

УДК 504.54.05, 504.54:550.424 574.42

№ державної реєстрації 0118U004446

Міністерство освіти і науки України

Херсонський державний університет

вул. Шевченка, 14, м. Івано-Франківськ, 76018. Тел. +380963102636;

e-mail: office@ksu.ks.ua; <http://www.kspu.edu>

ЗАТВЕРДЖУЮ

Ректор Херсонського
державного університету

Олександр СПІВАКОВСЬКИЙ

1 квітня 2024 року



ЗВІТ

ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОЛОГО-ГЕОХІМІЧНОГО СТАНУ ЯРУЖНО-
БАЛКОВИХ СИСТЕМ СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ**

Перший проректор

доктор педагогічних наук, професор

Сергій ОМЕЛЬЧУК

Наукова керівниця НДР

кандидатка біологічних наук, доцентка

Інна САРАНЕНКО

Івано-Франківськ–Херсон

2024

СПИСОК ВИКОНАВЦІВ

Наукова керівниця НДР

кандидатка біологічних наук, доцентка



Інна САРАНЕНКО

РЕФЕРАТ

Звіт про НДР 58 с., 2 табл., 8 рис., 2 формули, 2 дод., 90 джерел.

Ключові слова: яр, балка, байрак, сукцесія, ерозія, засоленість, важкі метали, геохімічний бар'єр, гранулометричний склад, ГІС, кластерний аналіз, геохімічні аномалії.

Науково-дослідну роботу присвячено дослідженню закономірностей розвитку та розповсюдження ярів, балок та байраків – ланок яружно-балкових систем степової зони України як геохімічних бар'єрів.

Об'єкт дослідження: яри, балки, байраки степової зони України.

Предмет дослідження: формування геохімічних бар'єрів на різних стадіях розвитку ярів, балок, байраків.

Мета роботи: проведення дослідження яружно-балкових систем як геохімічних бар'єрів степової зони України та визначення їх екологічного значення.

Завдання:

- аналіз природних умов та визначення чинників яроутворення;
- визначення закономірностей розповсюдження ярів, балок та байраків у степовій зоні України засобами ГІС;
- проведення кластерного аналізу яружно-балкових систем та визначення екологічних ризиків техногенного забруднення ґрунтів у районах видобутку залізних і марганцевих руд;
- визначення особливостей накопичення важких металів у ґрунтах різного гранулометричного складу та формування геохімічних аномалій;
- визначення показників міграції речовин та мікроелементів щодо виявлення геохімічних бар'єрів.

Методи дослідження. За період виконання роботи застосовано державні стандарти та комплексні методичні підходи; проведені польові дослідження. Зразки ґрунту відбиралися у 5-ти кратній повторності по ґрунтовому профілю. Математичну обробку отриманих даних виконували у відповідності до вимог

статистичного аналізу. Концентрацію мікроелементів, у тому числі важких металів (Fe, Mn, Ti, Cr, Cu, Ni, Pb, Cd) у пробах ґрунту визначали методом атомно-абсорбційного спектрального аналізу.

Практична цінність результатів науково-дослідної роботи у визначенні ролі ланок яружно-балкових систем у формуванні екосистеми степу, створенні геохімічних бар'єрів, у збереженні унікальних степових біогеоценозів.

Науковий результат:

1. Створена база геоданих для 483 об'єктів (ярів, балок, байраків);
2. На розвиток яружно-балкових систем впливають: характер підстилаючих горських порід; особливості кліматичних умов; розчленованість рельєфу; густота річкової мережі; рослинний покрив; заліснення; антропогенна діяльність, як вирішальний чинник (80% ярів та балок утворюються у межах орних земель). Поширення ярів та балок територією степу України можна пояснити переважанням лесових порід, які є найбільш схильними до процесів розмивання; посушливим літом з інтенсивними зливами, під час яких випадає більша частина опадів за рік; розчленованістю поверхні; відсутністю деревних рослин, що захищали б схили від ерозії, яка впливає на фізико-хімічні властивості ґрунтів, вміст та міграцію хімічних елементів.
3. Відокремлені інструментами ГІС наступні кластери: зональний; гідрографічно-басейновий; рельєфний; ландшафтний; ґрунтовий. Для визначення взаємозв'язків між об'єктами у просторі розраховані показники для ланок яружно-балкових систем у кожному кластері: абсолютного співвідношення кількості; відносного співвідношення площі.
4. Визначено закономірність розподілу мікроелементів по ґрунтовому профілю ярів, балок, байраків. Виявлені аномальні осередки накопичення важких металів та доведена їх роль як геохімічних бар'єрів.
5. Запропонований та апробований метод кластерного аналізу для прогнозування розвитку яружно-балкових систем з виявленням кластерів-маркерів у районах родовищ залізних і марганцевих руд у межах степової зони України.

ABSTRACT

Report on initiative research work: 58 pages, 2 tables, 8 figures, 2 formulas, 2 appendices, 90 sources.

Key words: gully, beam, bayrak, succession, erosion, salinity, heavy metals, geochemical barrier, granulometry composition of the soil, GIS, cluster analysis, geochemical anomalies.

The research work is devoted to the study of the regularities of the development and distribution of ravines, beams and barracks - links of the ravine-beam systems of the steppe zone of Ukraine as geochemical barriers.

Research object: ravines, gullies, barracks of the steppe zone of Ukraine.

Research subject: the formation of geochemical barriers at different stages of the development of ravines, beams, and barracks.

Purpose of the study: conducting a study of gully-beam systems as geochemical barriers of the steppe zone of Ukraine and determining their ecological significance.

Task:

- analysis of natural conditions and determination of ravine formation factors;
- determination of the regularities of distribution of links of gully systems in the steppe zone of Ukraine by means of GIS;
- conducting a cluster analysis and determining the environmental risks of man-made soil pollution in the areas of iron and manganese ore mining;
- determination of features of accumulation of heavy metals in soils of different granulometry composition and formation of geochemical anomalies;
- determination of indicators of migration of substances and trace elements in relation to the detection of geochemical barriers.

Research methods. During the period of work, state standards and complex methodical approaches to conducting field research were applied. Soil samples were taken in 5-fold repetition according to the soil profile. Mathematical processing of the obtained data was carried out in accordance with the requirements of statistical analysis.

The concentration of trace elements, including heavy metals (Fe, Mn, Ti, Cr, Cu, Ni, Pb, Cd) in soil samples was determined by atomic absorption spectral analysis.

The practical significance of the results of scientific research work in determining the role of gully system in the formation of the steppe, the creation of geochemical barriers, and the preservation of unique steppe biogeocenoses.

Scientific result:

1. A geodata base was created for 483 objects (ravines, gullies, bayraks);
2. The development of gully systems is influenced by: the nature of the underlying rock; peculiarities of climatic conditions; dismemberment of the relief; density of the river network; vegetation cover; reforestation; anthropogenic activity as a decisive factor (80% of ravines and gullies are formed within arable lands). The spread of ravines and gullies in the territory of the steppe of Ukraine can be explained by the predominance of loess rocks, which are most prone to erosion processes; a dry summer with intense downpours, during which the largest amount of precipitation falls in a year; dismemberment of the surface; the absence of woody plants that protect the slopes from erosion, which reduces the indicators of physical and chemical properties of soils, the content and migration of chemical elements.
3. The following clusters are separated by GIS tools: zonal; hydrographic-basin; raised; landscape; soil To determine the relationships between objects in space, indicators were calculated for the links of gully systems in each cluster: the absolute ratio of the number; relative area ratio.
4. The regularity of the distribution of microelements along the soil profile of ravines, gullies, bayraks was determined. Anomalous foci of accumulation of heavy metals were identified and their role as geochemical barriers was proven.
5. The proposed and tested method of cluster analysis for forecasting the development of gully systems with the detection of marker clusters in the areas of iron and manganese ore deposits within the steppe zone of Ukraine.

ЗМІСТ

Вступ.....	8
1. Аналіз природних умов та чинників яроутворення степової зони.....	10
1.1. Гідрокліматичний.....	11
1.2. Рослинний світ.....	13
1.3. Геологічний.....	14
1.4. Геоморфологічний.....	15
1.5. Антропогенний.....	17
Перелік джерел посилання до першого розділу	21
2. Застосування геоінформаційних технологій у моніторингу ерозійних процесів.....	23
2.1. Картографічні методи з використанням геоінформаційних технологій.....	23
2.2. Розповсюдження ярів, балок та байраків у степовій зоні України.....	24
3 Перелік джерел посилання до другого розділу	29
3. Кластерний аналіз екологічного стану ґрунтів залізо-марганцевих родовищ.....	31
3.1. Ґрунтовий покрив залізородних та марганцевих родовищ степової зони України.....	31
3.2. Визначення кластерів яружно-балкових систем.....	33
3.3. Екологічні ризики техногенного забруднення ґрунтів у районі видобутку залізних і марганцевих руд	35
Перелік джерел посилання до третього розділу	40
4. Геохімічні та еколого-геохімічні аномалії	42
4.1. Еколого-геохімічні аномалії	42
4.2. Накопичення важких металів у ґрунтах різного гранулометричного складу.....	44
4.3. Ландшафтно-геохімічні бар'єри.....	47
Перелік джерел посилання до третього розділу	51
Висновки.....	53
Додаток А.....	54
Додаток Б.....	58

ВСТУП

Степова зона України розвивається з третього тисячоліття до н.е., має виключно антропогенне походження і є найбільш освоєною територією держави з орними землями на чорноземах звичайних, чорноземах південних, темно-каштанових та каштанових ґрунтах, що складають 80% земельного фонду (48% ріллі). Площа земель, що знаходиться під ярами сягає близько 85 тис. га.

Науковці Європи виявили ознаки того, що український степовий ландшафт перебуває на межі зникнення. Внаслідок тотального розорення залишилися осередки, що фрагментовано за різним рівнем збереження та багаточисельні яри, балки та байраки. Розораність та надмірне штучне заліснення фактично позбавляють рідкісні види рослин і тварин середовища існування.

Яружно-балкові системи відіграють значну екологічну роль у формуванні екосистеми степу та являють собою місця виходу джерел води на поверхню, збільшуючи при цьому площу еродованих та непридатних до використання ґрунтів. Зміна водного режиму призводить до запуску сукцесійних процесів та створенню відносно стійкої спільноти ярів, балок та байраків із збалансованим обміном речовин при наявності відповідних чинників довкілля.

Перші письмові згадки про яри та балки, як форми рельєфу, знайдені у стародавніх літописах і датовані ще XIV століттям. Еволюційний ряд ерозійних форм описав у 1890 році І.Ф. Леваковський. Запропоновані схеми складають основу минулих і сучасних класифікацій. Найважливіші праці Докучаєва В.В. та його учнів опубліковано у кінці XIX – на початку XX століть. У них уперше висловлено думку про єдність та взаємні переходи процесів утворення всіх ерозійних форм, про яри як початкову стадію розвитку лінійної форми, яка через балки перетворюється на долину річки; з'ясовано, що пухкість підстилаючих порід та глибина річкових долин – основні чинники, що впливають на яроутворення; складені перші карти яружності.

Байраки Південного Сходу України у 1971 році досліджував О.Л. Бельгард та виділив декілька варіантів, у тому числі північні та південні. Стрімкий розвиток інформаційних технологій у третьому тисячолітті відкриває нові можливості моделювання яружно-балкової ерозії, забезпечує швидкість і ефективність генерації вихідних даних та легку оцінку небезпечного землекористування (Woodhouse, 2000; Ranieri, 2002; Smemoe, 2004; An, 2014; Aiello, 2015; Chandramohan, 2015; С.М. Дударець, 2019; M. Oviedo, M. Drescher, J. Deam, 2002)

В умовах сьогодення є необхідність створення зручних систем моніторингу, дослідження чинників яроутворення та обґрунтування методів боротьби з ерозією.

Еколого-геохімічні аномалії – це певне відхилення від норм, властивих для певного району, геохімічного ландшафту, типу ґрунтів, рослин, вод, тваринних організмів. Скупчення високої концентрації хімічних елементів, приурочених до певних типів гірських порід є родовищами та великими природними геохімічними аномаліями.

За особливостями розподілу елементів аномалії можуть бути позитивними або негативними. Перші відрізняються підвищеними концентраціями елементів – індикаторів, а другі – зниженими. Негативним аномаліям в еколого-геохімічному оцінюванні територій поки приділяється вкрай незначна увага, тому, що зазвичай несприятливі еколого-геохімічні умови виникають при забрудненні, тобто збільшенні концентрації певних елементів або їх з'єднань. Негативні техногенні аномалії виникають не тільки при вилуговуванні елементів. Контрастні негативні біогеохімічні аномалії Мо виникають при істотному підвищенні у ґрунтах особливо токсичного у даному випадку елементу – Pb. У районах видобутку залізних та марганцевих руд панують чорноземи звичайні та чорноземи південні.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ПРИРОДНИХ УМОВ ТА ЧИННИКІВ ЯРОУТВОРЕННЯ СТЕПОВОЇ ЗОНИ

Український степ знаходиться південніше лісостепової зони і простягається до Азово-Чорноморського узбережжя та Кримських гір майже на 500 км [6]. З заходу на схід степові ландшафти простягаються від західних кордонів до відрогів Середньоруської височини на відстань майже 1000 км. Степи сучасної України займають площу близько 240 тис. км², що складає приблизно 40% території країни. У цій природній зоні знаходяться Донецька, Луганська, Дніпропетровська, Запорізька, Херсонська, Миколаївська, Одеська області, а також південні частини Харківської та Кіровоградської [17,20].

Для рельєфу характерно широке розповсюдження флювіальних форм, таких як яри і балки, що відрізняє степ серед усіх природних зон України [21,22].

Балка – суха або з тимчасовим водотоком долина з плоским дном, яка з боків має здерновані схили. Є результатом впливу водної ерозії. Довжина балок – від сотень метрів до 20–30 км, глибина від декількох метрів до десятків метрів, ширина до сотень метрів [18].

Яр – глибока, широка й достатньо протяжна крутосхила долина V-подібної форми, яка виникає внаслідок ерозії пухких гірських порід тимчасовими лінійними водотоками під час потужних опадів, танення снігу, льоду чи льодовиків. Залежно від місць формування, яри бувають донними чи бічними. Протяжність ярів складає десятки та сотні метрів, глибина – в середньому 10–20 метрів, а ширина - пересічно 20–50 метрів [23].

Байрак – вологий або сухий яр, балка поросла деревами та чагарниками, здебільшого дубовими лісами (байрачний ліс, байрачна діброва). Часто байраком називають байрачні ліси. Північно-степовий ландшафтний комплекс у поєднанні з деревними та трав'яними біоценозами фактично утворює лісостеповий ландшафт. Байракам характерні ерозійні форми рельєфу північної частини степової та південної частини лісостепової зон в місцевостях з глибоким базисом ерозії,

більшими запасами вологи в донних ґрунтах і прохолоднішим мікрокліматом. Байраки мають розвинені схили [19].

Кінцева стадія розвитку яру – байрак. Відрізняються вони насамперед розмірами (байраки займають більшу площу) та тим, що байраки мають більш пологі схили, які можуть бути задерноваті або вкриті лісом. При зміні кліматичних умов яри можуть переходити в балки (збільшення вологості клімату), балки в яри (збільшення сухості клімату), ті і інші дають початок річковим долинам [3].

