

УДК 504.06:622.33

В. Є. КОЛЕСНИК, А. В. ПАВЛИЧЕНКО

**ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРИРОДООХОРОННИХ ЗАХОДІВ НА ВУГІЛЬНИХ ШАХТАХ**

Розглядаються підходи до оцінки ефективності впровадження природоохоронних заходів на різних етапах функціонування вугільних шахт. Розроблено методику оцінки рівнів екологічної небезпеки на територіях діючих і закритих шахт. Пропонується враховувати вплив 16 пріоритетних техногенних чинників вугледобування, що дозволяє в межах 15-ти бальної шкали встановити 3 рівні екологічної небезпеки: «низький» (0-5), «помірний» (5-10), «високий» (10-15). Виконано оцінку екологічної ефективності впровадження на вугільній шахті технологій закладки виробленого простору та розбирання й рекультивациі породного відвалу.

**Ключові слова:** вугільна шахта, екологічна небезпека, оцінка, деформації земної поверхні, породний відвал, закладка виробленого простору.

Рассматриваются подходы к оценке эффективности внедрения природоохранных мероприятий на различных этапах функционирования угольных шахт. Разработана методика оценки уровней экологической опасности на территориях действующих и закрытых шахт. Предлагается учитывать влияние 16 приоритетных техногенных факторов угледобычи, что позволяет в пределах 15-ти балльной шкалы установить 3 уровня экологической опасности: «низкий» (0-5), «умеренный» (5-10), «высокий» (10-15). Выполнена оценка экологической эффективности внедрения на угольной шахте технологий закладки выработанного пространства и разборки и рекультивации породного отвала.

**Ключевые слова:** угольная шахта, экологическая опасность, оценка, деформации земной поверхности, породный отвал, закладка выработанного пространства.

The paper deals with the ways of ecological problems solving caused by coal mines operation and liquidation. Long-term operation of coal mining enterprises caused high levels of contamination of environment, soils, surface and ground waters, as well as substantial waste disposal in coal mining regions. The results of the research are as follows: the developed complex methodology for assessment of ecological danger levels on the territories of operating and closed coal mines. The methodology enables efficient determination of the sum of average grades of expert judgments (in 4-point scale: 0 for no influence of the factor; 1 for minimum or indirect influence; 2 for recurrent influence (direct or indirect); 3 for continuous direct influence) of ecological state of the five main components of environment (atmosphere, hydrosphere, lithosphere, soils and biota). The influence of sixteen priority anthropogenic factors of coal mining is considered, which enables complex determination of the following three levels of ecological danger under the 15-point scale: "low" (0-5 points), "moderate" (5-10 points), "high" (10-15 points).

As for a scientific novelty, for the first time the problem of reliable and prompt assessment of the efficiency of implementation of nature protection measures complex for reduction of ecological danger of operation and liquidation of coal mines was formulated and solved.

The practical significance of the developed methodology consists in prompt assessment of the reduction efficiency of ecological danger levels of technological processes of mines operation and liquidation for the main components of environment. The methodology enables determination of efficiency of implementation of a range of nature protection measures at once and prediction of changes in the environment state under the conditions of mass liquidation of coal mines.

**Keywords:** coal mine, ecological danger, assessment, deformation of earth surface, waste dump, mined-out space stowing.

**Вступ.** Інтенсивний багаторічний видобуток вугілля призвів до значних порушень масиву гірських порід, забруднення компонентів навколишнього середовища, а також збільшення ризиків руйнування будинків та комунікацій. Найбільш інтенсивно це спостерігається у старопромислових вугледобувних регіонах [1]. Тому необхідним є створення методологічних основ комплексного оцінювання рівнів екологічної небезпеки функціонування та подальшої ліквідації гірничих підприємств [2].

**Аналіз літературних даних та постановка проблеми.** Авторами в роботі [3] узагальнено та систематизовано інформацію про екологічний стан вугільних родовищ Донецького, Львівсько-Волинського кам'яновугільних і Дніпровського буровугільного басейнів. Багаторічна діяльність вугледобувних підприємств супроводжується утворенням значних обсягів побічних продуктів (пустих порід, шахтних вод), а також формуванням великих об'ємів виробленого простору. Акцентується увага на необхідності вивчення екологічних ризиків функціонування вугільних підприємств, особливо на етапі їх підготовки до ліквідації.

