

ТИПОЛОГІЯ, МОРФОМЕТРІЯ І КІЛЬКІСТЬ ПОРОДНИХ ВІДВАЛІВ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ В УКРАЇНІ

Зубов А.О.¹, Зубов О.Р.

¹Інститут агроєкології і природокористування Національної академії аграрних наук України
вул. Метрологічна, 12, 03143, м. Київ
zuboval195@gmail.com

Актуальність статті обумовлена високим рівнем екологічної небезпеки породних відвалів вугільних шахт для довкілля, яка є характерною як для України, так і всіх інших вугледобувних країн світу. Виходячи з необхідності розробки системи моніторингу небезпечного впливу відвалів, була поставлена мета кількісної та якісної характеристики відвалів в Україні. В результаті використання методичного підходу, що заснований на використанні сервісу Google Earth та запропонованих авторами розрахункових формул, встановлена точна кількість відвалів вугільних шахт у Центральному Донбасі, яка складає 1290. Разом з відвалами Західного Донбасу кількість відвалів в українській частині усього Донецького кам'яновугільного басейну складає 1301 одиницю. З урахуванням Львівсько-Волинського басейну в Україні налічується 1356 відвалів вугільних шахт. Запропоновано новий варіант типізації відвалів за їх формою та розміщення. З урахуванням знайденої кількості відвалів у Східному Донбасі – 306 од., визначена їх кількість у всьому (Великому) Донбасі – 1607 од. Отримано середні значення основних морфометричних показників відвалів – їх висоти, площі та периметру основи, площі бокової поверхні та плоскої верхівки, об'єму, розроблено гістограми розподілу відвалів за цими показниками. Отримані результати сприятимуть більш точній оцінці екологічної небезпеки відвалів та розробці проектів природоохоронних заходів. Апробований методичний підхід до визначення морфометричних показників за космічними знімками та визначення захисної лісистості поверхні відвалів. Встановлено, що лісистість відвалів Центрального Донбасу має вкрай низький рівень, що є дуже актуальною проблемою. Отримано рівняння залежності між показниками, які спрощують їх визначення і можуть бути використані для подальшого дослідження особливостей відвалів як вугледобувних, так і інших гірничих підприємств України, для її районування за рівнями екологічно небезпечного впливу відвалів на елементи ландшафтів та розробки системи моніторингу проявів цього впливу. *Ключові слова:* породний відвал, екологічна небезпека, морфометричні показники, типологія.

Typology, morphometry and quantity of waste heaps of coal mines in Ukraine. Zubov A., Zubov O.

The relevance of the article is due to the high level of environmental hazard of waste heaps of coal mines for the environment, which is typical both for Ukraine and all other coal-mining countries of the world. Based on the need to develop a monitoring system for the hazardous impact of waste heaps, the goal was to quantitatively and qualitatively characterize the dumps of Ukraine. As a result of using a methodical approach based on the use of the Google Earth service and the calculation formulas proposed by the authors, the exact number of heaps of coal mines in the Central Donbass was established, which is 1290. Together with the dumps of the Western Donbass, the number of heaps in the Ukrainian part of the entire Donetsk coal basin is 1301 units. Taking into account the Lviv-Volyn basin in Ukraine, there are 1356 heaps of coal mines. A new variant of typification of dumps according to their shape and location is proposed. Taking into account the found number of heaps in the Eastern Donbass – 306 units, their number in the entire (Greater) Donbass was determined – 1607 units. The average values of the main morphometric indicators of dumps were obtained – their height, area and perimeter of the base, the area of the side surface and flat top, volume, and histograms of the distribution of heaps according to these indicators were developed. The results obtained will contribute to a more accurate assessment of the environmental hazard of dumps and the development of projects for environmental protection measures. A methodical approach to the determination of morphometric indicators from satellite images and the determination of the protective forest cover of the heap surface has been tested. It has been established that the forest cover of dumps in the Central Donbass has a very low level, which is a very urgent problem. An equation of the relationship between the indicators is obtained, which simplifies their determination and can be used for further research of the features of heaps of both coal mining and other mining enterprises in Ukraine, for its zoning according to the levels of the environmentally hazardous impact of heaps on landscape elements and the development of a system for monitoring the manifestations of this influence. *Key words:* waste heap, environmental hazard, morphometric characteristics, typology.

Постановка проблеми. Однією з важливих екологічних проблем в Україні є забруднення довкілля внаслідок діяльності підприємств гірничодобувної промисловості, у тому числі вугільних шахт з їх породними відвалами.

Екологічна небезпека відвалів пов'язана з їх горінням та винесенням в атмосферу твердофазних забруднювачів та небезпечних газів [1]. Небезпека як палаючих, так і всіх інших відвалів пов'язана й з катастрофічною водною ерозією на їх схилах і дуже інтенсивною дефляцією, які супроводжуються

винесенням на прилеглі території величезної кількості токсикантів та їх міграцією на значні відстані. Багато які з відвалів характеризуються зсувними явищами, іноді з катастрофічними наслідками [2].

Проблема зниження небезпеки відвалів може бути вирішена за рахунок використання їх породи при корінній меліорації земної поверхні, в основах автодоріг, як матеріалу для будівництва дамб та виробництва будівельних матеріалів, отримання вісмуту та інших металів. Плоскі відвали можуть бути використані у вітроенергетиці [2]. У Франції конічні

відвали (терири) використовуються як об'єкти туризму. Комплексний – екологічний та політичний ефект має використання території відвалів та шахтних комплексів у проектах міжнародного значення – для вирішення проблеми депонування вуглекислого газу та збереження біорізноманіття шляхом використання їх у регіональних екологічних мережах [2].

За ствердженням авторів [3], «одним із механізмів оптимізації природогосподарювання під час переходу до стійкого розвитку екосоціотехнополісної системи є створення єдиної загальнодержавної системи моніторингу навколишнього природного середовища як складника світової інформаційної екологічної системи».

Основою для створення такої системи моніторингу, а також для розробки проектів з використання відвалів є розробка бази даних з кількості відвалів, особливостей їх форми, розташування, їх параметрів, об'єму та займаної площі.

