

РОЗРОБКА МЕТОДОЛОГІЧНИХ ПІДХОДІВ ДО ЕКОЛОГІЧНОЇ ОЦІНКИ НАСЛІДКІВ ВПЛИВУ ТЕХНОГЕННИХ МАСИВІВ НА ОБ'ЄКТИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Павличенко А. В., Бучавий Ю. В., Федотов В. В., Рудченко А. Г.

1. Вступ

На території України зосереджена значна кількість промислових підприємств різних галузей економіки, внаслідок діяльності яких накопичилось понад 30 млрд. т промислових відходів. Щорічно утворюється близько 1 млрд. т відходів, що розміщуються в понад 1,5 тис. техногенних масивах, таких як відвали, шламо- і хвостосховища, і які загалом займають площу понад 150 тис. га [1, 2].

Переважає більшість техногенних масивів утворилася в результаті діяльності гірничодобувних та паливно-енергетичних підприємств. А в комплексі з невирішеним питанням критичного переповнення полігонів побутових відходів глобальна проблема відходів набуває в Україні катастрофічного масштабу [3–5]. Саме тому актуальним є створення методологічних основ комплексного оцінювання рівнів екологічної небезпеки об'єктів розміщення відходів гірничих підприємств.

2. Об'єкт дослідження та його технологічний аудит

Об'єктом дослідження є екологічна безпека функціонування гірничих підприємств. Рівень екологічної небезпеки гірничих підприємств на різних етапах життєвого циклу залежить від енерго- та ресурсоемності технологій, що на них застосовуються, а також ефективності застосовуваних природоохоронних заходів. Видобуток корисних копалин супроводжується утворенням значних обсягів гірничопромислових відходів, що розміщуються на земній поверхні і є джерелом комплексного негативного впливу на компоненти довкілля, як на етапі експлуатації підприємства, так і після його ліквідації.

Одним з найбільш проблемних місць в системних дослідженнях є недостатня кількість спеціалістів, які можуть бути залученими до комплексної оцінки екологічних наслідків багаторічного розміщення гірничопромислових відходів на земній поверхні. Тому виникає необхідність в розробці уніфікованих методик, використання яких дозволить аналізувати технологічні процеси гірничих підприємств та виявляти більш небезпечні з екологічної точки зору, на яких утворюється значні обсяги відходів. Це дозволить своєчасно розробляти та впроваджувати технологічні схеми спрямовані на зменшення обсягів утворення відходів, а також їх використання в різних галузях економіки.

3. Мета та задачі дослідження

Метою дослідження є визначення закономірностей змін екологічного стану об'єктів навколишнього середовища на територіях, прилеглих до місць розміщення гірничопромислових відходів.

Для досягнення мети були поставлені наступні завдання:

1. Розроблення методологічного підходу до екологічної оцінки місць розміщення гірничопромислових відходів.
2. Дослідження екологічних наслідків розміщення відходів гірничих підприємств у породних відвалах.
3. Оцінка екологічного стану територій, прилеглих до шламосховищ відходів видобутку та переробки корисних копалин.

4. Дослідження існуючих рішень проблеми

Багаторічний видобуток корисних копалин на території України супроводжується формуванням багатофакторних впливів на компоненти навколишнього середовища і виникненням екологічних ризиків на різних етапах розробки родовищ [4]. Слід відмітити, що особливу небезпеку для довкілля формують відходи ліквідованих гірничих підприємств [5]. В роботі [3] для оцінки екологічного стану територій, прилеглих до місць зберігання відходів, розроблено критерій екологічного резерву, який визначає фактори ризику виникнення надзвичайних ситуацій.

В дослідженнях авторів [6–9] акцентується увага на необхідності вивчення екологічних ризиків функціонування як окремих промислових об'єктів, так і природно-техногенних комплексів, для забезпечення сталого розвитку техногенно-навантажених регіонів України.

В роботі [10] розроблено контрольні списки для комплексної оцінки негативних наслідків впливу техногенних масивів (хвостосховищ) на компоненти навколишнього середовища. Авторами роботи [11] запропоновано узагальнений алгоритм диверсифікації технологій поводження з відходами вугільних шахт, що розміщуються у породних відвалах. Розроблена типологія териконів Львівсько-Волинського вугільного басейну за ступенем порушення ландшафтів [12] дозволяє визначати найбільш ефективні способи їх рекультивації.

