

- [5] Міністерства доходів і зборів України. (2014, січень). *Податковий кодекс України*.
- [6] Б. І. Малюк, О. Б. Бобров, та М. Д. Красножон, *Надрокористування у країнах Європи і Америки*. Київ, Україна: Географіка, 2003.
- [7] Г.І. Рудько, О.В. Плотніков, М.М. Курило та С.В. Радованов, *Економічна геологія родовищ залізистих кварцитів*. – Київ, Україна: Академпрес, 2010.
- [8] О. Вітенко, та Г. Коваленко, «Плата за користування надрами», *Вісник податкової служби*, № 14, С.18 – 19, 2012.
- [9] В.В. Дубічинський, *Сучасний тлумачний словник української мови*, Харків, Україна: ВД «ШКОЛА», 2006.
- [10] М.М. Коржнев, В.А. Михайлов, та В.С. Міщенко, *Основи економічної геології*, Київ, Україна: Логос, 2006.
- [11] Тлумачний словник. [Електронний ресурс]. Доступно: <http://vseslova.com.ua/word-114063u>
- [12] В. Пугач, *Економіка природокористування і охорони довкілля «Теоретичні засади сталого надрокористування»*. [Електронний ресурс]. Доступно: http://nbuv.gov.ua/UJRN/epod_2014_2014_14

Стаття надійшла до редакції 21.05.2017р.

УДК 504.064.2

DOI: 10.20535/2079-5688.2017.34.114067

Ю.А. Молодець, асп., **О.Я. Тверда**, к.т.н., **К.К. Ткачук**, д.т.н. (КПІ ім. Ігоря Сікорського)

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ РОЗРАХУНКУ РИЗИКІВ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я ПРАЦІВНИКІВ ГРАНІТНИХ КАР'ЄРІВ

Yu. Molodets, O. Tverda, K. Tkachuk (Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute)

IMPROVEMENT OF THE RISK CALCULATION METHOD FOR HEALTH OF WORKERS OF GRANITE QUARRIES

Проведено удосконалення методики визначення канцерогенного та не канцерогенного ризиків для здоров'я працівників кар'єрів. Здійснено оцінку токсичності ґрунтів на прилеглій до відвалу гранітного кар'єру території з використанням рослинних біотесторів. Визначено за результатами ростового тесту фітотоксичний ефект, в результаті чого доведено, що відвал впливає на забрудненість ґрунтів за визначеною залежністю.

Ключові слова: біоіндикація ґрунту; відвали кар'єрів; вплив пилу; здоров'я працівників; розрахунок ризиків; токсичність ґрунтів.

Проведено усовершенствование методики определения канцерогенного и неканцерогенного риска для здоровья работников карьеров. Осуществлена оценка токсичности почв на прилегающей к отвалу гранитного карьера территории с

использованием растительных биотесторов. Определен по результатам ростового теста фитотоксичный эффект, в результате чего доказано, что отвал влияет на загрязненность почв по определенной зависимости.

Ключевые слова: *биоиндикация почвы; отвалы карьеров; воздействие пыли; здоровье работников; расчет рисков; токсичность почв.*

Improvement of the method of determining the carcinogenic and non-carcinogenic risks for the health of career workers. The soil toxicity on the territory adjacent to the granite quarry with the use of plant bio-tributaries is estimated. According to the results of the growth test, the phytotoxic effect, which has proved that the dump influences the soil contamination by the defined dependence.

Keywords: *soil bioindication; dumps of quarries; dust impact; employee health; risk calculation; soil toxicity.*

Актуальність роботи. Кар'єро-відвальні комплекси є одними з основних джерел пилового забруднення атмосфери прилеглих територій. Основною проблемою при відвалоутворенні є пиління відвалів. Враховуючи те, що більшість з кар'єро-відвальних комплексів знаходиться в межах міських агломерацій необхідним є дослідження пилового впливу та знаходження способів та методів мінімізації цього навантаження. Також важливим є те, що більшість робітників живуть біля кар'єрів. Тому працівники отримують негативний вплив не тільки на роботі, а і коли знаходяться вдома. Проте визначення ризиків захворювань гірників в комплексі (на роботі та вдома) не відбувалось. До уваги брався час знаходження робітника тільки на роботі.