Яри, балки та байрак поширені у всіх природних зонах. На процес їх утворення суттєво впливають такі чинники як особливості рельєфу, клімату території, гідрологічні, геологічні, антропогенні та інші чинники [13, 18].

1.1 Гідрокліматичний

У степовій зоні помірно континентальний клімат. Характерними особливостями є найбільша по Україні величина сонячної радіації та найменша зволоженість (від 1,2 до 0,8), що зумовлено піденно-західним розташуванням. Середня температура змінюється з південного заходу на північний схід у січні від -2 до -9°C ; липня – від $+20$ до $+24^{\circ}\text{C}$. Зима короткотривала, малосніжна, холодна. Літо довготривале, жарке, сонячне, посушливе. Весна рання, через різке підвищення температури повітря, волога з ґрунту швидко випаровується. Восени тепло, у другій половині йдуть дощі. Випаровуваність складає 700 - 880 мм за рік на півночі та 900 – 1000 мм на півдні степу [18-20].

На карті кількості опадів [17,18] можна побачити, що їх річні суми становлять від 450 мм на півночі до 350 мм на півдні. Найменша сума опадів зареєстрована у Присивашші – 300 мм на рік, 60–70% опадів припадає на теплий період року і витрачаються вони, насамперед, на випаровування. Але враховуючи їх зливовий характер та сухий ґрунт у цей час, процес яроутворення активізуються саме тоді, коли інтенсивні дощі. Поверхневий стік формується переважно за рахунок талих снігових вод, які дають 70-80% річного стоку. Танення снігу відбувається ще наприкінці зими або на початку весни, тому це не спричинює активізацію яроутворення [20].

Гідрокліматичний чинник належить до активних утворювачів ярів і забезпечують необхідний у періоди злив і весняного сніготанення стік для формування витрат води і швидкостей потоку, що мають відповідну для стадії розвитку яру здатності до ерозії та транспортуванню [16].

На значення зазначених вище показників впливають характер і інтенсивність випадання опадів, температурні параметри повітря і води, фільтраційні властивості ґрунтів та їх стан, особливості рослинного покриву конкретної території та яру, зокрема.

На інтенсивність розвитку ерозійних процесів великий вплив робить ступінь промерзання ґрунтів, від яких нерідко залежить сама можливість впливу талих вод на поверхню – при глибокому промерзанні ґрунту весняний стік не може бути вирішальним, в той час як літні опади викликають значну ерозію ґрунту на цих територіях.

На величину стоку великий вплив мають фільтраційні властивості підстильної поверхні. При високому значенні даного показника, ґрунти швидко фільтрують талі води без утворення інтенсивного стоку. На фільтраційні можливості ґрунту впливає ступінь промерзання ґрунту, його механічний склад, ступінь оструктуреності, хімічний та механічний склад, солонцюватість і зволоженість ґрунту, рельєф поверхні, тваринний і рослинний світ та антропогенне навантаження.

Степова зона України відрізняється незначною густотою річкової мережі, що можна побачити на карті [22]. Пояснюється це недостатністю опадів на цій території. Найбільші річки, що протікають степом є транзитними. До них відносяться: Дунай, Дніпро, Південний Буг, Сіверський Донець, Дністер. У межах цієї природної зони формують свій стік такі річки, як Оріль, Самара, Інгулець, Інгул, Кальміус, Молочна, Берда. Середня густота річкової мережі не перевищує значення в $0,1 \text{ км/км}^2$ [14].

Ріки степової зони відносять до типу річок з розчленованими долинами. Характерним для них є наявність широких долин з пологими схилами, повздовжні похили яких складають від 1 до 10 м/км і зменшуються з витoku до гирла. Такі

умови сприяють утворенню ярів та балок у басейнах річок цього типу. Ріки різних регіонів степової зони мають свої особливості. Наприклад, Донбасу та Приазов'я мають нешироку заплаву, а їх береги вкриті очеретом та чагарниковою рослинністю. Для таких річок характерна наявність великої кількості підпірних споруд. Для півдня степової зони характерна невелика кількість річок, які влітку можуть пересихати [15].

1.2 Рослинний світ

Рослинний світ значно впливає на формування стоку води: влітку створює додаткову шорсткість, зменшуючи швидкість стікання струмочків і розбиваючи сформовані струмені води на безліч дрібних потоків, оберігаючи ґрунтовий покрив від розмиву. Значну роль у захисті ґрунтів від розмиву має суцільність рослинного покриву і обсяг кореневої маси: полеглий травостій і бронююча здатність дернини захищають ґрунти від розмиву, рослинність може стримувати ґрунт, що переміщається разом зі стоками води, тим самим уповільнюючи розвиток яру [13].

Степова зона України відноситься до Євразійської степової області. Для неї характерна трав'яниста степова рослинність, а саме дернинні злаки, такі як ковилла Лессінга, Українська, Зелеського, костриця борозниста, стоколос, келерія, житняк, тонконіг та інші [20,21]. Розповсюдження їх на території степу викликане тим, що життєві форми мають суттєві переваги для існування в умовах несприятливого водопостачання влітку, низьких температур взимку, постійного витоуптування дикими та домашніми копитними тваринами. Їхні бруньки відновлення надійно вкриті численними відмерлими частинами листків, основи дернини значно (до 5-9 см) поглиблені в ґрунт. Щільна дернина степових рослин сприяють накопиченню снігу та вологи разом з дрібноземом, що покращує умови водопостачання. Коренева система більшості степових злаків мичкувата з безліччю дрібних коренів і корневих волосків, що густо пронизують ґрунтову товщу і мають величезну всмоктуючу поверхню. Максимальне число коренів знаходиться у верхньому 50 – сантиметровому (30–20 сантиметровому для сухих та пустельних степів) гумусовому горизонті, але може проходити і нижче на відміну від лугових злаків. Це забезпечує їх виживання в умовах посухи, за рахунок того, що всмоктування

вологи проходить з більшого об'єму ґрунту [2,5]. Такий рослинний покрив є досить стійким до процесів яроутворення та лінійної ерозії, але справа у тому, що природна степова рослинність збереглася тільки у заповідниках: Українському степовому, Луганському, Асканії-Новій, Чорноморському та біосферних. На зміну їй прийшли сільськогосподарські культури, що не володіють необхідними властивостями.

1.3 Геологічний

Докучаєв В.В. вважав, що найважливіший чинник – це пухкість поверхневих гірських порід [10]. Велике значення також має тріщуватість, ступінь вивітрювання, ступінь зчеплення, термічний стан, вологонасичення порід. Найбільш розробленим і використовуваним у даний час методом оцінки схильності літологічних комплексів до розмиваючої дії текучих вод є показник розмиваючої швидкості [13]. Природна стійкість підстилаючих порід, відкладів та ґрунтів по відношенню до розмиву є однією з природних характеристик, що роблять великий вплив на розвиток яружно-балкової ерозії, інтенсивність процесу і морфологічний вигляд ярів. Вапняки, пісковики мають найбільшу стійкість до процесів яроутворення, так як середня розмиваюча швидкість для них становить 3,7 м/с, у той час як піски, супіски та лесси найбільше уражені процесами водної ерозії, так як швидкість поверхневого стоку для цього повинна складати всього 0,7 м/с.

Український степ займає територію таких геоструктур: на заході – *Придобруджинський прогін*; на південному заході і півдні: *Причорноморська западина*, заповнена двокілометровою товщею осадових порід; *Український щит*, який складений дислокованими різновіковими докембрійськими осадово-метаморфічними і магматичними породами; південна частина *Дніпровсько-донецької западини*, в основній частині якої на глибині 10–12 лежить докембрійський фундамент, а сама вона заповнена переважно осадовими відкладами девону (потужністю понад 4000 м), карбону (3700 м), пермі (1900 м), тріасу (450 м), юри (650 м), крейди (650 м); південно-західний схил *Воронезького масиву*, де кристалічні докембрійські породи, які залягають на глибині 970–1500 м, вкриті осадовими відкладами пермського, юрського, крейдового і палеогенового віку; *Донецька складчаста споруда*, утворена дислокованими відкладами девону,

карбону, пермі, частково вкритими антропогеновими відкладами; *Причорноморська група прогинів; Скіфська плита*. Геологічна будова визначає інтенсивність фільтрації води підстилаючими породами. Так, на поверхні, складеній легкопроникними породами, такими як вапняки, піски, базальти та ін, більша частина вологи, що потрапила на неї перейде у підземні води не утворивши поверхневого стоку і зменшить шанси активізації процесів яроутворення [8]. Незважаючи на наявність відкладів різного віку, переважаючими є антропогенні, загалом це лесовидні суглинки, а в межах річкових терас – піски та супіски. Саме таке широке поширення лесових порід визначає характер рельєфоутворюючих процесів взагалом і яроутворення зокрема.

Леси – континентальна ґрунтоутворювальна гірська осадова порода сірувато-жовтого, бурого або червонувато-бурого кольору [8]. Лесові породи відрізняються тим, що різко втрачають міцність структурних зв'язків при зволоженні, що призводить до збільшення інтенсивності процесів водної ерозії. Такі особливості лесів зумовлені в першу чергу їх властивостями: пористістю, просадочністю, наявністю суглинків, карбонатністю, спротивом стискуванню і зсуву, а також схильністю до вертикального відшарування та наявності вертикальних тріщин [10,18].

1.4 Геоморфологічний

На утворення форм лінійної ерозії та інтенсивність розвитку впливає рельєф території. Одним з головних показників рельєфу, який визначає природні передумови для розвитку ярів, є глибина базису ерозії балкових і річкових водозборів. Вона визначає густоту і щільність яружного розчленування, оскільки впливає на швидкість потоків, загальні розміри, форму поздовжнього і поперечного профілів ярів, а також визначає особливості поширення ярів по довжині річкових долин та балок [16]. Глибина базисів ерозії у свою чергу залежить від ступеня розчленованості території більшими ерозійними формами.

Асиметрія схилів часто є причиною того, що яри розвиваються на високому березі річкової долини, у той час як більш пологий берег залишається не пошкодженим процесами яроутворення.

Площі яружних водозборів, що залежать у свою чергу, від густоти долинно-балкового розчленування, визначають обсяги стоку і витрати води та наносів. Значну роль відіграє конфігурація яружного водозбору, оскільки вона визначає ступінь наростання витрат по довжині схилів та транспортуючу здатність потоку [7].

Докучаєв В.В. у своїх роботах 1878 року звернув увагу на важливу роль у розвитку ярів у степовій зоні природних котловин стоку та степових западин. У той час як перші є основними шляхами зосередженого стоку талих і дощових поверхневих вод, зумовлюючи напрям ярів і створюючи сприятливі умови для їх розвитку, другі, навпаки, перешкоджають процесам утворення ярів.

Величезне значення у розвитку ярів має розчленованість території долинно-балочних систем, оскільки саме схилі водозбори на берегах і по долинах річок і балках є основним місцем розвитку яружної ерозії. Для малих річок і балок яри є попередньою ланкою ерозійних систем.

Аналіз густоти долинно-балочних систем у ряді регіонів показав тісний позитивний взаємозв'язок між її ланками, що корегується природними умовами та антропогенним навантаженням. Разом з тим, іноді виявляється і зворотня картина – високий ступінь долинно-балочної розчленованості не супроводжується зростанням густоти яружних систем, а у деяких випадках відзначається її зниження. Це свідчить про те, що існує екстремум розчленованості рельєфу, перевищення якого є неможливим внаслідок недостатньої водності і швидкостей течії потоків.

Гідрографічна мережа на водозборі сприяє розвитку яружної ерозії лише при певній густоті її розчленування і при певному співвідношенні густоти і глибини. Чим рідше ця мережа, тим з більшої площі водозбору концентрується в ній стік поверхневих вод і, отже, тим він інтенсивніше, хоча щільність сучасних розмивів або розгалуженість яру буде при цьому меншою, ніж у випадку з більшою кількістю котловин на водозборі.

Кут нахилу земної поверхні – один з найважливіших морфометричних показників рельєфу, який впливає на інтенсивність розвитку яружної ерозії.

Різниця в інтенсивності процесів розмиву зростає із збільшенням крутизни схилу лише до певних меж. При невеликих ухилах інтенсивність розмиву північних і південних схилів відрізняється майже у чотири рази. Але при ухилах більше 8–10 ця різниця перестає бути помітною, знижуючись під дією інших факторів, що перекривають вплив експозиції схилу.

У степовій та лісостеповій зонах розміри та інтенсивність берегових розмивів змінюються залежно від комбінованого впливу ухилів і довжини схилу. Береговий розмив при характерній довжині схилу у 300–400 м розвивається лише при кутах нахилу не менше 3°. Донний розмив може розвиватися і при менших ухилах. Транспортує здатність потоків і її зміна по довжині схилу значною мірою залежить від характеру сполучення ділянок різної крутизни. При переході від верхніх, більш пологих ділянок, до нижніх більш крутих, відбувається збільшення, як маси стікаючої води, так і швидкості її стікання, що сприяє посиленню розмиву. На прямих схилах наростання витрат відбувається більш рівномірно, швидкості збільшуються лише за рахунок зростання глибин потоків.

На увігнутих схилах потоки нерідко мають найбільшу розмивну здатність у самих верхніх частинах, і у низов'ях схилу акумулюють розмитий матеріал. Форма схилу впливає на морфометрію яру. На прямих схилах яри нагадують промоїни; на слабовипуклих схилах вони представляють собою типові яружні форми з максимальною глибиною у середній частині; на крутих опуклих схилах – поздовжній профіль яру різко відрізняється від профілю схилу, а максимальна його глибина приурочена до створу бровки схилу [13, 16].

Вплив експозиції схилів на розвиток яружної ерозії відображається у розходженні режимів температур і вологості ґрунтів на схилах різного освітлення, які роблять суттєвий вплив, з одного боку, на характер руйнування схилу, з іншого – на закріплення його рослинністю. Схили балок та ярів, звернені на південь і на захід, що нагріваються більше променями сонця, зазвичай крутіше північних і східних [11]. Це можна пояснити тим, що схили південної експозиції швидше звільняються від снігу, швидше і сильніше нагріваються, просушуються і розтріскуються, що полегшує їх розмив і ускладнює закріплення рослин.

Внаслідок цього більш активно проявляється яружна ерозія. Велике значення для виникнення та розвитку ярів має характер рослинності на схилах різної експозиції, її тип і видовий склад. Ці показники змінюють протиерозійну стійкість ґрунтового покриву і впливають на стік води [13].

Рельєф степової зони рівнинний, неоднорідний. Займає такі елементи: Причорноморську низовину, абсолютні висоти якої не перевищують 40 метрів; південну частину Придніпровської, яка представляє собою слабовхвилясту поверхню з майже вирівняними межиріччями. Середня висота у межах степової зони не перевищує 170–180 м; південну частину Подільської височини; Приазовську низовину; Приазовську височину, абсолютні висоти яких становлять 200–300 метрів; Донецька височина з абсолютною висотою – 200–300 метрів [21].

Враховуючи ці данні, можна сказати що у рельєфі степової зони спостерігається чергування височин та низовин. Такі закономірності сприяють поширенню процесів яроутворення [16]. На ці процеси впливає загальна розчленованість рельєфу. На карті [17] видно, що найбільший її коефіцієнт характерний для західних, північних та східних областей степової зони України. Якщо порівняти ці данні з даними по яружності цих територій, то можна простежити чітку залежність: зі збільшенням розчленованості рельєфу підвищується рівень яружності.

