

vantage and significant progress to mankind. But further operation at near space by existing methods without acceptance of the measures listed in the article can make its further safe development impossible in the near future.

УДК 504.064

Е.А. Борисовская, канд. техн. наук, доц.,
В.В. Федотов

Keywords: *space debris, near-earth space, ecological condition, reduction of technogenic pollution*

*Рекомендовано до публікації докт. техн. наук
Є.О. Джуром. Дата надходження рукопису 22.07.13.*

Государственное высшее учебное заведение „Национальный горный университет“, г.Днепропетровск, Украина,
e-mail: BorysovskaO@nmu.org.ua; vaclavdnepr@i.ua

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КЛАССА ОПАСНОСТИ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ УГЛЕДОБЫЧИ

Ye.A. Borisovskaya, Cand. Sci. (Tech.), Associate
Professor,
V.V. Fedotov

State Higher Educational Institution “National Mining University”,
Dnepropetrovsk, Ukraine, e-mail: BorysovskaO@nmu.org.ua

IMPROVEMENT OF THE METHOD OF DANGER CLASS DEFINITION OF COAL-MINING SOLID WASTES

Цель. Анализ нормативной методики определения класса опасности промышленных отходов и поиск альтернативных подходов к определению степени опасности шахтных отходов для окружающей природной среды.

Методика. Определение класса опасности шахтных отходов проводилось расчетным способом по нормативной методике ГСанПиН 2.2.7.029-99 и по „Критериям отнесения отходов к классу опасности для окружающей природной среды“.

Результаты. Исследована нормативная методика определения класса опасности промышленных отходов, выявлены ее основные недостатки. Определен класс опасности шахтных отходов по нормативной методике. Выявлены расхождения между расчетным и действительным уровнем опасности отходов для окружающей природной среды, возникающие при расчете класса опасности твердых отходов угледобычи данным методом, что приводит к занижению сумм экологического налога. Рассчитан класс опасности для тех же шахтных отходов по альтернативной методике. Приведена сравнительная характеристика нормативной и альтернативной методики. Предложен вариант усовершенствования метода определения степени опасности промышленных отходов.

Научная новизна. Предложен и обоснован переход от санитарно-гигиенического к экологическому нормированию, что позволит исключить расхождения в результатах расчета для одних и тех же отходов, предупредить нарушения требований по обращению с опасными отходами.

Практическая значимость. Предложенный в работе способ усовершенствования нормативной методики по определению класса опасности промышленных отходов позволит повысить ее точность и предотвратить занижение сумм экологического налога за размещение твердых отходов угледобычи в окружающей среде.

Ключевые слова: *шахтные отходы, тяжелые металлы, класс опасности отходов, санитарные правила, обращение с отходами*

Введение. В Украине продолжается процесс прогрессирующего накопления отходов. По официальным данным, их общее количество в настоящее время достигло 35 млрд т. [1]. Основная масса отходов образуется на предприятиях угольной, горно-металлургической, химической и других отраслей промышленности. Так, на предприятиях угольной отрасли складировано 627 млн т. отходов обогащения угля, 247 млн т. шлама и „хвостов“, которые образовались на обогатительных фабриках, 2,4 млрд т. отходов горных пород и грунтов, образующихся при проведении вскрышных работ в процессе строи-

тельства шахт, разрезов, добычи угля открытым способом [2].

Сложная ситуация в сфере обращения с промышленными отходами, сложившаяся в настоящее время в Украине, усугубляется отсутствием адекватной методики определения класса их опасности. В настоящее время единственной официально утвержденной методикой определения класса опасности отходов являются Государственные Санитарные правила и нормы ГСанПиН 2.2.7.029-99 „Гигиенические требования к поведению с промышленными отходами и определение их класса опасности для здоровья населения“ [3].

Анализ предыдущих исследований. Согласно данному нормативному документу, для определения

опасных свойств отходов для каждого ингредиента вычисляют индекс токсичности K_i по следующим формулам

$$K_i = \frac{\lg(LD_{50})_i}{S_i + 0,1F_i + C_i} \text{ или } K_i = \frac{ПДК_i}{S_i + 0,1F_i + C_i},$$

где LD_{50} – средняя смертельная доза химического ингредиента при введении в желудок, мг/кг; S – коэффициент, отражающий растворимость химического ингредиента в воде; F – коэффициент летучести химического ингредиента; C_i – содержание данного вещества в общей массе отходов, т./т.; $ПДК_i$ – предельно допустимая концентрация токсичного химического вещества в почве, мг/кг; i – порядковый номер ингредиента.

