

Борисовська О.О., канд. техн. наук, доцент,
Павличенко А.В. канд. біол. наук, доцент
(Державний ВНЗ «НГУ»)

ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ЗОЛОШЛАКОВИХ ВІДХОДІВ ТЕПЛОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

Борисовская Е.А., канд. техн. наук, доцент,
Павличенко А.В. канд. биол. наук, доцент
(Государственное ВУЗ «НГУ»)

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Borysovska O.O., Ph.D. (Tech.), Associate professor,
Pavlychenko A.V., Ph.D. (Biol.), Associate professor
(State HEI “NMU”)

ENVIRONMENTAL HAZARD ASSESSMENT OF SLAG WASTE OF THE HEAT-AND-POWER PLANTS

Анотація. Розглянуто проблему поводження з відходами підприємств паливно-енергетичного комплексу. Увагу приділено обсягам утворення золошлаків від теплоелектростанцій України, а також площам відчужених під відвали земель. Розглянуті екологічні наслідки складування відходів ТЕС на земній поверхні.

Висвітлені проблеми та протиріччя, що існують у законодавчій базі України у сфері поводження з відходами. Досліджені недоліки у існуючому підході до розрахунків класу небезпеки відходів ТЕС. Показано, що для визначення небезпечних властивостей відходів недостатньо використання лише п'яти показників, які враховують вплив компонентів відходів тільки на організм людини, не беручи до уваги їх небезпеку для інших живих організмів і довкілля. Розглянутий альтернативний метод розрахунку класу небезпеки відходів об'єктів паливно-енергетичного комплексу, що заснований на всебічному та детальному аналізі кожного інгредієнта відходів з урахуванням токсикологічних, екологічних, санітарно-гігієнічних та фізико-хімічних показників його небезпеки.

Ключові слова: паливно-енергетичний комплекс, золошлакові відходи, клас небезпеки відходів, поводження з відходами, екологічна безпека.

Вступ. Використання енергоресурсів – необхідна умова існування та розвитку людської цивілізації. Збільшення масштабів енергоспоживання у світі пояснюється необхідністю задоволення зростаючих соціально-економічних потреб суспільства. У той самий час, енергетика – один з основних забруднювачів навколишнього середовища.

Характерною особливістю впливу діяльності підприємств паливно-енергетичного комплексу на навколишнє середовище, поряд з їх сталістю і зростаючою інтенсивністю, є багатоплановість – одночасний вплив на різні компоненти довкілля (повітря, воду, ґрунти, біоту), і масштабність – прояв не тільки у локальному і регіональному, а й глобальному масштабі.

Традиційно увагу спеціалістів з охорони довкілля у енергетиці зосереджено на забрудненні атмосфери, адже дійсно з усіх впливів на природне середовище і населення України найбільш масштабними і небезпечними є газопилові викиди підприємств паливно-енергетичного комплексу (ПЕК), які становлять близько 43% від викидів усіх секторів економіки. Тільки у 2014 році 594 підприємства України з виробництва та розподілення електроенергії, газу та води викинули у атмосферу понад 1882,8 тис. т забруднюючих речовин [1].

Проте не менш важливою проблемою залишається питання утилізації відходів об'єктів енергетики. У структурі загальних обсягів утворення відходів за видами економічної діяльності багато років поспіль домінує добувна промисловість (табл. 1), а на долю твердих відходів ПЕК приходиться лише близько 2% [2]. Втім, домінуючим способом поводження з відходами в Україні залишається їх видалення, а цей спосіб потребує значного відчуження земель. Площа відвалів ТЕС України сягає вже понад 3200 га, на яких розміщено близько 360 млн. т золошлаків [3].

Таблиця 1 – Утворення відходів в Україні за 2005-2016 роки

Роки	Усього	У тому числі від			
		добувної промисловості і розроблення кар'єрів		постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря	
		тис. т	% до загальної кількості	тис. т	% до загальної кількості
2010	425914,2	321889,8	75,6	8641,0	2,03
2011	447641,2	330301,9	73,8	9901,2	2,21
2012	450726,8	338025,0	75,0	9812,0	2,18
2013	448117,6	341363,2	76,2	9346,4	2,09
2014*	355000,4	267506,1	75,4	5972,7	1,68
2015*	312267,6	232642,4	74,5	6597,5	2,11
2016*	295870,1	217907,8	73,6	7511,5	2,54

Примітка: * - без урахування тимчасово окупованої території Автономної Республіки Крим, м. Севастополя та частини зони проведення антитерористичної операції.