Одними із найпростіших методів аналізу об'єктів навколишнього середовища на вміст забруднювачів є біологічні методи. Біометоди засновані на тому, що для життєдіяльності необхідне середовище чітко визначеного хімічного складу. При зміні хімічного складу середовища проживання організм через якийсь час, іноді практично відразу подає відповідний сигнал [1].

Багато авторів займались дослідженням стану ґрунтів відвалу за допомогою біоіндикації для подальшої рекультивациі. Автори роботи [2] займалися дослідженням фітотоксичного ефекту гірничої маси з відвалів Кременчуцького кар'єроуправління «Кварц» за допомогою ростового тесту. Також слід зазначити роботу [3] в якій проведено біотестування гірничої маси з відвалів Малокохнівського гранітного кар'єру та подано рекомендації щодо вибору рослин для фітоконсервациі відвалу. В праці [4] досліджено зразки ґрунту, зібраного в околицях шахти в м. Буковно (Польща). Виявлено збільшення токсичності металу, дані ґрунти віднесено до 3 класу токсичності.

Проте дослідження ґрунту прилеглих територій відвалів саме гранітних кар'єрів не проводилось. Це не дає можливості повністю охарактеризувати величину забруднення відвалом ґрунтів даної місцевості. Також оцінити вплив на населення, що використовує ґрунт для господарської діяльності.

Мета роботи – дослідження стану ґрунтів прилеглих до відвалу гранітного кар'єра територій за допомогою біотестування та розробка методології для визначення ризиків для працівників гранітного кар'єру.

Матеріали і результати досліджень. Для фітотестування відібрано проби гірничої маси з відвалу Пенізевицького гранітного кар'єру. Проби взято на

відстанях 400 м і 600 м, та на відстані 800 м. На відстані 800 м знаходиться ґрунт, що обробляється місцевими жителями. Проби відібрано в західному напрямку відносно відвалу. Такий напрямок переважає по повторюваності вітру в Житомирській області [5]. Контрольним субстратом у цьому випадку є ґрунт, відібраний в екологічно чистій зоні (ландшафтний заказник «Калинка» [6]). В якості модельної тест-рослини обрано овес. Насіння вівса дає найбільш стабільні та відтворювальні дані в порівнянні з насінням інших культур. Також овес відрізняється швидким зростанням, високим відсотком проростання та має чітко виражену реакцію у випадку забруднення ґрунту [7], [8].

Для експерименту відбирається неушкоджене насіння вівса, схожість якого складає не менше 95 %. Показником тест-функції є довжина кореня, висота наземної частини рослини проростків. Обчислюють середні величини даних показників, що отримані в результаті паралельних експериментів для контрольного й досліджуваного насіння. Для оцінки токсичності ґрунту визначається фіто ефект (ефект гальмування), який залежить від середньої величини показника в досліді та в контролі [7].

Розрахунок об'єму вибірки, достатнього для достовірності результату, проведено за формулою [9]:

$$n = \frac{t^2}{K^2} = \frac{1,96^2}{0,5^2} \approx 15, \quad (1)$$

де n – об'єм вибірки в запланованому дослідженні; t – число сигм, що відповідає показнику ймовірності, достатньому в запланованому дослідженні, 1,96 [10]; K – допустима неточність у експерименті, 0,5 [11].

При дослідженні токсичності ґрунту, відібраного на різних відстанях від відвалу гранітного кар'єру, були отримані наступні результати (табл. 1, рис. 1).