После этого выбирают два или три наименьшие индексы токсичности, по которым определяют суммарный индекс опасности. В зависимости от величины последнего, все отходы подразделяются на четыре класса опасности: I – чрезвычайно опасные; II – высокоопасные; III – умеренно опасные и IV – малоопасные отходы.

До настоящего времени определение класса опасности отходов осуществляется практически расчетным методом, результатом чего является получение данных, которые не отражают фактической ситуации и не дают объективной информации об опасности отходов для окружающей среды. Данная методика подвергается критике с математических и гигиенических позиций в работах многих исследователей: Антамонова М.Ю., Гриценко А.В., Крайнюкова А.Н., Кедик М.В., Назарова А.Г., Павлова В.Н., Пьявель Л.И., Пукиш А.В., Русакова Н.В. и др.

Основные недостатки данной методики:

- не для всех веществ, которые могут быть обнаружены в отходах, установлены LD_{50} , классы опасности в воздухе рабочей зоны и ПДК в почве;
- при расчете учитывается опасность не всех ингредиентов отходов, а только двух или трех приоритетных;
- не учитывается недостаток информации по первичным показателям опасности компонентов отходов;
- не учитываются экологические показатели опасности компонентов отходов, такие как канцерогенность, мутагенность и др.;
- не всегда точно известен состав отходов;
- некоторые виды промышленных отходов могут иметь непостоянный качественный состав, изменяющийся во времени в зависимости от различных условий;
- качественный и количественный анализ требует значительных затрат средств и времени.

Формулы, используемые для определения класса опасности отходов по данной методике, также несовершенны:

- значения показателей коэффициентов растворимости и летучести различаются на порядок; при сложении совершенно разнородных величин S , F и C их сумма может принимать существенное значение

даже при предельно малом содержании вещества C_i , но значительных величинах его коэффициента растворимости S (например, для фторида сурьмы, у которого $S = 4,45$; или хлорида цинка, у которого $S = 3,75$);

- изменение индекса токсичности K_i имеет нелогичный характер: чем токсичность выше, тем индекс меньше и наоборот;

- сам индекс токсичности ингредиента K_i неполноценен: данная методика предполагает его учет только при подсчете суммарного индекса опасности K_Σ , то есть сама величина K_i не является самостоятельной характеристикой компонента смеси и никак не связана с его классом токсичности;

- не обоснован квадратичный характер зависимости суммарного индекса опасности K_Σ от n и, вследствие этого, данная зависимость гипертрофирована в граничных ситуациях, когда $2K_i = K_3$, значение K_Σ в зависимости от выбора $n = 2$ или $n = 3$ может различаться более, чем в два раза.

Кроме того, с точки зрения экологической безопасности, для определения опасных свойств отходов не достаточно использования таких показателей, как средняя смертельная доза химического ингредиента LD_{50} , растворимость химического ингредиента в воде S , коэффициент летучести химического ингредиента F , его класс опасности в воздухе рабочей зоны и ПДК в почве. Все эти показатели учитывают воздействие отходов или их составляющих только на организм человека, не принимая во внимание их опасность для других живых организмов и окружающей природной среды.

Постановка задачи. Таким образом, несовершенство данной методики определения класса опасности отходов обуславливает разногласия в интерпретации ее положений, неточности и расхождения в результатах расчета для одних и тех же отходов и нарушение гигиенических требований к поведению с опасными отходами. Следовательно, данный расчетный метод нуждается в усовершенствовании, а именно в увеличении точности оценки экологической опасности отходов.

Поэтому **целью** данной работы является выявление наиболее существенных недостатков существующего расчетного метода и поиск альтернативных методов определения степени опасности отходов для окружающей природной среды.

Материал и результаты исследований. В качестве примера для анализа была выбрана неоднозначная ситуация, сложившаяся в области обращения с наиболее крупнотоннажными отходами горнодобывающей промышленности, на долю которых приходится около 74% всех отходов, ежегодно образующихся в нашей стране [2].

В соответствии с действующим украинским законодательством [4], для отходов горнодобывающей промышленности класс опасности не установлен, они относятся к категории „нетоксичные отходы горнодобывающей промышленности“, а ставка экологического налога за размещение этих отходов в окружающей среде в 10 раз ниже, чем за размещение отходов IV класса опасности.

При этом породные отвалы угольных шахт, особенно горячие, являются существенными источниками поступления токсичных веществ в атмосферу, почву, поверхностные и подземные воды, что приводит к значительной антропогенной трансформации природных ландшафтов и ухудшению показателей здоровья населения. По результатам исследований [5], в процессе физико-химического окисления сульфидов в складированной отвальной породе образуется сульфатная кислота, которая растворяет минералы и переводит металлы в подвижную форму, загрязняя прилегающие к отвалам территории тяжелыми металлами.