В роботі [4] обґрунтовується необхідність застосування індексу небезпечності об'єктів та екологічного ризику на етапі проектування промислових підприємств.

Для комплексної оцінки екологічності системних природно-техногенних об'єктів сформовано алгоритм забезпечення комплексної оцінки екологічної безпеки на рівні природно-техногенних комплексів, що дозволяє

прогнозувати та попереджувати деградаційні зміни у довкіллі [5].

В роботі [6] виконано коротко- та довгострокове прогнозування стратегій розвитку промислових регіонів України; ці прогнози можуть бути застосовані для визначення екологічних та техногенних наслідків реформування вугільної галузі.

В трудах [7] рекомендується оцінювати екологічні ризики у вугледобувних регіонах шляхом застосування комплексно-інформаційного методу. Для ідентифікації негативних наслідків, що виникають на етапах експлуатації та ліквідації вугледобувних підприємств, рекомендується комплексна методика оцінки екологічних ризиків [8].

Для характеристики поточного стану процесу вугледобування необхідно розробити кількісно-якісні критерії, що будуть визначати екологічну небезпеку як експлуатації, так і ліквідації вугільних підприємств (шахт). При цьому важливе значення мають параметри, які характеризують джерела утворення побічних продуктів вуглевидобутку (породу, шахтну воду, шлами збагачувальних фабрик), наявність та стан шахтної інфраструктури, котельень, шахтних стволів, горіння териконів, деформацію земної поверхні та ін. [3, 8, 9].

**Ціль та задачі дослідження.** Метою дослідження є визначення закономірностей та механізмів змін екологічної ситуації в вугледобувних регіонах при різних варіантах застосування природоохоронних заходів.

© В. Є. Колесник, А. В. Павличенко. 2016

Задачею роботи є розробка методики комплексної оцінки ефективності впровадження природоохоронних заходів на етапах експлуатації та подальшої підготовки вугільних шахт до ліквідації.

Для досягнення мети були поставлені наступні завдання:

1. Дослідження рівнів екологічної небезпеки експлуатації вугільних шахт до та після впровадження природо- та ресурсозберігаючих технологій.

2. Прогнозування рівнів екологічної небезпеки експлуатації вугільної шахти при застосування відходів вуглевидобутку для закладки виробленого простору.

**Матеріали та методи дослідження рівнів екологічної небезпеки процесів експлуатації та ліквідації шахт при різних варіантах застосування природоохоронних заходів.** Методичною основою виконання комплексних досліджень є: оцінка рівнів екологічної небезпеки на територіях діючих і закритих вугільних шахт. Методика дозволяє оперативно визначити суму середніх балів експертних оцінок (за 4-х бальною шкалою:

0 – вплив фактору відсутній;

1 – мінімальний або опосередкований вплив;

2 – періодичний вплив (безпосередній або опосередкований);

3 – безперервний безпосередній вплив) екологічного стану 5-ти основних компонентів довкілля (атмосфери, гідросфери, літосфери, ґрунтів і біоти).

Враховується вплив 16-ти пріоритетних техногенних чинників вугледобування, що дозволяє комплексно в межах 15-ти бальної шкали встановити 3 рівня екологічної небезпеки: «низький» (0-5 балів), «помірний» (5-10 балів), «високий» (10-15 балів).

Об'єктом дослідження є екологічна безпека функціонування вугільних шахт на етапах експлуатації та підготовки до ліквідації.

Предметом дослідження є оцінювання екологічної ефективності впровадження природоохоронних заходів на вугільних шахтах.

Для оцінки рівнів екологічної небезпеки, що виникає на різних етапах функціонування вугледобувних підприємств (аж до моменту закриття нерентабельних та збиткових шахт), рекомендується аналізувати інтенсивність та періодичність впливу техногенних наслідків функціонування вугледобувних підприємств на стан об'єктів навколишнього середовища [8, 10].

**Результати дослідження ефективності впровадження природоохоронних заходів на етапі експлуатації вугільної шахти.** Видобуток вугілля шахтами (а у подальшому при відпрацюванні запасів і їх закритті) посилює вплив гірничих робіт на навколишнє середовище. Відсутність надійних даних про зміни стану об'єктів довкілля на різних етапах функціонування гірничого підприємства ускладнює оцінку еко-

логічних та техногенних ризиків. Кількісна чи якісна оцінка ризику може бути основою для розробки комплексу заходів з покращення екологічного стану вугледобувних регіонів.

