

Так, крупнейшим производителем фосфорных удобрений являются США, где фосфогипс отнесен к неопасным отходам, а производители удобрений освобождены от платы за его размещения. Главным взысканием является налог на участок земельного отвода. Дискуссия об отнесении фосфогипса к категории опасных отходов из-за его высокой и устойчивой радиоактивности видимо будет продолжаться до 2030 г., когда по плановым оценкам американского правительства добыча фосфоритного сырья будет остановлена, а остатки законсервированы и объявлены стратегическими запасами [5].

Вывод. Таким образом, сегодня остро стоит вопрос об утилизации фосфогипса, решение которого приведет к предупреждению загрязнения почв, водной и воздушной сред, а также позволит уменьшить объемы разработки карьеров по добыче природного фосфоритового сырья.

Список литературы

1. Налоговый кодекс Украины. Раздел VIII. Экологическая часть: Эл.ресурс. – Режим доступа: http://buhgalter911.com/Res/Zakoni/NalCode/tekst_rozdil8.aspx
2. Касимов А.М. Утилизация фосфогипса с получением материала для производства гипсовых вяжущих / А.М. Касимов, О.Е. Леонова, Ю.А. Кононов // Мат. 4-й Международной конф. [«Сотрудничество для решения проблемы отходов»], (Харьков, 31 января – 1 февраля 2007 г). – Харьков: Харьковский нац. экономический ин.-т, 2007. – С. 39-40.
3. Орлинская О. В. Экологические проблемы железорудных регионов / О. В. Орлинская, О. А. Терешкова, Д. С. Пикареня // Мат. Всеукр. наук.-практ. конф. [«Екологічні проблеми гірничо-металургійного комплексу за умов формування принципів збалансованого розвитку»], (Дніпропетровськ, 2-3 грудня 2008). – К.: Центр екологічної освіти та інформації, 2008. – С. 165-172.
4. Тяжелые металлы в системе почва-растение-удобрение: монография / Под.общ. ред. М.М. Овчаренко. – М.: Пролетарский светоч, 1997. – 290 с.
5. Гармонизация экологических стандартов. Заключительный технический отчет. Блок 10: Нормативы качества окружающей среды / Т.В. Гусева, Я.П. Молчанова, В.А. Сурнин и др. – М: GTZ International Services, 2008. – С. 6-7.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Зберовським О.В.
Надійшла до редакції 21.03.2015*

УДК 550.424

© Т.Ф. Яковишина

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ВКЛЮЧЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ В ПРОДУКТИ ТЕХНОГЕНЕЗУ

Екологічна оцінка залучення важких металів в техногенезі продукції визначено як сумарного коефіцієнта їх ноосфери концентрації в металургійних шлаків. Доцільність з використанням шлаку було науково доведено, як промислова сировина, які, містять елементи - першого класу небезпеки - важких металів у виробництві будівельних матеріалів з дотриманням норм екологічну безпеку.

Экологическая оценка вовлечения тяжелых металлов в техногенезе продукции определена как суммарный коэффициент их ноосферы концентрации в металлургических шлаках. Целесообразность использования шлака научно доказано, как промышленное сырье, которое, содержит элементы - первого класса опасности - тяжелых металлов в производстве строительных материалов с соблюдением норм экологической безопасности.

The ecological estimation of the heavy metals involvement to the products technogenesis has been determined as summary coefficient of their noosphere concentration in the metallurgical slags. The feasibility of the using slag has been scientifically proved as industrial raw materials, which containing elements – first class of danger – heavy metals in the production of the building materials with compliance of the environmental safety standards.

Вступ. Внаслідок нераціональної господарської діяльності людини, коефіцієнт корисної дії якої стосовно використання природних ресурсів рідко коли сягає 15 %, поряд з кінцевою продукцією 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 XXI столітті порівняно до попереднього 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 по темі. 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 в 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 модулю техногенного навантаження, як на планетарному рівні, так і з урахуванням строкатості для кожної біогеохімічної провінції окремо взятих регіонів. Але вище означені показники, передусім, характеризують розповсюдження токсикантів в 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 в продукти техногенезу, адже про-

довження життєвого циклу шляхом подальшого використання техногенної сировини дасть змогу, без зашкодження потребам людства, скоротити об'єми видобутку, а відповідно, привнесення й розповсюдження токсикантів в біосфері.

Мінеральну сировину техногенних утворень А.П. Дмітїєвим 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]. Приміром в Україні традиційно шлаки застосовуються для виробництва шлакопортландцементу та портландцементу; шлакової пемзи; щебеню; шлаковати; шлакоситалу; авантюрину, тощо [6]. Проте в теперішній час існує цілий ряд методів вилучення цінних компонентів з 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 до традиційних технологій. Однак проблема собівартості досить часто нівелюється при порівнянні вмісту металів у відходах та рудах або з кларком в літосфері особливо з урахуванням відшкодувань в екологічні фонди на відновлення порушених земель.

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

Крім того доцільність використання важких металів з техногенної сировини підтверджується 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 роботи полягала в екологічній оцінці включення важких металів в продукти техногенезу шляхом визначення їх ноосферної концентрації у відходах промислового виробництва та обґрунтування перспективних напрямків подальшого використання з дотриманням норм екологічної безпеки.

Методика. 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 в ноосфері; n – число елементів [4].

Для оцінки екологічної безпеки утворених відходів та перспектив подальшого використання доменного, конверторного та шлаку феромарганцю враховували коефіцієнт ноосферної концентрації для основних компонентів (Al, Mg, Fe, Mn) та домішок, які були представлені важкими металами (Zn, Cu, Cr, Pb, Ni, Cd).

Результати досліджень та їх обговорення. Використання сумарного коефіцієнту ноосферної концентрації дає змогу оцінити відход, як джерело цінної ресурсної сировини, з точки зору, по-перше, кількості компонентів, а по-друге, їх концентрацій. Найбільш перспективним з проаналізованих шлаків щодо вторинного застосування у промисловому виробництві за цим показником є конверторний шлак. Аналіз значення сумарного коефіцієнту ноосферної концентрації та його складових дають змогу визначитися з вибором напрямку використання, приміром, 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 в літосфері невисокий і тільки по мангану спостерігається стійке його перевищення (таблиця 1). Як домішки у складі шлаку також присутні важкі метали в кількостях здебільшого менших за кларк за виключенням вмісту в шлаку феромарганцю – Ni, доменному – Cd та конверторному 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].

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 з техногенних потоків біогеохімічних циклів міграції цих елементів шляхом депонування 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]. Отже із зазначених напрямків застосування шлаків, з точки зору мінімізації забруднення навколишнього середовища важкими металами, найбільш перспективним є другий, який по-перше, сприяє їх довгостроковому закріпленню, а, по-друге, зменшує використання природної сировини.

Висновок. Проведена екологічна оцінка включення важких металів в продукти техногенезу шляхом визначення сумарного коефіцієнту 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 з дотриманням норм екологічної безпеки.

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 | |
| 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 | |
| | | 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).

Перспективи подальших досліджень потрібно зосередити на визначенні ноосферної концентрації важких металів в інших техногенних відходах з метою оцінки можливості застосування, як сировини, в подальшому промисловому виробництві та розробці на їх основі нових ресурсозберігаючих технологій за умов дотримання норм екологічної безпеки.

Список літератури

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.: Астрейя-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.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Голіньком В.І.
Надійшла до редакції 21.03.2015*