В табл. 1 приведены предельно допустимые концентрации микроэлементов, содержащихся в шахтных породах и в почве, их физико-химические свойства. При составлении таблицы использовались справочные данные, приведенные в санитарных правилах [4].

Как видно из табл. 1, в нормативной методике отсутствуют гигиенические нормативы для *Be*, *Li*, *Ag*, *Mo*, *Sn* и некоторых других элементов. Кроме того, в санитарных правилах указаны предельно допустимые концентрации для подвижных форм только пяти металлов – *Cu*, *Ni*, *Zn*, *Co* и *Cr* (предельно допустимая концентрация для подвижной формы *Pb* установлена российскими гигиеническими нормативами ГН 2.1.7.2041-06), в то время как в исследуемых отходах также обнаружены подвижные формы *Mn*, *V* и *As*. Отечественная нормативная методика не дает возможности учесть этот факт.

Таблица 1

Гигиенические нормативы и физико-химические свойства компонентов шахтных отходов

Элемент	ПДК в почве, мг/кг	Давление насыщенного пара, мм.рт.ст.	Коеф. летучести, <i>F</i>	Растворимость, г/100 г воды	Коеф. растворимости, <i>S</i>
Hg	2,1	0,0013	$1,7 \cdot 10^{-6}$	0	0
Pb*	32 (6*)	0	0	0	0
Cd	0,5**	0	0	0	0
Zn*	23,0*	0	0	0	0
As*	2	0	0	0	0
V*	150	0	0	0	0
Be	-	0	0	0	0
Li	-	0	0	78,5	0,785
Ag	-	0	0	0	0
Cu*	3,0*	0	0	0	0
Ni*	4,0*	0	0	0	0
Cr*	6,0*	0	0	0	0
Co*	5,0*	0	0	0	0
Mo	-	0	0	0	0
Sn	-	0	0	0	0
Mn*	1500	0	0	0	0
Ba	-	0,08	$1,05 \cdot 10^{-4}$	0	0
Ga	-	0	0	0	0
Bi	-	0	0	0	0
Ti	-	0	0	0	0

Примечание: * – подвижная форма; ** – ориентировочно допустимое количество (ОДК).

В табл. 2 представлены результаты расчета индексов токсичности компонентов отходов K_i и суммарного индекса опасности K_{Σ} по установленной нормативной методике. Для расчета были использованы данные о химическом составе шахтных пород из нескольких литературных источников [6–9].

Рассчитать индексы токсичности для *Be*, *Li*, *Ag*, *Mo*, *Sn*, *Ba*, *Ga*, *Bi* и *Ti* не представляется возможным из-за отсутствия в нормативной методике ПДК и ОДК для данных веществ.

Как видно из табл. 2, во всех изученных вариантах определение степени токсичности отходов проводится по *Cu*, *Cr* и *Ni*, так как именно эти вещества имеют наименьшие индексы токсичности. Остальные элементы в расчете суммарного индекса опасности не принимали участие, несмотря на то, что *Hg*, *Pb*, *Cd* и *As* относятся к веществам I класса опасности, и некоторые из них присутствуют в исследуемых отходах в подвижной форме.

Следовательно, данный расчетный метод игнорирует наличие в отходах наиболее токсичных элементов, поскольку их присутствие должным образом не учитывается при определении суммарного индекса опасности.

В соответствии с классификацией степени токсичности отходов, приведенной в санитарных правилах, для всех четырех случаев был получен четвертый класс опасности – малоопасные отходы ($K_{\Sigma} \geq 30,1$).

Таким образом, очевидно, что существующий в нашей стране расчетный метод определения класса опасности отходов является не вполне точным и верным. И расчет степени опасности шахтных отходов по ГСанПиН 2.2.7.029-99 не вносит ясности в спорную ситуацию в области обращения с этими отходами.

Альтернативой отечественному методу могли бы стать „Критерии отнесения отходов к классу опасности для окружающей природной среды“, принятые в России [10]. Согласно российским нормам, отнесение отходов к классу опасности для окружающей природной среды (ОПС) расчетным методом осуществляется на основании показателя *K*, рассчитанного по сумме показателей опасности веществ, входящих в состав отходов K_i . Показатель степени опасности компонента отхода K_i рассчитывается как соотношение концентраций компонентов отхода C_i с коэффициентом его степени опасности для природной среды W_i . Коэффициентом степени опасности компонента отхода для ОПС является условный показатель, численно равный количеству компонента, ниже значения которого он не оказывает негативного воздействия на ОПС. Размерность коэффициента степени опасности для ОПС условно принимается как мг/кг.