Загальну оцінку рівня екологічної небезпеки вугледобувних регіонів рекомендується визначати як суму оцінок середніх балів таблиці у виді матриці |16x5| з 16-ти рядків (впливів на довкілля) та 5-ти стовпчиків (об'єктів довкілля). Шкала комплексної оцінки рівнів екологічної небезпеки процесів експлуатації та ліквідації шахт переставлена в табл. 1.

Таблиця 1 – Шкала комплексної оцінки рівня екологічної небезпеки експлуатації та ліквідації вугледобувних підприємств

Діапазон комплексних оцінок	Рівень небезпеки
0–5	низький
5–10	помірний
10–15	високий

В попередніх дослідженнях [8, 10] встановлено, що експлуатація вугільної шахти призводить до формування «високого» рівня екологічної небезпеки для навколишнього середовища. Аналогічний «високий» рівень екологічної небезпеки має і «мокра» ліквідація шахт. Слід відмітити, що «суха» ліквідація вугільної шахти дозволяє зменшити рівень екологічної небезпеки з «високого» до «помірного».

Для зменшення негативних впливів на довкілля вугільних шахт рекомендується застосування технологій закладки виробленого простору вугільних шахт з одночасним розбиранням породних відвалів.

Результати комплексної оцінки змін рівнів та характеру екологічного впливу на об'єкти довкілля 16 техногенних чинників при різних варіантах застосування природоохоронних заходів наведені в табл. 2.

Графічне відображення результатів експертного оцінювання ефективності реалізації природоохоронних заходів на вугледобувних підприємствах за допомогою діаграми Парето приведено на рис. 1.

Загальну оцінку рівня екологічної небезпеки вугледобувних підприємств при різних варіантах застосування природоохоронних заходів приведено в табл. 3.

Аналіз даних табл. 3 виявив, що своєчасне впровадження природоохоронних заходів на вугледобувних підприємствах дозволить знизити рівень екологічної небезпеки з «високого» до «помірного».

Слід відмітити, що впровадження запропонованих заходів буде ефективним лише за умови реалізації на діючому вугледобувному підприємстві; це дозволить в подальшому знизити рівні екологічної небезпеки при ліквідації нерентабельних вугільних шахт.

Таблиця 2 – Експертна оцінка екологічної ефективності застосування комплексу природоохоронних заходів на вугільних шахтах

№ з/п	Техногенні наслідки експлуатації шахти, як чинники негативного впливу на довкілля	Сумарні оцінки за окремими чинниками впливу			
		I	II	III	IV
1	Зміна (зниження) стійкості та міцності гірських порід	8	4	5	4
2	Деформація масиву гірських порід	12	5	8	5
3	Просідання земної поверхні	12	5	8	5
4	Водоносичення масиву гірських порід	10	5	10	7
5	Порушення гідрологічного режиму	11	6	11	8
6	Виснаження водоносних горизонтів	10	5	9	8
7	Забруднення поверхневих водних об'єктів	8	6	5	5
8	Міграція забруднюючих речовин (викиди, скиди, відходи тощо)	10	5	5	5
9	Змішування шахтних вод з питними водами підземних горизонтів	8	6	7	7
10	Підтоплення та заболочування земель	12	5	8	5
11	Відведення земель під породні відвали	10	8	3	5
12	Відведення земель під відстійники шахтних вод	10	10	10	10
13	Горіння та пиління відвалів	9	8	4	6
14	Деформації і руйнування будівель та об'єктів інфраструктури	11	8	8	8
15	Утворення вибухонебезпечних метано-повітряних сумішей	10	6	10	8
16	Емісія шахтних газів на земну поверхню	10	6	10	6
I	<b>Сумарні бали за всіма факторами впливу</b>	161	98	121	102
II	<b>Середні бали</b>	<b>10,07</b>	<b>6,12</b>	<b>7,56</b>	<b>6,38</b>
III	<b>Загальне погіршення стану об'єктів довкілля на територіях вугледобувних регіонів (експертні оцінки)</b>	13	8	6	9