Більшість розглянутих робіт дозволяють визначити певні проблеми формування та експлуатації техногенних масивів, але не вирішують проблему комплексної оцінки екологічних наслідків розміщення відходів.

Оцінка впливу техногенних масивів на довкілля є складною науковою задачею, оскільки негативну дію промислових відходів на компоненти навколишнього середовища важко формалізувати у вигляді кількісних показників. Саме тому для цілей екологічної експрес-оцінки і подальшого моніторингу стану техногенних масивів можна застосувати напівкількісні методи бальної експертної оцінки з подальшим використанням матричного аналізу.

5. Методи дослідження

Екологічна небезпека виникає на різних етапах формування та подальшої розробки техногенних масивів (породних відвалів та шламосховищ). Для оцінки її рівнів рекомендується враховувати інтенсивність та періодичність негативних впливів на компоненти навколишнього середовища та біоту за допомогою матричного методу, запропонованого Л. Леопольдом, а також узагальненої функції бажаності Харрінгтона.

Оцінка впливу техногенних масивів на компоненти довкілля включала наступні етапи:

1. Обґрунтування переліків (контрольних списків) об'єктів навколишнього середовища та видів впливу на ці компоненти, які надалі формують у вигляді матриць.

2. Визначення рівнів впливу техногенного масиву на компоненти довкілля на різних стадіях його експлуатації, наприклад під час розробки, консервації, рекультивації і т. д.

3. Визначення сумарних показників впливу техногенних масивів на окремі компоненти та їх аналіз з метою визначення критичних об'єктів впливу, тобто компонентів довкілля, які зазнають найбільшого впливу.

4. Проведення оцінки наслідків впливу окремого техногенного масиву на довкілля за допомогою узагальненої функції бажаності Харрінгтона та інтерпретація результатів оцінки за допомогою нормалізованої порівняльної шкали.

6. Результати дослідження

Як приклад реалізації запропонованого методологічного підходу наведемо результати оцінки впливу на довкілля для типового породного відвалу та шламосховища під час переробки відходів та після завершення їх експлуатації.

Для складання матриць було обґрунтовано два контрольних списки: перелік видів впливу техногенних масивів і перелік об'єктів довкілля, що є мішенями впливу. Результати оцінки впливу типових шламосховищ та породного відвалу на компоненти навколишнього середовища під час та після експлуатації зведені до табл. 1, 2.

Таблиця 1

Матриця впливу типового шламосховища на компоненти довкілля підчас/після експлуатації

Види впливу		Атмосферні		Гідросферні				Геомеханічні			Сума впливу на компоненти довкілля
		Викид пилу	Викид газів	Забруднення вододонних горизонтів	Підтоплення земель	Скид стічних вод	Антропогенна евтрофікація	Просідання поверхні	Виїмки, пагорби	Забудова	
Повітряний басейн	Мікроклімат	1/1	0/0	2/1	2/2	1/1	2/2	0/0	0/0	0/0	8/7
	Хімічний склад	2/1	1/1	2/1	1/1	1/1	2/2	0/0	0/0	0/0	9/7
Водний басейн	Поверхневі води	1/1	0/0	3/2	2/2	2/2	3/2	1/1	1/1	1/1	14/12
	Підземні води	2/1	0/0	3/2	2/2	2/2	2/2	2/2	1/1	1/1	15/13
Земна поверхня	Ґрунти	1/1	1/1	2/2	2/2	1/1	2/1	1/1	1/1	1/1	12/11
	Зміни ландшафту	1/1	1/1	2/2	1/1	2/2	2/2	2/2	2/2	1/1	14/14
Надра		0/0	0/0	2/2	0/1	2/2	0/0	1/1	3/1	0/0	8/8
Біота	Флора	2/2	1/1	2/2	2/2	2/2	1/1	1/1	1/1	1/1	13/13
	Фауна	2/2	1/1	2/2	2/1	1/1	2/2	1/1	2/2	1/1	14/13
Сума за видами впливу		12/10	5/5	20/16	14/14	14/16	16/14	9/9	11/10	66	107/98

Примітка: характеристики впливу визначено за методом експертної оцінки: 0 – вплив відсутній; 1 – вплив незначний; 2 – вплив середній; 3 – вплив сильний.

