,63	0,51	<b>0,54</b>	0,22	<b>0,53</b>
Нестійкі	0,59	<b>0,66</b>	<b>0,79</b>	0,61	<b>0,73</b>
Уміст фізичної глини (3)					
Усі ґрунти	0,24	0,24	0,23	0,30	0,22
Стійкі	0,34	0,62	0,50	0,48	0,57
Нестійкі	0,28	0,25	0,24	0,34	0,36

\* У дужках – кількість коефіцієнтів із значенням  $\geq 0,50$ .

\*\* Виділено коефіцієнти для поліномів p'ятого степеня.

Переважаючі процеси розсіювання встановлено для ключових ділянок Чорторія, Мигове, Вашківці, Герца, Лукавці, Будянець, Їжівці та Комарівці (у порядку зменшення інтенсивності розсіювання). Хоча тут ґрунтовий покрив нестійкий і слабкої стійкості, проте небезпеки акумуляції важких металів на сьогодні не існує, перш за все через природну спрямованість процесів міграції. Дуже нестійкий до забруднення важкими металами ґрунтовий покрив є тільки на території Буденця (Сторо-жинецький район). Тому другу ключову ділянку для організації моніторингу забруднення доцільно розмістити саме тут.

На всіх інших ключових ділянках спостерігається фоновий уміст кількості важких металів. Але ще одну ділянку для моніторингу забруднення важкими металами ґрунтів оптимально б розмістити на території Герци. Тут ґрунти (чорно-



Отже, для оцінки стійкості ґрунтів Передкарпаття до забруднення важкими металами пропонуємо використовувати верифіковану високими результатами для території Чернівецької області 10-бальну шкалу, найбільша перевага якої – простота та загальна доступність, що робить ефективним її практичне використання.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Алексеенко В. А. Геохимия ландшафта и окружающая среда. – М.: Недра, 1990. – 142 с.
- Важенин И. Г. О разработке ПДК химических веществ в почве // Бюл. почв. ин-та им. В. В. Докучаева. – 1983. – Вып. 35. – С. 3-6.
- Васильевская В. Д., Шибанова И. И. Опыт составления почвенно-геохимической карты речного бассейна // Вестн. МГУ. Сер. 17. Почвоведение. – 1990. – № 4. – С. 3– 11.
- Глазовская М. А. Критерии классификации почв по опасности загрязнения свинцом // Почвоведение. – 1994. – № 4. – С. 110-120.
- Гуцуляк В. М. Ландшафтно-геохімічна екологія. – Чернівці: Рута, 1995. – С. 110-116.
- Ильин В. Б. Тяжелые металлы в системе почва – растение. – Новосибирск: Наука, 1991. – 151 с.
- Медведев В. В., Хоролец И. А. Теоретические аспекты и количественная оценка экологической устойчивости почв // Вісник аграрної науки. – 1999. – № 10. – С. 14-20.
- Перельман А. И. Геохимия ландшафта и учение о биогеохимических провинциях // Вестник МГУ. Сер. География. – 1998. – № 3. – С. 3-7.
- Руденко С. С., Дмитрук Ю. М. Селен у ґрунтах Буковини // Вісник аграрної науки. – 1999. – № 7. – С. 50-54.
- Экологическая оценка устойчивости почв к антропогенному воздействию / В. В. Снакин, И. О. Алябина, П. П. Кречетов // Изв. АН СССР. Сер. геогр. – 1995. – № 5. – С. 50-57.
- До питання оцінки рівнів небезпеки забруднення ґрунтів важкими металами / А. І. Фатєєв, М. М. Мірошніченко, В. Л. Самохвалова, Т. Ю. Биндич // Вісник аграрної науки. – 1999. – № 10. – С. 24-32.
- Фрид А. С. Методология оценки устойчивости почв к деградации // Почвоведение. – 1999. – № 3. – С. 399-404.

*Надійшла до редколегії 26.02.03*