Примітка: I – без застосування природоохоронних заходів; II – проведення закладки виробленого простору; III – розбирання та рекультивация породного відвалу; IV – застосування закладки виробленого простору з розбиранням породного відвалу

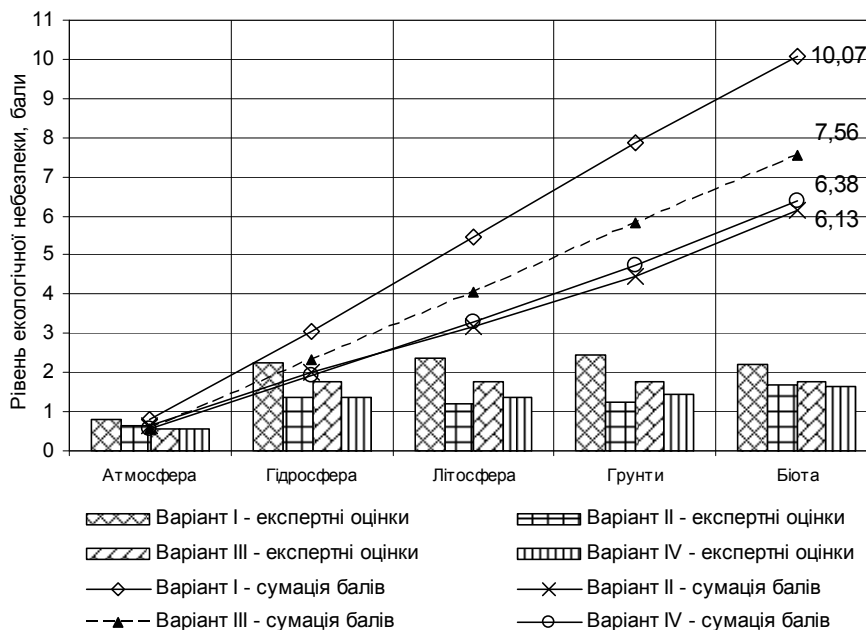


Рис. 1 – Ефективність застосовуваних природоохоронних заходів на вугільних шахтах, що визначена за комплексною оцінкою рівнів екологічної небезпеки: I – без природоохоронних заходів; II – проведення закладки виробленого простору; III – розбирання та рекультивация породного відвалу; IV – застосування закладки виробленого простору з розбиранням породного відвалу

Таблиця 3 – Оцінки ефективності впровадження природоохоронних заходів на вугледобувних підприємствах

Варіанти застосування природоохоронних заходів	Діапазон значень комплексної оцінки екологічної небезпеки	Рівень небезпеки
Без застосування природоохоронних заходів	10,07	високий
Проведення закладки виробленого простору	6,12	помірний
Розбирання та рекультивация породного відвалу	7,56	помірний
Застосування закладки виробленого простору з розбиранням породного відвалу	6,38	помірний

**Обговорення результатів дослідження ефективності запропонованих природоохоронних заходів.** В результаті проведеної оцінки встановлено, що використання відходів вуглевидобутку для виготовлення сумішей з метою закладки виробленого простору вугільних шахт дозволить зменшити обсяги відходів, а як наслідок і забруднення сільськогосподарських територій поблизу шахтних відвалів та подальше накопичення небезпечних забруднюючих речовин у продуктах харчування. Також буде попереджено просідання та деформація земної поверхні, її наступне заболочування та вилучення земель з господарського використання.

Результати проведеної комплексної оцінки екологічного стану об'єктів довкілля на території вугледобувного підприємства є теоретичною та практичною основою для вирішення прикладних задач, таких як: планування екологічно обгрунтованого рівня техногенного навантаження, розробка схем розвитку та розміщення технологічних ділянок, а також розробка відповідних природоохоронних заходів.

**Висновки.** В результаті проведених досліджень розроблена комплексна методика оцінки рівнів екологічної небезпеки на територіях діючих і закритих вугільних шахт. Методика дозволяє оперативно визначати суму середніх балів експертних оцінок екологічного стану основних компонентів довкілля (атмосфери, гідросфери, літосфери, ґрунтів і біоти). Розроблена методика дозволяє оперативно оцінювати ефективність зменшення рівнів екологічної небезпеки технологічних процесів експлуатації та ліквідації шахт для основних компонентів довкілля. При цьому можна визначати ефективність реалізації відразу декількох природоохоронних заходів та прогнозувати зміни стану довкілля в умовах масової ліквідації вугільних шахт.