Таблиця 1

Результати оцінки токсичності ґрунту, відібраного на різних відстанях від відвалу гранітного кар'єру

Місце проби									
Контроль		ґрунт з відвалу		ґрунт на відстані 400 м від відвалу		ґрунт на відстані 600 м від відвалу		ґрунт на відстані 800 м від відвалу	
В. р. *, см	Д. к. *, см	В. р., см	Д. к., см	В. р., см	Д. к., см	В. р., см	Д. к., см	В. р., см	Д. к., см
20,1	14,7	9,6	4,9	10,1	4,7	16,4	6,9	15,5	9,8
21,5	13,9	9,1	5,2	11,6	6,8	11,9	8,7	14,3	10,1
23,2	16,6	8,5	4,3	9,8	7,5	15,3	6,2	15,2	8,0
22,9	13,2	8,8	6,4	9,7	6,1	12,8	8,4	13,2	9,2
19,8	9,7	8,1	5,4	8,5	7,4	13,2	7,5	16,1	7,1
25,2	10,1	9,8	5,1	7,9	6,3	10,7	8,7	10,9	7,0
19,9	9,3	7,3	3,8	9,2	6,9	9,4	6,4	16,8	7,5
21,2	11,0	7,8	6,5	8,9	4,6	13,4	6,9	11,4	9,2
22,1	12,5	8,6	5,7	8,1	7,3	10,8	9,1	15,6	8,2
18,7	13,5	7,0	3,3	8,4	5,1	14,5	7,4	11,0	8,7

Продовження табл. 1

Місце проби									
Контроль		Контроль		Контроль		Контроль		Контроль	
В. р. *, см	В. р. *, см	В. р. *, см	В. р. *, см	В. р. *, см	В. р. *, см	В. р. *, см	В. р. *, см	В. р. *, см	В. р. *, см
18,0	13,2	9,1	5,7	12,7	5,8	12,1	6,9	13,5	7,9
24,7	16,8	10,2	5,7	8,6	7,4	10,4	7,4	12,0	9,2
25,6	17,5	8,6	5,5	10,3	5,6	12,2	7,9	18,5	10,3
22,1	12,3	9,8	4,4	8,9	7,4	14,1	9,8	15,8	6,2
21,7	13,7	7,3	3,9	9,7	5,1	14,8	6,4	16,2	9,8

*) В. р. – висота рослин; Д. к. – довжина кореня.

Для кожного досліджуваного варіанта обчислюємо середнє арифметичне висоти рослин і довжини корінців та дисперсію, а також помилку середніх арифметичних (табл. 2).

Для визначення наявності чи відсутності токсичних властивостей у досліджуваних зразках, визначено достовірність отриманих результатів, що відрізняються від контрольного дослідження. Результати розрахунків представлено в табл. 2. Оскільки значення $t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7, t_8 > t_{st}$ (при рівні значущості $\alpha = 0,05$) = 4,30 [12], тому отримані результати достовірно відрізняються від контрольного варіанта. Це свідчить про те, що процеси росту рослин на досліджуваному ґрунті з відвалу кар'єра дійсно пригнобилені.

Відповідно до шкали рівнів фітотоксичності ґрунту [13] можна зробити висновок, що ґрунт відібраний з відвалу кар'єра має середній фітотоксичний ефект 61,02 %, що характеризується як високий рівень токсичності. Досліджувані проби ґрунтів на відстанях 400 м та 600 м від відвалу з ФЕ 54,46 % та 41,67 % мають рівень токсичності вище середнього. Проба ґрунту відібрана на відстані 800 м від відвалу відповідає середньому рівню забруднення (35,14 %).

