

УДК 550.424

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ВКЛЮЧЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ ДО ПРОДУКТІВ ТЕХНОГЕНЕЗУ

**Т.Ф. Яковишина, доц., к.с.-г.н., Державний вищий навчальний заклад
«Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»,
м. Дніпропетровськ**

***Анотація.** Проведена екологічна оцінка включення важких металів до продуктів техногенезу шляхом визначення сумарного коефіцієнта їх ноосферної концентрації в металургійних шлаках. Науково обґрунтована доцільність застосування шлакі, як техногенної сировини, що містить елементи – першого класу небезпеки – важкі метали, при виробництві будівельних матеріалів з дотриманням норм екологічної безпеки.*

***Ключові слова:** ноосферна концентрація, важкі метали, шлак.*

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВКЛЮЧЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПРОДУКТЫ ТЕХНОГЕНЕЗА

**Т.Ф. Яковишина, доц., к.с.-х.н., Государственное высшее учебное заведение
«Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры»,
г. Днепропетровск**

***Аннотация.** Проведена экологическая оценка включения тяжелых металлов в продукты техногенеза путем определения суммарного коэффициента их ноосферной концентрации в металлургических шлаках. Научно обоснована целесообразность использования шлаков, как техногенного сырья, содержащего элементы - первого класса опасности - тяжелые металлы, при производстве строительных материалов с соблюдением норм экологической безопасности.*

***Ключевые слова:** ноосферная концентрация, тяжелые металлы, шлак.*

ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF INCLUDING HEAVY METALS INTO THE PRODUCTS OF TECHNOGENESIS

**T. Yakovishina, Assoc. Prof., Ph. D. (Eng.), Prydniprov's'ka State Academy of
Civil Engineering and Architecture, Dnipropetrovsk**

***Abstract.** The ecological estimation of heavy metals involvement into the products of technogenesis by determining the summary coefficient of their noosphere concentration in metallurgical slags was done. The feasibility of using slag as industrial raw material, which contains elements of the first class of danger – heavy metals in the production of building materials with compliance of the environmental safety standards is scientifically proved.*

***Key words:** noosphere concentration, heavy metals, slag.*

Вступ

Внаслідок нераціональної господарської діяльності людини, коефіцієнт корисної дії якої стосовно використання природних ресурсів рідко коли сягає 15 %, поряд з кінцевою про-

дукцією промислового виробництва як відходи утворюється техногенна сировина, що являє собою відвали внаслідок видобутку корисних копалин, хвостосховища збагачувальних фабрик, золо- і шлаковідвали, тощо. Зазначені техногенні геохімічні утворення

спричиняють амфіструктивну дію, бо, по-перше, залежно від масштабів можуть порушувати гомеостаз навіть окремих регіонів та ініціювати екологічні проблеми, а, по-друге, завдяки концентруванню хімічних елементів в значних кількостях є перспективними джерелами для впровадження рекуперації та подальшого включення цих компонентів у відповідні галузі промисловості. До таких цінних компонентів, насамперед, слід віднести важкі метали, видобуток яких збільшився в ХХІ столітті порівняно з попереднім в 28,18 разів для Zn; 6,90 – Pb; 34,14 – Cu; 238,97 – Ni; 478,19 – Cr; 492,86 – Cd. Бездіяльність стосовно техногенних геохімічних аномалій призводить до незворотних втрат цілої низки важких металів як безпосередньо зі стічними водами, пилом та газами, так і за рахунок вторинних процесів гіпергенезису компонентів [1], результатом яких є забруднення біосфери та включення токсикантів до трофічних ланцюгів, що вкрай небезпечно для здоров'я людини.