Як видно з табл. 1, під час експлуатації техногенних масивів у вигляді шламосховищ найуразливішими виявляються підземні і поверхневі води, а також фа-

уна на прилеглий до шламосховищ території, а після їх експлуатації – флора і фауна, а також підземні води. Найбільш небезпечними видами впливу на компоненти навколишнього середовища при експлуатації шламосховищ є забруднення водонесних горизонтів і антропогенна евтрофікація поверхневих водоемів. Таким чином, сумарний вплив на об'єкти довкілля при експлуатації шламосховищ оцінюється в 107 балів, а після їх експлуатації – 98 балів.

Таблиця 2

Матриця впливу типового породного відвалу на компоненти довкілля під час/після експлуатації

Види впливу		Атмосферні		Гідросферні				Геомеханічні			Сума впливу на компоненти довкілля
		Викид пилу	Викид газів	Забруднення водонесних горизонтів	Підтоплення земель	Скид стічних вод	Антропогенна евтрофікація	Просідання поверхні	Виїмки, пагорби	Забудова	
Повітряний басейн	Мікроклімат	1/0	1/0	1/0	1/1	1/1	1/1	0/0	0/0	1/1	7/4
	Хімічний склад	3/2	2/1	0/0	0/0	0/0	1/0	0/0	0/0	1/1	7/4
Водний басейн	Поверхневі води	2/1	1/0	3/2	3/2	3/2	3/2	2/1	2/1	1/1	20/12
	Підземні води	1/0	0/0	2/1	2/1	1/1	1/1	2/1	2/1	1/1	12/7
Земна поверхня	Ґрунти	2/1	1/0	2/1	1/1	1/1	1/1	2/1	2/1	2/1	14/8
	Зміни ландшафту	1/1	1/0	3/2	2/2	1/1	2/1	2/1	3/1	3/2	18/11
Надра		0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	1/1	2/1	0/0	4/2
Біота	Флора	1/1	1/0	2/1	2/1	2/1	2/1	1/1	2/1	3/2	17/9
	Фауна	1/1	1/0	2/1	2/1	1/1	2/1	1/1	2/1	3/2	16/9
Сума за видами впливу		14/7	8/1	15/8	13/9	10/8	13/8	11/7	16/7	15/11	115/66

За результатами оцінки впливу техногенних масивів у вигляді породних відвалів (табл. 2) було встановлено, що найбільш уразливими виявляються поверхневі води, ландшафт і флора на прилеглий до відвалів території, після ж їх експлуатації – ландшафт, підземні води, а також флора і фауна. Найбільш небезпечними видами впливу на компоненти навколишнього середовища при експлуатації породних відвалів є геомеханічні зміни рельєфу, а також забруднення водоносних горизонтів і атмосфери. Сумарний вплив на об'єкти довкілля при експлуатації техногенних масивів у вигляді породних відвалів оцінюється в 115 балів, а після завершення їх експлуатації, значно менше – в 66 балів.

Для інтерпретації результатів оцінки впливу техногенних масивів на компоненти навколишнього середовища використовувалася узагальнена функція бажаності Харрінгтона і підхід, запропонований в роботі [13].

Функція бажаності Харрінгтона є одним з ефективних способів визначення узагальненого відгуку впливу промислових об'єктів, в т. ч. техногенних масивів, на компоненти навколишнього середовища. В основі побудови цієї узагальної функції лежить ідея перетворення натуральних значень відгуків (в даному випадку інтенсивності впливу техногенних масивів) в безрозмірну шкалу бажаності або переваги наслідків цих впливів. Шкала бажаності відноситься до психофізичних шкал. Її призначення – встановлення відповідності між фізичними і психологічними параметрами. Тут під фізичними параметрами розуміються можливі відгуки, що спричинені функціонуванням техногенних масивів.

Параметри функції можуть бути не тільки статистичні, а й естетичні, а під психологічними параметрами розуміються чисто суб'єктивні оцінки дослідником бажаності (переваги) того чи іншого значення відгуку.

Функція бажаності Харрінгтона задається наступним рівнянням:

$$d = \exp[-\exp(-y)],$$

де d – значення бажаності, що змінюються від 0 до 1;

y – значення відгуку, записані в умовному масштабі.

За початок відліку вибрано значення 0, що відповідає значенню бажаності 0,37. Вибір саме цієї точки пов'язаний з тим, що вона є точкою перегину кривої, що в свою чергу створює певні зручності при обчисленнях. Те ж саме вірно для значення бажаності, відповідного 0,63. Вибір такого рівняння не є єдиною можливістю. Однак він виник в результаті спостережень за реальними рішеннями дослідників і володіє такими корисними властивостями, як безперервність, монотонність, гладкість. Симетрично щодо нуля на осі y (y – кодована шкала) розташовані кодовані значення відгуку. Значення на кодованій шкалі прийняті від -3 до 6.