Для определения коэффициента степени опасности по каждому компоненту отхода устанавливается степень их опасности для различных природных сред, при этом используются следующие первичные показатели опасности компонента отхода:

- 1) предельно-допустимая концентрация вещества в почве, ПДКп, мг/кг;
- 2) класс опасности в почве;

- 3) предельно-допустимая концентрация вещества в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования, ПДКв, мг/л;
- 4) класс опасности в воде хозяйственно-питьевого использования;
- 5) предельно-допустимая концентрация вещества в воде водных объектов рыбохозяйственного назначения, ПДКр.х., мг/л;
- 6) класс опасности в воде рыбохозяйственного использования;
- 7) предельно-допустимая концентрация вещества – среднесуточная в атмосферном воздухе населенных мест, ПДКс.с., мг/м³;
- 8) класс опасности в атмосферном воздухе;
- 9) предельно допустимая концентрация химического вещества в продуктах питания, ПДКпп, мг/кг;
- 10) растворимость S компонента отхода (вещества) в воде при 20°C, мг/л;
- 11) насыщающая концентрация вещества в воздухе при 20°C и нормальном давлении, Снас, мг/м³;

- 12) коэффициент распределения вещества в системе октанол/вода при 20°C, Kow;
- 13) средняя смертельная доза компонента в миллиграммах действующего вещества на 1 кг живого веса, вызывающая гибель 50% подопытных животных при однократном пероральном введении в унифицированных условиях, LD₅₀, мг/кг;
- 14) средняя смертельная доза компонента в миллиграммах действующего вещества на 1 кг живого веса, вызывающая гибель 50% подопытных животных при однократном нанесении на кожу в унифицированных условиях, LD^{кожн}₅₀, мг/кг;
- 15) средняя смертельная концентрация вещества, вызывающая гибель 50% подопытных животных при ингаляционном поступлении в унифицированных условиях, LC₅₀, мг/м³;
- 16) биологическая диссимиляция;
- 17) персистентность (трансформация в окружающей природной среде);
- 18) биоаккумуляция (поведение в пищевой цепи).

Таблица 2

Результаты определения класса опасности шахтных пород по ГСанПиН 2.2.7.029-99 [3]

Элемент	Матвеева Н.Г., 2007		Зубова Л.Г., 2008		Олейник Н.В., 2007		Силин А.А., 2010	
	Ci, мг/кг	Ki	Ci, мг/кг	Ki	Ci, мг/кг	Ki	Ci, мг/кг	Ki
Hg	0,13	6 975 524,5	-	12 276 923,1	-	12 276 923,1	0,06	9 088 838,3
Pb*	15,0	400 000,0	10	600 000,0	15	400 000,0	25	240 000,0
Cd	-	-	-	-	-	-	1,9	263 157,9
Zn*	92,5	248 648,6	70	328 571,4	150	153 333,3	94	244 680,9
As*	7,0	285 714,3	-	-	-	-	4,2	476 190,5
V*	90	1 666 666,7	100	1 500 000,0	100	1 500 000,0	94	1 595 744,7
Be	2,0	-	2,0	-	2,0	-	-	-
Li	62,5	-	30	-	50	-	-	-
Ag	-	-	0,05	-	3·10 ⁻⁵	-	0,03	-
Cu*	30	100 000,0	30	100 000,0	30	100 000,0	50	60 000,0
Ni*	35	114 285,7	30	133 333,3	50	80 000,0	47	85 106,4
Cr*	137,5	43 636,4	70	85 714,3	100	60 000,0	102	58 823,5
Co*	8,0	625 000,0	10	500 000,0	10	500 000,0	18	277 777,8
Mo	1,5	-	2,0	-	2,0	-	1,5	-
Sn	6,3	-	5,0	-	7,0	-	7,2	-
Mn*	375	4 000 000,0	700	2 142 857,1	700	2 142 857,1	715	2 097 902,1
Ba	400	-	500	-	300	-	-	-
Ga	10	-	10	-	10	-	-	-
Bi	-	-	2,0	-	2,0	-	2,0	-
Ti	-	-	3000	-	3000	-	-	-
K ₁	-	43 636,4	-	85 714,3	-	60 000,0	-	58 823,5
K ₂	-	100 000,0	-	133 333,3	-	80 000,0	-	60 000,0
K ₃	-	114 285,7	-	328 571,4	-	100 000,0	-	85 106,4
2K ₁	-	87 272,7	-	171 428,6	-	120 000,0	-	117 647,1
K _Σ	-	35 909,1	-	35 449,7	-	26 666,7	-	22 658,9

Примечание: * – подвижная форма.