Актуальність дослідження. Екологічна небезпека відвалів для довкілля та порушена природна рівновага в районах вуглевидобутку є загальносвітовою проблемою, характерною як для України, так і для інших країн з найбільшими запасами вугілля: США; Росії; Китаю; Індії; Австралії та Німеччини, так і всіх інших із 70 країн, що добувають вугілля [4]. Тому розробка системи моніторингу впливу гірничодобувної промисловості на аграрні та природні ландшафти, селітебні території та розробка вищезгаданої бази даних є важливою науковою та прикладною задачею.

Інтенсивність ерозії та дефляції, кількість токсикантів, що надходять у довкілля, багато в чому пов'язані з висотою відвалів, площею поверхні, що еродує або дефлює. А площа, що забруднюється, багато в чому залежить від довжини фронту надходження на неї кислих стоків і продуктів ерозії, тобто визначається периметром основи відвалів. Тому знання кількості та морфометричних показників породних відвалів має велике практичне значення. Параметри відвалів визначають також зручність та економічність їх розробки [5].

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. В різні часи дослідження виконувалися згідно з Держбюджетною темою МОН “Розробка наукових та прикладних основ отримання металів з породи териконів вугільних шахт Донбасу та підвищення екологічної безпеки прилеглої до них території”, тематичним планом ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н.Соколовського», тематичним планом УкрНДІЛГА ім. Г.М. Висоцького на 2020–2024 рр. (НДР «Розробити методику оцінювання меліоративних функцій полезахисних лісових смуг та насаджень, створених на об'єктах лісової рекультивації»).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розглядаючи, перш за все, питання кількості породних відвалів вугільних шахт в Україні, можна

привести відомості з роботи співробітників ВП «УкрНДІпроект» [6], у якій відмічається, що за весь період вуглевидобування в Україні з'явилося понад 1500 відвалів різної місткості, геометричних розмірів, у яких накопичено понад 4 млрд т породи. У роботі [5] повідомляється про кількість відвалів України, що дорівнює 1200. На території Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну налічується 55 відвалів, у тому числі 44 недіючі [7]. У Західному Донбасі (Дніпровській області) розташовані 11 відвалів загальним обсягом 100 млн т, які займають площу 200 га [8].

Кількість відвалів на території Центрального Донбасу за різних джерел інформації відрізняється. За даними Обласного управління екології (2011 р.), на території Луганської області налічується 537 відвалів (зокрема 70 палаючих). За даними ДОД ДК «Укргрунтреструктуризація» на 2010 р. в Донецькій області було 596 шахтних відвалів загальним об'ємом понад 1 млрд м³.

За даними часто цитованої [9], в Донбасі налічується 1257 породних відвалів вугільних шахт. Відповідно до [10] в Донбасі налічується 1185 відвалів, що займають площу 7 тис. га і містять близько 1,7 млрд м³ породи. З них 804 недіючих, 381 діють, 397 відвалів горять. Згідно з [11] у Донецькій області є 582 відвалів вугільних та збагачувальних фабрик, у тому числі 132 палаючих.

При розгляді всього Донецького кам'яновугільного басейну (Великого Донбасу) виникає питання про кількість відвалів у його східній частині – Східному Донбасі (в Ростовській області). Щодо цього питання нам не вдалося отримати достовірні цифри. Так за [12] їх 452 (загальний об'єм 270 млн м³, а площа порушених земель у зв'язку з вуглевидобуванням та вуглезабагаченням – 7 тис. га. У роботі [13] повідомляється про наявність не менше 600 відвалів. Згідно з [14], кількість відвалів у всьому Донбасі дорівнює 1500, їх загальний об'єм та займана площа перевищують 1 млрд м³ та 8000 га.

На підставі аналізу підходів до типізації породних відвалів гірничодобувної промисловості у працях [15–22], В.В. Попович із співавт. у роботі [23] розробив власні підходи до їх типології: за розміром (великі, середні, малі); форми (неправильної та правильної); піддані рекультивації та нерекультивовані; за горінням (ті, що палають, що згасають, згаслі, негорілі); з експлуатації (діючі та недіючі); за ступенем заростання (без фітомеліоративного покриву та з ним); за порушеністю поверхні (з наявністю або відсутністю ерозійних та зсувних деформацій); щодо наявності або відсутності необхідності проведення гірничотехнічного етапу рекультивації.

Аналіз геометричних параметрів понад 650 відвалів вугільних шахт Донецької, Дніпропетровської, Львівської та Волинської областей, виконаний у [5], дозволив встановити, що найбільш поширеною їхньою формою є плоска та конусна (по 38% від

усіх): усічені становлять 24%. Середні значення висот конічних, усічених та плоских відвалів становлять 45, 37 та 36 м; середній об'єм породи у яких – 0,5; 1,1 та 2,1 млн т; середня займана площа – 4,4; 7,6 та 46 га.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Через велику поширеність відвалів в Центральному Донбасі та інші причини точних відомостей з їх кількості нема. Існуючі типізації відвалів за їх формою та параметрами обмежуються лише співвідношенням різних форм, середньою висотою відвалів та площею їх основи, об'ємом. Інші дуже важливі параметри не визначені.

Новизна роботи полягає у визначенні точних показників кількості відвалів Центрального та Східного Донбасу, розподілу їх за висотою, площею плоскої верхівки та відкосів, за периметром основи та її площею; у розробці емпіричних рівнянь зв'язку цих та інших параметрів. Запропоновано новий варіант типології відвалів, дано оцінку залісненості відвалів.

Методологічне або загальнонаукове значення. Методологічне значення мають розроблені підходи до визначення залісненості відкосів та верхівки відвалів. Отримана кількість відвалів різної форми, параметри відвалів та їх залісненість мають як інформаційне, так і прикладне значення, яке полягає у можливості більш точно визначати масу небезпечних речовин, що виносяться з відвалів внаслідок ерозії та дефляції з урахуванням захисної дії рослинності.

Викладення основного матеріалу. Враховуючи значення питання морфометрії відвалів та їх точної кількості у Центральному Донбасі, була поставлена мета кількісної та якісної характеристики відвалів.