Хоча на практиці, для отримання більш точних відгуків впливу доцільно трохи звужити даний інтервал (від -2 до 5). Так, наприклад, автори роботи [13] пропонують використовувати мінімальне значення сили впливу техногенного об'єкту – 100, що відповідає -2, а максимальне – 300. Це відповідає 5 за оригінальною шкалою абсцис функції Харрінгтона.

Щоб отримати оцінки за шкалою бажаності, слід користуватися розробленими таблицями відповідностей між відносинами в вербальній і числовій системах. В даному випадку, для визначення вербальних характеристик бажаності впливів техногенних об'єктів на навколишнє середовище використовувалася шкала, представлена в табл. 3.

Таблиця 3

Шкала характеристик бажаності наслідків для довкілля від впливу техногенних масивів за функцією Харрінгтона

Характеристика бажаності	Значення бажаності (d)
Дуже добре	0–0,2
Добре	0,2–0,37
Задовільно	0,37–0,63
Погано	0,63–0,8
Дуже погано	0,8–1

Результати визначення параметрів і оцінки впливу по функції Харрінгтона для техногенних масивів зведені в табл. 4.

Таблиця 4

Оцінка впливу техногенних масивів за функцією Харрінгтона підчас та після експлуатації

Параметри для оцінки впливу об'єктів за функцією Харрінгтона	Шламосховище		Відвал	
	підчас	після	підчас	після
Кількість ненульових значень в матрицях	67	68	66	56
Значущість усіх впливів, g	1,49	1,47	1,52	1,79
Сума за усіма впливами на об'єкти	107	98	115	66
Загальна сила впливу, I	159,7	144,12	174,24	117,86
Мінімальна сила впливу, I_{min} (при $y=-2$)	100,00	100,00	100,00	100,00
Максимальна сила впливу, I_{max} (при $y=5$)	300	300	300	300
Масштаб y	28,57	28,57	28,57	28,57
Перерахунок сили впливу до масштабу $y(-2; 5)$	0,09	-0,46	0,60	-1,38
Значення за шкалою вісі, d	0,40	0,21	0,58	0,02
Характеристика бажаності	задовільно	добре	задовільно	дуже добре

В ході виконання роботи було встановлено, що техногенні масиви у вигляді шламосховищ і породних відвалів мають «задовільні» характеристики бажаності для навколишнього середовища при їх експлуатації. У той час, як після експлуатації для шламосховищ характеристика бажаності є «доброю», а для по-

родних відвалів – «дуже доброю». Слід також зазначити, що отримані результати залежать від параметрів і показників вхідних матриць, які в свою чергу оцінювалися експертами.

7. SWOT-аналіз результатів дослідження

Strengths. Запропонований у роботі методологічний підхід дозволяє отримати узагальнену оцінку впливу певного техногенного масиву на довкілля та виявляти найбільш чутливі компоненти навколишнього середовища на різних стадіях експлуатації техногенного масиву. Основна перевага даної методики полягає в можливості порівнювати та ранжувати техногенні масиви за фактором екологічної небезпеки, а також обґрунтовувати необхідність впровадження природоохоронних заходів для найбільш вразливих компонентів довкілля від їх впливу. Заснований на методах експертної оцінки підхід доцільно застосовувати, коли неможливо оперативно отримати повну та точну інформацію про компонентний склад техногенного масиву та оцінити його вплив на об'єкти довкілля. Окрім того, наявність даних про стан техногенного масиву за результатами спостережень прямими та розрахунковими методами сприятиме підвищенню достовірності екологічної оцінки наслідків впливу відходів на об'єкти довкілля.

Weaknesses. Екологічна небезпека техногенних масивів залежить від багатьох факторів: хімічного та мінералогічного складу порід, особливостей фізико-хімічних внутрішніх та зовнішніх перетворень у поєднанні з кліматичними та гідрогеологічними умовами тощо. Характер та інтенсивність впливу техногенних масивів на навколишнє середовище залежить від умов його розташування та об'єктів, на які спрямовано негативний вплив. В процесі накопичення хімічний склад гірничопромислових відходів зазнає серйозних перетворень і не співпадає з початковим, що означає також і невідповідність попередньо визначеному класу небезпеки. Саме тому, дослідження екологічних наслідків розміщення промислових відходів потребує наявності спеціалізованого обладнання та персоналу, який здатен контролювати концентрації забруднюючих речовин на прилеглих територіях.