1.5 Антропогенний

Розорювання схилів різко змінює всі фактори, що визначають інтенсивність яроутворюючого процесу: стійкість ґрунтів до розмиву, обсяг стоку з водозбору, швидкості схилового стікання і т.д. У результаті оранки природна рослинність на великих просторах знищується, а молодий однорічний покрив культурних рослин за масою і зв'язністю кореневих систем має значно меншу протиерозійну стійкість.

Зменшується стійкість до розмиву ґрунту і при його обробці. У результаті подрібнення ґрунтових агрегатів, найдрібніші струмені води здатні відокремлювати частинки один від одного і переносити такий матеріал. Через знесення снігу з позбавлених рослинності полів глибина промерзання

збільшується, а внаслідок руйнування структури ґрунтів промерзання стає злитим. Все це призводить до збільшення коефіцієнта стоку.

На розораних ділянках стічна вода легко прокладає собі шлях. Ще менше перешкод стік зустрічає на пару або зябу, тобто за інших рівних умов швидкість стікання на ріллі завжди більше, ніж на цілині. Найбільшу небезпеку представляє виникнення на ріллі додаткових місцевих ухилів, які сприяють концентрації стоку, наприклад, в орних борознах, спрямованих вздовж схилу. Завдяки цьому витрати і швидкість окремих потоків вниз по схилу досягають значних величин.

Непрямым чином розвиток землеробства впливає на розподіл пасовищної ерозії, яка викликається ослабленням дернового покриву випасом худоби. У міру оранки території та відтискування скотарства в балки і заплави річок збільшується навантаження на круті схили балок і долин, що сприяє розвитку ерозійних процесів. Стежки для худоби, нерідко покривають схили густою мережею, сприяють концентрації стоку і часто служать осередками лінійної ерозії [13]. Також осередками лінійної ерозії є польові дороги, траси трубопроводів, схили залізничних насипів. Безпосередніми причинами появи ярів можуть бути вириті, а потім залишені без нагляду стічні та дренажні канали, вигрібні ями, видобуток будівельних матеріалів у дрібних кар'єрах, порушення дернового покриву в результаті підготовки будівельних робіт і т.п. [16].

Степова зона належить до найосвоєніших територій України. До причин знищення природних ландшафтів можна віднести і розвиток гірничодобувної промисловості на сході цієї природної зони, і створення великих водосховищ на Дніпрі, але найбільшого впливу територія степу нашої держави зазнає у результаті сільськогосподарської діяльності. Відсоток розораних земель на півдні України складає 75% [6, 20, 21]. Це сприяє збільшенню інтенсивності процесів лінійної ерозії ґрунтів [1]. А при посушливому кліматі, необхідності зрошування земель, що збільшує поверхневий стік, та зливовому характері опадів, яроутворюючі процеси тут стають дуже серйозною проблемою [13].

Якщо поглянути на карту розораності території України [17] та зіставити данні по яружності території, стає очевидно, що фактор розораності території є одним із найголовніших серед факторів, що сприяють поширенню ярів та балок на

теренах нашої держави.

Розповсюдження ярів, балок та байраків викликано несприятливими природними умовами та діяльністю людини: переважання лесових та піщаних порід, найбільш схильних до розмивання поверхневими стоками; наявність чергування висот; нахилу поверхні; низький показник лісистості – 3%; зливовий характер опадів у теплий період року; 75% розораності земель прискорює розвиток лінійної ерозії та збільшує площу поверхневого стоку внаслідок зрошування.

Потрібно зазначити, що тривале зрошення спричинює низку екологічних проблем. Головна з них - це вторинне засолення ґрунтів, що виникає за надмірного зрошення і високого рівня ґрунтових вод. Проводячи широкі меліоративні роботи в степу, необхідно враховувати, що новоутворення ґрунтових вод тут відбувається значно швидше, ніж, скажімо, в напівпустелях і пустелях. Приблизно за 10 років рівень ґрунтових вод може досягти критичного стану (1,5–2,5 м від поверхні), спричиняючи засолення. Цей процес посилюється в Україні ще й тому, що південні чорноземи і каштанові ґрунти мають підвищену солонцюватість і лужність на глибині 0,5–1 м, їх зрошення вимагає особливої обережності. Деякі вчені наполягають на тому, що б їх зрошувати лише в надто посушливі роки, оскільки це призводить до сильного ущільнення ґрунтів на глибині 20–60 см, погіршуються їхні водно-фізичні властивості, зменшується насиченість киснем до 10 %, а вміст вуглекислоти зростає до 1,5–2,7 %.

Утворення ярів та балок є природним процесом, зумовленим характером підстилаючих порід, кліматом, рослинністю, рельєфом, річковою мережею, а людина своєю діяльністю може його підсилювати, змінюючи показники водного стоку, знищуючи рослинний покрив, розорюючи землі тощо [7].

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО ПЕРШОГО РОЗДІЛУ

1. Аналіз ґрунтово – ерозійних процесів в Україні з використанням даних дистанційного зондування Землі. *Вісник Національної академії наук України*. 2017. URL: <http://dspace.nbuiv.gov.ua/handle/123456789/127169> (Дата звернення: 17.06.2023)
2. Балюк С.А., Тімченко Д.О., Гічка М.М. Концепція охорони ґрунтів від ерозії в Україні. *Вісник аграрної науки*. 2009. № 2. С. 5–10.
3. Білова Н.А., Травлєєв А.П. Природні ліси та степові ґрунти. Дніпропетровськ: вид-во ДДУ, 1999. 348 с.
4. Волощук М. Д., Петренко Н.І. Ерозія ґрунтів України: еволюція теорії та практики. К.: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2014. 325 с.
5. Волощук М. Д. Ерозійна деградація чорноземів південно-західної частини України та Республіки Молдова. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. Вип. №4(42). 2016. С. 41–51.
6. Волощук М. Деградаційні процеси та їхній вплив на екологічний стан земельних ресурсів України. *Вісник Львівського університету*. Серія географічна. 2013. Випуск 44. С. 55–61.
7. Гамаюнова В. В., Філіп'єв І. Д., Сидякіна О. В. Сучасний стан та проблеми родючості ґрунтів південного регіону. *Таврійський науковий вісник*. Херсон: Айлант. 2004. Вип. 31. С. 130–136.
8. Геоботанічні, ґрунтові та екологічні дослідження лісових біогеоценозів степової зони: історія, сучасність, перспективи: *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 90-річчю з дня народження чл.-кор. НАН України, д.б.н., проф. А. П. Травлєєва*. Дніпро: Ліра, 2019. 122 с.
9. Геомоделивання водно-ерозійних процесів у басейні річки Дніпро. *Agroecological journal*. 2016. №4. С. 66–75.
10. Гуцуляк В.М. Ландшафтознавство: теорія і практика. Чернівці: Книги - XXI, 2008. 168 с.

11. Експрес-оцінка ерозійно небезпечних ділянок ґрунтового покриву на території України з використанням даних дистанційного зондування Землі з врахуванням кліматичних факторів та рослинності / Лялько В.І. та ін. *Доповіді Національної академії наук України*. 2018. № 3. С. 87–94.
12. Ерозійна деградація ґрунтів України за впливу змін клімату / О. Г. Тараріко, Т. Л. Кучма, Т. В. Ільєнко, О. С. Дем'янюк. *Агроекологічний журнал*. 2017. №1. С. 7–15.
13. Камзіст Ж.С., Шевченко О.Л. Гідрогеологія України: навчальний посібник. Київ: Фірма "ІНКОС", 2009. 614 с.
14. Клименко В.Г. Гідрологія України: навчальний посібник для студентів-географів. Харків: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2010. 124 с.
15. Назаренко І.І., Смага І.С., Польчина С.М., Черлінка В.Р. Землеробство та меліорація. Чернівці: Книги - XXI, 2006. 543 с.
16. Руденко Л.Г. Національний атлас України. К.: ДНВП «Картографія», 2007. 440 с.
17. Саржанов О.А. Геоінформаційні системи. Суми: СНАУ, 2012. 117 с.
18. Балка. Геологічний словник. URL: <https://ksu24.kspu.edu/s/iyTdm> (Дата звернення: 15.04.2023).
19. Байрак. Енциклопедія сучасної України. URL: <https://esu.com.ua/article-41005> (Дата звернення: 15.04.2023).
20. Світличний О.О., Чорний С.Г. Основи ерозієзнавства: Підручник. - Суми: ВТД «Університетська книга», 2007. 266 с.
21. Тарасов В.І. Розвиток яружної ерозії в Степу Північному України/ Агроекологія, радіологія і меліорація. 2016. с. 60–63.
22. Юхновський В.Ю., Дударець С.М., Малюга В.М. Агролісомеліорація: підручник. К.: Кондор-Видавництво, 2012. 372 с.
23. Авотін С.С., Ткаченко Т.Г. Геофізика. Харків, 2021. URL: <https://ksu24.kspu.edu/s/PBn9a> (Дата звернення: 15.04.2023).
24. Thiede R., Sutton T., Düster H., Sutton M. Quantum GIS Training Manual. 2014. 431 p.

РОЗДІЛ 2

ЗАСТОСУВАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У МОНІТОРИНГУ ЕРОЗІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ҐРУНТІВ

Для аналізу причин формування ярів, балок та байраків на території степової зони виникла необхідність створення карти їх розповсюдження у степовій зоні України, з метою моніторингу, визначення динаміки процесів та чинників впливу на них. Для виконання завдання були використані картографічні методи та геоінформаційні системи. Перш ніж перейти до аналізу отриманих результатів потрібно надати коротку характеристику методам картографування, важливості ГІС технологій та обґрунтувати вибір QGIS у якості інструменту для створення карти.

2.1 Картографічні методи з використанням геоінформаційних технологій

З розвитком комп'ютерних технологій при створенні карт почали широко використовувати геоінформаційні системи. Вони являють собою автоматизовані інформаційні системи, що призначені для обробки просторових даних про явища та об'єкти. Для збереження інформації вони використовують бази даних з можливістю обробляти аналітичними засобами, вбудованими у геоінформаційні системи, і вже за допомогою векторних та растрових редакторів отримувати зручний для сприйняття вигляд карт [10].

Завдяки своїм можливостям геоінформаційні системи стали широко використовуватися у багатьох галузях людської діяльності: моніторинг гірничих підприємств, видобування корисних копалин; промислове виробництво, проектування підприємств, проведення розрахунків, аудит, будівельна індустрія, розробка комунікацій; економіка, проведення експертних оцінок, маркетингове планування, менеджмент; адміністративне управління, облік адміністративного

підпорядкування, інформаційне забезпечення виборчих кампаній, консалтинг, управління територіями; екології, вирішення завдань при надзвичайних ситуаціях, екологічний моніторинг, антропогенний вплив, міграція живих тварин, розповсюдження шкідливих речовин [13]; пошук місцезнаходження та маршрутизація.

В процесі виконання роботи використовуємо геінформаційну систему Quantum GIS. Вона багато у чому поступається іншим геоінформаційним системам, що є лідерами на ринку, такими як ArcGis або AutoCad, але Quantum GIS підтримує більшість стандартів у сфері геоінформаційних систем, має достатній функціонал для проведення дослідження [11,16].

Робота над Quantum GIS була розпочата американським геологом Гарі Шерманом (Gary Sherman) у лютому 2002 року. Офіційним проєктом Фонду з відкритого геопросторового програмного забезпечення Open Source Geospatial Foundation (OSGeo) стає у 2007 році Quantum GIS. Працює на Linux, Unix, Mac OSX, Windows і Android, підтримує безліч векторних, растрових форматів, баз даних і має широкі можливості. Починаючи з версії 2.0, що вийшла влітку 2013, команда проєкту відмовилася від використання назви «Quantum GIS» на користь «QGIS». На сьогоднішній день QGIS – це зрілий програмний продукт, який можна порівняти з комерційними аналогами і підтримується міжнародною спільнотою розробників [16].

2.2 Розповсюдження ярів, балок та байраків у степовій зоні України

«Протягом багатьох десятиліть вчені вивчають проблему безлісся степів. Виникали різні гіпотези щодо впливу лісової рослинності на ґрунти у степовій зоні. Як відомо, ще наприкінці XVIII століття виникла ідея підвищення лісистості степової зони, а з 1843 року розпочато степове лісорозведення. Захисне лісорозведення посідає одне з найважливіших місць у системі державних заходів щодо охорони, відтворення та раціонального використання природних ресурсів

країни. Захисні лісонасадження сприяють поліпшенню кліматичних і гідрологічних умов відкритої місцевості, раціональному освоєнню земельних і водних ресурсів, залученню до господарського використання малопродуктивних і непридатних земель, пісків, ярів і балок.

Природні ліси у степу формуються в долинах річок, на пристінах, у балках і ярах вододілів. Байрачні ліси приурочені переважно до еродованих правобережних схилів Дніпра та його припливів, а також до привододільно-балкових ландшафтів вододілів. Байрачні ліси являють собою наукову цінність для вивчення особливостей формування природних лісів, у яких знайшли притулок рідкісні та зникаючі види рослин і тварин, можуть служити еталонами для створення протиерозійних насаджень, а також цінним фондом насіння деревних і чагарникових порід» [Божко, 21, 2007].

Природні ліси Байрачного Степу займають невеликі площі схилів і тальвегів балок (байрачні ліси), заплави (заплавні ліси) і надлугові тераси рік (аренні ліси). Водороздільні простори, як правило, не мають природної лісової рослинності, хоч у багатьох районах ростуть штучно створені ліси та полезахисні лісові насадження. Загальна площа лісів Байрачного степу становить 663 тис. га, в тому числі насадження по ярах, берегах річок і водоймищ – 173 тис. га, ґрунтозахисні ліси – 144 тис, зелені зони – 342 тис, заповідні ліси і пам'ятники природи – 4 тис. га. Полезахисні, інші захисні насадження – 194 тис. га. У лісах Байрачного степу домінують твердолистяні породи, які займають 74,6 % лісовкритої площі: сосняки – 17,6, м'яколистяні – 7,8 %. У байрачних лісах переважають дуб і його супутники – ясен, берест, в'яз, клен гостролистий і польовий, липа, на Правобережжі – граб.

Вологих борів і суборів у степах мало. Насадження сосни у цих умовах трапляються на піщаних і супіщаних ґрунтах лише у пониззях і котловинах. Деревостан у вологому дубово-сосновому суборі двоярусний: перший ярус утворюють сосна з домішкою берези і осики, другий – дуб. Продуктивністю такі насадження належать до II–III бонітетів.

Штучні лісонасадження у степовій зоні не є повноцінними лісами. Такі ліси у літні періоди спеки легко вигорають на досить значних площах і перетворюються на чагарники; офіційно визнано, що соснові ліси степової зони є найбільш

пожежонебезпечною категорією лісів України (пожежа в Олешківському лісгоспі на Херсонщині, за 1 добу знищено 7000 гектарів лісу). Зміни клімату також не сприяють розвитку лісівництва у степу. Сьогодні приживання висаджених дерев у новостворених степових «лісах» зазвичай становить не більше 40 %. Та при цьому всьому ліси на місці останніх степів продовжують насаджувати й сьогодні. Лісонасадження часто здійснюється чужорідними видами – інтродуцентами.

За період виконання НДР знайдено, описано та досліджено 483 об'єкти – ланки яружно-балкових систем (яри, балки, байраки).

Для аналізу використані карти яружності:

- карти розповсюдження ярів та балок, що показують розташування ярів та осередків яружно-балкової ерозії;
- карти густоти яружно-балкової мережі, що відображають відношення сумарної довжини ярів та балок до загальної площі досліджуваної території.

