

КЛАСТЕРНИЙ АНАЛІЗ ЯРУЖНО-БАЛКОВИХ СИСТЕМ РАЙОНІВ РОДОВИЩ ЗАЛІЗНИХ І МАРГАНЦЕВИХ РУД

Сараненко І.І.

Херсонський державний університет
вул. Університетська, 27, 73009, м. Херсон
i.i.saranenko@ukr.net

У дослідженні розвитку яружно-балкової ерозії великою проблемою є недостатня кількість наукових досліджень. Статистична звітність у формі кількісного обліку земель Державної служби України з питань геодезії, картографії та кадастру не відображає сучасний стан ураження ярами, особливостей поширення яружно-балкової ерозії, її форми і параметри, наслідки впливу на комунікації, забудовані землі, с/г території, ліси. Відсутність подібної інформації унеможливило розробку та виконання ефективних протиерозійних заходів, що призводить до значних втрат цінних земель. Дослідження процесів розвитку і формування яружно-балкових систем є доцільним на різних рівнях: державному, обласному, районному, місцевому.

У роботі запропоновано застосування кластерного аналізу для прогнозування розвитку яружно-балкових систем і виявлення кластерів-маркерів у районах родовищ залізних і марганцевих руд у межах Степової зони України.

Для виконання поставленої задачі визначено динаміку розвитку ярів засобами ГІС, проведений кластерний аналіз k-середніх для виявлення осередків яроутворення і забруднення, відібрано проби ґрунту та встановлені такі показники: гранулометричний склад, ємність поглинання, вміст важких металів (Fe, Mn, Cu, Zn, Ni, Pb, Cd), розрахований сумарний показник концентрацій. Кластерний аналіз показав свою доцільність та ефективність при проведенні комплексного дослідження яружно-балкових систем. Кластерами-маркерами їх формування та розвитку є ландшафтний і ґрунтовий. У кластерах 1, 2, 3 виявлені такі екологічні ризики: забруднення ґрунтів важкими металами з перевищенням ГДК від 3 до 100 разів; утворення вирв глибиною від 85 до 120 м; вилучення родючих земель від 30 до 130 тис. га, відсутність ланок яружно-балкових систем – байраків.

Коефіцієнт еродованості, ємність поглинання ґрунту та важкий гранулометричний склад сприяють збільшенню площі ярів і накопиченню важких металів. *Ключові слова:* кластерний аналіз, яружно-балкові системи, гранулометричний склад, ємність поглинання, вміст важких металів, сумарний показник концентрацій, екологічні ризики, кластери-маркери.

Cluster analysis of gully systems of iron and manganese ore deposits. Saranenko I.

Insufficient research is a big problem in the study of the development of gully erosion. Statistical reporting in the form of quantitative accounting of lands of the StateGeoCadastre does not reflect the current state of ravine damage, features of the spread of ravine erosion, forms and parameters of the state, consequences of communications, built-up lands, agricultural lands, forests. The consequence of the lack of such information is the impossibility of developing and implementing effective anti-erosion measures, which leads to significant losses of valuable land. Research of processes of development and formation of gully systems is expedient at various levels: state, regional, district, local.

In this paper, it is proposed to use cluster analysis to predict the development of the gully system and to identify marker-clusters in the areas of iron and manganese ore deposits within the steppe zone of Ukraine.

The dynamics of ravine development was determined by GIS means, cluster analysis of k-means was performed to detect foci of spring formation and pollution, soil samples were taken and indicators were determined: particle size distribution, absorption capacity, content of heavy metals (Fe, Mn, Cu, Zn, Ni, Pb, Cd) to perform this task. Cluster analysis showed its feasibility and effectiveness in conducting a comprehensive study of gully. Clusters 1,2,3 identify the following environmental risks: soil contamination with heavy metals exceeding the MPC from 3 to 100 times; formation of a funnel with a depth of 85 to 120 m; withdrawal of fertile lands from 30 to 130 thousand hectares, lack of bayrak.

The coefficient of erosion, soil absorption and distribution of heavy particles contribute to the increase in the area of ravines and the accumulation of heavy metals. *Key words:* cluster analysis, gully systems, particle size distribution, absorbency, heavy metal content, general concentration index, environmental risks, marker-clusters.

Постановка проблеми. Серед спектру процесів, які впливають на кількісні та якісні показники ґрунтового покриву, одним із найнебезпечніших є яружно-балкова ерозія. Під її впливом утворюються від'ємні форми рельєфу – яри довжиною від кількох десятків метрів до кількох кілометрів. Яружна мережа з вершинами і боковим відгалуженням розчленовує поля, погіршує умови використання земель. Яружно-балкова ерозія є найвищим ступенем руйнування ґрунту [1; 2].