Завдання досліджень: 1) визначити кількість відвалів загалом та за їх типами; 2) визначити середні значення висоти відвалів, середні та сумарні значення їх об'єму, займаної площі, площі поверхні в цілому та окремо за елементами поверхні; 3) визначити середні та сумарні значення периметра основи відвалів; 4) встановити розподіл відвалів за інтервалами всіх показників; 5) встановити взаємозв'язок параметрів та оцінити можливість їх непрямого визначення. 6) оцінити залісненість відвалів загалом і за елементами їх поверхні.

Як вихідні дані для характеристики відвалів Донецької області використані дані ДООД «Укрвуглереструктуризація» на 2010 рік. В результаті їх обробки для кожного з 3-х типів відвалів отримані їх кількості в шт. та в %, середні значення їхньої висоти, площі основи, об'єму (табл. 1). Встановлен, що понад 50% відвалів області (314 шт.) мають конічну форму. Площа під відвалами всіх типів – 3533 га, сумарний об'єм – 1,045 млрд м³.

Для Луганської області наші дослідження проводились шляхом аналізу космоснімків за допомогою сервісу Google Earth (Гугл Земля). Аналіз форми відвалів дозволив отримати наступну їх класифікацію (табл. 2).

В результаті прямого підрахунку встановлено загальну кількість відвалів у межах області – 694 од., що перевищує офіційну. Як показано у табл. 3, крім відвалів трьох типів, існують інші види складування відходів, які важко віднести до відвалів: групи виїмок та відвалів, розташованих на їх дні та поруч, названі нами як «відвально-кар'єрні комплекси» (ВКК); групи невисоких плоских відвалів, які розташовані на значній площі, названі нами як «поля», діючі

Таблиця 1

Осереднені показники відвалів Донецької області

Тип відвалу	Кільк.		Висота	Площа основи, га		Об'єм, млн м ³	
	шт	%		середня	сумарна	середній	сумарний
Конічні	314	52,5	48,6	3,8	1170	1,05	318,0
Усіч. конус	102	17,1	44,1	5,21	540	1,53	154,3
Плоскі	180	30,4	35,9	10,4	1828	3,22	573,5
Усього	596	100			3533		1044,8

Таблиця 2

Розроблена класифікація відвалів вугільних шахт

Типи (I–III) та підтипи відвалів		
I. Конічні	II. Усічені конічні	III. Плоскі
а) поодинокі та групи	а) поодинокі та групи	а) насипні одноярусні
б) радіально-розбіжні (з накладенням і без)	б) радіально-розбіжні (з накладенням і без нього)	б) насипні крутосхилі та балкові (яружні)
в) з плато у основи	в) з плато у основи	в) насипні багатоярусні східчасті
	г) переформовані, іноді з спіральним заїздом	г) насипні, поєднані з відстійниками
	д) спарені, із загальною верхівкою (і спіральним заїздом)	д) сформовані з усічених шляхом подальшого зниження та переформування

відстійники продуктів вуглезбагачення (хвостів) та заповнені хвостосховища. ВКК, поля та хвостосховища у сумі становлять 50 од. У сумі з відвалами ці форми зберігання відходів становлять 744, а разом із невизначеними формами, якими є відвали «сумнівні», більш схожі на звалища, виробничі ділянки, білі відвали відходів видобутку та виробництва будматеріалів, їх 766 (табл. 3).

Для більш детального аналізу відвалів області сформовано рендомізовану вибірку з 234 відвалів. Із загальної кількості відвалів (генеральної сукупності), що дорівнює 694, обсяг вибірки становить 33,7%, тобто третину.

Методика робіт. Вимірювання виконувались за допомогою відкритого сервісу Google Earth. Використовуючи його інструменти вимірювали:

- довжину осі L та ширину B_o основи конічних та усічених відвалів;
- довжину та ширину основи плоских відвалів;
- азимут (A) осів від хвостової частини до лобової конічних і усіч. відвалів;
- периметр та площу основи (P та F_o) всіх відвалів;
- периметр та площу плато (p та $F_{пл}$) усічених та плоских відвалів;
- площу лісових насаджень на плато $F_{л.пл}$;
- проекцію обліснених ділянок на відкосах відвалів $F'_{л.відк}$;
- довжину проекцій лобової та двох бічних відкосів конічних та усічених відвалів; чотирьох відкосів плоских відвалів;
- довжину проекції ребра хвостової конічної частини.

Висоту відвалу h визначали двома способами:

- а) як різницю середніх позначок плато та підніжжя відвалів;
- б) по середній довжині укосів l' як добуток $l' \cdot \operatorname{tg} \alpha$, де α – кут укосу ($30-35^\circ$).

Віднімаючи від площі основи F_o площу плато $F_{пл}$ отримували площу проекції відкосів $F'_{відк}$.

Істинну площу відкосів $F_{відк}$ визначали за формулою: $F_{відк} = F'_{відк} / \cos \alpha$.

Об'єм конічних відвалів визначали за формулою конуса: $V = F_{осн} \cdot h_{ср} / 3$; усічених і плоских – за формулою: $V = h \cdot [F_o + F_{пл} + (F_o \cdot F_{пл})^{0.5}] / 3$.

Залісненість відкосів і плато визначали як відношення площі лісу на цих елементах до їх площі.

Осереднені значення параметрів відвалів зведені у табл. 4.

Площа під відвалами вибірки становить 1110 га, об'єм – 173 млн м³. Виходячи з частки вибірки від генеральної сукупності (33,7%), можна припустити, що площа під усіма відвалами в Луганській області та їх об'єм можуть становити відповідно 3294 га та 0,514 млрд м³. Ураховуючи показники, отримані для Донецької обл., можна припустити, що площа під відвалами Центрального Донбасу та їх об'єм складають 6827 га та 1,56 млрд м³.

Оскільки вимірювання площі основи відвалів є складнішим, ніж довжини лінійних елементів, виявлено її залежність від більш простого параметра – довжини осі відвалу L . Високий ступінь зв'язку з нею має і периметр основи.