Аналіз публікацій

Техногенез важких металів досить часто відображають з точки зору технофільності, що відбивається через підвищення щорічного видобутку порівняно до їх кларку в літосфері, а саме: чим більша величина технофільності, тим інтенсивніше включення металу в техногенну міграцію, а отже, потреба людства в цих елементах [2]. Техногенну міграцію атомів хімічних елементів характеризують шляхом деформації біогеохімічних циклів у результаті порушення останніх антропогенною діяльністю людини, порівнюючи природні й антропогенні потоки за допомогою таких показників, як: коефіцієнт повноти техногенного використання, деструкційна активність тощо [3, 4]. Стосовно екологічної безпеки неабиякого сенсу набуває визначення модуля техногенного навантаження як на планетарному рівні, так і з урахуванням строкатості для кожної біогеохімічної провінції окремо взятих регіонів. Але вищезначені показники, передусім, характеризують розповсюдження токсикантів у навколишньому природному середовищі, а при нормуванні за допомогою ГДК – забруднення його складових та безпеки або небезпеки для здоров'я людини. Тому постає правомірне питання стосовно тимчасового депонування за рахунок включення важких металів до продуктів техногенезу, адже продовження жит-

тєвого циклу шляхом подальшого використання техногенної сировини дасть змогу, без зашкодження потребам людства, скоротити об'єми видобутку, а відповідно, привнести й розповсюдити токсиканти у біосферу.

Мінеральну сировину техногенних утворень А.П. Дмитієвим та М.Г. Зільбершмідтом запропоновано розглядати з вірогідністю зміни її складу, будови й стану під впливом природних та антропогенних факторів, а також запасів внутрішньої енергії [1]. С.М. Поповим створена система оцінки варіантів можливого використання відходів, яка ґрунтується на аналізі трьох груп факторів: 1 – характеристики безпосередньо самих відходів; 2 – напрямків та існуючих методів їх використання; 3 – впливу на стан навколишнього природного середовища [5]. Наприклад в Україні традиційно шлаки застосовуються для виробництва шлакопортландцементу та портландцементу, шлакової пемзи, щебеню, шлаковати, шлакоситалу, авантюрину, тощо [6]. Проте на цей час існує цілий ряд методів вилучення цінних компонентів із відходів, які ґрунтуються на процесах вилуговування й обмінної десорбції, міграції та концентрування елементів розсіяних в деякому об'ємі [7]. Напрямки подальшого використання відходів як техногенної сировини в промисловому виробництві зумовлюються безпосередньо концентрацією цінних компонентів, фізико-хімічними характеристиками їх сполук та витратами на вилучення порівняно з традиційними технологіями. Однак проблема собівартості досить часто нівелюється при порівнянні вмісту металів у відходах та рудах або з кларком у літосфері, особливо з урахуванням відшкодувань для екологічних фондів на відновлення порушених земель.

Отже, проаналізувавши вищенаведений науковий доробок низки авторів, слід зазначити наявність умовного розриву між характеристиками результату техногенезу важких металів у біосфері та можливістю їх використання в подальшому виробництві, котрий можна обґрунтувати шляхом екологічної оцінки доцільності включення його продуктів як техногенної сировини, до різних галузей промисловості, що є актуальним науково-практичним завданням для народного господарства України.

Крім того, доцільність використання важких металів з техногенної сировини підтверджу-

ється екологічним ефектом, по-перше, як прямо, за рахунок зменшення їх шкідливого впливу на навколишнє середовище, а по-друге, опосередковано, що відбивається через економію витрат на утримання місць складування.

Мета і постановка завдання

Мета роботи полягала в екологічній оцінці включення важких металів до продуктів техногенезу шляхом визначення їх ноосферної концентрації у відходах промислового виробництва та обґрунтування перспективних напрямків подальшого використання з дотриманням норм екологічної безпеки.

Експериментальне дослідження концентрації важких металів у шлаках

Розсіювання важких металів з продуктами техногенезу визначали за сумарним коефіцієнтом ноосферної концентрації у відходах промислового виробництва

$$C_k = \sum K_k \cdot n, \quad (1)$$

де K_k – величина відношення вмісту компонентів у відході виробництва до кларку цих елементів у ноосфері; n – число елементів [4].