Утворення і зберігання золошлакових відходів негативно відбивається на екосистемі прилеглої території району їх розміщення внаслідок [4-7]:

- відведення і порушення міських земельних угідь для будівництва золовідвалів і їх інженерної інфраструктури (золопроводів, насосних станцій та ін.);

- попадання розчинів з чаш золовідвалів до поверхневих і ґрунтових вод з їх подальшим насиченням;

- пиління золи з поверхні чаш золовідвалів, особливо при накопиченні значної їх кількості і завершенні вичерпання вільних ємкостей на золовідвалі [3].

Проблематична ситуація, що склалася в даний час в Україні у сфері

поводження з твердими відходами взагалі та відходами підприємств ПЕК зокрема, ускладнюється відсутністю адекватної методики визначення класу їх екологічної небезпеки [4-6].

Метою роботи є удосконалення методу розрахунку класу небезпеки відходів об'єктів паливно-енергетичного комплексу для забезпечення детального аналізу кожного інгредієнта відходів з урахуванням токсикологічних, екологічних, санітарно-гігієнічних та фізико-хімічних показників його небезпеки.

Основна частина. На даний час єдиною офіційно затвердженою в Україні методикою визначення класу небезпеки відходів є державні санітарні правила і норми ДСанПіН 2.2.7.029-99 «Гігієнічні вимоги до поводження з промисловими відходами та визначення їх класу небезпеки для здоров'я населення».

Цей нормативний документ містить деякі норми, що не відповідають вимогам діючого законодавства України та принципам державної регуляторної політики, тому Рішенням Державної служби України з питань регуляторної політики та розвитку підприємництва № 33 від 15.07.2014 року Міністерству охорони здоров'я України було запропоновано визнати ДСанПіН 2.2.7.029-99 такими, що втратили чинність та усунути порушення принципів державної регуляторної політики у двомісячний строк з дня прийняття такого рішення.

Проте і досі жодні зміни не були внесені у цей документ і жодних нових правил визначення класу небезпеки відходів Міністерством охорони здоров'я України розроблено не було і де-факто на практиці в нашій країні фахівці вимушені продовжувати користуватися цим нормативним недіючим документом, адже альтернативи немає.

Отже, згідно ДСанПіН 2.2.7.029-99, клас небезпеки визначається виробником відходів або за його дорученням. Визначення класу небезпеки промислових відходів здійснюється:

- експериментальним шляхом на дослідних тваринах згідно з ГОСТ 12.1.007-76 в установах, акредитованих на цей вид діяльності;
- розрахунковим методом, коли установлений фізико-хімічний склад відходів, за LD_{50} або ГДК екзогенних хімічних речовин у ґрунті.

Усі відходи сфер виробництва і сфери споживання в залежності від фізичних, хімічних і біологічних характеристик всієї маси відходу або окремих його інгредієнтів поділяються на чотири класи небезпеки:

- I-й клас – речовини (відходи) надзвичайно небезпечні;
- II-й клас – речовини (відходи) високо небезпечні;
- III-й клас – речовини (відходи) помірно небезпечні;
- IV-й клас – речовини (відходи) мало небезпечні.

Для визначення небезпечних властивостей відходів розрахунковим методом використовуються наступні показники:

- середня смертельна доза хімічного інгредієнта, що викликає загибель 50% піддослідних тварин при введенні у шлунок;
- розчинність хімічного інгредієнта у воді;

- коефіцієнт летючості хімічного інгредієнта;
- клас небезпеки в повітрі робочої зони (при відсутності середньої смертельної дози);
- ГДК хімічної речовини в ґрунті.

Такий вузький підхід неминуче зустрічається з критикою спеціалістів у сфері екологічної безпеки [6], адже для визначення небезпечних властивостей відходів недостатньо використання лише п'яти показників, які, крім того, враховують вплив компонентів відходів тільки на організм людини, не беручи до уваги їх небезпеку для інших живих організмів і навколишнього природного середовища.

