

УДК 622.333.012.2:504.06

**Колесник В.Є.**, д-р техн. наук, професор,  
**Павличенко А.В.**, канд. біол. наук, доцент  
(Державний ВНЗ «НГУ»)

## **МЕТОДОЛОГІЯ ЕКСПЕРТНОГО ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТА ЛІКВІДАЦІЇ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ**

**Колесник В.Е.**, д-р техн. наук, професор,  
**Павличенко А.В.**, канд. биол. наук, доцент  
(Государственное ВУЗ «НГУ»)

## **МЕТОДОЛОГИЯ ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ УГОЛЬНЫХ ШАХТ**

**Kolesnyk V.Ye.**, D.Sc. (Tech.), Professor,  
**Pavlychenko A.V.**, Ph.D. (Biol.), Associate Professor  
(State HEI «NMU»)

## **METHODOLOGY FOR EXPERT ASSESSMENT OF ECOLOGICAL DANGER LEVEL OF THE COALMINE OPERATION AND LIQUIDATION**

**Анотація.** Багаторічне функціонування вугільних шахт призвело до деструктивних змін компонентів навколишнього середовища у вугледобувних регіонах. Досліджено характер та інтенсивність впливу технологічних процесів видобутку вугілля на екологічний стан прилеглих територій. Проаналізовано техногенні наслідки «сухої» та «мокрої» ліквідації вугільних шахт. Наслідки експлуатації та ліквідації шахт пропонується визначати за 16-ма техногенними факторами впливу на атмосферу, гідросферу, літосферу, ґрунти, біоту, шляхом експертного оцінювання. Інтенсивність впливу техногенних наслідків діяльності та ліквідації вугільних шахт на навколишнє середовище рекомендується визначати за трьохбальною шкалою: 0 – вплив фактору відсутній; 1 – мінімальний або опосередкований вплив; 2 – періодичний вплив (безпосередній або опосередкований); 3 – безперервний безпосередній вплив. Приведено результати експертної оцінки екологічної небезпеки експлуатації та ліквідації вугільних шахт для компонентів довкілля. Обґрунтовано доцільність використання діаграм Парето для експертної оцінки техногенних наслідків функціонування та ліквідації вугільних шахт.

**Ключові слова:** вугільна шахта, функціонування, ліквідація, екологічна небезпека, оцінка, діаграма Парето.

**Вступ.** У світовій економіці вугілля займає провідне місце серед природних енергоносіїв, а Україна має значний потенціал з його видобутку. Розробка вугільних родовищ України здійснюється застарілим та зношеним шахтним фондом в складних гірничо-геологічних умовах [1, 2]. Хронічне недофінансування програм екологізації вугільних шахт призводить до значних змін екологічного стану територій їх розташування.

В зв'язку з цим у вугледобувних регіонах спостерігається деформація земної поверхні, підтоплення і засолення земель, забруднення підземних вод та поверхневих водойм, загострюються соціально-економічні проблеми, що призводить до формування депресивних територій [3, 4].

Вивченню екологічних та техногенних наслідків експлуатації вугільних шахт присвячені роботи Бондара О.І., Бузила В.І., Бунько Т.В., Гавриленка Ю.М., Грядущого Б.А., Єрмакова В.М., Костенка В.К., Кроїк Г.А., Попович В.В., Рудька Г.І., Улицького О.А., Яковлева Є.О., Шкіци Л.Є. та ін. В своїх дослідженнях вони вивчають механізми геомеханічних, геологічних, гідрологічних, гідродинамічних та газохімічних змін, що відбуваються в результаті функціонування та ліквідації шахт. Для попередження деградаційних процесів у навколишньому середовищі та забезпечення комфортних умов проживання населення необхідно розробити методіку комплексної оцінки рівнів екологічної небезпеки вугледобувних підприємств на різних етапах їх експлуатації [5-7].

Для виявлення рівнів екологічної небезпеки, що виникають на всіх етапах функціонування вугледобувних підприємств (аж до моменту закриття нерентабельних та збиткових шахт), рекомендується аналізувати інтенсивність та періодичність впливу техногенних наслідків функціонування вугільних шахт на стан об'єктів навколишнього середовища [7].