Актуальність дослідження. Поширення ярів і балок українським степом пояснюється переважанням найбільш схильних до процесів розмивання

лесових порід; посушливим літом з інтенсивними зливами; розчленованістю поверхні; відсутністю деревних рослин; вмістом і міграцією хімічних елементів [3, 4]; інтенсивною антропогенною діяльністю. Так, у Криворізькому залізничному басейні під кар'єрами і шахтами перебувають понад 30 тис. га земель, а при видобутку 1 млн т марганцевої руди порушується від 16 до 30 га.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. На території Степової зони України знаходяться три родовища залізних і марганцевих руд: Криворізький залі-

зородний басейн, Білозерський залізородний район і один із найбільших у світі – Нікопольський марганцевий басейн, який складається з Нікопольського і Великотокмацького родовищ, а також рудоносних площ на межиріччі Дніпро – Інгулець. Басейн розміщений на території Дніпропетровської і Запорізької областей. Вміст марганцю в окисних рудах в середньому 25-30%, а загальні запаси руди – понад 2 млрд тонн. Родовища розміщуються на родючих чорноземах звичайних і південних, які потерпають від забруднення та деградації [5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Процеси яружно-балкової ерозії та ґрунтовий і рослинний покрив рудних кар'єрів вивчали О.Л. Бельгард (1971), Н.А. Білова (1999), А.Ю. Мазур, М.Г. Сметана (1999), М.М. Назарова, І.І. Рісіна, Ю.Г. Симонова, К.Ф. Зоріна (2003), А.П. Травлєєв (2005), Н.М. Цветкова (2013), В.В. Кучеревський, Г.Н. Шоль, М.О. Баранець, Т.В. Сіренко, О.В. Красноштан (2015), В.М. Зверковський, О.С. Зубкова (2016).

Мета дослідження: виявити кластери-маркери утворення яружно-балкових систем.

Об'єкти дослідження: райони родовищ залізних і марганцевих руд українського степу: Нікопольський, Білозерський, Криворізький.

Предмет дослідження: формування яружно-балкових систем.

Методологічне або загальнонаукове значення.

Методи дослідження: польовий і кластерний аналіз k-середніх. Зразки ґрунту відбиралися у 5-кратній повторності з шару 0-50 см. Польові роботи та лабораторні аналізи проводилися за загальноприйнятими методиками [6, 7]. Визначення вмісту важких металів (Fe, Mn, Cu, Zn, Ni, Pb, Cd) у пробах ґрунту проводили методом атомно-абсорбційного спектрального аналізу [8-10]. Сумарний показник концентрації (далі – СПК), що визначає суму під-

вищеного вмісту над фоновим рівнем усіх хімічних елементів, які беруть участь у забрудненні, розраховували за формулою:

$$\text{СПК} = \sum_{i=1}^n C = \sum_{i=1}^n K_{C_i} - (n - 1),$$

де K_{C_i} – коефіцієнт концентрації хімічного елементу,

n – число елементів, для яких $K_{C_i} > 1$ [11].

Завдання дослідження: визначити закономірності просторового розподілу ланок яружно-балкових систем району родовищ залізних і марганцевих руд. Для виконання поставленої задачі на растровому зображенні Степової зони України у середовищі ГІС відокремлені такі багатокомпонентні кластери: зональний; гідрографічно-басейновий; рельєфний; ландшафтний; ґрунтовий [12-14]. Для кожного родовища визначимо кластерну належність шляхом співставлення шарів (табл. 1).

За результатами аналізу відокремлені [15; 17; 18]:

1) klaster 1 об'єднує такі складники: чорнозем звичайний; марганцева руда; чорнозем південний (Нікопольський марганцеворудний басейн);

2) klaster 2: чорнозем південний; залізна руда (Білозерський залізородний район);

3) klaster 3: чорнозем звичайний; залізна руда (Криворізький залізородний басейн).

Кластерами-маркерами формування та розвитку яружно-балкових систем виявилися ландшафтний і ґрунтовий.