Альтернативою вітчизняному методу міг би стати більш детальний та різнобічний підхід, викладений у «Критеріях віднесення відходів до класу небезпеки для навколишнього природного середовища», що прийняті в Росії і затверджені Наказом Мінприроди № 536 від 04 грудня 2014 г. [8].

За цією методикою, за кожним компонентом відходу встановлюється ступінь їх небезпеки для різних природних об'єктів (а не тільки для людини, як у випадку з ДСанПіН 2.2.7.029-990), при цьому використовуються такий перелік первинних показників небезпеки компонента відходу:

- гранично допустима концентрація речовини у ґрунті ГДК_г, мг/кг;
- клас небезпеки в ґрунті;
- граничнодопустима концентрація речовини у воді водних об'єктів господарсько-питного та культурно-побутового водокористування ГДК_в, мг/л;
- клас небезпеки у воді господарсько-питного використання;
- граничнодопустима концентрація речовини у воді водних об'єктів рибогосподарського призначення ГДК_{р.г.}, мг/л;
- клас небезпеки у воді рибогосподарського використання;
- граничнодопустима концентрація речовини середньодобова в атмосферному повітрі населених місць ГДК_{с.д.}, мг/м³;
- клас небезпеки в атмосферному повітрі;
- граничнодопустима концентрація хімічної речовини в продуктах харчування ГДК_{пх}, мг/кг;
- розчинність *S* компонента відходу (речовини) у воді при 20°C, мг/л;
- насичуюча концентрація речовини в повітрі при 20°C і нормальному тиску $C_{нас}$, мг/м³;
- коефіцієнт розподілу в системі октанол/вода при 20°C K_{ow} ;
- середня смертельна доза компоненту в міліграмах діючої речовини на 1 кг живої ваги, що викликає загибель 50% піддослідних тварин при одноразовому пероральному введенні в уніфікованих умовах LD_{50} , мг/кг;
- середня смертельна доза компоненту в міліграмах діючої речовини на 1 кг живої ваги, що викликає загибель 50% піддослідних тварин при одноразовому нанесенні на шкіру в уніфікованих умовах $LD_{шкір50}$, мг/кг;
- середня смертельна концентрація речовини, що викликає загибель 50% піддослідних тварин при інгаляційному надходженні в уніфікованих умовах LC_{50} , мг/м³;

- біологічна дисиміляція;
- персистентність (трансформація у довкіллі);
- біоаккумуляція (поведінка у харчовому ланцюгу).

Крім того, до переліку показників, які використовуються для розрахунку W_i , включається показник інформаційного забезпечення для обліку браку інформації за первинними показниками ступеня небезпеки компонентів відходу для довкілля (n/N).

Показник ступеня небезпеки відходу для природного середовища K розраховують як суму показників ступеня небезпеки окремих компонентів відходу K_i . Залежно від отриманої величини K проводиться ранжирування відходів на п'ять класів небезпеки відходів для навколишнього природного середовища: I – надзвичайно небезпечні; II – високонебезпечні; III – помірно небезпечні; IV – мало небезпечні; V – практично безпечні.

Треба відмітити, що у випадку, коли розрахунковим методом встановлений п'ятий, останній клас небезпеки відходів, цей результат обов'язково потребує підтвердження експериментальними дослідженнями з використанням біотестування водної витяжки відходів.

Згідно ДСанПіН 2.2.7.029-99, шлаки ТЕС і котелень, що працюють на вугіллі, входять до «Переліку промислових відходів IV класу небезпеки, які приймаються на полігони твердих побутових відходів без обмеження і використовуються в якості ізолюючого матеріалу». Втім, до складу шлаків і золи входять елементи (мікроелементи), які містяться у вугіллі, при чому у більшості випадків спостерігається зростання концентрації елементів у золошлаках у порівнянні з вугіллям, що спалюється.

Так, у табл. 2 наведені результати розрахунків коефіцієнтів концентрації (КК), визначених як відношення вмісту мікроелементів у золі до їх вмісту у вугіллі для Рефтинської теплової електростанції, що працює на вугіллі і викидає щорічно у довкілля по 6 млн. т шлаків і золи. З таблиці видно, що концентрація в золах більшості елементів зростає ($КК > 1$), для деяких дуже значно (титан, мідь, цинк, свинець) і лише для трьох елементів зменшується (хром, кобальт, барій) [3].