**Метою роботи** є створення методологічних основ експертної оцінки рівнів екологічної небезпеки функціонування та подальшої ліквідації вугледобувних підприємств.

**Основна частина.** Багаторічне функціонування вугільних шахт обумовило значне техногенне навантаження на навколишнє природне середовище у вугледобувних регіонах. Діяльність шахт призводить до виникнення комплексу явищ і процесів, негативних в техногенному та екологічному аспектах. Ці явища та їх наслідки на даний час є маловивченими, важко прогнозованими і майже некерованими. Тому комплекс заходів з вивчення, прогнозу та попередження несприятливих змін стану навколишнього середовища, а також прискорення реабілітації окремих його компонентів, порушених за багаторічний період функціонування шахт, повинен бути постійним і системним.

Враховуючи характер техногенного впливу шахт в період їх експлуатації та закриття на довкілля, виокремимо найбільш представницькі його елементи, які вимагають систематичного відстеження, вивчення та, по можливості, регулювання: надра, гідросфера, газовиділення, атмосфера, техногенні об'єкти поверхні, ґрунти тощо.

До техногенних факторів, що призводять до виникнення і розвитку негативних наслідків для навколишнього середовища, можна віднести:

- порушення динамічного та хімічного режимів гідросфери;
- підтоплення земної поверхні в умовах обводнення породних масивів;
- активізацію процесів зсуву товщі гірських порід, порушеної багаторазовим підробленням при водонасиченні;
- зміну фізико-механічних властивостей основ будівель, споруд і комунікацій при обводнюванні ґрунтів;

- інтенсифікацію газовиділення на гірничих відводах шахт тощо.

Для розробки методології експертної оцінки екологічної небезпеки функціонування вугільних шахт необхідно виходити з таких передумов:

- на більшості підприємств відсутня повна і достовірна інформація про екологічний вплив шахти на компоненти навколишнього середовища;

- ліквідація шахт різко змінює напрямок і характер техногенних впливів на навколишнє природне середовище;

- до початку закриття шахт повинна бути виконана попередня оцінка зміни впливів на навколишнє середовище, а також створена основа системи спостереження на досліджуваній території.

Техногенні наслідки функціонування та ліквідації вугільних підприємств були систематизовані з урахуванням негативних змін, що відбуваються у гідро-геологічному чи геологічному середовищах, в атмосферному повітрі, водних об'єктах, а також в плані утворення відходів та відчуження земельних ресурсів [7]. В результаті нами виокремлено 16 видів (факторів) негативного впливу на навколишнє середовище, що є наслідками експлуатації або закриття вугільних шахт.

Негативний екологічний вплив зазначених факторів на об'єкти довкілля (атмосферу, гідросферу, літосферу, ґрунти, біоту) оцінювався в балах шляхом безпосереднього обстеження чи спостереження за їх станом на територіях ряду діючих вугільних підприємств і вже закритих шахт: експертна оцінка 0 виставлялася, коли вплив був відсутній; 1 – при мінімальному або опосередкованому впливах; 2 – при періодичному впливі (безпосередньому або опосередкованому); 3 – при безперервному безпосередньому впливі.

Результати оцінки рівнів екологічного впливу на об'єкти довкілля вище зазначених 16-ти факторів, що є наслідками функціонування вугільних підприємств на різних етапах їх життєвого циклу з урахуванням способів ліквідації цих підприємств, приведені в табл. 1-3.

Аналіз табл. 1-3 виявив, що техногенні наслідки експлуатації та ліквідації вугільної шахти негативно впливають практично на всі компоненти навколишнього середовища. Слід зазначити, що визначені середні бали (табл. 1-3, передостанні рядки з № II) виглядають більш достовірними оцінками загального погіршення стану об'єктів довкілля на територіях вугледобувних регіонів, у порівнянні з експертними оцінками, наведеними в останніх рядках таблиць з № III. Це цілком очевидно, оскільки середні оцінки отримано на основі значно більшої кількості ін формації (здіяні 16 факторів впливу, замість одного).