Кроме того, в перечень показателей, используемых для расчета W_i , включается показатель информационного обеспечения для учета недостатка информации по первичным показателям степени опасности компонентов отхода для ОПС.

Необходимо отметить, что данная методика позволяет учитывать форму, в которой опасные вещества присутствуют в отходах (подвижная и неподвижная). Коэффициент степени опасности компонента W_i для одного и того же вещества, находящегося

ся в различной форме, существенно отличается, что в конечном итоге отражается на классе опасности отходов.

Показатель степени опасности отхода для природной среды K рассчитывают как сумму показателей степени опасности отдельных компонентов отхода K_i . В зависимости от полученной величины K проводится ранжирование отходов на пять классов опасности отходов для окружающей природной среды: I класс – чрезвычайно опасные; II – высокоопасные; III – умеренно опасные; IV – малоопасные и V – практически неопасные.

В табл. 3 представлены результаты расчета коэффициентов степени опасности компонентов шахтных отходов для природной среды W_i и полученных на

их основе показателей степени опасности компонентов отхода K_i . Для расчета использовались те же данные о химическом составе шахтных пород, что и в предыдущем случае [6–9].

Из данных расчетов видно, что практически во всех рассмотренных случаях наибольший вклад в суммарный показатель степени опасности отхода для природной среды K вносят показатели степени опасности K_i таких компонентов отходов, как Pb , Zn , V , Ni и Cr , которые присутствуют в исследуемых отходах в подвижной форме.

Также необходимо отметить, что в итоговой оценке класса опасности принимают участие все без исключения компоненты отходов, даже если их концентрация крайне незначительна.

Таблица 3

Результаты определения класса опасности шахтных пород по „Критериям отнесения отходов...“ [10]

Ингредиент	X_i	Z_i	$lg W_i$	W_i , мг/кг	K_i			
					Матвеева Н.Г., 2007	Зубова Л.Г., 2008	Олейник Н.В., 2007	Силин А.А., 2010
Hg	1,27	1,36	1,07	11,66	0,011	0	0	0,005
Pb*	1,73	1,97	1,97	93,16	0,161	0,107	0,161	0,268
Cd	1,75	2,00	2,00	100,00	0	0	0	0,019
Zn*	2,36	2,82	2,82	657,93	0,141	0,106	0,228	0,143
As*	2,08	2,44	2,44	278,26	0,025	0	0	0,015
V*	2,31	2,74	2,74	554,10	0,162	0,180	0,180	0,170
Be	4,00	5,00	6,00	1000000	0	0	0	0
Li	4,00	5,00	6,00	1000000	0	0	0	0
Ag	1,50	1,67	1,60	39,81	0	0,001	0	0,001
Cu*	2,18	2,58	2,58	376,49	0,080	0,080	0,080	0,133
Ni*	2,08	2,44	2,44	278,26	0,126	0,108	0,180	0,169
Cr*	2,10	2,47	2,47	292,86	0,470	0,239	0,341	0,348
Co*	2,08	2,44	2,44	278,26	0,029	0,036	0,036	0,065
Mo	2,25	2,67	2,67	464,16	0,003	0,004	0,004	0,003
Sn	4,00	5,00	6,00	1000000	0	0	0	0
Mn*	2,45	2,94	2,94	869,75	0,431	0,805	0,805	0,822
Ba	4,00	5,00	6,00	1000000	0	0	0	0
Ga	4,00	5,00	6,00	1000000	0	0	0	0
Bi	4,00	5,00	6,00	1000000	0	0	0	0
Ti	4,00	5,00	6,00	1000000	0	0	0	0
K	-	-	-	-	1,64	1,67	2,02	2,16

Примечание: * – подвижная форма.

В соответствии с классификацией степени опасности отходов для окружающей природной среды, приведенной в Критериях, для всех четырех рассмотренных случаев был получен пятый класс опасности – практически неопасные отходы ($K \leq 10$).

Следовательно, исследуемые отходы горнодобывающей промышленности, которые в соответствии с действующим украинским законодательством не имеют класса опасности, по „Критериям отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды“, принятым в России, все же относятся к пятому классу опасности.

Более того, в соответствии с данным нормативным документом, пятый класс опасности отходов,

установленный расчетным методом, обязательно нуждается в подтверждении экспериментальными исследованиями с использованием биотестирования водной вытяжки отходов. Следовательно, для того, чтобы отнести шахтные отходы к практически неопасным, необходимо доказать у них отсутствие вредного воздействия на гидробионтов.

Если метод биотестирования не подтверждает 5-й класс опасности, а расхождение между расчетом и биотестированием не превышает одну ступень, отходу устанавливается 4-й класс опасности. При большем расхождении следует пересмотреть качественный состав отхода с целью идентификации наиболее опасного компонента и заново пересчитать класс опасности [10].