Таблиця 2 – Середній вміст і коефіцієнт концентрації (КК) мікроелементів в вугіллі і золі Рефтинської ТЕС

Найменування	Вміст мікроелементів, $n \cdot 10^{-3}\%$												
	Cu	Zn	Pb	Be	Cr	Co	Ba	Ti	V	Mn	Sc	P	Zr
Вугілля	0,3	0,6	0,5	0,2	0,3	3	42	40	1,3	44	0,7	44	10,2
Зола	1,4	2,08	1,38	0,2	0,1	2,9	20	800	2	70,1	1	100	20
	Коефіцієнт концентрації (КК)												
$K_{зол}/K_{вуг}$	4,67	3,47	2,76	1	0,33	0,97	0,48	20	1,54	1,59	1,43	2,27	1,96

Отже зола, що надходить у золовідвали, може бути джерелом надходження важких металів у довкілля. Максимальна кількість димових викидів осідає в зоні 2,5-4,0 км від електростанцій. А зола, що видувається зі золовідвалів,

здатна створювати в ґрунті концентрації важких металів у кілька разів більші, ніж унаслідок викидів із труб. Саме ґрунт знаходиться у центрі трансграничного перенесення, міграції важких металів. Накопичення у ґрунті важких металів з вугільної золи пригнічує лісові біоценози, знижує врожайність агрокультур і насичує харчові продукти шкідливими для здоров'я людини сполуками [7].

Крім перелічених елементів, мінеральна частина вугілля містить германій, уран, молібден, реній, вольфрам, срібло, селен, галій, ванадій, а також ртуть, миш'як, берилій, фтор, хлор, фосфор, селен [3, 7, 9-11].

На жаль, вітчизняна методика не дозволяє врахувати усі ці особливості та деталі, адже при розрахунку враховується небезпека не всіх інгредієнтів відходів, а тільки двох або трьох пріоритетних; брак інформації за первинними показниками небезпеки компонентів відходів не враховується; також не враховуються екологічні показники небезпеки компонентів відходів, такі, як канцерогенність, мутагенність та ін. [6].

На відміну від ДСанПіН 2.2.7.029-99, методика розрахунку небезпеки відходів, викладена у «Критеріях віднесення відходів до класу небезпеки для навколишнього природного середовища», враховує всі ці нюанси, і саме тому згідно російського природоохоронного законодавства, золошлаки ТЕС відносяться не до останнього класу небезпеки для навколишнього природного середовища, п'ятого (практично безпечні), а до четвертого класу (мало небезпечні). Розглянемо цю відмінність на конкретному прикладі.

У табл. 3 наведені дані щодо хімічного складу шлаку та золи Криворізької ТЕС і санітарно-гігієнічні та фізико-хімічні показники небезпеки компонентів відходів, що необхідні для розрахунку класу небезпеки за ДСанПіН 2.2.7.029-99. З огляду на той факт, що шлак та зола теплоелектростанцій використовується в якості домішок або прошарків на полігонах твердих відходів, тобто, може мати безпосередній контакт з об'єктами навколишнього середовища, для визначення їх небезпеки враховують ГДК їх хімічної складової частини в ґрунті.

Таблиця 3 – Хімічний склад шлаку та золи Криворізької ТЕС і санітарно-гігієнічні та фізико-хімічні показники небезпеки їх компонентів

Компонент	Коефіцієнт летючості F	Коефіцієнт розчинності S	ГДК у ґрунті, мг/кг	Шлак		Зола	
				вміст C_i , %	індекс токсичності K_i	вміст C_i , %	індекс токсичності K_i
SiO ₂	0	0	–	51,56	–	48,29	–
Al ₂ O ₃	0	0	–	28,77	–	23,36	–
Fe ₂ O ₃	0	0	–	2,14	–	7,64	–
FeO	0	0	–	8,31	–	7,21	–
TiO ₂	0	0	–	0,88	–	0,79	–
CaO	0	$1,3 \cdot 10^{-3}$	–	3,81	–	3,6	–
MgO	0	$6,2 \cdot 10^{-6}$	–	1,46	–	1,24	–

Як видно з табл. 3, жодний компонент досліджуваних відходів не має встановленої ГДК у ґрунті. Отже, згідно з положеннями даної нормативної методики виконати розрахунок класу небезпеки неможливо.