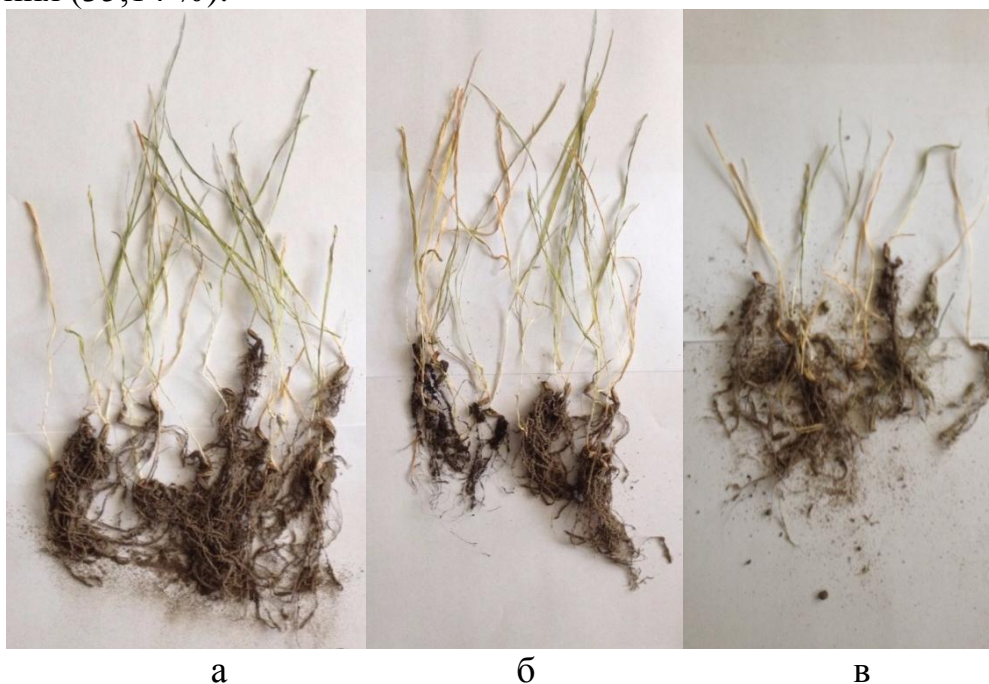


Рис. 1. Пророщений овес на відповідних пробах ґрунту: а – контроль; б –

проба на відстані 800 м; в – проба з відвалу кар'єру

Таблиця 2

Середні арифметичні висоти рослин та довжини коренів, їх помилки та дисперсія для кожного варіанта

Місце проби	Показник	Дисперсія σ^2	Середнє $\bar{x} \pm m$	t-критерій
Контроль	Висота рослин, см	4,850933	21,78±0,56	–
	Довжина коренів, см	5,987973	13,2±0,63	–
Відвал	Висота рослин, см	4,985333	8,64±0,21	21,62008
	Довжина коренів, см	1,401956	5,05±0,23	12,08085
400 м від відвалу	Висота рослин, см	1,611289	9,49±0,32	18,71926
	Довжина коренів, см	1,062222	6,26±0,26	10,11317
600 м від відвалу	Висота рослин, см	3,713333	12,8±0,49	11,88439
	Довжина коренів, см	1,107733	7,64±0,27	8,083931
800 м від відвалу	Висота рослин, см	0,919733	14,4±0,57	9,113535
	Довжина коренів, см	0,833156	8,39±0,3	6,848091

Фітотоксичні ефекти проб ґрунтів у співставленні з відповідними концентраціями пилу на відстанях 400, 600, та 800 м від відвалу, взятих з роботи [14], в якій досліджено процес розсіювання пилу на прикладі відвалу Пенізевицького родовища гранітів у Житомирській області, подано в табл. 4.

Приведено залежність $\Phi E = f(C)$ для проб ґрунту, що знаходяться на відстанях 400, 600 та 800 м від відвалу кар'єра (рис. 3). Із аналізу видно, що зі збільшенням концентрації пилу фітотоксичний ефект прямопропорційно збільшується. Ця залежність апроксимується наступною формулою:

$$\Phi E = 101,15C + 21,116.$$

Таблиця 4

Концентрація пилу з відвалу в процесі розсіювання на прилеглий території

Проба ґрунту	На відстані 400 м від відвалу	На відстані 600 м від відвалу	На відстані 800 м від відвалу
Концентрація пилу, мг/м ³	0,33	0,2	0,14