Густота яружно-балкової мережі (N) розраховується за формулою (2.1):

$$N = \frac{L}{S}, \quad (2.1)$$

де L – це сумарна довжина усіх ярів і балок, що знаходяться у водозбірному басейні, км;

S – це площа водозбірного басейну, км².

- карти щільності яружно-балкової мережі, на якій зображені участки по кількості вершин ярів на одиницю площі. Густина ярів (P) розраховується за формулою (2.2):

$$P = \frac{A}{S}, \quad (2.2)$$

де A – кількість яружних вершин, що знаходяться у водозбірному басейні, одиницях;

S – площа водозбірного басейну, км² [12].

За допомогою аналітичних засобів QGIS і використовуючи формулу (2.2)

створено карту щільності яружно-балкової мережі.

Знайдені та розраховані дані імпортовано в QGIS та нанесено на карту розораності території України. За допомогою аналітичних засобів QGIS і розрахунків створено карту щільності яружно-балкових систем, виявлено причини утворення ярів, балок та байраків. Вся інформація: координати, назва, площа, довжина, глибина занесена до бази даних шляхом безпосереднього вводу або імпортуванням з достовірних джерел та GPS-систем. Встановлено координати вершин і ключових точок для побудови конфігурації ярів, балок, байраків; виміряні їх висота, довжина, ширина; обчислена площа [12, 16, 17], визначений вміст заліза у шарі ґрунту 0–50 см; проведено оцінювання розвитку яружно-балкової ерозії. За період спостереження виявлено, що площа кожного яру зростає у середньому на 6,1 м²; висота на 8,25 см; довжина на 33,25 см; ширина на 31,25 см; концентрація Fe знизилась на 31,6 мг/кг. Основними причинами є значні опади й нестійкий трав'яний покрив. Площа балок зростає на 2,1 м²; висота – 4,5 см; довжина – 23,75 см; ширина – 5,0 см; концентрація Fe – практично без змін. Внаслідок того, що деревні рослини стримують розвиток ерозійних процесів і збагачують ґрунти мікроелементами, у байраків спостерігається зменшення висоти на 2,1 см. та зростання концентрації Fe на 31,9 мг/кг, значення інших показників не змінюються.

Виявлені певні осередки скупчення великої кількостей ярів. Перший із них знаходиться між Дніпром та Запоріжжям, що можна пояснити розчленованістю рельєфу річками, що впадають в Каховське водосховище й стиком Придніпровської височини та Причорноморської низовини, розораністю земель 70%. Інший осередок знаходиться на північному сході степової зони з горизонтальною розчленованістю рельєфу та наявністю нахилу поверхні, густою річковою мережею, розораністю земель 65–70%. Осередками високої щільності є Запорізька і Донецька області, де зафіксовано зростання площі ярів на 6,0 м². При періодичності проведення замірів параметрів ярів, балок і байраків отримуємо ряди даних, що описують їх розвиток у часі. Створено базу даних щодо вмісту мікроелементів, у тому числі заліза у шарі ґрунту 0–50 см й особливостей їх

міграції за байрачним профілем з метою проведення досліджень і подальшого використання у процесі розробки необхідних заходів боротьби з яружністю.

За допомогою геоінформаційних технологій можна не лише виявити причини утворення ярів та балок (дод. А), а проводити моніторинг їх кількості і стану, наприклад, наближене зображення Калинової балки (дод. Б). Вся інформація про її характеристики, що може знадобитися дослідникам, занесена до бази даних. При періодичності проведення замірів ярів, балок та байраків будуть отримані ряди даних, що описують їх розвиток в часі. На основі цих результатів робити висновки про необхідність проведення заходів, щодо зупинки розвитку ярів та балок.

За даними моніторингових спостережень та аналізу морфологічних показників ярів, балок, байраків визначено, що ерозійні процеси впливають на фізико-хімічні властивості ґрунтів, вміст і міграцію хімічних елементів. Зниження вмісту заліза в ярах у шарі ґрунту 0–50 см становить 1,5% щорічно, а їх площа зростає на 6,1 м² /рік.

Отже, геоінформаційні системи можна використовувати для вирішення широкого кола проблем, особливо вони корисні в моніторингу процесів ерозії ґрунту, адже вона завдає величезних збитків усім галузям господарства пов'язаним із землекористуванням, а ГІС дають змогу оперативно реагувати на будь які негативні зміни у досліджуваних об'єктах і прогнозувати подальший розвиток яружно-балкової мережі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО ДРУГОГО РОЗДІЛУ

1. Баловсяк Н.В., Григоришин І.А., Кулібаба Л.В. Система управління базами даних Microsoft Access для самостійного вивчення: навчальний посібник. К.: Дакор, КНТ, 2006. 156 с.
2. Балюк С.А., Тімченко Д.О., Гічка М.М. Концепція охорони ґрунтів від ерозії в Україні. *Вісник аграрної науки*. 2009. № 2. с. 5–10.
3. Волощук М. Д. Ерозійна деградація чорноземів південно-західної частини України та Республіки Молдова // *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. Вип. №4(42). 2016. с. 41-51.
4. Геоінформаційні системи в екології: електронний навчальний посібник / Під ред. Є.М. Крижановського. Вінниця: ВНТУ, 2014. 192 с. URL: <http://kruzhan.vk.vntu.edu.ua/file/43c7351f8231fd2232a43306f8c77330.pdf> (Дата звернення: 15.03.2023)
5. Гуцуляк В.М. Ландшафтна екологія. Геохімічний аспект: навчальний посібник. Чернівці: Наші книги, 2010. 312 с.
6. Карти України 2010–2020. URL: <http://geomap.land.kiev.ua/> (Дата звернення: 15.03.2023).
7. Медведєв В.В. Родючість ґрунтів: моніторинг та управління. К.: Урожай, 2012. 248 с.
8. Польовий А.М., Гуцал А.І., Дронова О.О. Ґрунтознавство: підручник. Одеса: Екологія, 2013. 668с.
9. Посудін Ю. І. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища. К.: Світ, 2003. 288 с.
10. Saranenko I.I. Application experience of agricultural lands productivity improvement methods. *Polish Journal of Natural Sciences: czasopismo naukowe*. UWM in Olsztyn, 2011. № 26 (4) P. 285–292.
11. Сараненко І.І. Аналіз стійкості представників роду *Aesculus* L. до забруднення довкілля в умовах міста Херсона. *Екологічні науки*: К.: ДЕА, 2018. №3 (22). С. 53–56. <http://ecoj.dea.kiev.ua/archives/2018/3/12.pdf>

12. Сучасні технології відтворення родючості ґрунтів та підвищення продуктивності агроecosистем / Ю. О. Тараріко, О. О. Іващенко, О. М. Бердніков та ін. К.: Аграрна наука, 2004. 126 с.
13. Стецишин П.О. Основи органічного землеробства. К., Нова Книга, 2011. 312 с.
14. Тлумачний словник з агроґрунтознавства / за ред. М.Л.Лактіонова, Т.М.Лактіонової. Харків, 2008. 320 с.
15. Толгаренко, І В. Особливості розвитку сільськогосподарських земель в мережах Херсонської області. *Фальцфейнівські читання: зб. наук. праць*. Херсон, 2009. С. 374–375.
16. Топольний Ф. П., Гульванський І.М. Моніторинг ґрунтів – наукова основа. *Проблеми моніторингу ґрунтів і сучасні технології відтворення їх родючості*. Вип. 15, т. 1. Кам'янець-Подільський, 2007. С. 24–26.
17. Цветкова Н.М., Сараненко І.І., Дубина А.О. Застосування геоінформаційних систем в оцінюванні розвитку яружно-балкової ерозії степової зони України. *Вісник Дніпропетровського університету. Біологія, екологія*. Вип.23(2). 2015. с. 197–202.
18. Чорна Т.М., Чорний С.Г. Зміна гумусного стану ґрунтів Херсонщини за останні чверть століття: просторовий аналіз. *Актуальні питання розвитку земельної резерви в Україні: стан та перспективи: зб. наук. праць*. Херсон, 2003. С. 184–187.
19. Чорний І.Б. Географія ґрунтів з основами ґрунтознавства: *навч. посіб. для студ. географ. фак. пед. вузів*. К.: Вища школа, 2005. 240 с.
20. Zuen-Sang C., Gend-Jauh L., Jen-Chyi L. Chemical remediation techniques for the soils contaminated with cadmium and lead in Taiwan. *Environmental Restoration of Metals Contaminated Soils* / Ed. I. K. Iskandar. 2000. P. 93–107.
21. Божко К.М. Еколого-біологічна характеристика північного варіанта байрачних лісів південно-східної України. *Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія*. 15(1). 2007. С. 3–8.

РОЗДІЛ 3

КЛАСТЕРНИЙ АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ҐРУНТІВ ЗАЛІЗО-МАРГАНЦЕВИХ РОДОВИЩ

3.1 Ґрунтовий покрив залізорудних та марганцевих родовищ степової зони України

Наша країна має величезні запаси залізних (5%) і марганцевих (20%) руд, налічує 35 родовищ залізних руд осадового і метаморфічного походження з загальним запасом залізної руди 27 млрд. т, тому чорна металургія є перспективною галуззю, а концентрати руди експортуються в інші країни. У Криворізькому залізорудному басейні та Кременчуцькому і Білозерському залізорудних районах зосереджені збагачені залізні руди, у Керченському басейні дещо бідніші. На території Дніпропетровської та Запорізької областей розміщений один з найбільших в світі – Нікопольський марганцевий басейн з загальним запасом руди понад 2 млрд. тон, з середнім вмістом марганцю в окисних рудах – 25–30%. Складається з Нікопольського і Великотокмацького родовищ та рудоносних площ на межиріччі Дніпро – Інгулець.

Розглянемо детальніше родовища, які розташовані у степовій зоні

1. Криворізький залізорудний басейн – головний гірничовидобувний центр і найбільший в Україні басейн з розвіданими запасами збагачених залізних руд – 21 млрд. т., розташований на території Дніпропетровської області на чорноземах звичайних та південних.

2. Білозерський залізорудний район розташований у Запорізькій області, простягається у субмеридіональному напрямку на 65 км, при ширині 5–20 км. У геологічній будові району беруть участь метаморфізовані осадово-вулканогенні породи архею, які містять пласти залізистих кварцитів потужністю від 60 до 250 м, які простежуються по простяганню на декілька кілометрів і по падінню більше ніж

на 1500 м. До залізистих кварцитів приурочені поклади багатих залізних руд потужністю до 100 м.

На території родовища працює Запорізький залізорудний комбінат, що видобуває 3 млн. т залізної руди, яка не потребує збагачення. Запаси розвіданих залізних руд складають – 0,7 млрд. т, з вмістом заліза 60,6%, з них 40% мартенівських руд. На півдні Донецької та Запорізької областей розташований Приазовський залізорудний район загальною площею 360 км² та загальними запасами залізних руд 3,5 млрд.т і являють собою першочергову резервну базу чорної металургії України. З приазовських руд можна отримати залізорудний концентрат з вмістом заліза 69–72%. Родовища залізних руд сформувалися у нихньопротерозойський і архейський періоди, кора вивітрювання залізисто-кременистої формації [8–10].

3. Нікопольський марганцевий басейн відкритий у 1883 р. з промисловою розробкою у 1886 р., знаходиться на півдні України у Запорізькій та Дніпропетровській областях, включає Нікопольський та Великотокмацький марганцеворудний район з потужністю рудоносного пласта 1,5–5 м, глибиною залягання 15–140 м, запасами руди – 2,1 млрд. т, вмістом мангану від 8 до 34%. Покровський та Марганецький ГЗК видобувають і переробляють марганцеві руди, випускають марганцевий концентрат та агломерат для феросплавних та металургійних заводів.

Нікопольський марганцевий басейн розташований на чорноземах звичайних, які є зональним представником північної частини степової зони України. Вони сформовані під степовим покривом (типчак, ковила, різнотрав'я) на лесах та червоно-бурій глині при недостатньому зволоженні і глибокому рівні залягання ґрунтових вод. Цей тип ґрунту поширений на усіх вододілах, на схилах вододілів та на лесових терасах рік. На червоно-бурих глинах (схили балок) сформувалися чорноземи звичайні, які мають ознаки солонцюватості та менш потужний гумусовий профіль - тому що до складу призматичних карбонатних глин входять легкорозчинні солі, а також розсіяний профіль білозірки в нижній частині [7,18].

Територія Білозерського залізорудного району розташована на чорноземі південному – це зональний представник південної частини України, яка приурочена до Причорноморської низовини. Територіально поширені із заходу від річки Дунай до узбережжя Азовського моря на сході. У цих межах виділені дві агрогрунтові провінції: Азово-Причорноморська та Придунайська [6,7,19].

3.2 Визначення кластерів яружно-балкових систем

Інтенсивна антропогенна діяльність призвела до формування шахтних і кар'єрних ярів. Для їх дослідження та прогнозування розвитку застосовуємо кластерний аналіз. Одним з найголовніших завдань є визначення закономірностей розподілу мікроелементів, у тому числі важких металів, по ґрунтовому профілю ярів, балок, байраків для виявлення геохімічних аномалій.

Термін “кластерний аналіз” вперше вжив англійський вчений Р. Тріон в 1939 році, він охоплює 100 різних алгоритмів [3,4]. Можливість та доцільність кластерного аналізу як одного з етапів процедури екологічного оцінювання земельних ділянок обґрунтовується простотою й універсальністю методики його проведення та особливостями складу і змісту отриманих даних. Основним завданням кластеризації земельних ділянок є формування однотипних груп (кластерів).

«Більшість сучасних методів кластеризації запропоновано в 60-ті роки ХХ століття. Цей час характеризується величезною кількістю публікацій. Як найважливіші можна виділити роботи таких авторів: Г. Болла і Д. Холла, Дж. Мак-Кіна – щодо методу К-середніх; Р. Сокала і Дж. Снитсья, Г. Ланса і У. Вільямса, Н. Джардайн і Р. Сібсон – щодо ієрархічних процедур; Дж. Роджесу і Т. Танімото, Е.М. Бравермана, А.А. Дорофеюк, І.Б. Мучника – щодо процедур типу послідовного формування кластерів і діагоналізації; В.М. Йолкіної, Н.Г. Загоруйко – щодо еталонних алгоритмів й деякі інші дослідження. Ці та багато інших авторів сформували математичну базу для застосування кластерних методів у різних галузях науки» [Глаголева, Берко, 1, с. 421].

Кластерний аналіз – це розподіл заданої вибірки об'єктів або ситуацій на підмножини – кластери, які складаються з подібних об'єктів або об'єкти істотно відрізняються. Автори Глаголева І.І., Берко А.Ю. у 2014 році узагальнили поняття кластер та кластерний аналіз і довели доцільність його використання для екологічного оцінювання земельних ділянок. «Кластерний аналіз – це багатовимірна статистична процедура, що виконує збір даних, які містять інформацію про вибірку об'єктів, і потім впорядковує об'єкти в порівняно однорідні групи (кластери). Кластер – група елементів, які характеризуються загальною властивістю, головна мета кластерного аналізу – знаходження груп схожих об'єктів у вибірці» [Глаголева, Берко, 1, с. 422].

Кластерний аналіз не вимагає апріорних припущень про набір даних, на відміну від завдань, не обмежує подання досліджуваних об'єктів, дозволяє аналізувати показники інтервальних і бінарних даних. Важливим чинником є те, що змінні вимірюються в порівнянних шкалах.