У табл. 4 наведені токсикологічні, екологічні, санітарно-гігієнічні та фізико-хімічні показники небезпеки компонентів відходів, що необхідні для розрахунку класу небезпеки за «Критеріями віднесення відходів до класу небезпеки для навколишнього природного середовища».

Таблиця 4 – Токсикологічні, екологічні, санітарно-гігієнічні та фізико-хімічні показники небезпеки компонентів Криворізької ТЕС

№ з/п	Первинні показники небезпеки компонента відходів	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	TiO ₂	CaO	MgO
1	ГДК _п , мг/кг	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
2	Клас небезпеки у ґрунті	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
3	ГДК _в , (ОДР), мг/л	10/4	0,5/3	0,3/3	0,3/3	0,1/2	180/4	0/0
4	Клас небезпеки у воді госп.-питного використання	2/2	2/2	3/3	3/3	3/3	4/4	0/0
5	ГДК _{р.г.} (ОБРВ), мг/л	0/0	0,04/3	0,1/3	0,1/3	0,06/3	0,00001/1	40/4
6	Клас небезпеки у воді рибгосп. використання	0/0	4/4	4/4	4/4	4/4	1/1	4/4
7	ГДК(с.д. або м.р.) (ОБРВ) мг/м ³	0,1/2	0,01/2	0,04/2	0,04/2	0,5/3	0,3/3	0,05/2
8	Клас небезпеки у атм. повітрі	3/3	2/2	3/3	3/3	0/0	0/0	3/3
9	ГДК _{п.х.} (МДР, МДВ), мг/кг	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
10	Lg(S, мг/л / ГДК _в , мг/л)	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0,85/4	0/0
11	Lg(C _{нас} , мг/м ³ / ГДК _{р.з.})	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
12	Lg(C _{нас} , мг/м ³ / ГДК _{с.д.} або ГДК _{м.р.})	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
13	Lg K _{ow} (октанол/вода)	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
14	LD ₅₀ (мг/кг)	0/0	0/0	98/2	98/2	0/0	500/3	0/0
15	LC ₅₀ (мг/м ³)	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
16	LC ₅₀ ^W (мг/л/96 ч)	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	1070/4	0/0
17	БД=БСК ₅ /ХСК	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
18	Персистентність	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
19	Біоаккумуляція	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
Показник інформаційного забезпечення n/N		0,3/1	0,5/2	0,6/2	0,6/2	0,4/1	0,7/4	0,3/1
Відносний параметр небезпеки компонента X _i		2,40	2,57	2,75	2,75	2,67	3,11	2,80

Примітка – в чисельнику значення показників, в знаменнику – оціночний бал

Як видно з табл. 4, за багатьма показниками небезпеки також дані відсутні, проте цей факт враховується при визначенні відносного параметру небезпеки компонента відходів X_i – шляхом введення показника інформаційного забезпечення n/N. Як бачимо, такі компоненти, як MgO та SiO₂ мають

найменшу кількість встановлених та затверджених первинних показників небезпеки, тому їх показник інформаційного забезпечення p/N найменший і дорівнює 0,3. Найбільш повно у нормативних документах відображено небезпеку оксиду кальцію – внаслідок чого його показник інформаційного забезпечення дорівнює 0,7; тобто наявність або відсутність інформації щодо небезпеки хімічної речовини відбивається на підсумковому параметрі небезпеки X_i .

У табл. 5 приведений результат розрахунку класу небезпеки відходів Криворізької ТЕС за «Критеріями віднесення відходів до класу небезпеки для навколишнього природного середовища». Шлак і зола досліджуваного підприємства відносяться за цією методикою до четвертого, передостаннього класу небезпеки для довкілля – мало небезпечні відходи.