Найбільш визнаним заходом боротьби з дефляцією та ерозією поверхні відвалів є їхнє заліснення. Тому для оцінки реальної небезпеки відвалів було визначено ступінь їх залісненості. У Донецькій обл., за даними ДП ОК «Укрвуглереструктуризація», є 24 повністю та 10 частково заліснених відвалів.

Визначення залісненості відвалів Луганської області, що увійшли до дослідженої вибірки, показали, що середня площа насаджень на всій поверхні відвалу будь-якого типу не перевищує 1 га і становить 23,6, 21,9 та 18,8% від середньої площі конічних, усічених конічних та плоских відвалів. Доля відвалів, заліснених менш ніж на 10% їх поверхні

Таблиця 3

Складування відходів вугільної промисловості у Луганській області

Типи складування відходів								Всього
Відвали і їх види				Інші				
Конічні	Усічені конічні	Плоскі	Всього	ВКК	Поля	Хвостосховища	Всього	
219/8	289/16*	186	694	18	14	18	50	744

Примітка: * спарені або строєні відвали

Таблиця 4

Осереднені показники вибірки з відвалів Луганської області

Тип відвалу	Кількість		Висота, м	Площа, га				Периметр основи, км	Об'єм, млн м ³
	шт.	%		основи	плато	відкосів	поверхні		
Конічні	76	32,3	47,4	2,87	-	3,50	3,50	0,581	0,552
Усічені конічні	87	37,1	30,5	3,07	0,74	2,85	3,66	0,620	0,606
Плоскі	72	30,6	35,5	8,60	2,99	6,92	9,88	1,161	2,886
Всього (вибірка)	234	100		1110	280	1019	1303	166,9	173,2
Всього (область)	694			3294	830,9	3866	3866	495,25	513,9

дорівнює відповідно 36, 47 і 61% з кількості конічних, усічених і плоских відвалів; менш ніж наполовину поверхні заліснено 87, 85 і 92%; більш ніж на половину відповідно лише 13, 15 та 8% відвалів.

Для більш детальної характеристики відвалів Центрального Донбасу побудовано гістограми їхнього розподілу за інтервалами діапазону зміни кожного з параметрів у відсотках від загальної кількості (рис. 1–3).

Зв'язок висоти конічних, усічених і плоских відвалів Донецької області h (м) та площі їх основи (га) виражається рівняннями:

$$h_k = 32,1 F_o^{0,341}, h_{yc} = 21,73 F_o^{0,441}, h_{пл} = 18,381 F_o^{0,312},$$

(коефіцієнти детермінації R^2 дорівнюють відповідно 0,56; 0,49; 0,38).

Зв'язок об'єму відвалів області V (млн m^3) та їх висоти h (м) виражається рівняннями:

$$V_k = 6 \cdot 10^{-5} h_k^{2,36}, V_{yc} = 0,001 h_{yc}^{1,82}, V_{пл} = 0,001 h_{пл}^{2,03},$$

(коефіцієнти R^2 відповідно дорівнюють 0,67; 0,64; 0,51).

Зв'язок об'єму відвалів V (млн m^3) та площі їх основи F_o (га) виражається рівняннями:

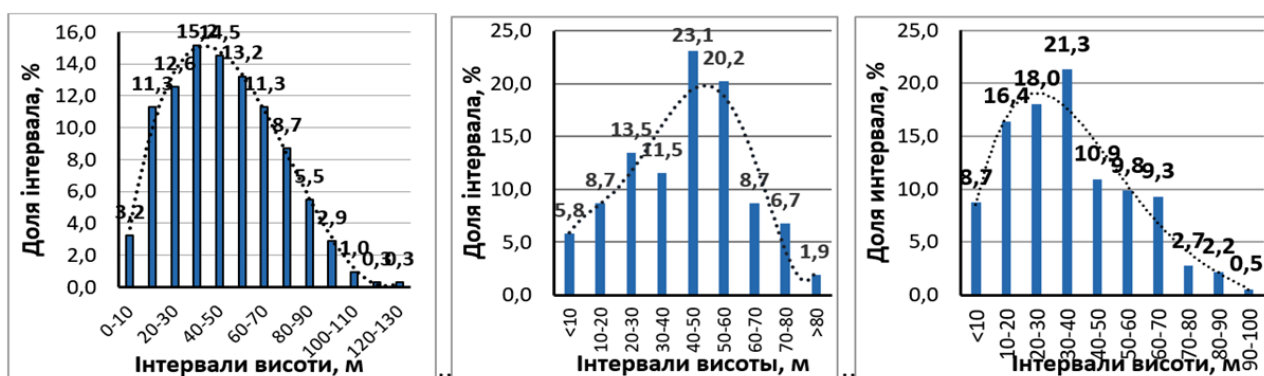


Рис. 1. Розподіл конічних, усічених конічних і плоских відвалів Донецької області (зліва направо) за їх висотою