Преимущества данной методики определения класса опасности заключаются в следующем:

- учитывается опасность всех без исключения веществ, которые входят в состав отходов;
- учитывается форма, в которой вещество находится в отходах (подвижная или неподвижная);
- для определения токсичности *i*-того компонента используются не только санитарно-гигиенические, но и экологические показатели опасности;
- отсутствие информации по первичным показателям опасности *i*-того компонента отражается на показателе информационного обеспечения, и, следовательно, на относительном параметре опасности компонента отходов X_i ;
- самый низкий класс опасности обязательно должен подтверждаться экспериментальным методом.

Проведенный сравнительный анализ отечественной методики (табл. 4) определения класса опасности отходов и ее зарубежного аналога показал, что наиболее существенным недостатком у отечественных санитарных правил, на наш взгляд, является отсутствие необходимости подтверждать экспериментальным путем полученный расчетом класс опасности. Исключение составляет случай, когда состав отходов неизвестен или полученный расчетным методом класс опасности отходов не удовлетворяет производителя.

Таблица 4

Сравнительный анализ методик определения класса опасности отходов

Характеристика	Методика	
	ГСанПиН 2.2.7.029-99	“Критерии...”
Расчетный метод применяется, если известен качественный и количественный состав отходов	+	+
Расчет может выполняться производителем отходов	+	+
При расчете учитывается опасность всех компонентов отходов	-	+
При определении опасности <i>i</i> -того компонента учитывается недостаток информации по нему	-	+
Для расчета используются не только санитарно-гигиенические, но и экологические показатели опасности <i>i</i> -того компонента	-	+
Чувствительность по отношению к низкому содержанию тяжелых металлов	-	+
Необходимость подтверждения самого низкого класса опасности экспериментальным методом	-	+

Примечание. „+“ – да; „-“ – нет.

Выводы. Таким образом, путем использования различных методик определения класса опасности шахтных пород для окружающей природной среды и здоровья человека выявлены расхождения и про-

тиворечия в оценках, полученных расчетным методом.

Установлено, что рассмотренный альтернативный подход к определению класса опасности промышленных отходов является более точным по сравнению с отечественными санитарными правилами и дает возможность более адекватно оценить их потенциальную опасность для окружающей среды, поскольку учитывает степень токсичности всех вредных веществ, присутствующих в отходах, а также их форму (подвижную и неподвижную). Переход в нормировании от санитарно-гигиенического подхода к экологическому позволит исключить расхождения в результатах расчета для одних и тех же отходов и предупредить нарушения требований по обращению с опасными отходами.

К несовершенствам данной альтернативной методики, однако, можно отнести отсутствие необходимости проверки достоверности полученной оценки в случаях, когда для отходов расчетом установлен иной класс опасности, помимо пятого. Более логичным является дополнение данных требований необходимостью во всех случаях подтверждать расчетный класс опасности экспериментально, поскольку было установлено, что даже самый глубокий анализ токсических, санитарно-гигиенических и физико-химических свойств компонентов отходов в отдельности не дает полного представления о том, какую опасность эти компоненты представляют в комплексе. В этой связи некоторые положения данного подхода также подлежат, на наш взгляд, коррекции с целью их усовершенствования.

Список литературы / References

1. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2009 році. – К. : Центр екологічної освіти та інформації, 2011. – 383 с.
Natsionalna dopovid pro stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovyshcha v Ukraini u 2009 rotsi [National Report on the Environment Status of Ukraine in 2009], (2011), Tsentr ekologichnoi osvity ta informatsii, Kyiv, Ukraine.
2. Перов М.О. Вплив техногенних навантажень вугільної промисловості на довкілля / М.О. Перов, В.М. Макаров // Науковий вісник НГУ. – 2010. – № 7–8. – С. 99–103.
Perov, M.O. and Makarov, V.M. (2010), “Impact of anthropogenic load of coal mining on environment”, *Naukovyi Visnyk Natsionalno Hirnychoho Universytetu*, no. 7–8, pp. 99–103.
3. Перелік постанов головного державного санітарного лікаря України: Публікації: МОЗ України [Електронний ресурс] – Режим доступу: www.moz.gov.ua/ua/portal/dli_postsanepid.html
List of resolutions of Chief State Sanitary Doctor of Ukraine: Publications: Ministry of Public Health of Ukraine, (2013), available at: www.moz.gov.ua/ua/portal/dli_postsanepid.html (accessed July 3, 2013).
4. Податковий кодекс України // Відомості Верховної Ради України (ВВР). – 2011.– № 13–14, № 15–16, № 17.– ст.112.