На рисунку 3.1 наведено узагальнену класифікацію методів кластерного аналізу, придатних для екологічного оцінювання земельних ділянок.



Рис. 3.1 Класифікація методів кластерного аналізу [1]

Сучасні кластерні методи оцінювання, у більшості, належать до групи ієрархічних з можливістю об'єднання об'єктів та подання у вигляді деревоподібної діаграми з покроковим алгоритмом. При кожному кроці кількість кластерів збільшується або зменшується. Обчислюються міри відстаней та визначається подібність об'єктів [1,11].

3.3 Екологічні ризики техногенного забруднення ґрунтів у районах видобутку залізних і марганцевих руд

На території степової зони виділено три основних кластера (рис. 3.2). Розглянемо детальніше кожен з них.

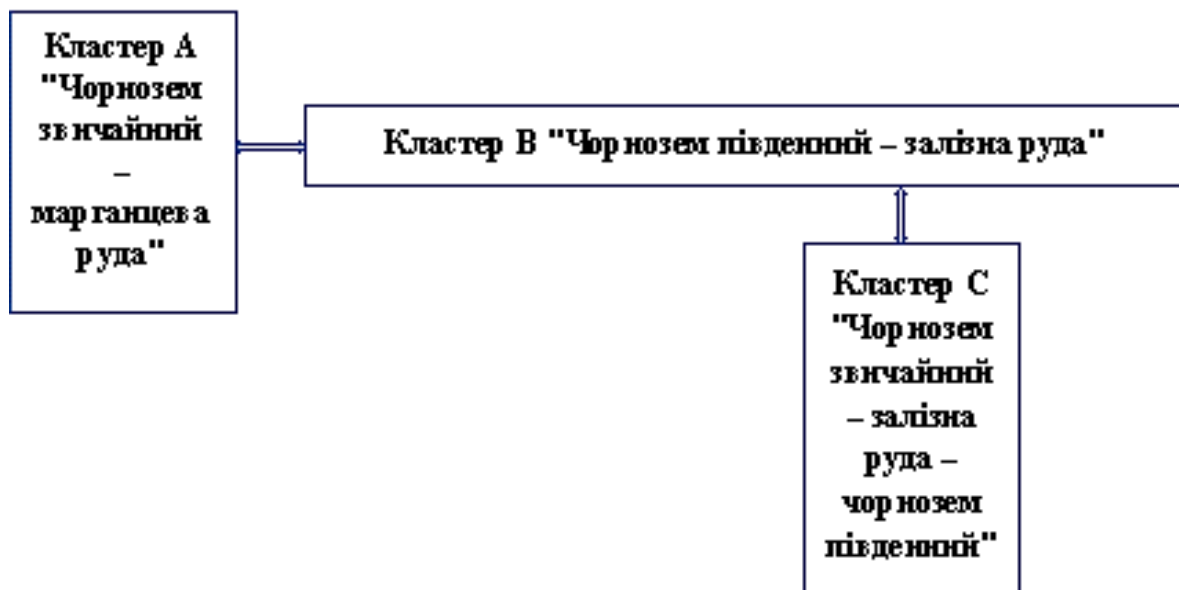


Рис. 3.2 Відокремлення кластерів залізо-марганцевих родовищ степової зони України

1. У Нікопольському марганцеворудному басейні площа рекультивованих земель у районі видобутку марганцевої руди сягнула 9000 га [2-4]. Для такої площі відпрацьованих відвалів гірських порід віком більше ніж 30 років потрібно проводити відновлювальні роботи.

Вивчення хімічного складу розкривних темно-сірих сланцевих глин виявило наявність піриту. Геоботанічне дослідження само заростання темно-сірих сланцевих глин зафіксувало відсутність природної рослинності навіть на 5-й рік перебування цієї породи на земній поверхні [3]. Вміст нікелю, хрому, свинцю, марганцю та заліза у ґрунті в 1,5-3 рази перевищує ГДК. Проведений аналіз спектру дев'яти важких металів виявив зниження концентрації марганцю, свинцю, цинку, міді, заліза, кадмію та хрому з віддаленням від джерела емісії [16,17] (рис. 3.3).

Марганцевий агломерат після очищення, викидається через розсіюючу трубу висотою 100 м у атмосферу повітряним потоком, який містить кремнеземний пил, оксиди азоту, сірчаний ангідрид, оксид вуглецю, бензопірен, оксиди алюмінію, заліза, кальцію, марганець та його сполуки.

Своєчасне проведення робіт по рекультивації земель порушених гірничодобувною промисловістю є необхідною умовою збереження природної рівноваги та якості життя населення районів видобування.

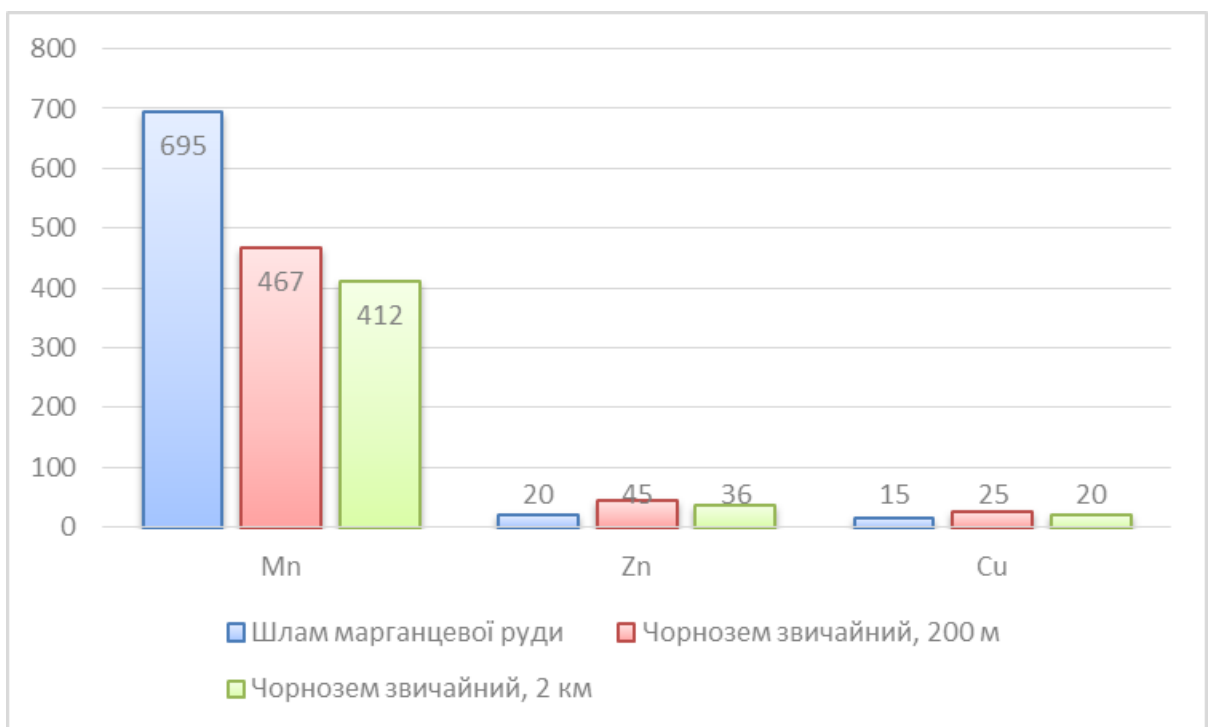


Рис. 3.3 Вміст важких металів у верхньому шарі (0-10 см) шламу марганцевої руди та ґрунту, мг/кг

2. На території Білозерського залізорудного району видобування корисних копалин здійснює ПрАТ «Запорізький залізорудний комбінат», який не має паспорта місця видалення відходів, а ізольований ставок-випаровувач є саме тим місцем, де комбінат здійснює кінцеве розміщення неочищених відходів.

У чорноземі південному вміст поживних речовин знижено в 10 разів, виявлено [18,19] перевищення вмісту кадмію у 100 разів, хлоридів - у 20 разів, цинку - у 10 разів, заліза - у 2 рази, що становить пряму загрозу здоров'ю і життю

людей. Наявні крутосхили (у середньому $1,4-2,0^\circ$) при відносно короткій їх довжині (350-610 м). Значна розчленованість поверхні балками сприяє розвитку водної ерозії: 43,8% змитих сільгоспугідь, 40,9% змитої ріллі [5,6].

За останні 35 років площа еродованих земель збільшилась на 25,2%. На теперішній час водною ерозією охоплено 35,5%, а вітровою – більш ніж 90% площі родючих земель. Постійний шахтний та дренажний водовідливи призвели до утворення депресійної вирви глибиною у центрі 120 м. Забруднення ґрунтів нафтопродуктами призводить до забруднення підземних водоносних горизонтів. Виявлені два значних осередки [6].

Величезні території степу, що призначені для хліборобства і тваринництва вилучені, тому що побудовані шахти, а на чорноземних ґрунтах з'являються гори відвалів, залишилися лише незначні ділянки цілинного степу, але навіть невеличкі недоторкані клаптики являють собою надзвичайну цінність. Сьогодні вони заповідні як невичерпний фонд диких рослин, які можуть слугувати для введення в культуру, створення засухостійких сортів тощо.

3. Діяльність залізорудних підприємств Кривбасу призводить до накопичення в ґрунтах переважно важких металів заліза, цинку, хрому в концентраціях, які інколи перевищують ГДК в кілька разів. Цей факт не може не викликати занепокоєння, тому що накопичення металів в ґрунті призводить до включення їх в харчові ланцюги та геохімічні ланцюги кругообігу хімічних елементів, що з часом може вплинути на вміст цих металів як в продуцентах (рослинах), так і в консументах I, II та вищих рівнів. Крім того, ґрунти напряду контактують з ґрунтовими водами, що неминуче призводить до міграції важких елементів з ґрунту в водоносні горизонти.

Потрібно зазначити, що концентрація важких металів у чорноземі південному при однаковому антропогенному навантаженні вдвічі більша ніж у чорноземі звичайному внаслідок важкого гранулометричного складу. Формуються певні екологічні ризики (рис. 3.4).

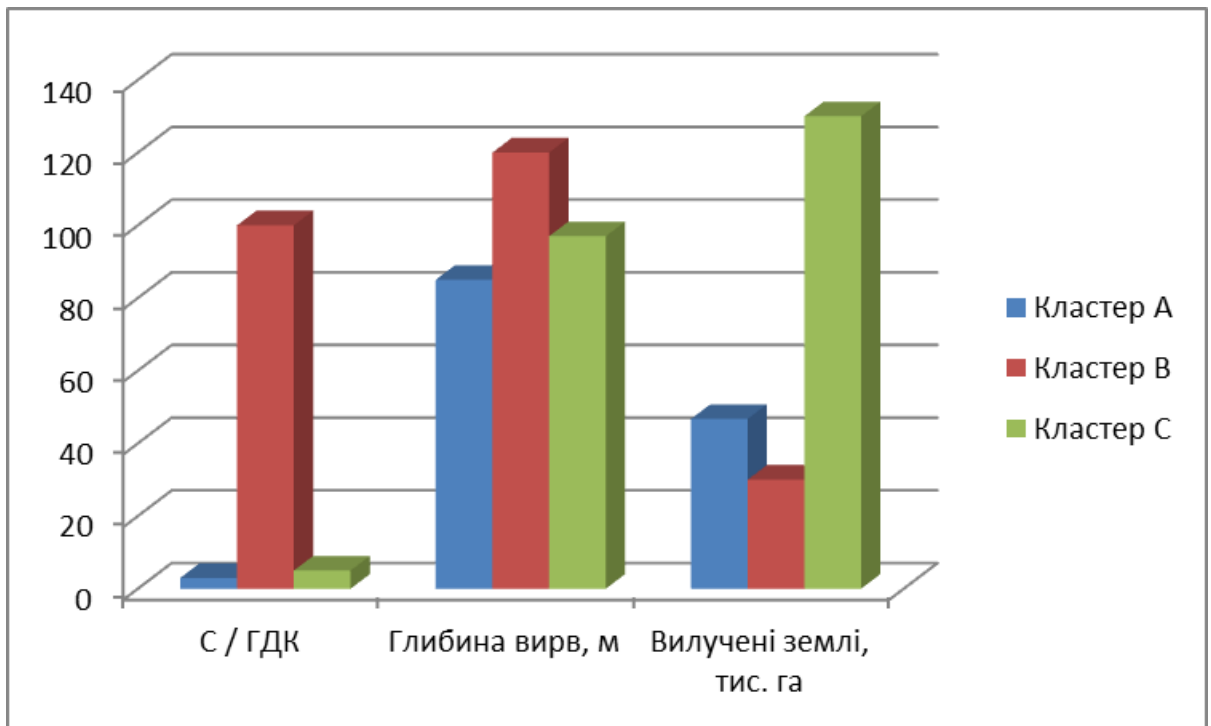


Рис. 3.4 Екологічні ризики за кластерами

Однією з головних проблем, що виникають під час розробки залізних руд є величезні маси розкривних гірських порід, четвертинних відкладів та некондиційних залізних руд, що видобуваються разом з залізними рудами і складають у величезних відвалах. Залізодобувні кар'єри, з яких 9 великих і багато менших, займають загальну площу понад 100 км². Наприклад, площа Ганівського кар'єру (ПнГЗК) – 9,69 км², глибина – 195 м; два діючих кар'єри НКГЗКу мають площу відповідно 2.1 км² і 4.2 км²; кар'єр ЦГЗК має наступні параметри: довжина 4160, ширина 1680, глибина 274 м; кар'єр Південного ГЗК має довжину до 5 км, максимальну ширину -3 км (площа поверхні – 5 км²), глибина 324 м. Заміна верхнього шару ґрунту на більш родючіший, відновлення шару рослинності та інші заходи зможуть відновити землі лише через десятки років.

У результаті кластерного аналізу встановлено, що осередками скупчення яружно-балкових систем є кластери: зональний → у Північностеповій підзоні; гідрографічно-басейновий → у басейнах річки Дон та Північного Причорномор'я; рельєфний → на Причорноморській та Приазовській низовинах; ландшафтний → на придолинно-балковому; ґрунтовий → на чорноземі звичайному. Відокремлена

група та введено поняття «яри засолених ґрунтів», досліджений їх мікроелементний склад і визначені особливості функціонування. Введено поняття «кластер-маркер» екологічних ризиків: накопичення важких металів; розвитку яружно-балкових систем; площі вилучення родючих земель.

Для степової зони України визначені наступні закономірності:

1. площі ярів, балок та байраків співвідносяться як $1:2:1 \rightarrow 3S, \text{км}^2$ (яр + балка) = $1S, \text{км}^2$ (байрак). Таку відповідність має Північностепова підзона у зональному кластері;

2. за кількістю яри, балки та байраки співвідносяться як $1:2:3 \rightarrow 3S, \text{км}^2$ (яр + балка) = $3S, \text{км}^2$ (байрак) $\rightarrow S, \text{км}^2$ (яр + балка) = $S, \text{км}^2$ (байрак). Рівняння знайдено у кластерах: зональному \rightarrow у Північностеповій підзоні; гідрографічно-басейновому \rightarrow у басейні річки Дон; рельєфному \rightarrow на Донецькій та Приазовській височинах; ландшафтному \rightarrow на придолинно-балковому; ґрунтовому \rightarrow на чорноземі звичайному.