Для оцінки екологічної безпеки утворених відходів та перспектив подальшого використання доменного, конверторного та шлаку феромарганцю вираховували коефіцієнт ноосферної концентрації для основних компонентів (Al, Mg, Fe, Mn) та домішок, які були

представлені важкими металами (Zn, Cu, Cr, Pb, Ni, Cd).

Використання сумарного коефіцієнта ноосферної концентрації дає змогу оцінити відхід як джерело цінної ресурсної сировини з точки зору, по-перше, кількості компонентів, а по-друге, їх концентрацій. Найбільш перспективним із проаналізованих шлаків щодо вторинного застосування у промисловому виробництві за цим показником є конверторний шлак. Аналіз значення сумарного коефіцієнта ноосферної концентрації та його складових дають змогу визначитися з вибором напрямку використання, наприклад, за умов достатніх кількостей – вилучення важких металів або, при слідових кількостях – навпаки, їх депонування в матеріали та вироби. Основними компонентами, які входять до складу металургійних шлаків, є SiO_2 – 16,6–50,0 %; Al_2O_3 – 1,5–16,0 %; CaO – 17,0–47,0 %; MgO – 3,0–17,0 %; сполуки S – 0,05–2,7 %; Fe_2O_3 – 0,4–15,0 %; MnO – 0,2–18,0 % [8–10]. Отже, вміст металів основних сполук порівняно з кларком у літосфері невисокий і тільки за мангаом спостерігається стійке його перевищення (табл. 1). Як домішки у складі шлаку також присутні важкі метали в кількостях здебільшого менших за кларк, за виключенням вмісту в шлаку феромарганцю – Ni, доменного – Cd та конверторного шлаку – Cr і Cd. Проте вилучення важких металів не має сенсу, адже кондиційний їх вміст у руді, мінімальне значення якого зумовлює економічну доцільність видобутку для існуючих технологій в Україні, становить 1–2 % [11].

Таблиця 1 Ноосферна концентрація металів у шлаках

Шлак	Основні компоненти		Домішки		Сумарний коефіцієнт ноосферної концентрації
	Метал	Вміст, %	Важкий метал	Вміст, мг/кг	
		Відношення до кларку в літосфері		Відношення до кларку в літосфері	
1	2	3	4	5	6
Доменний шлак	Al	3,599-8,226	Zn	35,8	139,800-238,850
		0,447-1,022		0,431	
	Mg	2,942-8,827	Cu	4,3	
		1,573-4,720		0,091	
	Fe	0,686-1,030	Cr	91,0	
		0,148-0,221		1,096	
	Mn	0,153-0,764	Pb	15,2	
		1,530-7,640		0,95	
			Ni	1,2	
				0,020	

Закінчення табл. 1

1	2	3	4	5	6
			Cd	0,1 7,692	
Конверторний шлак	Al	0,771-1,285	Zn	18,8	748,560-768,940
		0,096-0,160		0,226	
	Mg	2,824-3,119	Cu	16,3	
		1,510-1,668		0,346	
	Fe	8,925-10,298	Cr	1820,0	
		1,919-2,215		21,927	
	Mn	4,048-4,200	Pb	10,0	
		40,480-42,00		0,625	
			Ni	1,9 0,033	
			Cd	0,1 7,692	
Шлак феромарганцю	Al	2,056-2,571	Zn	71,7	494,848-742,520
		0,255-0,319		0,864	
	Mg	1,765-2,354	Ni	286,7	
		0,944-1,259		4,943	
	Fe	0,481-0,619	Cr	581,0	
		0,103-0,133		0,700	
	Mn	4,582-7,634	Co	148,1	
		45,820-76,370		8,228	

Примітка. Розрахунок проведено за даними Н. Спільник (2013), С. Розенова та Є. Нікуліна (1991).

Слід зазначити, що шлакові розплави – це, в основному, сплави силікатів та алюмосилікатів кальцію, отже цінний сировинний матеріал для виробництва будівельних матеріалів. Проте хімічний склад металургійних шлаків, який варіює в широких межах залежно від складу порожньої породи, виду металу, що виплавляється, особливостей самого металургійного процесу, умов охолодження, дещо обмежує їх застосування у виробництві будівельних матеріалів, виробів і конструкцій.