Тому робимо висновок, що загальне погіршення стану кожного з об'єктів (компонентів) довкілля, тобто підвищення рівня їх екологічної небезпеки на територіях вугледобувних регіонів, варто кількісно оцінювати за середніми балами, визначеними за 16-ма факторами впливу, які, як відмічено, є техногенними наслідками експлуатації та закриття вугільних шахт.

Таблиця 1 – Експертна оцінка екологічного впливу техногенних наслідків експлуатації вугільних шахт на об'єкти довкілля

№	Техногенні наслідки експлуатації шахти, як фактори негативного впливу на довкілля	Експертна оцінка екологічного впливу факторів на об'єкти довкілля в балах					Сумарні оцінки за окремими факторами впливу
		Атмо-Сфера	Гідро-сфера	Літо-сфера	Ґрунти	Біота	
1	Зміна (зниження) стійкості та міцності гірських порід	0	2	3	2	1	8
2	Деформація масиву гірських порід	0	3	3	3	3	12
3	Просідання земної поверхні	0	3	3	3	3	12
4	Водоносичення масиву гірських порід	0	3	3	2	2	10
5	Порушення гідрологічного режиму	0	3	3	3	2	11
6	Виснаження водоносних горизонтів	0	3	2	3	2	10
7	Забруднення поверхневих водних об'єктів	0	3	2	1	2	8
8	Міграція забруднюючих речовин	2	2	2	2	2	10
9	Змішування шахтних вод з питними водами підземних горизонтів	0	3	1	2	2	8
10	Підтоплення та заболочування земель	0	3	3	3	3	12
11	Відведення земель під породні відвали	1	1	3	3	2	10
12	Відведення земель під відстійники шахтних вод	0	2	3	3	2	10
13	Горіння та пиління відвалів	3	1	1	2	2	9
14	Деформації і руйнування будівель та об'єктів інфраструктури	1	2	3	3	2	11
15	Утворення вибухонебезпечних метано-повітряних сумішей	3	1	1	2	3	10
16	Емісія шахтних газів на земну поверхню	3	1	2	2	2	10
I	<b>Сумарні бали за всіма факторами впливу</b>	13	36	38	39	35	161
II	<b>Середні бали</b>	0,81	2,25	2,38	2,44	2,19	10,07
III	<b>Загальне погіршення стану об'єктів довкілля на територіях вугледобувних регіонів (експертні оцінки)</b>	3	3	3	1	3	13

Таблиця 2 – Експертна оцінка екологічного впливу на об'єкти довкілля техногенних наслідків «сухого» способу ліквідації вугільної шахти

№	Техногенні наслідки ліквідації шахти, як фактори негативно-го впливу на довкілля	Експертна оцінка екологічного впливу факторів на об'єкти довкілля в балах					Сумарні оцінки за окремими факторами впливу
		Атмосфера	Гідросфера	Літосфера	Ґрунти	Біота	
1	Зниження стійкості та міцності гірських порід	0	1	1	1	1	4
2	Деформація масиву гірських порід	0	2	2	2	2	8
3	Просідання земної поверхні	0	1	1	1	1	4
4	Водоносичення масиву гірських порід	0	1	1	1	1	4
5	Порушення гідрологічного режиму	0	3	2	2	1	8
6	Виснаження водоносних горизонтів	0	3	2	2	2	9
7	Забруднення поверхневих водних об'єктів	0	2	2	1	2	7
8	Міграція забруднюючих речовин	2	2	2	2	1	9
9	Змішування шахтних вод з питними водами підземних горизонтів	0	2	2	2	2	8
10	Підтоплення та заболочування земель	0	1	1	1	1	4
11	Відведення земель під породні відвали	0	2	2	2	2	8
12	Відведення земель під відстійники шахтних вод	0	3	3	3	3	12
13	Забруднення довкілля продуктами горіння та пиління відвалів	2	1	0	1	1	5
14	Деформації і руйнування будівель та об'єктів інфраструктури	2	1	1	1	1	6
15	Утворення вибухонебезпечних метано-повітряних сумішей	3	1	1	2	3	10
16	Виділення шахтних газів на земну поверхню	2	1	2	2	2	9
I	<b>Сумарні бали за всіма видами впливу</b>	11	27	25	26	26	115
II	<b>Середні бали</b>	0,69	1,69	1,56	1,62	1,62	7,19
III	<b>Загальне погіршення стану об'єктів довкілля на територіях вугледобувних регіонів (експертні оцінки)</b>	2	2	2	2	2	8