#### Список літератури:

1. Рудько, Г. І. Екологічні ризики при розробці родовищ корисних копалин [Текст] / Г. І. Рудько, О. І. Бондар // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2005. – № 5. – С. 75–84.
2. Яковлев, С. О. Сучасні фактори національної безпеки України при формуванні мінерально-сировинної бази [Текст] / С. О. Яковлев // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2005. – № 5. – С. 84–91.
3. Рудько, Г. І. Екологічна безпека вугільних родовищ України [Текст]: Монографія / Г. І. Рудько, О. І. Бондар, Є. О. Яковлев, О. А. Машков, В. М. Єрмаков, С. А. Плахотній. – Київ: Букрек, 2016. – 608 с.
4. Статюха, Г. О. До питання кількісної оцінки екологічної безпеки при ОВНС [Текст] / Г. О. Статюха, В. А. Соколов, І. Б. Абрамов, Т. В. Бойко, А. О. Абрамова // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2010. – № 6/6 (48). – С. 44–46. – Режим доступу: <http://journals.uran.ua/ejet/article/view/3347/3147>
5. Козуля, Т. В. Комплексна екологічна оцінка природно-техногенних комплексів на основі MIPS- і ризик-аналізу [Текст]

- / Т. В. Козуля, Д. І. Ємельянова, М. М. Козуля // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2014. – № 3/10 (69). – С. 8–13. – Режим доступу: <http://journals.uran.ua/ejet/article/view/24624/22722>
6. Бугасва, Л. М. Використання методів системної динаміки для дослідження сталого розвитку регіонів України [Текст] / Л. М. Бугасва, М. М. Османов, Г. О. Статюха // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2010. – № 2/10 (44). – С. 22–25. – Режим доступу: <http://journals.uran.ua/ejet/article/view/2772/2578>
7. Аоаменко, М. І. Оцінка екологічного ризику в шахтних регіонах комплексно-інформаційним методом [Текст] / М. І. Аоаменко, Е. А. Дармофал // Системи обробки інформації. – 2014. – № 8. – С. 171–173.
8. Павличенко, А. В. Ідентифікація екологічних ризиків, що виникають на різних етапах функціонування вугледобувних підприємств [Текст]: міжвід. зб. наук. праць / А. В. Павличенко // Геотехнічна механіка. – 2015. – № 124. – С. 280–288.
9. Лисиченко, Г. В. Методологія оцінювання екологічних ризиків [Текст] / Г. В. Лисиченко, Г. А. Хміль, С. В. Барбашев. – Одеса: Астропринт, 2011. – 368 с.
10. Павличенко, А. В. Шляхи удосконалення природоохоронної діяльності вугледобувного підприємства [Текст] / А. В. Павличенко // Збірник наукових праць Національного гірничого університету. – 2015. – № 49. – С. 297–305.