Кластерний аналіз, що виконаний засобами ГІС, показав свою доцільність у вивченні яружно-балкових систем [11]. Найбільш інформативними виявилися кластери: зональний, гідрографічно-басейновий та ґрунтовий. Виявлені осередки токсичності та засоленості яружно-балкових систем степової зони України унеможливають сільськогосподарське використання таких ґрунтів та потребують додаткових заходів.

Отже, яри, балки та байраки у степовій зоні явище неоднозначне. Це одночасно функціонуючі осередки природного ландшафту і скорочення корисної площі, небезпека руйнування комунікацій, знищення екосистеми степу, загальне погіршення екологічної ситуації внаслідок акумуляції забруднюючих речовин.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО ТРЕТЬОГО РОЗДІЛУ

1. Глаголева І.І., Берко А.Ю. Застосування кластерного аналізу для опрацювання даних земельного кадастру. 2014. С. 420-429. URL: http://science.lp.edu.ua/sites/default/files/Papers/plugin-47_58.pdf (дата звернення: 14.05.2023).
2. Геомоделювання водно-ерозійних процесів у басейні річки Дніпро. *Agroecological journal*. 2016. №4. С. 66 –75.
3. Експрес-оцінка ерозійно небезпечних ділянок ґрунтового покриву на території України з використанням даних дистанційного зондування Землі з врахуванням кліматичних факторів та рослинності / Лялько В.І. та інші. *Доповіді Національної академії наук України*. 2018. № 3. С. 87–94.
4. Ерозійна деградація ґрунтів України за впливу змін клімату / Тараріко О.Г., Кучма Т.Л., Ільєнко Т.В., Дем'янюк О.С. *Агроекологічний журнал*. 2017. №1. С. 7–15
5. Карти України 2010-2020. URL: <http://geomap.land.kiev.ua/> (дата звернення: 14.04.2023).
6. Ковальчук І.П., Євсюков Т.О. Актуальність та методичні засади дослідження ярів і формування їх кадастру. *Геодезія, картографія і аерофотознімання*. Вип. 77. 2013. с. 13–19
7. Ковальчук І.П., Євсюков Т.О. Проблемні питання та завдання досліджень ярів і лінійної ерозії в Україні. *Моніторинг та охорона земель*. № 3-4'2012. С. 99–108.
8. Концепція охорони ґрунтів від ерозії в Україні / Ситник В.П. та ін. Харків, 2008. 59 с.
9. Лісняк А. А. Вивчення ерозійних процесів у ґрунтах яружно-балкової мережі Митришин Яр за допомогою технології Field-Map. *Вісник ХНАУ. Лісове господарство*. Вип.№ 2, 2013. С.186–190.
10. Лозовіцький П.С. Ґрунтознавство: підручник для екологів. Київ - Житомир, ПП «Рута», 2013. 456 с.
11. Сараненко І.І. Кластерний аналіз яружно-балкових систем районів родовищ залізних і марганцевих руд. *Екологічні науки*: К. : ДЕА, 2020. № 4(31). С. 112-115. DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.4-31.17>

12. Екологічні ризики техногенного забруднення довкілля в районах видобутку марганцевої руди на Дніпропетровщині / Чорна В.І., Грицан Ю.І., Харитонов М.М. URL: <http://eco.com.ua/content/ekologichni-ryzyky-tehnogenogo-zabrudnennya-dovkillya-v-rayonah-vydobutku-margancevoyi-rudy> (дата звернення: 14.05.2023)
13. Корж О.П., Бойко О.П. Зміна показників родючості ґрунтів у запорізькій області в залежності від антропогенного навантаження. *Актуальні питання біології, екології та хімії*. Запоріжжя: ЗНУ, 2016. Том 11, №1.
14. Стецишин М.М., Гришко С.В. Сучасні геоекологічні проблеми ґрунтів Запорізької області. *Географія і туризм*, 2014 С. 269–278.
15. Тарасов В.І. Розвиток яружної ерозії в Степу Північному України. *Агроєкологія, радіологія і меліорація*. 2016. с. 60–63.
16. Тихоненко Д. Г., Горін О.М., Лактіонов М.І. Ґрунтознавство: підручник. К.: Вища освіта, 2005. 703с.
17. Стратегія і тактика сталого розвитку / Шапар А.Г., Ємець М.А., Копач П.І та ін. /за ред. А.Г. Шапара. Дніпропетровськ: Моноліт, 2004. 313 с.
18. Фененко В.І. Методика прогнозування втрат земельних ресурсів при відкритій розробці марганцевих родовищ. *Екологія і природокористування*. Дніпропетровськ: ІППЕ НАНУ, 2004. Вип. 7. С. 111–116.
19. Науково-методичні рекомендації щодо поліпшення екологічного стану земель, порушених гірничими роботами (створення техногенних ландшафтних заказників, екологічних коридорів, відновлення екосистем) / Шапар А.Г. та ін. Дніпропетровськ: Моноліт, 2007. 270 с.
20. Шапарь А.Г., Скрипнік Л.Ф., Бобыр Л.Ф. Активізація самовосстановлення біоценозів деградированих земель Кривбасса. *Вісник Дніпропетровського державного агроуніверситету*. 2005. №1. С.15–18.
21. 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.
22. Duka Y.D, Ilchenko S.I., Kharytonov M.M., Vasylyeva T.L.. Impact of open manganese mines on the health of children dwelling in the surrounding area. *Health Threats Journal* 2011. 4: 7110. p.1–6.

РОЗДІЛ 4

ГЕОХІМІЧНІ ТА ЕКОЛОГО-ГЕОХІМІЧНІ АНОМАЛІЇ

4.1 Еколого-геохімічні аномалії

Одним з найважливіших показників при статистичній обробці даних, що характеризують конкретну еколого-геохімічну систему, є величина аномального вмісту. Саме слово «аномалія» перекладається з грецької як відхилення від норми. В екологічній геохімії аномалією є відхилення від еколого-геохімічних норм, властивих або певному району, або геохімічному ландшафту, або типу ґрунтів, рослин, вод, тваринних організмів і т.д. Власне геохімічною аномалією вважаються ділянки зі значно підвищеним (або зниженим) в порівнянні з фоном вмістом хімічних елементів (їх з'єднань). Самі елементи при цьому можуть перебувати в мінеральній, біогенній, колоїдній, сорбованій або ізоморфній формах, а також у вигляді розчинів і газових сумішей. До геохімічних аномалій відносяться і ділянки з різкими відхиленнями від норми співвідношення двох і більше елементів або ізотопів одного і того ж елемента. Елементи, за вмістом яких виявляються аномалії, зазвичай називають елементами-індикаторами. У ґрунтових металах, що окиснюються (їх сульфідами), зменшується вміст кисню. За негативними аномаліями цих елементів ведуться пошуки родовищ корисних копалин.

Для виявлення аномалій необхідно визначити величину мінімального (максимального) вмісту або верхню і нижню межі звичайного коливання фонового вмісту елементів. Систематизація даних проводиться методами математичної статистики. Для цього дуже важливо правильне об'єднання в одну вибірку певної групи проб. Найчастіше при складанні таких вибірок враховується ландшафтно-геохімічне районування територій. Практика еколого-геохімічних досліджень показала, що часто виникає необхідність виявити аномалії, які ще тільки формуються. Це завдання може бути зведене до виявлення ділянок з істотно підвищеними (зниженими) концентраціями хімічних елементів (їх з'єднань), величини яких ще не досягли вмісту, який визначається за загальноприйнятими

формулами. Для того щоб не пропустити такі «несформовані» аномалії, навмисне занижують (а при негативних аномаліях - завищують) значення аномального вмісту. При цьому для гарантії відсіву проб, в яких підвищені (знижені) концентрації викликані тільки випадковими коливаннями фону, в аномалію можна об'єднати лише ті проби, які відрізняються чітко вираженою кореляцією. Як правило, ми маємо справу з просторовою кореляцією проб, тобто кореляцією точок відбору проб [13,15,17].

Зазвичай для кожної вибірки розраховують фоновий вміст елементів (з'єднань), що цікавлять, і три значення аномального вмісту (для ізолюваних аномальних точок, а також для двох і дев'яти корелюючих точок відбору проб). Потім на картах відбору проб, що обов'язково складаються на ландшафтно-геохімічній основі, проводять по елементне нанесення (кожен елемент на окремій карті). При цьому для виділення позитивних аномалій особливими значками (зручно різними кольорами) виносять тільки ті проби, в яких концентрація елемента, що розглядається дорівнює або перевищує аномальний вміст відповідно: для поодиноких, для двох і для дев'яти корелюючих проб. Після цього проводиться безпосереднє виділення аномалій. Так, кожна проба з концентрацією, яка дорівнює або перевищує аномальну для одиничних проб, заслуговує на увагу. Проби з вмістом, аномальним для двох корелюючих проб, складають аномалію, якщо їх поруч не менше двох або якщо поруч розташована проба з аномальним вмістом для одиничних проб. Проби з вмістом, аномальним для дев'яти корелюючих проб, складають аномалію тільки в тому випадку, якщо їх число (разом з пробами, що мають більш високий вміст) не менше дев'яти. У середині великих аномалій можуть перебувати окремі проби з фоновим вмістом. При необхідності, в межах аномалії ізолініями виділяється аномальний вміст для поодиноких і двох корелюючих проб. При виділенні негативних аномалій наносяться проби з вмістом, які дорівнюють або менше розрахованих аномальних. Подальший механізм виділення аналогічний описаному. Практика показала, що для кожного елемента (сполуки) зручно складати окрему карту, а потім робити одну зведену, на якій крім окремих аномалій різних елементів (з'єднань) слід виділяти аномальні зони. Вони являють собою

ділянки з просторово зближеними аномаліями ряду елементів, утворення яких (аномалій) може бути викликано одними і тими ж причинами. У разі складної ландшафтно-геохімічної будови досліджуваного району, а особливо при істотно змінному антропогенному навантаженню, крім карт аномалій і аномальних зон, доцільна побудова карт фонових концентрацій. Такі карти складаються окремо для кожного елемента. На них кольором позначають різні фонові вмісти, що характеризують різні ландшафти або їх певні частини. Зазвичай виділяється від трьох до п'яти рівнів вмісту. Такі карти наочно відображають основні геохімічні особливості ландшафтів досліджуваного району, дозволяють відразу ж виділити ландшафти з аномально високим вмістом досліджуваних речовин [13,15–17].

4.2 Накопичення важких металів у ґрунтах різного гранулометричного складу

Масштаби техногенного забруднення навколишнього середовища постійно зростають, тому ряд важких металів і токсичних елементів включені в міжнародні та вітчизняні списки забруднюючих речовин, які підлягають контролю.

Важкі метали дуже швидко накопичуються в ґрунтах та повільно виводяться з нього. Період напіврозкладу Zn – 500 років, Cd – 1100 років, Cu – 1500 років, Pb – декілька тис. років. Забруднений ґрунт втрачає чітку структуру та характеризується зменшенням загальної його щільності. Все це призводить до зниження водопроникності, його ущільнення, на поверхні утворюється кірка, погіршується водно-повітряний режим. Важкі метали змінюють фізико-хімічні властивості ґрунту: зростає рухомість глинистої фракції, змінюється рН середовища, зменшується вміст обмінних форм кальцію і магнію, руйнуються новоутворення карбонатів, гідроксидів заліза, збіднюється кількісний склад гумусу, збільшується рухомість гумінових кислот, нагромаджуючись у ґрунті, призводять до пригнічення основних ґрунтових властивостей, що обумовлює деградацію біогеоценотичної функції ґрунтового покриву – родючості. Техногенна акумуляція

цих забруднювачів також впливає на їх вміст у ґрунтових водах, рослинах, тваринах, організмі людини [13–15].

Більшість ґрунтів формується на розсипчастих відкладах, які є продуктами вивітрювання, тобто руйнування, перетворення та перевідкладення початкових щільних порід, і являють собою суміш мінеральних часток різної величини, які називаються механічними елементами. Існують декілька класифікаційних схем, за якими згруповують окремі частинки ґрунту. Широке розповсюдження одержала класифікація механічних елементів за Н. А. Качинським (табл. 4.1). Часточки розміром понад 1 мм називають скелетом ґрунту, а до 1 мм – дрібноземом. Останній, у свою чергу, поділяють на фізичний пісок і фізичну глину. До фізичного піску відносять суму всіх часточок розміром 1–0,01 мм, а часточки менше 0,01 мм – до фізичної глини [10].

Таблиця 4.1 – Класифікація механічних елементів ґрунтоутворних порід [12]

Фракція	Діаметр часток, мм	Склад
Камінці	> 3	Уламки гірських порід
Гравій	3–1	Уламки порід і первинних мінералів
Пісок:		Уламки первинних мінералів: кварцу і польових шпатів
крупний	1–0,5	
середній	0,50–0,25	
Дрібний	0,25–0,05	
Пил:		Уламки первинних мінералів (кварцу і польових шпатів) та слюди
крупний	0,05–0,01	
середній	0,01–0,005	
дрібний	0,005–0,001	Уламки первинних і вторинних мінералів
Мул:		Переважно уламки високодисперсних вторинних мінералів, із первинних – кварц, ортоклаз, мусковіт та ін.
грубий	0,001–0,0005	
тонкий	0,0005–0,0001	
Колоїди:	< 0,0001	Уламки вторинних мінералів

Тверда фаза ґрунту складається з мінеральних і органічних часток різних розмірів та різного хімічного складу. У ґрунті механічні елементи переважно з'єднані у агрегати, в межах яких є найрізноманітніші органо-мінеральні частки. Від співвідношення механічних елементів та їх взаємодії з навколишнім середовищем залежать фізичні властивості ґрунтів (теплопровідність,

водопроникність тощо). Ці фракції обумовлюють також вбирну здатність ґрунту, містять різну кількість поживних речовин і здійснюють великий вплив на опір ґрунту під час обробітку. Гранулометричним складом ґрунту називається відсоткове співвідношення окремих механічних фракцій (піску, пилу, мулу).

За результатами проведеного дослідження, літературних джерел [18,21-23] та картографічних матеріалів [4-6,15,16], виявлені ґрунтові еколого-геохімічні аномалії (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Деякі властивості ґрунтів та еколого-геохімічні аномалії

№ з/п	Підтип ґрунту	Гранулометричний склад	Ємність поглинання, мг-екв/100 г	Ґрунтова еколого-геохімічна аномалія
1.	дерново-підзолисті	глинисто-піщаний	15–18	уранова; титанова
2.	сірі лісові	супіщаний	18–30	титанова; цинкова
3.	чорнозем типовий	крупнопилуватий легкосуглинковий	30–60	титаново-цинково-нікелева
4.	чорнозем звичайний	важкосуглинковий	30–50	залізно-свинцева-цинково-мідна
5.	чорнозем південний	легкоглинистий	35–45	кадмій-марганцева-цинково-залізна

Концентрації елементів перевищують фонові у 10-15 та у сотні разів. Переважна більшість цих елементів є сильними токсикантами. В таких випадках можна говорити про існування екстремальних еколого-геохімічних ситуацій. Літохімічні (ґрунтові) аномалії можуть проявлятися не лише значною зміною вмісту елементів, але й зміною їх форм знаходження. У ряді випадків саме аномалії такого роду є причиною виникнення екологічних загроз. В утворенні гідрогеохімічних ореолів розсіювання в ландшафтній оболонці найактивнішу роль відіграють річкові і ґрунтові води, глибинні води джерел, що промивають родовище, нафтові води в районах нафтових структур, джерела, що виходять на поверхню [20–23].