Таблиця 3 – Експертна оцінка екологічного впливу на об'єкти довкілля техногенних наслідків «мокрого» способу ліквідації вугільних шахт

№	Техногенні наслідки ліквідації шахти, як фактори негативного впливу на довкілля	Експертна оцінка екологічного впливу факторів на об'єкти довкілля в балах					Сумарні оцінки за окремими факторами впливу
		Атмосфера	Гідросфера	Літосфера	Ґрунти	Біота	
1	Зниження стійкості та міцності гірських порід	0	3	3	3	2	11
2	Деформація масиву гірських порід	0	3	3	3	3	12
3	Просідання земної поверхні	0	3	3	3	2	11
4	Водоносичення масиву гірських порід	0	3	3	2	2	10
5	Порушення гідрологічного режиму	0	3	3	3	2	11
6	Виснаження водоносних горизонтів	0	3	2	3	2	10
7	Забруднення поверхневих водних об'єктів	0	3	2	2	2	9
8	Міграція забруднюючих речовин	2	2	2	2	2	10
9	Змішування шахтних вод з питними водами підземних горизонтів	0	3	3	2	2	10
10	Підтоплення та заболочування земель	0	3	3	3	3	12
11	Відведення земель під породні відвали	0	2	2	2	2	8
12	Відведення земель під відстійники шахтних вод	0	2	2	2	2	8
13	Забруднення довкілля продуктами горіння та пиління відвалів	2	1	0	2	2	7
14	Деформації і руйнування будівель та об'єктів інфраструктури	3	2	3	3	2	13
15	Утворення вибухонебезпечних метано-повітряних сумішей	3	1	1	2	3	10
16	Виділення шахтних газів на земну поверхню	3	1	2	2	2	10
I	<b>Сумарні бали за всіма видами впливу</b>	11/13	27/38	25/37	26/39	26/35	162
II	<b>Середні бали</b>	0,81	2,38	2,31	2,44	2,19	10,13
III	<b>Загальне погіршення стану об'єктів довкілля на територіях вугледобувних регіонів (експертні оцінки)</b>	3	3	3	2	2	13

Загальну оцінку рівня екологічної небезпеки вугледобувних регіонів можна визначати або як суму матриці експертних оцінок впливу 16-ти факторів на 5 основних компонентів довкілля, тобто матриці  $|16 \times 5|$  з 16-ти рядків та 5-ти стовпчиків, або як суму оцінок середніх балів, наведену на перехрестях передостанніх рядків і останніх стовпчиків табл. 1-3 (помічено сірим кольором), тобто суму матриці оцінок ділимо на 16 по числу факторів впливу. При такому підході загальна кількісна оцінка рівня екологічної небезпеки на територіях діючих шахт складатиме, відповідно, 161 або 10,0625 ( $\approx 10,07$ ), а на територіях шахт, закритих способами «сухої» і «мокрої» ліквідації або – 115 та 162, або 7,19 та 10,13 відповідно.

Насамкінець оберемо шкалу оцінок рівня екологічної небезпеки. При цьому початкове значення шкали очевидно є 0. Верхнє значення шкали залежатиме від обраного узагальнюючого показника експертних оцінок. Якщо обрати суму матриці експертних оцінок  $|16 \times 5|$ , то верхнє значення шкали складе  $5 \times 16 \times 3 = 240$ .

Тоді в разі експлуатації шахт та при «сухій» і «мокрій» їх ліквідації отримаємо значення екологічної небезпеки вугледобувного регіону 161, 115 та 162 відповідно. Якщо ж обрати середню сумарну оцінку для прийнятих компонентів довкілля, то верхня шкала складе 15 балів ( $5 \times 3$  або  $240/16$ ). В цьому випадку значення екологічної небезпеки регіону, як показано вище, складуть 10,07; 7,19 та 10,13 відповідно. Шкала від 0 до 15 виглядає більш прийнятною для практичного використання, зокрема при графічному відображенні.