Таблиця 5 – Результати розрахунку класу небезпеки відходів Криворізької ТЕС за «Критеріями віднесення відходів до класу небезпеки для навколишнього природного середовища»

Компонент	X_i	Z_i	$L_g W_i$	$W_i, \text{мг/кг}$	Шлак		Зола	
					вміст, мг/кг	K_i	вміст, мг/кг	K_i
SiO ₂	4,00*	5	6	1000000,0	51560	0,052	48290	0,048
Al ₂ O ₃	2,57	3,095	3,377	2382,589	28770	12,075	23360	9,804
Fe ₂ O ₃	4,00*	5	6	1000000,0	2140	0,021	7640	0,008
FeO	2,75	3,333	3,333	2154,435	8310	3,857	7210	3,347
TiO ₂	2,67	3,222	3,222	1668,101	880	0,528	790	0,474
CaO	3,11	3,11	2,713	517,400	3810	7,364	3600	6,958
MgO	2,80	3,4	3,4	2511,886	1460	0,581	1240	0,494
Показник ступеня небезпеки відходу для навколишнього природного середовища К					–	24,458	–	21,132
Клас небезпеки відходів для навколишнього природного середовища					IV– мало небезпечні		IV– мало небезпечні	

Примітка: * – вміст цих компонентів відходів не перевищує їх концентрацію у основних типах ґрунтів, тому вони відносяться до практично безпечних із середнім балом (X_i) рівним 4 і, отже, коефіцієнтом ступеня небезпеки для ОПС (W_i) рівним 10^6 [8].

Переваги даної методики визначення класу небезпеки полягають у наступному:

- враховується небезпека всіх без винятку речовин, які входять до складу відходів;

- враховується форма, в якій речовина знаходиться у відходах (рухома або нерухома);

- для визначення токсичності i -го компонента використовуються не тільки санітарно-гігієнічні, а й екологічні показники небезпеки;

- відсутність інформації за первинними показниками небезпеки i -того компонента відбивається на показнику інформаційного забезпечення, а отже, на відносному параметрі небезпеки компонента відходів X_i ;

- найнижчий клас небезпеки обов'язково повинен підтверджуватися експериментальним методом.

Проведений порівняльний аналіз вітчизняної методики визначення класу небезпеки відходів та її зарубіжного аналога показав, що суттєвим недоліком вітчизняних санітарних правил, на наш погляд, є відсутність необхідності підтверджувати експериментальним шляхом отриманий розрахунком клас небезпеки. Виняток становить випадок, коли склад відходів невідомий або отриманий розрахунковим методом клас небезпеки відходів не задовольняє виробника. Більш логічним є доповнення даних вимог необхідністю підтверджувати розрахунковий клас небезпеки експериментально (особливо у випадку з відходами четвертого класу небезпеки, які в Україні дозволено зберігати відкрито насипом, без тари), оскільки навіть найглибший аналіз токсичних, санітарно-гігієнічних і фізико-хімічних властивостей компонентів відходів окремо не дає повного уявлення про те, яку небезпеку ці компоненти представляють у комплексі. Також необхідно визначати напрямки утилізації відходів теплових електростанцій, а також удосконалення способів зниження їх екологічної небезпеки [12].

Висновки. Таким чином, шляхом використання різних методик визначення класу небезпеки золошлакових відходів теплоелектростанцій для довкілля та здоров'я людини виявлено недоліки існуючого розрахункового методу.

Встановлено, що досліджений альтернативний підхід до визначення класу небезпеки промислових відходів є більш точним у порівнянні з вітчизняними санітарними правилами і дає можливість більш адекватно оцінити їх потенційну небезпеку для навколишнього середовища, оскільки враховує ступінь токсичності всіх шкідливих речовин, присутніх у відходах, а також брак інформації по первинним показникам небезпеки інгредієнтів. Перехід у нормуванні від санітарно-гігієнічного підходу до екологічного дозволить виключити неточності та розбіжності в результатах розрахунку для одних і тих же відходів і попередити порушення вимог щодо поводження з небезпечними відходами.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2014 році. – К.: Міністерство екології та природних ресурсів України, ФОП Грінь Д.С. – 2016. – 350 с.
2. Утворення відходів за видами економічної діяльності за 2005-2016 роки. Офіційний сайт Державної служби статистики України [Електронний ресурс] // Режим доступу URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
3. Гнеушев, В.О. Формування та розробка техногенних родовищ. Навч. посібник / В.О. Гнеушев – Рівне: Волинські обереги, 2013. – 152 с.
4. Gorova, A. The study of ecological state of waste disposal areas of energy and mining companies. / A. Gorova, A. Pavlychenko, O. Borysovs'ka // Mining of Mineral Deposits. Leiden, The Netherlands : CRC Press / Balkema, 2013. – P. 169–171.
5. Вамболь, С. О. Вдосконалення методу оцінювання екологічного стану території, прилеглої до місця зберігання відходів, на основі критерію екологічного резерву / С. О. Вамболь, В. Ю. Колосков // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – № 49(1221). – С.101–105. – Режим доступу: <http://mtsc.khpi.edu.ua/article/view/95286/90989>
6. Борисовская, Е.А. Усовершенствование методики определения класса опасности твердых отходов угледобычи / Е.А. Борисовская, В.В. Федотов // Науковий вісник НГУ. - Днепропетровск: РИК НГУ, 2014.– №3 – С.130-136.