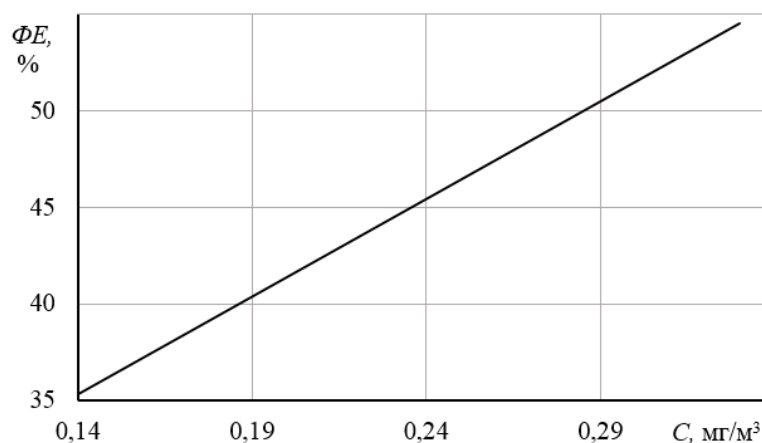


Рис. 3. Залежність зміни фітотоксичного ефекту (ΦE) від розсіювання

пилу (C) на прилеглий до відвалу території

Таким чином, проведено біотестування проб ґрунту з відвалу та прилеглої до нього території. Показано, що відвал впливає на забрудненість ґрунтів та становить високий (проба ґрунту з відвалу) рівень токсичності. Проби ґрунтів на відстанях 400 м та 600 м від відвалу відносяться до вище середнього рівня токсичності. Середній рівень токсичності показала проба ґрунту на відстані 800 м від відвалу. Встановлено залежність фітотоксичного ефекту від концентрації пилу, що розсіюється з відвалу на прилеглу територію. Тому для зменшення величини забруднення ґрунтів прилеглих територій, концентрації пилу та навколишнього середовища в цілому необхідно вжити заходи.

Дана робота є продовженням раніше проведених досліджень впливу концентрації пилу при формуванні відвалів на гранітних кар'єрах на ґрунт прилеглих територій [15]. Відповідні результати досліджень можливо використовувати при мінімізації пиловиділення з відвалів кар'єрів за допомогою фітомеліоративних заходів (визначення умов подальшого закріплення цих відвалів рослинністю).

За допомогою даного експерименту показано, що пиління відвалів впливає на стан ґрунтів прилеглих територій, які використовуються населенням для господарської діяльності. Враховуючи роботу [14], можна зробити висновок, що пил впливає не тільки на атмосферне повітря в робочій зоні, а й на прилеглий територію.

У зв'язку з тим, що вимога повної відсутності шкідливих речовин в зоні дихання працюючих часто неможлива, особливого значення набуває гігієнічна регламентація змісту шкідливих речовин і дотримання ГДК шкідливих речовин. ГДК пилу, що містить більше 70 % вільного діоксиду кремнію, становить 1 мг/м^3 , від 10 до 70 % – 2 мг/м^3 , від 2 до 10 % – 4 мг/м^3 . Проте нормування пилу за фракціями в Україні не відбувається. В країнах ЄС та США з 1987 року здійснено перехід на нормування пилу за фракціями PM_{10} та $\text{PM}_{2,5}$. В Україні нормування включає показник лише загального пилу (TSP) [16].

Гранична щорічна межа впливу, що визначена Всесвітньою організацією охорони здоров'я, для пилу розміром меншим ніж 10 мкм становить $0,02 \text{ мг/м}^3$, а для пилу розміром 2,5 мкм – $0,01 \text{ мг/м}^3$.