Для графічного відображення результатів експертного оцінювання екологічного впливу техногенних наслідків функціонування вугільних шахт на об'єкти довкілля при їх експлуатації та ліквідації побудуємо діаграму Парето [<http://six sigma online>] (рис. 1).

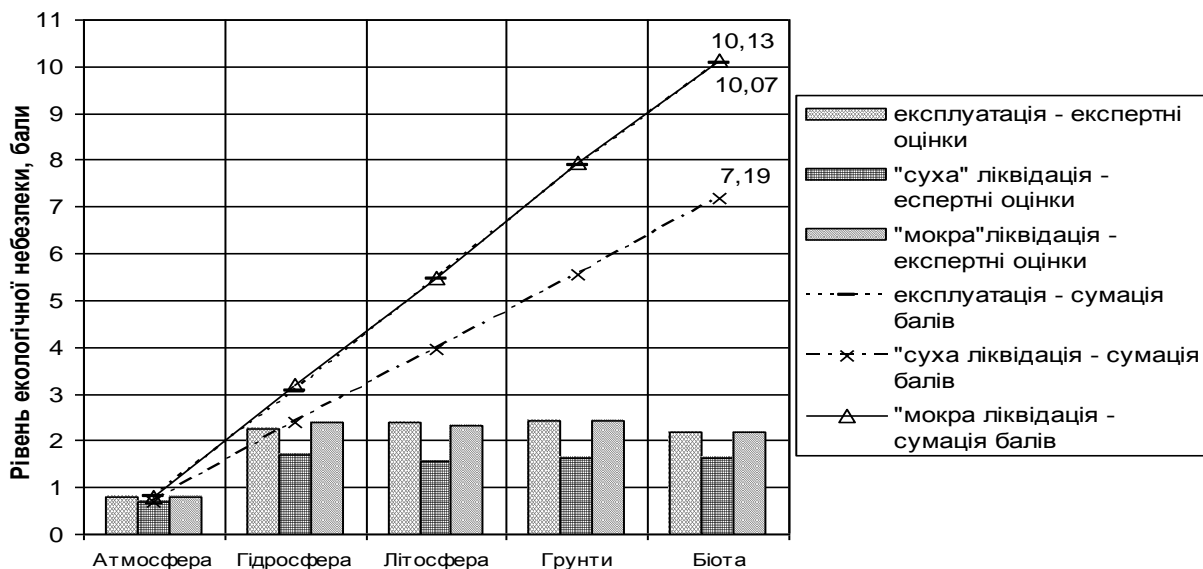


Рисунок 1 – Рівні екологічної небезпеки функціонування та ліквідації вугільних шахт для компонентів довкілля (стовбчасті гістограми за 3-х бальною шкалою) та в цілому для довкілля у вугледобувних регіонах (графіки з маркерами за 15-ти бальною шкалою, що отримані як результат сумації відповідних стовбчастих гістограм в разі експлуатації діючих шахт та при «сухій» і «мокрій» їх ліквідації)

Як бачимо, діаграма Парето достатньо повно ілюструє результати експертного оцінювання екологічного впливу на довкілля техногенних наслідків функціонування вугільних шахт та виконаного аналізу табл. 1-3. При цьому на рис. 1 наглядно показано, що «суха» ліквідація шахт (графік з маркером «×») та сумарним середнім балом екологічної небезпеки 7,19) виглядає менш екологічно небезпечною для довкілля, ніж «мокра» (графік з маркером «Δ») та балом 10,13); в той же час, «мокра» ліквідація дещо перевищує екологічну небезпеку для довкілля, що існує при експлуатації діючих шахт (графік з маркером «-») та сумарним середнім балом 10,07).

### **Висновки.**

1. Експертне оцінювання екологічного впливу техногенних наслідків експлуатації і ліквідації вугільних шахт на об'єкти довкілля (атмосферу, гідросферу, літосферу, ґрунти, біоту) доцільно оцінювати за 16-ма техногенними факторами шляхом безпосереднього обстеження з використанням 3-х бальної шкали (0 – вплив фактору відсутній; 1 – мінімальний або опосередкований вплив; 2 – періодичний вплив (безпосередній або опосередкований); 3 – безперервний безпосередній вплив).