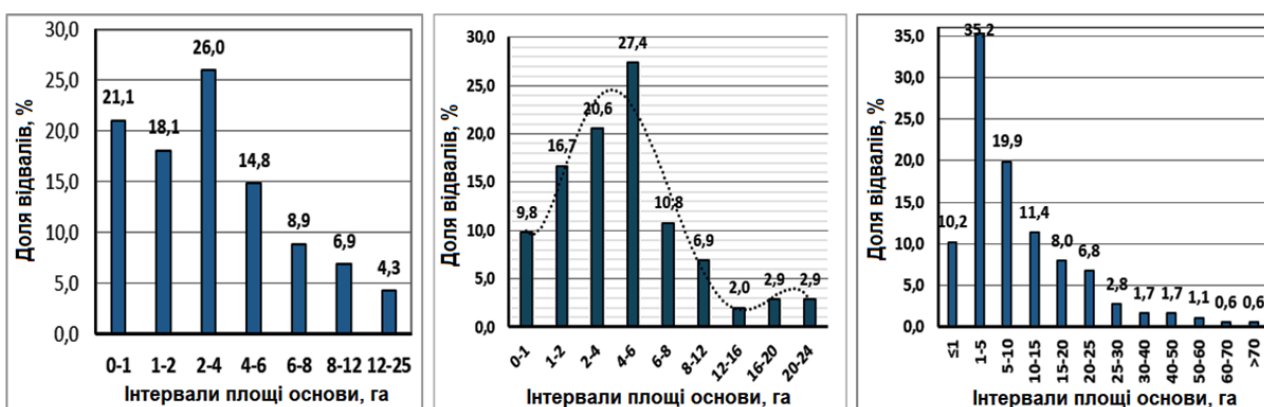


Рис. 2. Розподіл конічних, усічених і плоских відвалів за площею їх основи

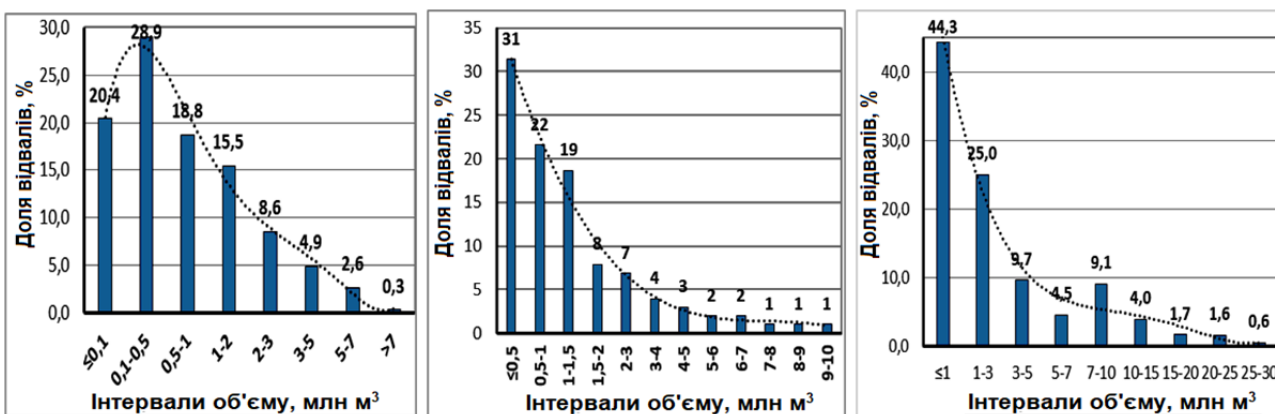


Рис. 3. Розподіл конічних, усічених конічних та плоских відвалів за їх об'ємом

$V_k = 0,162F_o^{1,18}$, $V_{yc} = 0,137F_o^{1,345}$, $V_{пл} = 0,149F_o^{1,183}$,
(коефіцієнти R^2 відповідно дорівнюють 0,80; 0,85; 0,73).

Для характеристики відвалів Луганської області збудовано гістограми розподілу відвалів різних типів за їх показниками (рис. 4–6).

Зв'язок ширини і довжини конічних і усічених відвалів Луганської області h (м) виражається рівняннями прямої: $B_k = 0,743L$, $B_{yc} = 0,725L$, ($R^2 = 0,85$ і $0,72$).

Для конічних, усічених і плоских відвалів середні значення довжини їх осі дорівнюють відповідно 216,5; 227,5 і 419,5 м; ширини осі: 158,5; 166,1 і 269,5 м. Середні значення їх висоти дорівнюють 47,4; 30,5 і 35,5 м.

Зв'язок об'єму плоских відвалів і площі їх основи виражається рівнянням:

$V = 0,088F_o^{1,4}$. Коефіцієнт детерминації $R^2 = 0,86$.

Для оцінки можливості використання відвалів із плоскою вершиною, наприклад у вітроенергетиці, важливо знати її площу. Гістограми розподілу усічених та плоских відвалів за цим параметром представлені на рис. 7. Майже половина усічених відвалів (48,2%) мають плато площею від 0,5 до 3 га. Тільки чверть відвалів (25,4%) характеризуються площею плато понад 1 га, що дозволяє розмістити принаймні одну щоглу з вітрогенератором. Більш високі перспективи для використання мають плоскі

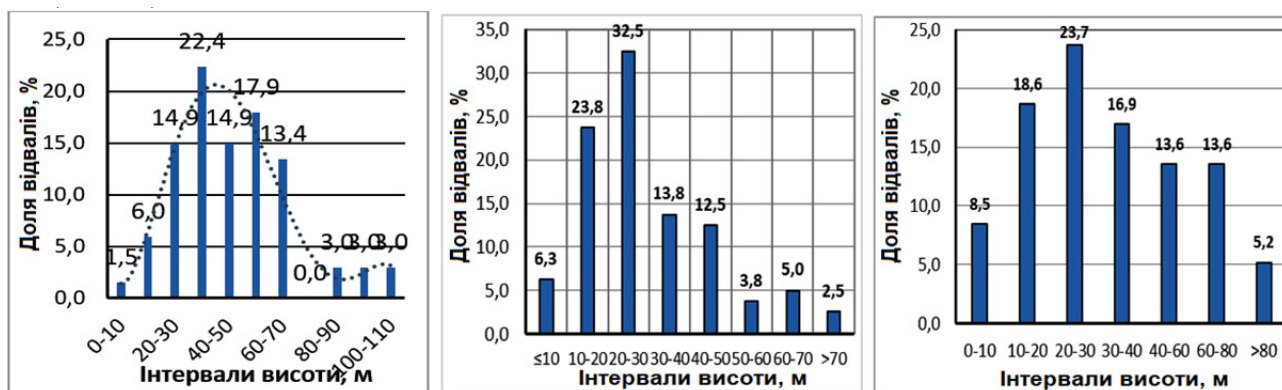


Рис. 4. Розподіл конічних, усічених і плоских відвалів Луганської області (зліва направо) за їх висотою