У результаті проведеного аналізу з'ясовано, що нагромадження мікроелементів, у тому числі важких металів, певною мірою, залежить від властивостей ґрунтів: механічного (гранулометричного) складу і ємності поглинання (вбирання). Чим важче гранулометричний склад і більше значення ємності поглинання, тим вище родючість і тим більше нагромаджується важких металів у ґрунті та формуються еколого-геохімічні аномалії, що погіршують їх властивості.

4.3 Ландшафтно-геохімічні бар'єри

Геохімічні бар'єри – це місця накопичення (високої концентрації) хімічних елементів зі зниженою інтенсивністю міграції у частинах ландшафтно – геохімічних систем – ділянках, де одна геохімічна обстановка змінюється іншою. Такі особливості покладено в основу класифікації. Виділяють два основні типи бар'єрів – природні та техногенні. У свою чергу, і в тих, і в інших виділяють по 3 класи: механічні, фізико-хімічні та біогеохімічні. У ландшафтно-екологічних дослідженнях, так само як і в геохімії ландшафту, найбільша увага приділяється фізико-хімічним бар'єрам [14–17].

Механічний бар'єр є найпростішим і являє собою такі ділянки, що мають різке зменшення механічної міграції. Біогеохімічні бар'єри зменшують інтенсивність біогенної міграції. Родовища вугілля, торф, концентрація елементів у тілах організмів тощо – це наслідки таких процесів. Фізико-хімічні бар'єри виникають у місцях зміни фізичних та хімічних умов міграції елементів. Це ділянки ландшафтів, де різко змінюються температура, тиск, окисно-відновні, лужно-кислотні та інші умови. Фізико-хімічні бар'єри класифікуються на види з нагромадження хімічних елементів. Розрізняють такі основні класи фізико-хімічних бар'єрів: кисневий (окислювальний), сірководневий, глеєвий, лужний, кислий, випарний, сорбційний, термодинамічний, сульфатний, карбонатний [14,15,17].

Механічні бар'єри частіше всього співпадають з сорбційними. На підвищеннях і пониженнях ярів виділені комплексні бар'єри. Механічна міграція зменшує речовини і визначає щільність порід [14–17].

Для визначення наявності геохімічних бар'єрів розраховані показники міграції у сукцесійних ланках яружно-балкових систем для всіх досліджуваних об'єктів. Розглянемо на прикладі яружно-балкової системи на чорноземах звичайних Дніпропетровської та Запорізької областей: яр Крутий, балка Калинова, байрак Глибокий (рис. 4.1–4.4; дод. Б).

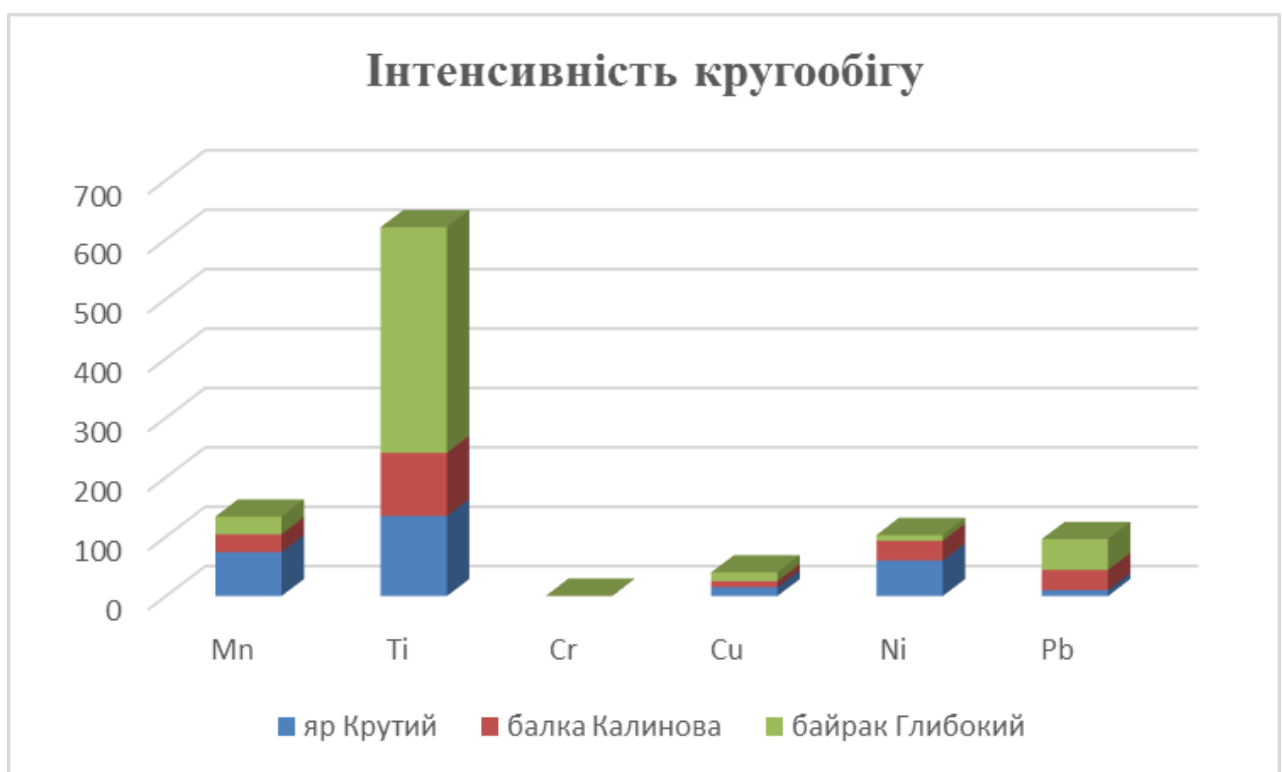


Рис. 4.1 Показники інтенсивності кругообігу мікроелементів у сукцесійних ланках яружно-балкових систем

Кругообіг органо-мінеральних речовин в яру Крутому загальмований (індекс 1,8–2,5, бал VI). Спостерігається застійний кругообіг мікроелементів: марганцю (індекс 70–30, бал II); титану (індекс 106–180, бал I); сильно загальмовані міді (індекс 10–15, бал IV); нікелю (індекс 1–33, бал III–V); свинцю (індекс 10–52, бал II–V); інтенсивний хрома (індекс 0,18–0,27, бал IX).



Рис. 4.2 Показники об'єму циклу мікроелементів у сукцесійних ланках яружно-балкових систем

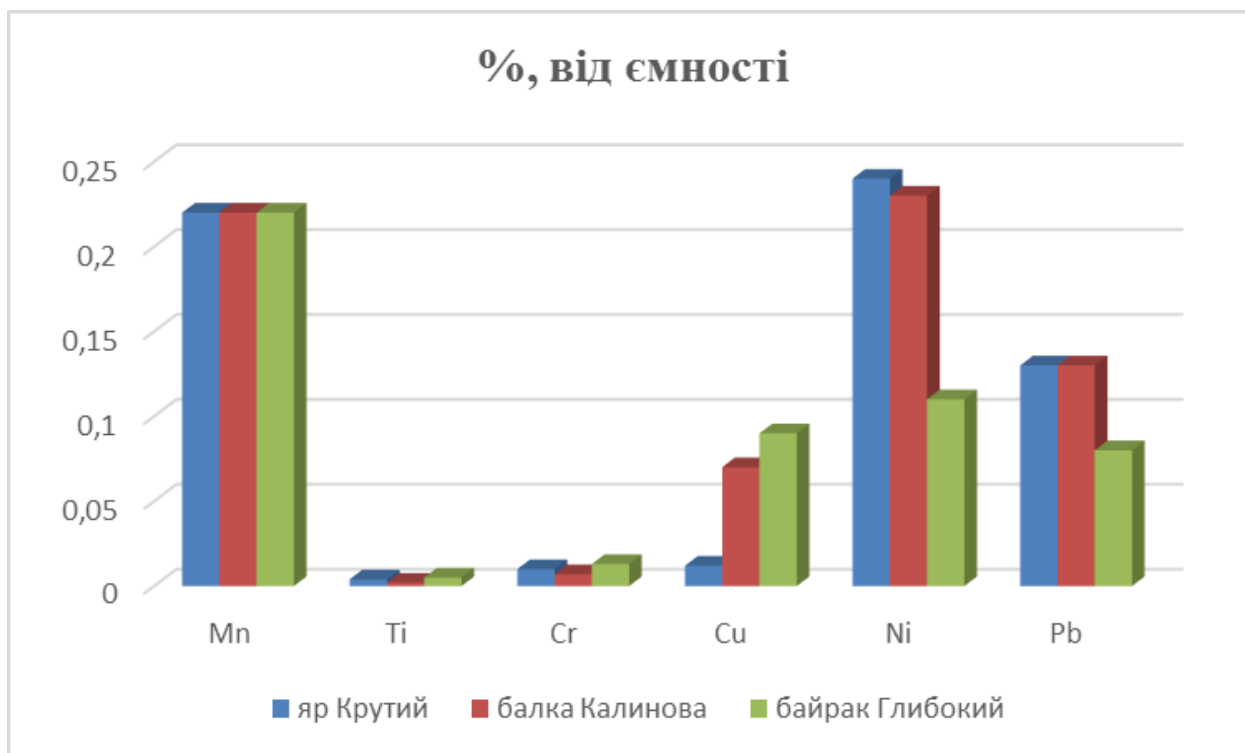


Рис. 4.3 Показники відсотків від ємності кругообігу мікроелементів у сукцесійних ланках яружно-балкових систем



Рис. 4.4 Показники ємності кругообігу мікроелементів у сукцесійних ланках яружно-балкових систем

За об'ємом циклу мікроелементи утворюють низхідний ряд: марганець, титан, нікель, свинець, хром, мідь. Швидкість вивільнення мікроелементів марганцю, хрому, титану, нікелю і міді сягає максимальної величини у байраку Глибокому. Для всіх досліджуваних об'єктів характерний загальмований кругообіг мікроелементів у біогеоценозах ярів та швидке їх вивільнення у БГЦ байраків.

Наприклад, у байраку Глибокому хрому притаманний більш інтенсивний кругообіг (індекс 0,2, бал IX), кругообіг марганцю характеризується як загальмований (індекс 5,0, бал IV) на відміну від яру Крутого, де він застійний. Така закономірність простежується для всіх отриманих значень свинцю, міді, титану, нікелю.

Потрібно зазначити, що у даному прикладі титан має високі показники ємності та інтенсивності на фоні застійного кругообігу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО ЧЕТВЕРТОГО РОЗДІЛУ

1. Гнатенко О.Ф., Капшик М.В, Петренко Л.Р., Вітвицький С.В. Практикум з ґрунтознавства: навч. посібник / за ред. проф. О.Ф. Гнатенка. К., 2002. 230 с.
2. Гнатенко О.Ф., Капшик М.В, Петренко Л.Р. Ґрунтознавство з основами геології: навч. посібник. К: Оранта, 2005. 648 с.
3. Дубина А.О., Сараненко І.І., Розподіл важких металів (Fe, Mn, Cu, Zn, Ni, Pb, Cd) в ґрунтах м. Кременчука /А.О. Дубина, І.І. Сараненко, Н.М. Цветкова // Збірник матеріалів міжнародної конференції «Сучасні проблеми біології, екології та хімії» (29 березня – 1 квітня 2007 року). Запоріжжя: ЗНУ, 2009. С. 466–467.
4. Екологічні карти України. URL: <http://uk.shram.kiev.ua/maps/map-eco/maps-eco-ukraine.shtml> (дата звернення: 16.05.2023).
5. Інтерактивна карта ґрунтів України. URL: <https://superagronom.com/karty/karta-gruntiv-ukrainy> (дата звернення: 16.05.2023).
6. Карти України 2010-2020. URL: <http://geomap.land.kiev.ua/> (дата звернення: 14.05.2023).
7. Крикунов В.Г. Ґрунти та їх родючість. Вища школа, 2013. 287 с.
8. Медведєв В. В. Методологія комплексного обстеження, використання і охорони ґрунтового покриву України. *Проблеми моніторингу ґрунтів і сучасні технології відтворення їх родючості*. Вип. 15, т. 1. Кам'янець-Подільський, 2007. С. 17–21.
9. Медведєв В.В., Плиско І.В. Бонитировка и качественная оценка пахотных земель Украины. Харьков. Изд. КП «Друкарня № 13», 2006. 386 с.
10. Медведєв В.В., Лактионова Т.Н. Гранулометрический состав почв Украины (генетический, экологический и агрономический аспекты). Харьков: Апостроф, 2011. 292 с.
11. Мінеральні ресурси України. URL: <http://minerals-ua.info/metalichni-korisni-kopalini/> (дата звернення: 14.05.2023).
12. Назаренко І.І., Польчина С.М., Нікорич В.А. Ґрунтознавство: підручник. Чернівці, 2003. 400 с.

13. Полупан М.І., Соловей В.Б., Кисіль В.І., Величко В.А. Визначник еколого-генетичного статусу та родючості ґрунтів України: Навч. посібник. К.: Кругообіг, 2005. 304 с.
14. Пастущак Я.І. Поняття про геохімічні та еколого-геохімічні аномалії. Карти геохімічних аномалій, їх побудова. Київ: Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка НАН України. 2018. URL: www.doccity.com (дата звернення: 17.05.2023).
15. Сараненко І.І. Екологічні дослідження лісових культурбіогеоценозів м. Кременчука: монографія. Кременчук: Вид-во ПП Щербатих О.В. 2011. 154 с.
16. Сараненко І.І. Біогеохімічні аномалії накопичення важких металів у ґрунтах промислових центрів (на прикладі м. Кременчук). Ґрунтознавство. Вип. 1–2 (Т.6). 2005. С. 62–66.
17. Цветкова Н.Н. Особенности миграции органо-минеральных веществ и микроэлементов в лесных биогеоценозах степной Украины. Днепропетровск: ДГУ, 2013. 238 с.
18. Шнюков С.Є. Наскрізні акцесорні мінерали в геохімічному моделюванні магматичних процесів. *Збірник наукових праць УкрДГРІ*. 2001. № 1–2. С. 41–53.
19. Шнюков С.Є., Лазарева І.І. Геохімічне моделювання в дослідженні генетичного зв'язку магматичних комплексів та просторово асоціюючих з ними гідротермально-метасоматичних рудних родовищ. *Збірник наукових праць УкрДГРІ*. 2002. № 1.
20. Екологічна геологія: підручник. / За ред. д.г.-м.н. М.М. Коржнева. Київ: ВПЦ «Київський університет». 2005. 257 с.
21. Шнюков С.Є., Гожик А.П. Основи геохімії: навчальний посібник. Київ: КНУ імені Тараса Шевченка, 2011. 245 с.
22. Parnikoza 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.
23. Viktiga savanner. In: *Sveriges Natur. Mitgliedszeitschrift des schwedischen Naturschutzvereins, Stockholm, September. 2015. № 106-415. S. 16.*

ВИСНОВКИ

1. Розповсюдження на території степової зони України ярів та балок викликано переважанням лесових та піщаних порід, які є найбільш схильними до розмивання поверхневими стоками, наявністю чергування висот, що сприяють процесам утворення ярів, нахилами поверхні, відсутністю дерев, які захищають схили від водної ерозії, зливовим характером опадів. Антропогенний чинник – найсуттєвіший при схильності території до процесів лінійної ерозії.