2. Загальну оцінку рівня екологічної небезпеки вугледобувних регіонів пропонується визначати як суму оцінок середніх балів матриці експертних оцінок впливу 16-ти факторів на 5 основних компонентів довкілля, тобто матриці  $|16 \times 5|$  з 16-ти рядків та 5-ти стовпчиків. При цьому кількісна оцінка рівня загальної екологічної небезпеки для довкілля діючих шахт та шахт, закритих способами «сухої» і «мокрої» ліквідації, оцінена за 15-ти бальною шкалою, як 10,07, 7,19 та 10,13 балів відповідно, показує, що «суха» ліквідація шахт виглядає менш екологічно небезпечною для довкілля, ніж «мокра», в той же час, «мокра» ліквідація дещо перевищує екологічну небезпеку для довкілля, що існує при експлуатації діючих шахт.

3. Рівні екологічної небезпеки експлуатації та ліквідації вугільних шахт для компонентів довкілля, отримані експертами за 3-х бальною шкалою, та визначені в цілому для довкілля у вугледобувних регіонах за 15-ти бальною шкалою, запропоновано наглядно представляти на діаграмі Парето.

### **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Развитие угольной промышленности – составная часть энергетической стратегии Украины / Г.Г. Пивняк, П. И. Пилов, В. И. Бондаренко, Н.С. Сургай // Горный журнал. – 2005. – № 5. – С. 14-18
2. Попович, И.Н. Состояние и перспективы развития угольной промышленности Украины / И.Н. Попович // Уголь Украины. 2013. – № 10. – С. 3-6
3. Спітковський, А.І. Реалізація стохастичних моделей життєвого циклу об'єктів енергокомплексу на прикладі шахт з видобування енергетичного вугілля / А.І. Спітковський, Т.П. Нечаєва // Проблеми загальної енергетики. - 2014. – №1 (36). – С. 10-18
4. Technological and environmental aspects of the liquidation of coal mines / Buzylo V., Pavlychenko A., Borysovska O., Gruntova V. // New Developments in Mining Engineering: Theoretical and Practical Solutions of Mineral Resources Mining. – The Netherlands: CRC Press/Balkema, 2015. – P. 75–79.
5. Гавриленко, Ю.Н. Техногенные последствия закрытия угольных шахт Украины / Ю.Н. Гавриленко, В.Н. Ермаков, Ю.Ф. Кренида – Донецк: Изд-во "НОРД-ПРЕСС", 2004. – 632 с.
6. Бунько, Т.В. Разработка методов математического моделирования эмиссии шахтного метана / Т.В. Бунько, А.В. Боровский, А.Б. Бокий // Геотехнічна механіка : міжвід. зб. наук. праць / ІГТМ НАН



України.- 2013. – Вип. 109. – С. 172-181.

7. Павличенко, А.В. Ідентифікація екологічних ризиків, що виникають на різних етапах функціонування вугледобувних підприємств / А.В. Павличенко // Геотехнічна механіка: міжвід. зб. наук. праць / ІГТМ НАН України. - 2015. – Вип. 124. – С. 280-288.

#### REFERENCES

1. Pivnyak, G.G., Pilov, P.I., Bondarenko, V.I. and Surgai, N.S. (2005), «Development of coal industry - component part of the power strategy in the Ukraine», *Mining Journal*, no. 5, pp. 14-18.

2. Popovich, I.N. (2013), «State and Development Prospective of Coal Industry of Ukraine», *Coal of Ukraine*, no. 10, pp. 3-6.

3. Spitkovskiy, A.I. and Nechaeva, T.P. (2014), « Realization of stochastic models life cycle of objects of the power-complex on the example of mines from the booty of power coal», *Problems of General Power Engineering*, no. 36, pp. 10-18

4. Buzylo V., Pavlychenko A., Borysovska O. and Gruntova V. (2015), «Technological and environmental aspects of the liquidation of coal mines», *New Developments in Mining Engineering: Theoretical and Practical Solutions of Mineral Resources Mining.*, : CRC Press/Balkema, Netherlands, pp. 75-79.