Для визначення екологічних наслідків розміщення техногенних масивів, у тому числі при різних варіантах їх експлуатації, необхідно залучати інженерно-технічний персонал гірничих підприємств, провідних фахівців добувної галузі, науковців, а також представників природоохоронних інспекцій. Це в свою чергу підвищує точність досліджень, що проводиться, але збільшує вартість та тривалість досліджень.

Opportunities. Результати проведеної комплексної оцінки екологічного стану об'єктів довкілля на територіях розміщення техногенних масивів у вигляді породних відвалів та шламосховищ є теоретичною та практичною основою для вирішення прикладних задач, а саме:

- планування екологічно обґрунтованого рівня техногенного навантаження;
- розробки схем вилучення корисних компонентів з відходів;
- розробки способів рекультивації техногенних об'єктів.

Використання результатів досліджень дозволить підприємству своєчасно виявляти екологічно небезпечні технологічні процеси виробництва та зменшу-

вати рівні забруднення прилеглих територій. Це в свою чергу дозволить покращити умови праці робітників підприємства, а також зменшить кількість екологічно залежних хвороб населення гірничопромислових міст, що сприятиме підвищенню соціальної відповідальності підприємства і забезпечення його сталого функціонування.

Наявність інформації про кількісний та якісний склад відходів дозволить підприємствам збільшити обсяги їх утилізації та зменшити витрати на транспортування та зберігання відходів й сплату екологічного податку за їх утворення. Крім того, очікується зменшення площ земельних ділянок, що відводяться під розміщення багатотоннажних відходів видобутку та переробки корисних копалин.

В роботі обґрунтована можливість застосування матриць Леопольда та логістичної функції Харрінгтона для комплексної оцінки екологічної небезпеки типових насипного техногенного масиву (породного відвалу) та наливного масиву (шламосховища) на різних етапах їх життєвого циклу. Це дозволяє підприємству оперативно виявляти критичні з екологічної точки зору технологічні процеси та своєчасно впроваджувати відповідні природоохоронні заходи. Такі підходи сприятимуть екологізації гірничопромислової галузі, вдалому проходженню екологічного аудиту гірничих підприємств, отриманню міжнародних екологічних сертифікатів і відповідно освоєнню нових ринків збуту продукції.

Threats. Для реалізації ефективних природоохоронних заходів у сфері поводження з відходами виникає потреба залучені в штат підприємства фахівця-еколога. Фахівець-еколог буде забезпечувати своєчасний контроль за обсягами утворення відходів, обґрунтуванням напрямів їх подальшого використання в різних галузях промисловості, а також розробкою способів зниження екологічної небезпеки відходів.

8. Висновки

1. Розроблено методологічний підхід до екологічної оцінки місць розміщення гірничопромислових відходів, який включає наступні етапи:

- збору, обробки та систематизації інформації про обсяги та компонентний склад відходів;
- складання контрольних списків екологічних наслідків розміщення відходів на різних етапах життєвого циклу техногенних масивів;
- проведення екологічної оцінки рівнів екологічної небезпеки техногенних масивів;
- виявлення компонентів довкілля, що зазнають найбільшого негативного впливу місць розміщення відходів;
- розробка природоохоронних рішень та оцінка ефективності їх реалізації.

Реалізація запропонованої методики дозволить комплексно оцінити екологічні ризики певних технологічних ланок гірничих підприємств, розробити шляхи їх мінімізації. Це дозволить зменшити рівні забруднення навколишнього середовища, підвищити комфортність проживання населення на території гірничопромислових регіонів.

2. Досліджено екологічні наслідки розміщення відходів гірничих підприємств у породних відвалах. Найбільш небезпечними видами впливу на компо-

ненти навколишнього середовища при експлуатації породних відвалів є геомеханічні зміни рельєфу, забруднення водоносних горизонтів та атмосфери. Сумарний вплив на об'єкти довкілля при експлуатації техногенних масивів у вигляді породних відвалів оцінюється в 115 балів, а після завершення їх експлуатації, значно менше – в 66 балів.