“Tax Code of Ukraine”, *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy (VVR)*, no. 13–14, no. 15–16, no. 17., st.112.

5. Получение металлов из терриконов угольных шахт Донбасса: моногр. / Л.Г. Зубова, А.Р. Зубов, К.И. Верех-Белюсова, Н.В. Олейник. – Луганск: изд-во ВНУ им. В. Даля, 2012. – 144 с.

Zubova, L.G., Zubov, A.R., Verekh-Belousova, K.I. and Oleinik, N.V. (2012), *Poluchenie metallov iz terrikonov ugolnykh shakht Donbassa* [Production of Metals from the Waste Piles of Donbass Coal Mines], VNU im. V. Dalya, Lugansk, Ukraine.

6. Матвеева Н.Г. Возможность применения мирового опыта в переработке породы отвалов угледобывающей промышленности в угольных регионах Донбасса / Н.Г. Матвеева // 36. наук. праць Східноукраїнського нац. ун-ту ім. В. Даля.; розд. Екологія. – 2007. – №1. – С. 35–40.

Matveeva, N.G. (2007), “The possibility of application of international experience in the processing of rock dumps of coal mining-processing industry in the Donbass coal region”, *Ekologiya. Zb. nauk. prats Skhidnoukrainskogo nats. un-tu im. V. Dalya*, no.1, pp. 35–40.

7. Зубова Л.Г. Терриконы, их утилизация и рекультивация: моногр. / Зубова Л.Г. – Луганск: изд-во ВНУ им.В. Даля, 2008. – 80с.

Zubova, L.G. (2008), *Terrikony, ikh utilizatsiya i re-kultivatsiya* [Waste Heaps, Their Utilization and Reclamation], VNU im.V. Dalya, Lugansk, Ukraine.

8. Олейник Н.В. Новый способ утилизации отвальной породы угольных шахт / Н.В. Олейник // 36. наук. праць Східноукраїнського нац. ун-ту ім. В. Даля; розд. Екологія. – 2007. – № 1. – С. 78–86.

Oleinik, N.V. (2007), “A new ways of utilization of coal mines overburden”, *Ekologiya. Zb. nauk. prats Skhidnoukrainskogo nats. un-tu im. V. Dalya*, no.1, pp. 78–86.

9. Силин А. А. Экологические последствия структурно-вещественных преобразований отвальных пород терриконов / А.А. Силин, С.Г. Выборов, Ю.А. Проскурня // Сборник научных трудов НГУ.– Днепропетровск, 2010. – № 35. – С. 41–47.

Silin, A.A., Vyborov, S.G. and Proskurnya, Yu.A. (2010), “Environmental effects of structural and material transformations of overburden waste piles”, *Sbornik nauchnykh trudov NGU*, no.35, pp. 41–47.

10. Официальный сайт Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации – Документы [Электронный ресурс] – Режим доступа: www.mnr.gov.ru/regulatory.

The official website of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation – Documents (2013), available at: www.mnr.gov.ru/regulatory/ (accessed July 3, 2013).

Мета. Аналіз нормативної методики визначення класу небезпеки промислових відходів та пошук альтернативних підходів до визначення ступеня небезпеки шахтних відходів для навколишнього природного середовища.

Методика. Визначення класу небезпеки шахтних відходів проводилося розрахунковим способом за нормативною методикою ДСанПіН 2.2.7.029-99 і за „Критеріями віднесення відходів до класу небезпеки для навколишнього природного середовища“.

Результати. Досліджена нормативна методика визначення класу небезпеки промислових відходів, виявлено її основні недоліки. Визначено клас небезпеки шахтних відходів за нормативною методикою. Виявлено розбіжності між розрахунковим та дійсним рівнем небезпеки відходів для навколишнього природного середовища, які виникають при розрахунку класу небезпеки твердих відходів вугледобутку за даним методом, що призводить до зниження сум екологічного податку. Розраховано клас небезпеки для тих самих шахтних відходів за альтернативною методикою. Наведено порівняльну характеристику нормативної та альтернативної методики. Запропоновано варіант удосконалення методу визначення ступеня небезпеки промислових відходів.

Наукова новизна. Запропоновано та обґрунтовано перехід від санітарно-гігієнічного до екологічного нормування, що дозволить виключити розбіжності в результатах розрахунку для одних і тих же відходів, попередити порушення вимог щодо поводження з небезпечними відходами.

Практична значимість. Запропонований у роботі спосіб удосконалення нормативної методики з визначення класу небезпеки промислових відходів дозволить підвищити її точність і запобігти зниженню сум екологічного податку за розміщення твердих відходів вугледобутку в навколишньому середовищі.