2. За даними моніторингових спостережень, результатами аналізу морфологічних показників ярів, балок та байраків визначено, що ерозійні процеси впливають на фізико-хімічні властивості ґрунтів, вміст марганцю та інших хімічних елементів. Зниження вмісту заліза в ярах у шарі ґрунту 0–50 см становить 1,5% щорічно, а їх площа зростає на $6,1 \text{ м}^2$ /рік.

3. На території степової зони відокремлені наступні кластери: кластер А "Чорнозем звичайний – марганцева руда"; кластер В "Чорнозем південний – залізна руда"; кластер С "Чорнозем звичайний – залізна руда – чорнозем південний". У кластері А вміст важких металів у чорноземі південному перевищує ГДК У 100 разів при глибині вирв у 120 м.

У кожному кластері виявлені наступні 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.

4. На території дослідження виявлені наступні еколого-геохімічні аномалії: уранова, титанова, цинкова, титаново-цинково-нікелева, залізно-свинцева-цинково-мідна, кадмій-марганцево-цинково-залізна. Концентрації елементів можуть перевищувати фонові у 10–15 і до сотні разів. Нагромадження важких металів залежить від властивостей ґрунтів: механічного (гранулометричного) складу і ємності поглинання (вбирання).

5. Для всіх досліджуваних об'єктів характерний застійний або загальмований кругообіг мікроелементів у біогеоценозах ярів та швидке їх вивільнення у БГЦ байраків.

ДОДАТОК А

Наукові публікації за темою ініціативної НДР

1. Цветкова Н.М., Сараненко І.І. Вплив лісового насадження липи дрібнолистої на основні властивості темно-каштанового ґрунту Агробіостанції-ботанічний сад ХДУ. *ScienceRise: Biological Science*. Харків: НВП ПП «Технологічний Центр», 2018. 4 (13). С. 31-35. DOI:10.15587/2519-8025.2018.141295
2. Сараненко І.І. Створення бази даних екологічного стану ґрунтів у Microsoft Access. *Екологічні науки*. К.: ДЕА, 2018. №1 (21). Т. 1. С. 74-80.
3. Сараненко І.І. Географія ґрунтів з основами ґрунтознавства: навчально-методичний посібник (протокол від 27.06. 2018 р. № 13). Херсон: ХДУ, 2018. 55 с.
4. Сараненко І.І. Географічні інформаційні системи і технології в екології. Частина 1. Створення бази екологічних даних у Microsoft Access: навчально-методичний посібник (протокол від 27.06.2018 р. № 13) Херсон: ХДУ, 2018. 61 с. ISBN 978-617-7090-23-5
5. А.с. Сараненко І.І. Географія ґрунтів з основами ґрунтознавства: навчально-методичний посібник до виконання лабораторних робіт та самостійного вивчення для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти усіх форм навчання спеціальностей: 103 – Науки про Землю*; 106 – Географія; 014.07 – Середня освіта (географія) денної та заочної форм навчання. Херсон: ХДУ, 2018. 55 с. №80965 від 15.08.2018.
6. А.с. Сараненко І.І. Географічні інформаційні системи і технології в екології. Частина 1. Створення бази екологічних даних у Microsoft Access: навчально-методичний посібник для здобувачів першого (бакалаврського) рівня усіх форм навчання за спеціальністю 101. Екологія. Херсон: ХДУ, 2018. 61с. №80964 від 15.08.2018.
7. Сараненко І.І., Давидов О.В. Екологія: навчально-методичний посібник для здобувачів ступеня вищої освіти «бакалавр» першого року денної та заочної форм навчання спеціальностей 081 Право та 293 Міжнародне право: навч.-метод.

посібник. Затвердила Вчена рада ХДУ (протокол № 12 від 24.06.2019 р.). Херсон: ХДУ, 2019. 60 с. ISBN 978-617-7090-28-0

8. Сараненко І.І., Дубина А.О. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з ґрунтознавства для здобувачів ступеня вищої освіти «бакалавр» другого року денної та заочної форм навчання спеціальності 101 Екологія. Затвердила Вчена рада ХДУ (протокол № 12 від 24.06.2019 р.) Херсон: ХДУ, 2019. 40 с.

9. Сараненко І.І., Дубина А.О. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з ґрунтознавства для здобувачів ступеня вищої освіти «бакалавр» першого року денної та заочної форм навчання спеціальностей 091 Біологія та 014.05 Середня освіта (Біологія та здоров'я людини). Затвердила Вчена рада ХДУ (протокол № 12 від 24.06. 2019 р.) Херсон: ХДУ, 2019. 36 с.

10. Сараненко І.І. Аналіз стійкості представників роду *Aesculus* L. до забруднення довкілля в умовах міста Херсона. *Екологічні науки*. К.: ДЕА, 2018. №3 (22). С. 53-56.

11. Сараненко І.І. Закономірності розповсюдження ярів, балок та байраків у степовій зоні України. Геоботанічні, ґрунтові та екологічні дослідження лісових біогеоценозів степової зони: історія, сучасність, перспективи. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 90-річчю з дня народження чл.-кор. НАН України, професора А.П. Травлєєва*. м. Дніпро, Україна, 11 вересня 2019 року. Дніпро: ДНУ ім. О. Гончара, 2019. С. 79-81.

12. Saranenko I. I., Yakimenko K.S., Fitio Y.B. Regularities of formation and distribution of gully Erosion in Kherson region. Science, research, development. Zbiór artykułów naukowych recenzowanych. London 30.10.2019- 31.10.2019 Warszawa: Sp. z o.o. «Diamond trading tour», 2019. Str. 28-30.

13. Сараненко І.І. Інструменти маркетингового менеджменту в управлінні екологічними проектами. *Збірник тез доповідей XXIII Міжнародної науково-практичної конференції «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: освіта – наука – виробництво – 2020»* ХНУ ім. В.Н. Каразіна м. Харків, 17-18 грудня 2020 року. С. 91-93.

https://ecology.karazin.ua/wp-content/uploads/2021/02/tezi-hhii_mezhd-konf-2020.pdf#page=91

14. Saranenko I.I., Siharova O.V. Diagnosis of the ecological state of the soil cover of the Dniprovskyi district of Kherson city in field conditions. *Science, research, development #46. Międzynarodowa konferencja naukowo-praktyczna Belgrade. Serbia 30.10.2021-31.10.2021. Warszawa, 2021. P.14-16 ISBN: 978-83-66401-92-1 http://xn--e1aaajfpcds8ay4h.com.ua/files/118_01_xi_2021.pdf*

15. Сараненко І.І. Аналіз солонцеутворення на різних континентах та ґрунтово-біокліматичних поясах: регіональний аспект. Людина та довкілля. *Проблеми неоекології*. Випуск 34. ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2020. С. 172-183. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2020-34-17>

16. Saranenko I.I., Dubina A. O. Analysis of gullying factors on the southern black soils within the steppe zone of Ukraine. *Science, research, development. Krakow № 27 30.03.2020-31.03.2020. PP. 20-21. http://xn--e1aaajfpcds8ay4h.com.ua/files/01_iv_2020_s.pdf* ¶

17. Сараненко І.І. Кластерний аналіз яружно-балкових систем районів родовищ залізних і марганцевих руд. *Екологічні науки: науково-практичний журнал / гол. ред. О.І. Бондар. К.: ДЕА, 2020. № 4(31). С. 112-115. DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.4-31.17> <http://ecoj.dea.kiev.ua/archives/2020/4/19.pdf>*

18. Марукова Олена. Аналіз процесів яроутворення на різних типах ґрунтів українського степу. *Вітчизняна наука на зламі епох: Проблеми та перспективи розвитку: матеріали Всеукр. наук.-практ. інтернет- конф. № 61, 15 травня 2020 р. Переяслав, 2020. С. 13-15. [https://confscience.webnode.com.ua/files/200000107-c2231c2233/%D0%97%D0%B1%D1%96%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA%2061%20\(1\).pdf](https://confscience.webnode.com.ua/files/200000107-c2231c2233/%D0%97%D0%B1%D1%96%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA%2061%20(1).pdf)*

19. Сараненко І.І., Шадуря К.О. Вплив вихлопних газів автотранспорту на генеративні органи представників роду *Асер L. Екологічні науки. К.: ДЕА, 2021. №6 (39). С. 122-126. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.6-39.20>*

20. Saranenko I.I. Experience in using strategic analysis tools in determining the efficiency of agricultural Land use. *Екологічні науки*. К.: ДЕА, 2023. №2 (47). С. 117-124. DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.2-47.19>
21. Сараненко І.І. Реалізація та перспективи екологічно чистих технологій в Україні. *Екологічні науки*. К.: ДЕА, 2023. №5 (50). С. 48-53. DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.5-50.7>
22. Сараненко І.І. Створення реляційної бази геоданих у мобільних пристроях тези збірник тез доповідей за матеріалами Міжнародної науково-практичної конференції «Українська географія у викликах війни» 8-9 червня 2023 року. Херсон, 2023. С. 91-93. URI: <http://ekhsuir.kspu.edu/123456789/18277>

ДОДАТОК Б

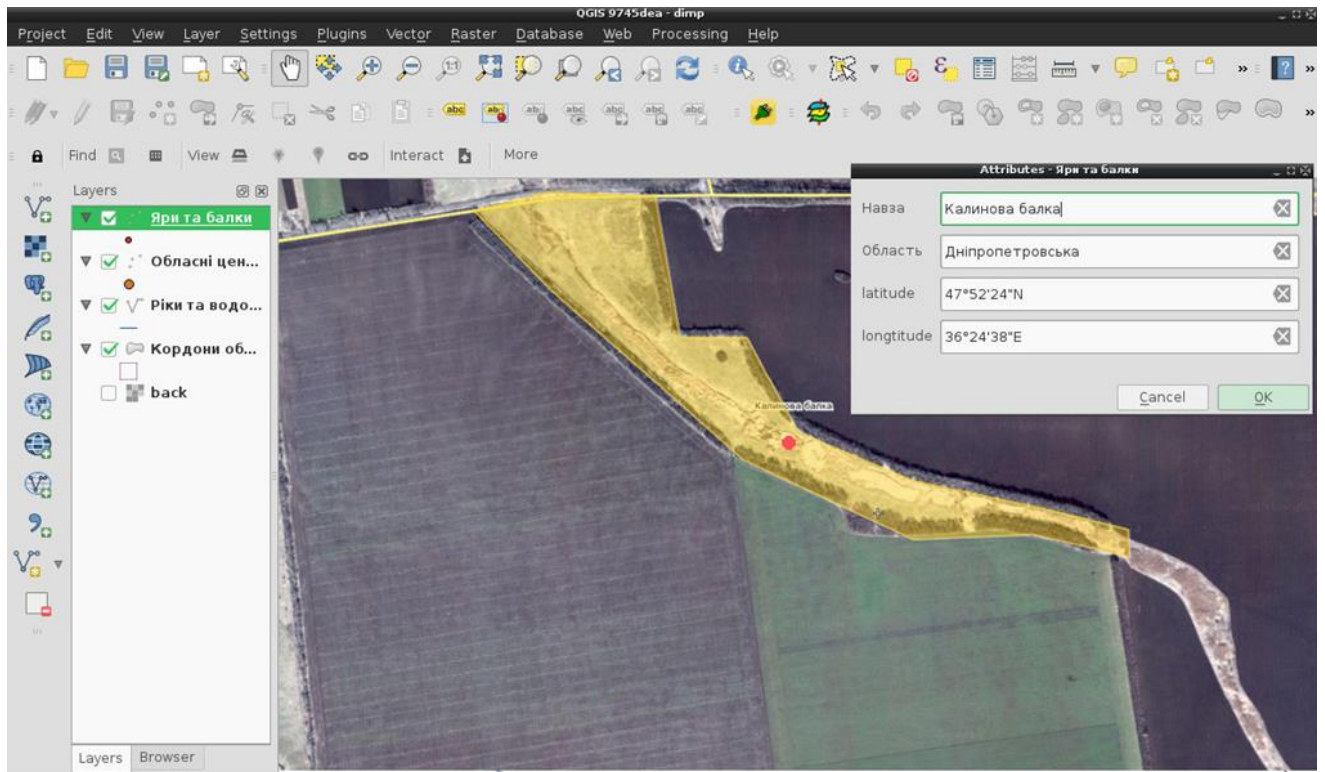


Рис. Б.1 Наближене зображення Калинової балки у QGIS

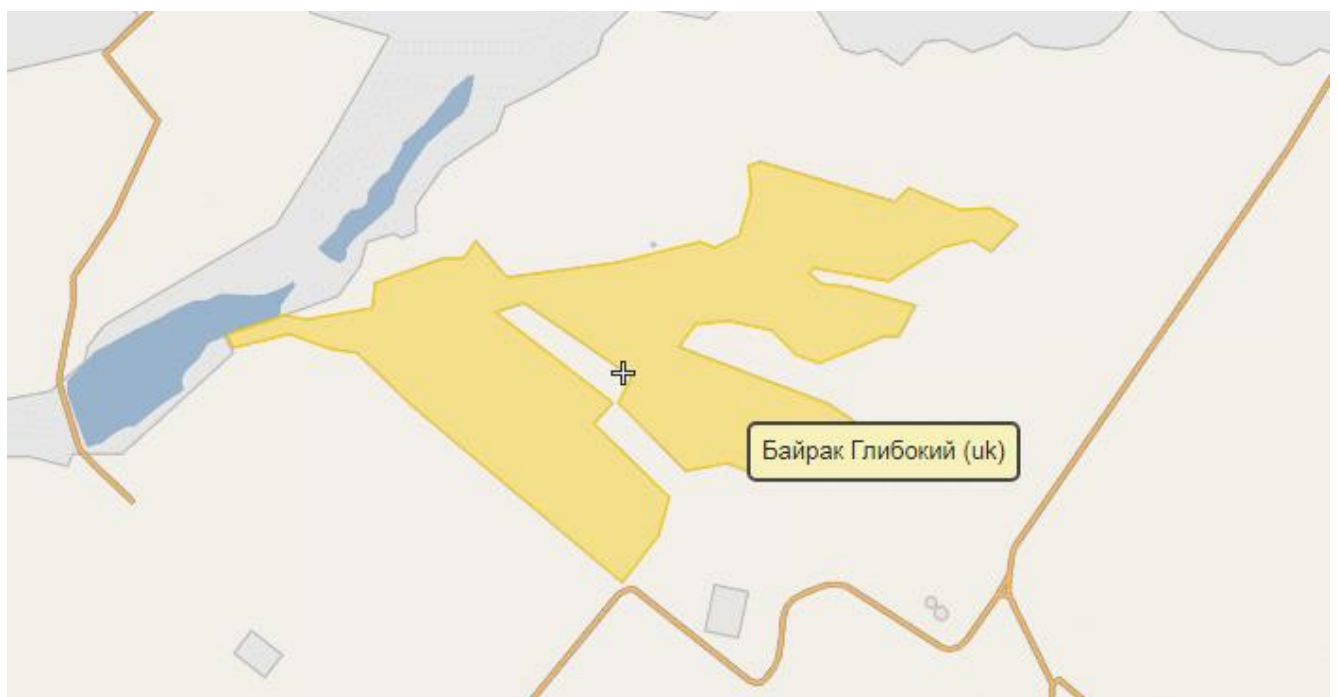


Рис. Б.2 Байрак Глибокий