Закономірності просторового розподілу ярів, балок і байраків у кластерах 1, 2, 3 обчислено за формулою (1) [12]:

$$\text{Klaster} = (\text{yariv} : \text{balok} : \text{bajrakiv} (S, \%)) / (\text{yariv} : \text{balok} : \text{bajrakiv} (N.od.)), \quad (1)$$

$$\text{Klaster1} = \frac{3 : 1}{2,5 : 1};$$

Таблиця 1

Кластерна належність районів родовищ залізних і марганцевих руд

Кластер (Klaster)	Нікопольський марганцеворудний басейн	Білозерський залізородний район	Криворізький залізородний басейн
Зональний	середньостепова	середньостепова	північностепова
Гідрографічно-басейновий	Дніпра	Дніпра	Дніпра
Рельєфний	Бузько-Дніпровська низовинна область; Дніпровсько-Молочанська низовинна область	Дніпровсько-Молочанська низовинна область	Південно-придніпровська схилово-височинна область
Ландшафтний	сильно розчленовані височини з ярами і балками, врізаними в кристалічні породи; лесові хвилясті рівнини з ярами і балками, врізаними в кристалічні породи	лесові рівнини, розчленовані степовими балками (роздолами)	сильно розчленовані височини з ярами і балками, врізаними в кристалічні породи
Ґрунтовий	чорнозем звичайний; чорнозем південний	чорнозем південний	чорнозем звичайний

Результати розрахунків

№ з/п	Klaster	Коефіцієнт еродованості	Гранулометричний склад	Ємність поглинання, мг-екв/100 г	Річна динаміка показників			Сумарний показник концентрації
					Площа ярів, S, м ²	Fe, мг/кг	Mn, мг/кг	
1.	klaster 1	3,5	суглинок середній, суглинок важкий	43,0±1,3	+10,0	+21,1±1,1	+12,1±0,1	3,0
2.	klaster 2	3,0	суглинок важкий	47,0±1,3	+7,0	+101,1±1,1	+4,5±0,1	100,0
3.	klaster 3	2,7	суглинок середній	37,0±1,3	+5,0	+121,2±1,1	+7,5±0,1	5,0

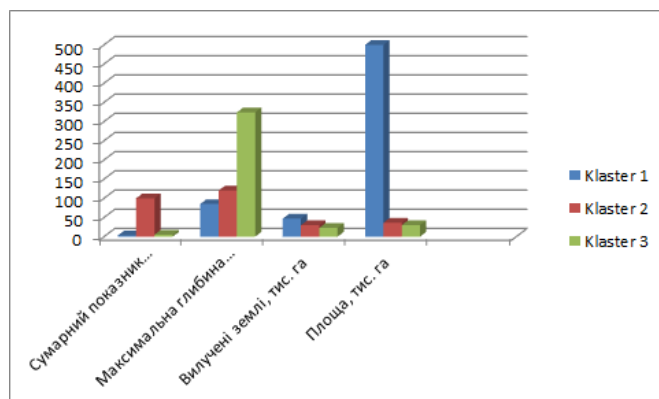


Рис. 1. Показники екологічної небезпеки районів родовищ у кластерах

$$Klaster 2 = \frac{2:1}{2:1};$$

$$Klaster 3 = \frac{2:1}{3:1}$$

У цих кластерах відсутня ланка яружно-балкової системи – байрак.

Однією з головних проблем, які виникають під час розробки родовищ, є величезні маси розкривних гірських порід, четвертинних відкладів і некондиційних руд, що видобувають разом із залізними і марганцевими рудами й складають у величезних відвалах [16]. У кожному кластері відібрані проби ґрунту та проведені лабораторні аналізи, за результатами яких розраховані показники яружності та екологічної небезпеки [19] (табл. 2).

Коефіцієнт еродованості ґрунту у першому кластері найвищий – 3,5, при цьому площа ярів збільши-

лася на 10,0 м², а вміст марганцю – на 12,0 мг/кг. У другому кластері ємність поглинання важкосуглинкового ґрунту – 47,0 мг-екв/100 г, а СПК = 100. У третьому кластері спостерігається значне збільшення вмісту марганцю до 121,2 мг/кг.

Основними критеріями екологічної небезпеки у кластерах є сумарний показник забруднення, площа вилучених земель і максимальна глибина вибоїн [16] (рис. 1).

У кожному кластері виявлені аномальні значення:

1) klaster 1: площа вилучених земель – 46,7 тис. га;

2) klaster 2: сумарний показник забруднення наближається до 100;

3) klaster 3: максимальна глибина вибоїн – 324 м.

Головні висновки. Кластерний аналіз показав свою доцільність та ефективність при проведенні комплексного дослідження яружно-балкових систем. Кластерами-маркерами їх формування та розвитку є ландшафтний і ґрунтовий. У кластерах 1, 2, 3 виявлені такі екологічні ризики: забруднення ґрунтів важкими металами із перевищенням ГДК від 3 до 100 разів; утворення вирв глибиною від 85 до 120 м; вилучення родючих земель від 30 до 130 тис. га, відсутність ланок яружно-балкових систем – байраків.