3. Зроблена оцінка екологічного стану територій, прилеглих до шламосховищ відходів видобутку та переробки корисних копалин. Найбільшу небезпеку для компонентів навколишнього середовища при експлуатації шламосховищ становить забруднення водоносних горизонтів і антропогенна евтрофікація поверхневих водойм. Сумарний вплив на об'єкти довкілля при експлуатації шламосховищ оцінюється в 107 балів, а після їх експлуатації – 98 балів.

Література

1. Yakovliev, Ye. O. Suchasni faktory natsionalnoi bezpeky Ukrainy pry formuvanni mineralno-syrovynnoi bazy [Text] / Ye. O. Yakovliev // Ekolohiia dovkillia ta bezpeka zhyttiediialnosti. – 2005. – No. 5. – P. 84–91.
2. Gorova, A. The study of ecological state of waste disposal areas of energy and mining companies [Text] / A. Gorova, A. Pavlychenko, O. Borysovs'ka // Mining of Mineral Deposits. – CRC Press, 2013. – P. 169–171. doi:[10.1201/b16354-30](https://doi.org/10.1201/b16354-30)
3. Vambol, S. Assessment of environmental condition of territories adjoined to wastes storage sites based on environmental reserve criterion [Text] / S. Vambol, V. Koloskov, Yu. Derkach // Technogenic and ecological safety. – 2017. – Vol. 2. – P. 67–72. – Available at: \www/URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/techecolsaf_2017_2_12
4. Rudko, H. I. Ekolohichni ryzyky pry rozrobtsi korysnykh kopalyn [Text] / H. I. Rudko // Ekolohiia dovkillia ta bezpeka zhyttiediialnosti. – 2005. – No. 5. – P. 75–84.
5. Pavlychenko, A. V. Environmental hazard of waste dumps of abandoned coal mines [Text] / A. V. Pavlychenko, A. A. Kovalenko // Geo-Technical Mechanics. – 2013. – Vol. 110. – P. 116–123.
6. Statiukha, H. To issue of ecological safety quantitative evaluation at EIA [Text] / H. Statiukha, V. Sokolov, I. Abramov, T. Boiko, A. Abramova // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2010. – Vol. 6, No. 6 (48). – P. 44–46. – Available at: \www/URL: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/3347/3147>
7. Kozulia, T. Complex ecological estimation of natural and manmade complexes which basis on MIPS- and risk analysis [Text] / T. Kozulia, D. Yemelianova, M. Kozulia // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2014. – Vol. 3, No. 10 (69). – P. 8–13. doi:[10.15587/1729-4061.2014.24624](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.24624)
8. Buhaieva, L. Using system dynamics methods to study the sustainable development of regions of Ukraine [Text] / L. Buhaieva, M. Osmanov, H. Statiukha // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2010. – Vol. 2, No. 10 (44). – P. 22–25. – Available at: \www/URL: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/2772/2578>
9. Antonets, A. Analysis of information-analytical systems development of environmentally dangerous situation modeling [Text] / A. Antonets, D. Plyatsuk //

Technology audit and production reserves. – 2015. – Vol. 6, No. 2 (26). – P. 8–12.
doi:[10.15587/2312-8372.2015.56800](https://doi.org/10.15587/2312-8372.2015.56800)

10. Nikolaieva, I. O. Development of a checklist for improvement of tailings safety [Text] / I. O. Nikolaieva, D. V. Rudakov // Scientific bulletin of National Mining University. – 2015. – No. 2. – P. 97–103.

11. Kolesnik, V. Ye. Generalized algorithm of diversification of waste rock dump handling technologies in coal mines [Text] / V. Ye. Kolesnik, V. V. Fedotov, Yu. V. Buchavy // Scientific bulletin of National Mining University. – 2012. – No. 4. – P. 138–142.

12. Popovych, V. The typology of heaps of Lviv-Volyn coal basin [Text] / V. Popovych, Ya. Pidhorodetsky, V. Pinder // Scientific Bulletin of UNFU. – 2016. – Vol. 26, No. 8. – P. 238–243.

13. Oleh, T. M. Model' obobshchennoi otsenki vozdeistviia na okruzhaiushchuiu sredu v proektah [Text] / T. M. Oleh, V. D. Gogunskii, S. V. Rudenko // Upravlinnia rozvytkom skladnykh system. – 2013. – Vol. 15. – P. 53–59.

ТОЛЬКО ДЛЯ ВУЗОВ