Ключові слова: шахтні відходи, важкі метали, клас небезпеки відходів, санітарні правила, поводження з відходами

Purpose. To analyse the methodology for determining the danger class of industrial wastes and to find alternative approaches to determination of the environment danger degree of mine wastes.

Methodology. Definition of danger class of mine wastes was carried out by calculation according to standard procedure by State Sanitary Rules and Norms no.2.2.7.029-99 and “Criteria for classification of wastes by environment danger class.”

Findings. The normative method of determining the danger class of industrial wastes was investigated; its main drawbacks were identified. The danger class of mine wastes was fixed by the statutory procedure. Inconsistencies between the wastes danger class calculated and their actual level of environment danger were identified. This inconsistency arises from the calculation of the hazard class of coal-mining solid wastes by this method and leads to underestimation of the amounts of the environmental tax. The danger class for the same mine wastes was calculated by the alternative method. The article presents the comparative characteristic of the regulatory and

alternative methods. We have suggested the way of improvement of the method for determination of the industrial wastes danger degree.

Originality. We have proposed and substantiated transition from sanitary to ecological standardization. It will allow us to exclude the discrepancies in the results of the calculation for the same wastes and to prevent violations of the requirements for handling hazardous wastes.

Practical Implementation. The way of improvement of the regulatory procedure for determination of waste

hazard class proposed in this work will improve the accuracy of the procedure and will prevent the understatement of ecological tax amounts for coal-mining wastes disposal in the environment.

Keywords: *mining wastes, heavy metals, danger class of wastes, sanitary regulations, wastes management*

Рекомендовано к публікації докт. техн. наук В.С. Колесником. Дата надходження рукопису 03.07.13.

УДК 622.788.36.5

А.А. Лапшин, канд. техн. наук, доц.

Государственное высшее учебное заведение „Криворожский национальный университет“, г.Кривой Рог, Украина, e-mail: alexandr.lapshin-ua@yandex.ru

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ НОРМАЛИЗАЦИИ МИКРОКЛИМАТА В ГЛУБОКИХ РУДНЫХ ШАХТАХ

A.A. Lapshin, Cand. Sci. (Tech.), Assoc. Prof.

State Higher Educational Institution “Kryvyi Rih National University”, Kryvyi Rih, Ukraine, e-mail: alexandr.lapshin-ua@yandex.ru

MATHEMATICAL SIMULATION OF MICROCLIMATE NORMALISATION PROCESSES IN DEEP ORE MINES

Цель. Прогноз процессов нормализации микроклимата в воздухоподающих выработках рудных шахт путем создания математической модели.

Методика. Научный анализ и обобщение ранее выполненных теоретических и экспериментальных исследований по вопросам нормализации микроклимата при подземной разработке рудных месторождений; теоретические исследования и математическое моделирование теплообменных процессов в воздухоподающих выработках шахт; использование фундаментальных положений физики, аэро- и гидродинамики, необходимых для разработки способов регулирования теплового режима в глубоких рудных шахтах.

Результаты. Обоснована необходимость математического моделирования процессов нормализации микроклимата при движении воздуха в выработках шахт с применением современных средств вычислительной техники. Проведен анализ известных методов математического моделирования теплообменных процессов в выработках глубоких шахт. Построена математическая модель процессов нормализации микроклимата, происходящих при движении воздуха в горных выработках, которая позволяет прогнозировать состояние теплового режима с целью последующего его регулирования.

Научная новизна. Научная новизна предложенного в работе метода – использование метеорологических факторов, в частности температуры, влажности, барометрического давления и конденсации водяных паров, как основных параметров изменения микроклимата в глубоких шахтах.

Практическая значимость. Создание способа математического моделирования теплообменных процессов при движении воздуха в горных выработках, который позволяет регулировать тепловой режим в глубоких рудных шахтах.

Ключевые слова: *горная выработка, микроклимат, моделирование, теплообмен, конденсация, температура, тепловой режим*

Постановка проблемы. Разработка рудных месторождений в глубоких шахтах Кривбасса и Запорожского железорудного комбината (ЗЖРК) сопровождается ухудшением условий труда вследствие повышения температуры воздуха в горных выработках до 28–30°C. Согласно требованиям „Правил без-

опасности...“ при температуре воздуха больше 26°C необходимо применять меры по её снижению. Разработка способов нормализации микроклимата в глубоких шахтах требует научного обоснования теплообменных процессов в горных выработках [1]. Учитывая воздействия различных факторов на теплообменные процессы, большая часть которых порой даже неконтролируема, можно прийти к естественному