Кластерами-маркерами формування та розвитку яружно-балкових систем виявилися ландшафтний і ґрунтовий. Коефіцієнт еродованості, ємність поглинання ґрунту та важкий гранулометричний склад сприяють збільшенню площі ярів і накопиченню важких металів.

Література

- Белова Н.А., Травлев А.П. Естественные леса и степные почвы. Днепропетровск : ДГУ, 1999. 348 с.
- Бельгард А.Л. Степное лесоведение. Москва : Лесная промышленность, 1971. 336 с.
- Берлянт А.М. Картография : учебник для вузов. Москва : Аспект Пресс, 2002. 336 с.
- Камзіст Ж.С., Шевченко О.Л. Гідрогеологія України : посібник. Київ : ІНКІОС, 2009. 614 с.
- Травлев А.П., Белова Н.А., Боговин А.В., Дубина А.А. Байрачные леса бывшей порожистой части Днепра – составная часть экологической сети юга Украины. *Екологія та ноосферологія*. 2005. Т. 16, № 3-4. С. 75–94.
- ДСТУ 4730:2007 Якість ґрунту. Визначення гранулометричного складу методом піпетки в модифікації Н.А. Качинського. [Чинний від 2008-01-01]. Київ, 2008. 18 с. (Інформація та документація).
- ДСТУ 8345:2015 Якість ґрунту. Методи визначення ємності катіонного обміну. [Чинний від 2017-07-01]. Київ, 2017. 15 с. (Інформація та документація).

8. ДСТУ 7913:2015 Якість ґрунту. Метод визначання рухомих сполук заліза [Чинний від 2016-07-01]. Київ, 2007. 24 с. (Інформація та документація).
9. ДСТУ 4770.1:2007 Качество почвы. Определение содержания подвижных соединений марганца в почве в буферной аммонийно-ацетатной вытяжке с рН 4,8 методом атомноабсорбционной спектроскопии. [Чинний від 2009-01-01]. Київ, 2009. 21 с. (Інформація та документація).
10. Slavin W., Manning D.G., Camrick G. Effect of graphite furnace substrate materials on analysis by furnace atomic absorption spectrometry. *Anal. Chem.*, 1981, vol. 53, № 9, p. 1504–1509. doi: 10.1021/ac00232a047.
11. Степанова М.Д. Микроэлементы в органическом веществе почв. Новосибирск : Наука, 1976. 106 с.
12. Сараненко І.І. Закономірності розповсюдження ярів, балок і байраків у Степовій зоні України. *Геоботанічні, ґрунтові та екологічні дослідження лісових біогеоценозів степової зони: історія, сучасність, перспективи*. Міжнародна науково-практична конференція, присвячена 90-річчю з дня народження чл.-кор. НАН України, професора А.П. Травлєєва. 11 вересня 2019 року. Дніпро : ДНУ ім. Олесь Гончара, 2019. С. 79–81.
13. Зацерковний В.І., Бурачек В.Г., Железняк О.О., Терещенко А.О. Геоінформаційні системи і бази даних : монографія. Кн. 2. Ніжин : НДУ ім. М. Гоголя, 2017. 237 с.
14. Цветкова Н.М., Сараненко І.І., Дубина А.О. Застосування геоінформаційних систем в оцінюванні розвитку яружно-балкової ерозії Степової зони України // Вісник Дніпропетровського університету імені Олесь Гончара. Серія: Біологія. Екологія. 2015. 23(2). С. 197–202.
15. Saranenko I.I. Application experience of agricultural lands productivity improvement methods / I.I. Saranenko // *Polish Journal of Natural Sciences: [czasopismo naukowe / Redaktor naczelny – Małgorzata Woźniak]*. UWM in Olsztyn, 2011. № 26(4). P. 285–292.
16. Харитонов Н.Н. Экологические проблемы функционирования природно-ресурсного цикла по добыче марганцевой руды в Днепропетровской области. *Металлургическая и горнорудная промышленность*. 2006. № 3. С. 110–112.
17. Parnikova I., Vasiluk A. Ukrainian steppes: current state and perspectives for protection. *Annales Universitatis Mariae Curie-Sklodowska. Sectio C.*, 2011. vol. 66, 1. P. 23–37.
18. Viktiga savanner. In: *Sveriges Natur. Mitglidszeitschrift des schwedischen Naturschutzvereins*, Stockholm, September. 2015. № 106-415. S. 16.
19. Цветкова Н.Н. Особенности миграции органо-минеральных веществ и микроэлементов в лесных биogeоценозах степной Украины. Днепропетровск : ДГУ, 2013. 238 с.