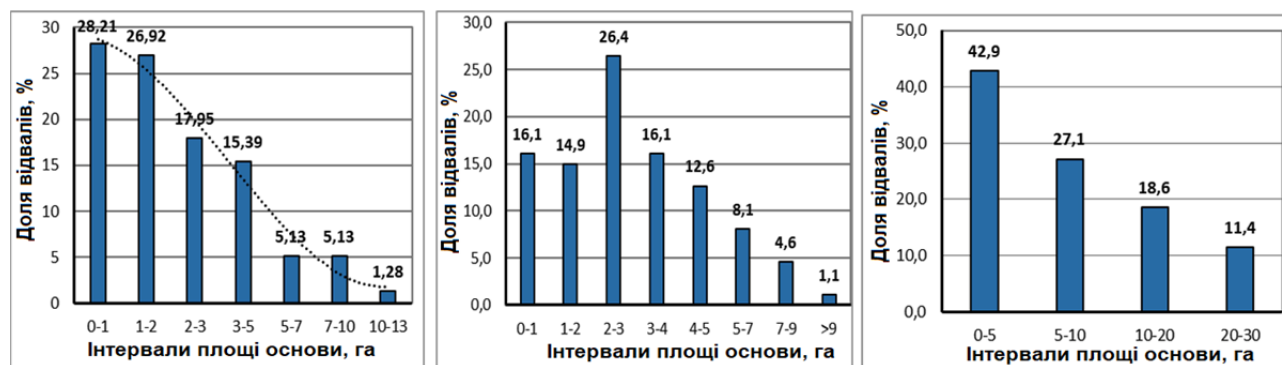


Рис. 5. Розподіл конічних, усічених і плоских відвалів за площею їх основи

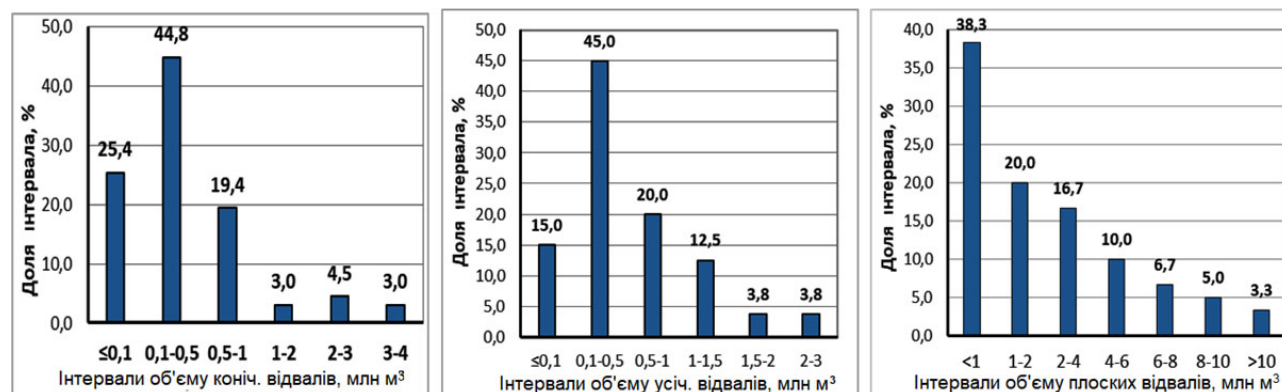


Рис. 6. Розподіл конічних, усічених і плоских відвалів за їх об'ємом

відвали. Їх більше, і понад 50% з них мають площу плато від 2 до 12 га і більше, достатню для встановлення кількох щогл.

Важливим параметром є периметр основи відвалу, що визначає довжину фронту надходження шкідливих стоків на прилеглу територію. На рис. 8 представлено часткові гістограми розподілу відвалів за цим параметром.

Оскільки вимір площі основи відвалів та її периметра складніше, ніж вимір довжини прямих ліній, виявлено їх залежність від простішого для виміру параметра – довжини осі відвалів (L).

Отримані емпіричні рівняння () свідчать про високий рівень зв'язку площі основи (F) отвалов всех типов с довжиною їх осі L . Для конічних, усічених та плоских відвалів вони мають вигляд:

$$F = 7 \cdot 10^{-5} L^{1,94}, F = 7 \cdot 10^{-5} L^{1,95}, F = 2 \cdot 10^{-4} L^{1,82},$$

(R^2 равны 0,93; 0,86 и 0,88).

Зв'язок площі основи конічних, усічених і плоских відвалів Луганської області з довжиною їх осі виражається рівняннями :

$$F_k = 7 \cdot 10^{-5} L^{1,94}; F_{uc} = 7 \cdot 10^{-5} L^{1,94}; F_{пл} = 0,0002 L^{1,82}.$$

(коефіцієнти R^2 дорівнюють відповідно 0,92; 0,86; 0,87).

Високий рівень зв'язку з довжиною осі має і периметр основи відвалів. Для конічних, усічених і плоских відвалів Луганської області цей зв'язок виражається рівняннями: $P_k = 2,74L$; $P_{uc} = 2,73L$; $P_{пл} = 2,69L$ (коефіцієнти R^2 дорівнюють відповідно 0,93; 0,87; 0,89).

Еквівалентом площі основи F може стати добуток довжини осі та ширини основи відвалів – LB . Аналіз зв'язку площі F з її еквівалентом показав, що для конічних, усічених та плоских відвалів він з високою точністю виражається рівняннями: $F = 0,755(LB)$; $F = 0,724(LB)$; $F = 0,719(LB)$ ($R^2 = 0,97; 0,93; 0,81$).

Існування тісних зв'язків багатьох параметрів відвалів з довжиною їх осі, дозволяє отримати достатнє уявлення про відвали, вимірюючи на знімках і місцевості тільки один цей показник.

Розподіл усіх 694 відвалів, у т.ч. 219 конічних, 289 усічених та 186 плоских за довжиною L в кількісному та відсотковому вираженні показано на рис. 9.

Вивчення морфометрії породних відвалів Східного Донбасу та визначення їх кількості (табл. 6) виконувалося шляхом пошуку відвалів та їх прямого перерахунку на знімках сервісу Google Earth за наведеною вище методикою.