7. Ковальчук, О.П. Моніторинг вмісту важких металів у ґрунтах територій, прилеглих до Добротвірської ТЕС / О.П. Ковальчук, В.В. Снітинський, Р.С. Шкумбатюк // Науковий вісник НЛТУ України. – 2017. – Вип. 27.4. – С. 87-90.

8. Официальный сайт Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации – Документы. Приказ МПР России от № 536, от 04 декабря 2014 г. [Электронный ресурс] – Режим доступа к данным: www.mnr.gov.ru/regulatory.

9. Булат, А.Ф. Перспективы развития сырьевой базы горного производства на основе комплексной переработки техногенных отходов / А.Ф. Булат, В.П. Надутый, Е.З. Маланчук // Геотехническая механика: межвед. сб. науч. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2012. – Вып. 101. – С. 3-9.

10. Слащева, Е.А. Оценка продуктов термпереработки низкосортных углей и угольных шламов для обоснования эффективной технологии их использования и утилизации / Е.А. Слащева, В.Л. Приходченко, И.Л. Кратковский // Геотехническая механика: межвед. сб. науч. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2009. – Вып. 83. – С. 263-268.

11. Григор'єв, Ю. І. Аналіз теоретичних основ і методології оцінки сумісної комплексної розробки техногенних і геогенних родовищ / Ю. І. Григор'єв // Геотехнічна механіка: міжвід. зб. наук. праць / ІГТМ НАН України. – Дніпропетровськ, 2013. – Вип. 110. – С. 59-69.

12. Demenko, O. Ways of soils detoxication that are contaminated by heavy metals using nature sorbents. / O. Demenko, O. Borysovs'ka. // *Progressive technologies of coal, coalbed methane, and ores mining*. Leiden, The Netherlands : CRC Press/Balkema. 2014. pp. 261–266.

REFERENCES

1. *Natsionalna dopovid pro stan navkolyshnjogo pryrodnogo seredovyscha v Ukraini u 2014 rotsi* [National Report on the Environment State of Ukraine in 2014] (2016), Physical person entrepreneur Grin D.S., Kyiv, UA.

2. The official site of State Statistics Service of Ukraine (2017), "Waste generation by types of economic activity for 2005-2016", available at: <http://www.ukrstat.gov.ua>.

3. Gneushev, V.O. (2013) *Formuvannia ta rozrobka tekhnohennykh rodovysch* [Formation and development of man-made deposits. Teaching Manual], Volynski oberehy, Rivne, UA.

4. Gorova A., Pavlychenko A. and Borysovs'ka O. (2013), "The study of ecological state of waste disposal areas of energy and mining companies", *Mining of Mineral Deposits*, CRC Press / Balkema Leiden, Netherlands, pp. 169-171.

5. Vambol S. and Koloskov V. (2016), "Improvement of the method of assessment of environmental condition of territory adjoined to wastes storage place based on environmental reserve criterion", *Bulletin of NTU "KhPI". Series: Mechanical-technological systems and complexes*, no. 49 (1221), pp. 101–105. Available at: <http://mtsc.khpi.edu.ua/article/view/95286/90989>

6. Borisovskaya, Ye.A. and Fedotov, V.V. (2014), "The improvement of method of danger class definition of coal mining solid waste", *Naukovyi visnyk NHU*, Vol. 3, pp 130-136.

7. Kovalchuk, O.P., Snitynskyu, V.V. and Shkumbatyuk, R.S. (2017). "Monitoring of Heavy Metals Content in Soils of the Areas Surrounding Dobrotvir Thermal Power Plant", *Scientific Bulletin of UNFU*, no. 27(4), 87–90. Available at: <https://doi.org/10.15421/40270419>

8. The official website of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation – Documents (2014). "Order of the Ministry of Natural Resources of Russia No. 536, dated December 4, 2014", available at: www.mnr.gov.ru/regulatory.