5. Gavrilenko, Yu.N., Ermakov, V.N. and Krenida, Yu.F. (2004), *Technogennyye posledstviya zakrytiya ugolnykh shakht Ukrainy: monografiya* [Technological Effects of the Closure of Coal Mines in Ukraine: monograph], Nord-Press, Donetsk, UA.

6. Bunko, T.V., Borovskiy, A.V. and Boki, A.B. (2013), «Development of methods of mathematical design of emission of mine methane», *Geo-Technical Mechanics*, no. 109, pp. 172-181.

7. Pavlychenko, A.V. (2015), «Identification of ecological risks emerging in different stages of coal mining enterprises operation», *Geo-Technical Mechanics*, no. 124, pp. 280-288.

---

#### Про авторів

**Колесник Валерій Євгенійович**, доктор технічних наук, професор, професор кафедри екології, Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет» (ДВНЗ «НГУ»), Дніпропетровськ, Україна, kolesnikve@yahoo.com

**Павличенко Артем Володимирович**, кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри екології, Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет» (ДВНЗ «НГУ»), Дніпропетровськ, Україна, pavlychenkoa@nmu.org.ua.

#### About the authors

**Kolesnyk Valeriy Yevnenovych**, Doctor of Technical Sciences (D.Sc.), Professor, Professor of Ecology Department, State Higher Educational Institution «National Mining University», SHEI «NMU», Dnipropetrovsk, Ukraine, kolesnikve@yahoo.com.

**Pavlychenko Artem Volodymyrovych**, Candidate of Biological Sciences (Ph.D.), Associate Professor, Associate Professor of Ecology Department, State Higher Educational Institution «National Mining University» (SHEI «NMU»), Dnipropetrovsk, Ukraine, pavlychenkoa@nmu.org.ua.

---

**Аннотация.** Многолетнее функционирование угольных шахт привело к деструктивным изменениям компонентов окружающей среды в угледобывающих регионах. Исследованы характер и интенсивность воздействия технологических процессов добычи угля на экологическое состояние прилегающих территорий. Проанализированы техногенные последствия «сухой» и «мокрой» ликвидации угольных шахт. Последствия эксплуатации и ликвидации шахт предлагается определять по 16-ти техногенным факторам воздействия на атмосферу, гидросферу, литосферу, почвы, биоту, путем экспертного оценивания. Интенсивность воздействия техногенных последствий деятельности и ликвидации угольных шахт на окружающую среду рекомендуется определять по трехбалльной шкале: 0 – влияние фактора отсутствует; 1 – минимальное или косвенное влияние; 2 – периодическое воздействие (прямое или косвенное); 3 – непрерывное непосредственное влияние. Приведены результаты экспертной оценки экологической опасности эксплуатации и ликвидации угольных шахт для компонентов окружающей среды. Обоснована целесообразность использования диаграмм Парето для экспертной оценки техногенных последствий функционирования и ликвидации угольных шахт.

**Ключевые слова:** угольная шахта, функционирование, ликвидация, экологическая опасность, оценка, диаграмма Парето.

**Abstract.** Long-lasting operation of coalmines has caused destructive changes of environment components in the coal mining regions. Peculiarities and degree of technological coal-mining process influence on ecological state of adjacent territory were studied. The anthropogenic consequences of wet and dry methods of the coalmine liquidation are analyzed. It is proposed to determine consequences of the coalmine operation and liquidation by way of expert assessment based on 16 factors of man-caused impact on atmosphere, hydrosphere, lithosphere, soil and biota. Intensity of anthropogenic impact of coalmine operation and liquidation on the environment is recommended to determine by the three-point scale: 0 – no impact factor; 1 – minimum or indirect influence; 2 – recurring impact (direct or indirect); 3 – continuous direct impact. The results of expert assessment of ecological danger of coalmine operation and liquidation for the environment components are considered. The reasons for Pareto chart use for assessing anthropogenic consequences of coalmine operation and liquidation are substantiated.

**Keywords:** coal mine, operation, liquidation, ecological danger, assessment, Pareto chart.

*Стаття поступила в редакцію 11.04. 2016*

*Рекомендовано к публикации д-ром технических наук Бунько Т.В.*