#### Bibliography (transliterated):

1. Rudko, H. I., Bondar, O. I. (2005). Ekolohichni ryzyky pry rozrobtsi rodovyshch korysnykh kopalyn. Ekolohiia dovkillia ta bezpeka zhyttiedialnosti, 5, 75–84.
2. Yakovliev, Ie. O. (2005). Suchasni faktory natsionalnoi bezpeky Ukrainy pry formuvanni mineralno-syrovynnoi bazy. Ekolohiia dovkillia ta bezpeka zhyttiedialnosti, 5, 84–91.
3. Rudko, H. I., Bondar, O. I., Yakovliev, Ie. O., Mashkov, O. A., Yermakov, V. M., Plakhotnij, S. A. (2016). Ekolohichna bezpeka vuhilnykh rodovyshch Ukrainy. Kyiv: Bukrek, 608.
4. Statiukha, H. O., Sokolov, V. A., Abramov, I. B., Boiko, T. V., Abramova, A. O. (2010). Do pytannia kilkisnoi otsinky ekolohichnoi bezpeky pry OVNS. Skhidno-levropeysky zhurnal peredovykh tekhnolohii, 6 (6 (48)), 44–46. Available at: <http://journals.uran.ua/ejet/article/view/3347/3147>
5. Kozulia, T. V., Yemelianova, D. I., Kozulia, M. M. (2014). Kompleksna ekolohichna otsinka pryrodno-tekhnohennykh kompleksiv na osnovi MIPS- i ryzyk-analizu. Skhidno-levropeysky zhurnal peredovykh tekhnolohii, 3 (10 (69)), 8–13. Available at: <http://journals.uran.ua/ejet/article/view/24624/22722>
6. Buhaieva, L. M., Osmanov, M. M., Statiukha, H. O. (2010). Vykorystannia metodiv systemnoi dynamiky dlia doslidzhennia staloho rozvytku rehioniv Ukrainy. Skhidno-levropeysky zhurnal peredovykh tekhnolohii, 2 (10 (44)), 22–25. Available at: <http://journals.uran.ua/ejet/article/view/2772/2578>
7. Adamenko, M. I., Darmofal, E. A. (2014). Otsinka ekolohichnoho ryzyku v shakhtnykh rehionakh kompleksno-informatsiynym metodom. Systemy obrobky informatsii, 8, 171–173.
8. Pavlychenko, A. V. (2015). Identyfikatsiia ekolohichnykh ryzykiv, shcho vynykaiut na riznykh etapakh funktsionuvannia vuhledobuvnykh pidpriemstv. Neotekhnichna mekhanika, 124, 280–288.
9. Lysychenko, H. V., Khmil, H. A., Barbashev, S. V. (2011). Metodolohiia otsiniuvannia ekolohichnykh ryzykiv. Odesa: Astroprynt, 368.
10. Pavlychenko, A. V. (2015). Shliakhy udoskonalennia pryrodookhoronnoi diialnosti vuhledobuvnoho pidpriemstva. Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoho hirnychoho universytetu, 49, 297–305.

Надійшла (received) 20.11.2016

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

**Оцінка ефективності реалізації природоохоронних заходів на вугільних шахтах/ В. Є. Колесник, А. В. Павличенко// Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – № 50(1222). – С.142–146. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.**

**Оценка эффективности реализации природоохранных мероприятий на угольных шахтах/ В. Е. Колесник, А. В. Павличенко**// Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – No 50(1222). – С.142–146. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

**Efficiency Assessment for Nature Protection Measures Implementation on Coal Mines/ V. Ye. Kolesnyk, A. V. Pavlychenko** //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2016. – No 50 (1222).– P. 142–146. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2079-5459.

*Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors*

**Колесник Валерій Євгенійович** – доктор технічних наук, Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», професор кафедри екології, пр. Д. Яворницького, 19, Дніпро, Україна, 49005, e-mail: [kolesnikve@yahoo.com](mailto:kolesnikve@yahoo.com).

**Павличенко Артем Володимирович** – кандидат біологічних наук, Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», доцент кафедри екології, пр. Д. Яворницького, 19, Дніпро, Україна, 49005, e-mail: [pavlychenkoa@nmu.org.ua](mailto:pavlychenkoa@nmu.org.ua).

**Колесник Валерій Євгеньевич** – доктор технических наук, профессор, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», профессор кафедры экологии, пр. Д. Яворницкого, 19, Днепр, Украина, 49005, e-mail: [kolesnikve@yahoo.com](mailto:kolesnikve@yahoo.com).

**Павличенко Артем Владимирович** – кандидат биологических наук, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», доцент кафедры экологии, пр. Д. Яворницкого, 19, Днепр, Украина, 49005, e-mail: [pavlychenkoa@nmu.org.ua](mailto:pavlychenkoa@nmu.org.ua).

**Kolesnyk Valerii** – Doctor of Technical Science, State Institution of Higher Education «National Mining University», Professor of Ecology Department, Dmytra Yavornytskoho ave., 19, Dnipro, Ukraine, 49005, e-mail: [kolesnikve@yahoo.com](mailto:kolesnikve@yahoo.com).

**Pavlychenko Artem**– PhD, State Higher Educational Institution «National Mining University», Associate Professor of Ecology Department, Dmytra Yavornytskoho ave., 19, Dnipro, Ukraine, 49005, e-mail: [pavlychenkoa@nmu.org.ua](mailto:pavlychenkoa@nmu.org.ua).