Враховуючи, що більшість робітників кар'єру живуть в містечках на прилеглий територію, то очевидно, що робітники отримують додатковий ризик, знаходячись вдома. Через то необхідним є розрахунок ризику як комплексного показника, що врахує час, коли людина на роботі та вдома. Тому пропонується розраховувати середню довічну щоденну доза ($LADI$), що входить до розрахунків канцерогенного та неканцерогенного ризиків відповідно до підходу EPA USA [10] таким чином:

$$LADI = \frac{1}{2W} \left(\frac{C_1}{F_1} + \frac{C_2}{F_2} \right) \cdot V \cdot D$$

де C_1 – концентрація забруднювача в робочій зоні працівника, мг/м³; C_2 – концентрація забруднювача на відстані, де знаходиться житло працівника, мг/м³; W – вага тіла працівника, кг; V – споживання індивідом даного контактного середовища, м³/добу; F_1 – частота події контакту з носієм на роботі, днів/рік; F_2 – частота події контакту з носієм вдома, днів/рік; D – період, на який екстраполюються поточні умови експозиції, років; T – період осереднення дози, днів.

Для оцінки канцерогенного ризику для кожної забруднюючої речовини розраховуються показники ризику [16], [17]:

$$CR = SF \cdot LADI,$$

де CR – ймовірність занедужати раком, безвимірна величина (звичайно виражається в одиницях 1:1000000); SF – імовірність одержання ракового захворювання у випадку прийому одиначної дози $LADI$, 1/мг/кг·доба.

Оцінка ризику розвитку неканцерогенних ефектів для окремих речовин проводиться на основі розрахунку коефіцієнта небезпеки (HQ) за формулою [17]:

$$HQ = \frac{LADI}{Rf},$$

де Rf – референтна (безпечна) доза, мг/кг.

Описана методика підходить лише для працівників гранітних кар'єрів, що живуть на прилеглий до кар'єру території. Рекомендується для більшої точності розрахунків використовувати дані концентрації по фракціям пилу, а не показник загального пилу. В подальшому дану методику планується вдосконалювати за рахунок додавання показників опосередкованого впливу при господарській діяльності населення.

Висновки

1. За допомогою методів біоіндикації проведено дослідження проб ґрунтів з відвалу кар'єра та з прилеглої території на відстані 400, 600 та 800 м. Встановлено, що процеси росту рослин на досліджуваному ґрунті з відвалу кар'єра та прилеглої території пригноблені.

2. Встановлено, що рівень токсичності проб ґрунту з відвалу характеризується як високий. Проби ґрунтів на відстані 400 та 600 м відносяться до вище середнього рівня. А середньому рівню токсичності відповідає величина фітотоксичного ефекту від забруднення відвалом кар'єра прилеглої території на відстані 800 м. Встановлено залежність зміни фітотоксичного ефекту від концентрації пилу.

3. Удосконалено методику визначення канцерогенного та неканцерогенного ризиків для робітників гранітних кар'єрів, що включає в себе нормування пилу не в цілому, а по фракціям PM_{10} та $PM_{2,5}$. Також використання величини концентрації як в робочій зоні, так і вдома, дасть більш точніше значення величини ризиків.