Головні висновки. В результаті використання методичного підходу, що заснований на

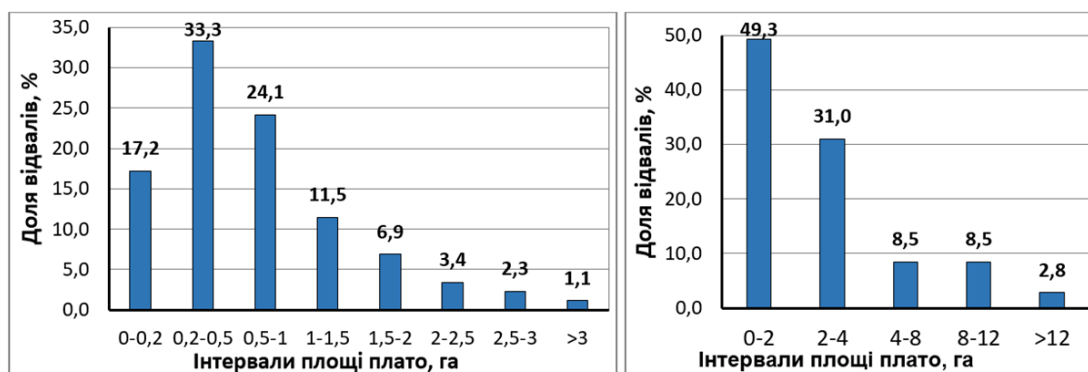


Рис. 7. Розподіл усічених конічних (ліворуч) та плоских відвалів Луганської області за інтервалами площі їхньої плоскої вершини (плато)

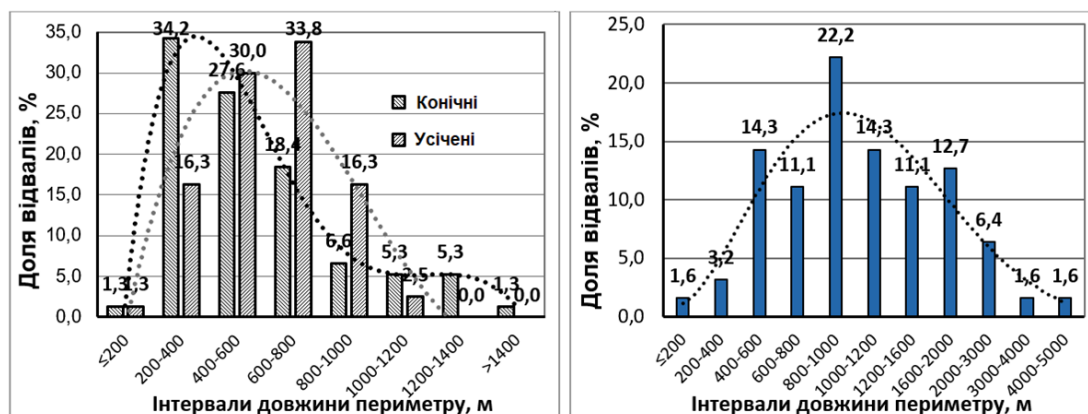


Рис. 8. Розподіл конічних, усічених і плоских відвалів (праворуч) Луганської області за інтервалами довжини периметру їх основи

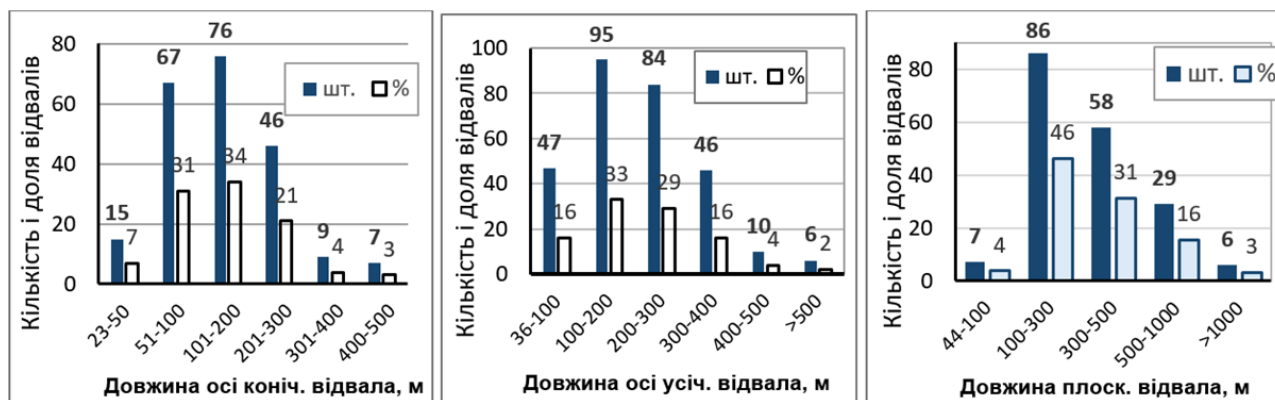


Рис. 9. Розподіл усіх 694 відвалів Луганської області за довжиною осі їх основи

Таблиця 6
Кількість і осереднені показники відвалів
Східного Донбасу

Тип	Кількість		Осереднені параметри		
	шт.	%	$L_{осн}$	B_o	$H_{ср}$
Конічні	98	32,0	127	86,5	28,7
Усічені	107	35,0	214	148	20,5
Плоскі	91	29,7	370	219	15,5
Хребтові	3	1,0	438	151	17,3
Хвостосховища	7	2,3	413	193	6,3
Усього:	306	100			

використанні сервісу Google Earth та запропонованих авторами розрахункових формул, доведено, по-перше, зручність та інформативність даного сервісу для вимірювання параметрів породних відвалів та більш складних за формою місць складування крупнотонажних відходів гірничої промисловості та природних мезоформ рельєфу; а по-друге встановлена точна кількість відвалів вугільних шахт Луганської області в межах усіх її районів – 694, що суттєво перевищує відомості з літературних джерел. З урахуванням

офіційної, але поки ще не перевіреної кількості відвалів у Донецькій області (596), кількість відвалів у Центральному Донбасі складає 1290. Разом з відвалами Західного Донбасу кількість відвалів в українській частині Великого Донбасу (увесь Донецький кам'яновугільний басейн) складає 1301, а з урахуванням Львівсько-Волинського басейну в Україні налічується 1356 відвалів вугільних шахт. Враховуючи підраховану кількість відвалів вугільних шахт Східного Донбасу (306) встановлен, що увесь (Великий) Донбас налічує 1607 відвалів. Отримані середні морфометричні показники відвалів та гістограми їх розподілу сприятимуть більш точній оцінці екологічної небезпеки відвалів та розробці природоохоронних заходів.