9. Bulat, A.F., Naduty, V.P. and Malanchuk Ye.Z. (2012), "Prospects of development of raw base of mountain manufacture on the basis of complex processing technogenic wastes", *Geo-Technical Mechanics*, no. 101, pp. 3-9.

10. Slascheva, Ye.A., Prihodchenko, V.L. and Kratkovskiy, I.L. (2009), "Estimation of products thermoprocessing of low-grade coals and coal slacks for substantiations of effective technology of their use and reprocessing", *Geo-Technical Mechanics*, no. 83, pp. 263-268.

11. Grygoriev, Yu.I. (2013), "Analysis of theory and methodology for evaluating combined man-made and natural deposits mining", *Geo-Technical Mechanics*, no. 110, pp. 59-69.

12. Demenko, O. and Borysovs'ka, O. (2014), "Ways of soils detoxication that are contaminated by heavy metals using nature sorbents", *Progressive technologies of coal, coalbed methane, and ores mining*, CRC Press/Balkema, Leiden, Netherlands, pp. 261–266.

Про авторів

Борисовська Олена Олександрівна, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища, Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет» (ДВНЗ «НГУ»), Дніпро, Україна, olenaborysovska@gmail.com.

Павличенко Артем Володимирович, кандидат біологічних наук, доцент, завідувач кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища, Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет» (ДВНЗ «НГУ»), Дніпро, Україна, pavlychenkoa@nmu.org.ua.

About the authors

Borysovskaya Olena Oleksandrivna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Ecology and Technologies of Environmental Protection, State Higher Educational Institution "National Mining University" (SHEI "NMU"), Dnipro, Ukraine, olenaborysovska@gmail.com.

Pavlychenko Artem Volodymyrovych, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Ecology and Technologies of Environmental Protection, State Higher Educational Institution "National Mining University" (SHEI "NMU"), Dnipro, Ukraine, pavlychenkoa@nmu.org.ua.

Аннотация. Рассмотрена проблема обращения с отходами предприятий топливно-энергетического комплекса. Внимание уделено объемам образования золошлаков теплоэлектростанций Украины, а также площадям отчужденных под отвалы земель. Рассмотрены экологические последствия складирования отходов ТЭС на земной поверхности. Освещены проблемы и противоречия, существующие в законодательной базе Украины в сфере обращения с отходами. Исследованы недостатки в существующем подходе к расчету класса опасности отходов ТЭС. Показано, что для определения опасных свойств отходов недостаточно использования всего лишь пяти показателей, учитывающих влияние компонентов отходов только на организм человека, не принимая во внимание их опасность для других живых организмов и окружающей среды. Рассмотрен альтернативный метод расчета класса опасности отходов, образующихся на объектах топливно-энергетического комплекса, основанный на всестороннем и детальном анализе каждого ингредиента отходов с учетом токсикологических, экологических, санитарно-гигиенических и физико-химических показателей его опасности.

Ключевые слова: топливно-энергетический комплекс, золошлаковые отходы, класс опасности отходов, обращение с отходами, экологическая безопасность.

Abstract. Problem of waste handling in the fuel and energy complex enterprises is considered. Attention is focused on volumes of the ash and slag formation in the Ukrainian heat-and-power stations, as well as on areas alienated for the dumps. Ecological consequences of the waste storage on the earth's surface in the heat-and-power plants are considered.

Problems and contradictions of the current Ukrainian legislative basis in the field of waste handling are discussed. Shortcomings of the existing approach for calculating a waste hazard class of the heat-and-power plants were studied. It is stated that in order to determine hazardous properties of the waste, it is not enough to use only five indicators, which take into account influence of the waste components on the human body only without taking into account their hazard for other living organisms and the environment. An alternative method for calculating hazard class of the waste formed in the objects of fuel and energy complex is considered, which is based on comprehensive and detailed analysis of each ingredient of the waste with taking into account its toxicological, ecological, sanitary-hygienic and physicochemical parameters.

Key words: fuel and energy complex, ash-slag waste, waste hazard class, waste handling, ecological safety.

Статья поступила в редакцию 6.08. 2017

Рекомендовано к печати д-ром техн. наук Т.В. Бунько