Посилання

- [1] С.М. Чеснокова, *Биологические методы оценки качества объектов окружающей среды: учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1. Методы биоиндикации*, Владимир, Россия: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2007.
- [2] О.В. Мазницька, І.В. Коваленко, О.І. Губачов, Б.В. Зюман, Дослідження фітотоксичної дії гірничої маси з відвалів Кременчуцького кар'єроуправління «Кварц», *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*, Вип. 1/2012 (72). Ч. 1, С. 164-168, 2012.
- [3] О.В. Мазницька, В.Є. Труш, О.В. Новохатько, М.А. Красковська, Біотестування гірничої маси з відвалів Малокохнівського гранітного кар'єру, *Нові технології*, № 1-2 (39-40), С. 127-130, 2013.
- [4] В. Agnieszka, С. Tomasz, W. Jerzy, Chemical properties and toxicity of soils contaminated by mining activity, *Ecotoxicology*, № 23, Р. 1234-1244, 2014.
- [5] О.Я. Твердая, В.Д. Воробьев, Ю.А. Давыденко, Оценка концентрации пыли при экскавации горной массы и формировании отвалов на карьерах, *ISJ Theoretical & Applied Science*, №11(31), С. 1-7, 2015.
- [6] Калинка (заказник) [Електронний ресурс]. Доступно: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%B8%D0%BA>). Дата звернення: 30.06.2017.
- [7] Екологія та моніторинг [Електронний ресурс]. Доступно: http://www3.epa.gov/scram001/dispersion_prefrec.htm. Дата звернення: 30.06.2017.
- [8] Биоиндикация загрязнения природной среды [Електронний ресурс]. Доступно: <http://www.geol.vsu.ru/ecology/ForStudents/4Graduate/Bioindicating/Lecture18.pdf>. Дата звернення: 30.06.2017.
- [9] Расчет численности выборки, достаточной для достоверности результата [Електронний ресурс]. Доступно: https://www.google.com.ua/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=local%2Fprep%2Ffrj%2Ffiles.php%3FFCC_fiGMNZSyAQDQ. Дата звернення: 30.06.2017.
- [10] П.О. Румянцев, А.В. Саенко, У.В. Румянцева, С.Ю. Чекин, *Статистические методы анализа в клинической практике* [Електронний ресурс]. Доступно: <https://www.kantiana.ru/medicinal/help/StatMethodsInClinicalcs.pdf>. Дата звернення: 30.06.2017.
- [11] А.І. Горова, *Біоіндикація. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт студентами напряму підготовки б.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування»*, Дніпропетровськ, Україна: Національний гірничий університет, 2014.

- [12] М.М. Горонескуль, *Таблиці функцій та критичних точок розподілів. Розділи: Теорія ймовірностей. Математична статистика. Математичні методи в психології*, Харків, Україна: УЦЗУ, 2009.
- [13] С.С. Руденко, С.С. Костишин, Т.В. Морозова, *Загальна екологія: практичний курс: навч. посіб. - Ч. 1*, Чернівці, Україна: Рута, 2003.
- [14] О.Я. Тверда, В.Д. Воробйов, Ю.А. Давиденко, Дослідження процесу розсіювання пилу з відвалу кар'єру в робочій зоні та на прилеглих територіях, *Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Гірництво»*, Вип. 29, С. 96-103, 2015
- [15] О.Я. Тверда, Ю.А. Молодець, К.К. Ткачук, Н.А. Шевчук, Визначення рівня рН ґрунтів прилеглих територій до відвалів гірських порід, *Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences*, IV(12), С. 25-27, 2016.
- [16] А.І. Севальнєв, Ю.В. Волкова, До проблеми нормування дрібнодисперсного пилу в Україні, *Тези доповідей V Регіональної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих учених «Актуальні проблеми та перспективи розвитку медичних, фармацевтичних та природничих наук»*, С. 152-155, 2016.
- [17] Integrated Risk Information System (IRIS): [Електронний ресурс] Доступно: <http://www.epa.gov/iris>. Дата звернення: 30.06.2017.

Стаття надійшла до редакції 06.11.2017 р.

УДК 331.45

DOI 10.20535/2079-5688.2017.34.101632

О.С. Ільчук, асистент (КПІ ім. Ігоря Сікорського)

БЕНЧМАРКІНГ ОХОРОНИ ПРАЦІ ДЛЯ МАШИНОБУДІВНИХ ВИРОБНИЦТВ УКРАЇНИ

О. Pchuk (Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute)

BENCHMARKING OF LABOR PROTECTION IN THE MECHANICAL ENGINEERING SECTOR OF UKRAINE

В статті обґрунтовано застосування методології бенчмаркінгу охорони праці для машинобудівних виробництв України. Наведено види і представлена модель методології бенчмаркінгу охорони праці. Розглянуто бар'єри та проблеми, що виникають під час впровадження бенчмаркінгу.

Ключові слова: бенчмаркінг; виробничий травматизм; охорона праці; машинобудування; нещасні випадки.

В статье обосновано применение методологии бенчмаркинга охраны труда для машиностроительных производств Украины. Приведены виды и представлена модель