Перспективи використання результатів дослідження. Апробований методичний підхід, рівняння залежності між різними морфометричними показниками, що спрощують їх визначення можуть бути використані для подальшого дослідження особливостей відвалів як вугледобувних, так і інших гірничих підприємств всієї України, для її районування за рівнями екологічно небезпечного впливу відвалів на елементи ландшафтів та розробки системи моніторингу проявів цього впливу.

Література

1. Пашковский П.С., Попов Э.А., Яремчук М.А. Контроль теплового состояния породных отвалов. Уголь Украины, 2000. № 7. С. 27–29.
2. Зубова Л.Г., Зубов А.Р., Зубов А.А. и др. Терриконы: монография. Луганск: «Ноулидж», 2015. 712 с. <http://www.geokniga.org/books/16806>.
3. Бондар О.І., Машков О.А., Міхеев В.С., Жукаускас С.В., Нігородова С.А. Технологія побудови автоматизованої системи екологічного моніторингу з використанням дистанційно пілотованих літальних апаратів. Екологічні науки № 4(31). С. 11–19. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.4-31.2>
4. Зубов О.Р., Зубова Л.Г., Зубов А.О. Оцінювання впливу териконів на екологічний стан агроландшафтів. Науковий вісник НЛТУ України. Львів. 2019, Т.29, № 9. С. 50–59.
5. Петльований М.В., Гайдай О.А. Аналіз накопичення і систематизація породних відвалів вугільних шахт, перспективи їх розробки. Геотехнічна механіка. 2017. № 136. С. 147–158.
6. Радченко В.В., Куліш В.А., Чепіга Є.В., Сторожчук В.С. Стан породних відвалів вітчизняних вугільних шахт. Уголь Украины, № 12, 2013. С. 44–49.
7. Піндер В., Попович В. Рекультивация породних відвалів ліквідованих шахт Львівсько-Волинського вугільного басейну, Науковий вісник НЛТУ України, 27(3), 27(3), 2017. 113–116. <https://doi.org/10.15421/40270325>
8. Petlovanyi, M. V. & Medianyuk, V. Yu. (2018). Assessment of coal mine waste dumps development priority. Naukovyi Visnyk NHU, No. 4, 28–35 ISSN 2071-2227, <https://doi.org/10.29202/nvngu/2018-4/3>

9. Панов Б.С., Проскурня Ю.А. Модель самовозгорания породных отвалов угольных шахт Донбасса. Геология угольных месторождений: Межвузовский научный тематический сборник. Екатеринбург, 2002. Вып. 12. С. 274–281.
10. Kolesnikova V.V. Improving technologies for preparing rock spoil heap slopes for planting of greenery. Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону, 2013, № 1(13). Donetsk, Donetsk National Technical University. С. 31–34.
11. Хоменко Я.В., Солдатова А.С. Оценка проблемы терриконов Донбасса. Економічний вісник Донбасу. № 1(39), 2015. С. 12–19.
12. Козленко О.П. Изучение растительности терриконов г. Донецка Ростовской области. 2012. URL: <https://pedportal.net/starshie-klassy/ekologiya/izuchenie-rastitel-nosti-terrikonov-g-donecka-rostovskoy-oblasti-prodolzhenie-issledovatel'skoy-raboty-566317>
13. Закруткин В.Е., Петрова А.В. О химическом составе твердофазных атмосферных выпадений на территории углепромышленных районов Восточного Донбасса [Текст]. Науки о Земле: вчера, сегодня, завтра: материалы Междунар. науч. конф. (г. Казань, май 2015 г.). Казань : Бук, 2015. С. 7–14.
14. Alekseenko V.A., Bech, Jaume; Alekseenko A.V. & Shvydkaya N.V. (2018). Environmental impact of the disposal of coal mining waste in soils and plants in the Rostov Oblast, Russia Journal of Geochemical Exploration Volume 184, Part B, January, P. 261–270. DOI: 10.1016 / j.gexplo.2017.06.003 [In English].
15. Бакланов В. И. Классификация терриконов шахт и обогатительных фабрик Донбасса в целях озеленения. Зелёное строительство в степной зоне УССР. К. : Наук. думка. 1970. С. 75–83.
16. Колесников Б.П., Пикалова Г.М. К вопросу о классификации промышленных отвалов как компонентов техногенных ландшафтов. Растения и промышленная среда. 1974. Сб. № 3. С. 3–28.
17. Лобов І.М. Функціонально-планувальна реабілітація забудови порушених територій (на прикладі Донецько-Макіївської агломерації): автореф. дис. ... канд. арх. наук : 18.00.04. Київ, 2002. 20 с.
18. Сметана С.М. Екологічна класифікація техногенних ландшафтів гірничо-добувних регіонів. Екологія і природокористування, 2008. Вип. № 11. С. 30–41.
19. Попович В.В., Підгородецький Я.І., Піндер В.Ф. Типологія териконів Львівсько-Волинського вугільного басейну. Науковий вісник НЛТУ України, 2016. Вип. 26.8. С. 238–243. <https://doi.org/10.15421/40260837>
20. Война І. М. Особливості ландшафтного різноманіття гірничопромислових ландшафтів у зв'язку з їх висотною диференціацією. Наукові записки Вінницького педуніверситету. Сер. Географія. 2013. Вип. 25. С. 40–47.
21. Киричек Л.С. Типологія териконів вугільних шахт Донбасу за лісорослинними умовами. Науковий вісник УкрДЛТУ. 2003. Вип. № 13.3. С. 123–127.
22. Павличенко А.В., Коваленко А.А. Дослідження екологічних наслідків розміщення вугледобувних підприємств у навколишньому середовищі URL: <http://rr.nmu.org.ua/pdf/2014/20140926-68.pdf>
23. Смирный М.Ф., Зубова Л.Г., Зубов А.Р. Экологическая безопасность терриконовых ландшафтов Донбасса : монография. Луганск : Изд-во ВНУ им. В. Даля, 2006. 232 с.