Вилучення важких металів із техногенних потоків біогеохімічних циклів міграції хоча б на деякий час можливе шляхом депонування їх у продукції будівельної промисловості. Науково доведено цілим рядом експериментів щодо підтвердження надто слабкого їх вилуговування у природні води та амонійно-ацетатний буферний розчин (рН 4,8) [9, 12] із будівельних виробів на основі шлаку. В той же час навколо відвалів шлаку внаслідок забруднення навколишнього природного середовища і, насамперед ґрунту, утворюються техногенні геохімічні аномалії, в яких вміст важких металів перевищує ГДК. Отже, із зазначених напрямків застосування шлаків, з точки зору мінімізації забруднення навколишнього середовища важкими металами, най-

більш перспективним є другий, який по-перше, сприяє їх довгостроковому закріпленню, а, по-друге, зменшує використання природної сировини.

Висновки

Проведена екологічна оцінка включення важких металів до продуктів техногенезу шляхом визначення сумарного коефіцієнта їх ноосферної концентрації в металургійних шлаках. Науково обґрунтована доцільність застосування шлаків як техногенної сировини, що містить елементи – першого класу небезпеки – важкі метали при виробництві будівельних матеріалів із дотриманням норм екологічної безпеки.

Література

1. Дмитриев А.П. Методология экспертизы техногенного минерального сырья на экологическую чистоту и пригодность к переработке и комплексному применению / А.П. Дмитриев, М.Г. Зильбершмидт // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 1993. – № 9-12. – С. 25-31.

2. Касимов Н.С. Технофильность химических элементов в начале XXI века / Н.С. Касимов, Д.В. Власов // Вестник Московского университета. Сер. 5: География. – 2012. – № 1. – С. 15-22.
 3. Глазовский Н.Ф. Техногенные потоки веществ в биосфере / Н.Ф. Глазовский // Добыча полезных ископаемых и геохимия природных элементов. – М.: Наука, 1982. – С. 7-28.
 4. Перельман А. И. Геохимия ландшафта / А.И. Перельман, Н.С. Касимов. – М.: Астрель-2000, 1996. – 610 с.
 5. Попов С.М. Анализ факторов влияющих на выбор направлений использования отходов / С.М. Попов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2007. – № 5. – С. 58-62.
 6. Моссур П.М. Техногенное минеральное сырье и его использование в Украине / П.М. Моссур, С.В. Негода // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2007. – № 6. – С. 299-307.
 7. Воробьев А.Е. Базовая классификация методов воспроизводства минерального сырья / А.Е. Воробьев // Вестник Российского университета дружбы народов. – 2008. – № 3. – С. 18-24.
 8. Калиниченко Н.В. Характеристика шлаков и их активация / Н.В. Калиниченко, С.А. Щербак, М.А. Елисеева // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – 2009. – № 11. – С. 4-8.
 9. Ziemkiewicz P. [Steel Slag: Applications For AMD Control](#) / P. Ziemkiewicz // Conference on Hazardous Waste Research, 18-21 May 1998 : Proceedings. – Snowbird (USA), 1998. – P. 44-62.
 10. Hamilton J. The use of steel slag in passive treatment design for AMD discharges in the Huff Run watershed restoration / J. Hamilton, J. Gue, C. Socotch // 28th West Virginia Mine Drainage Task Force Symposium, 10-11 April 2007 : Proceedings. – Morgantown, WV (USA), 2007. – P. 136-152.
 11. Гамов М.И. Металлы в углях / М.И. Гамов, Н.В. Грановская, С.В. Левченко. – Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2012. – 45 с.
 12. Спильник Н.В. Экологически безопасные строительные материалы на основе граншлаков силикомарганца и доменных шлаков / Н.В. Спильник, С.А. Щербак // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – 2013. – № 5. – С. 33-39.
- Рецензент: Н.В. Внукова, професор, к.геогр.н., ХНАДУ
- Стаття надійшла до редакції 23 вересня 2015 р.
-