

УДК 504.064(550.424:631.4:658.567.1) (553.04.003)](477)

Докт. геол.-мін. наук ГАЛЕЦЬКИЙ Л.С. (ІГН НАН України), канд. геол.-мін. наук ПОЛЬСЬКОЇ Ф.Р., инж. ПЕТРОВА Л.О. (ІГН НАН України), инж. ПИЛИПЧУК А.Д. (Геоінформ України)

## **ТЕХНОГЕННІ ВІДХОДИ — ПОТЕНЦІЙНІ ДЖЕРЕЛА ДЛЯ УТВОРЕННЯ ТЕХНОГЕННИХ РОДОВИЩ**

Однією з основних проблем підприємств гірничої і переробної галузі є накопичення великої кількості відходів, які представлені відвальними породами видобутку, збагачення і переробки руд чорних і кольорових металів, нерудної сировини, шлаками та золами ГЕС, породами вуглевидобутку та вуглезбагачення тощо, які займають площу 160 тис. га [1] і одночасно негативно діють на стан геолого-екологічного середовища. В той же час техногенні відходи вміщують велику кількість цінних компонентів, які можуть бути потенційними джерелами мінеральної сировини. Прогнозні оцінки переробки промислових відходів можуть забезпечити потреби України скандієм, галієм, ітрієм, германієм, ртуттю, ніобієм, танталом — на десятки років, а також свинцем, цинком, міддю, ванадієм, цирконієм, золотом, сріблом — 10–25% від щорічних потреб. [2]

Таким чином, промислові відходи підприємств України, які є джерелами забруднення навколишнього середовища, одночасно можуть бути значним джерелом для отримання цінних металів та нерудної мінеральної сировини.

У результаті геолого-оцінювальних польових і лабораторно-технологічних досліджень, виконаних в 1993–1998 рр. ДГП “Геопрогноз” на 16 підприємствах із рудоперспективними відходами, було виявлено в промислових концентраціях 36 видів кольорових, чорних, рідкісних, рідкісноземельних та дорогоцінних металів (табл.), а також визначені мінеральні й речовинні форми їхнього знаходження. На деяких техногенних комплексних родовищах у результаті лабораторно-технологічних досліджень розроблені технологічні схеми з вилученням із рудних відходів кольорових та дорогоцінних металів, у т.ч. (%): свинцю — до 97; цинку — 94; золота — 80; срібла — 76. Очікувані результати вилучених металів в оцінених ДГП “Геопрогноз” рудних промислових відходах із застосуванням понижуючого поправочного коефіцієнта надійності 0.5, становлять на обстежених 16 підприємствах (тис. т): залізо — 6800; алюміній — 972; марганець — 507; стронцій — 229; титан — 115; цинк — 97; фосфор ( $P_2O_5$ ) — 52; мідь — 34; сурма — 28; цирконій — 21; свинець — 18; церій — 11; ніобій — 9; лантан — 9; оксид літію ( $Li_2O$ ) — 7; ітрій — 4.6; ртуть — 3.6; ванадій — 2.7; миш’як — 2.4; нікель — 1.9; хром — 0.4 й інші рідкісні та рідкісноземельні метали можуть бути одержані в кількостях від 0.9 тис. тонн (скандій) до 0.1; концентрації золота оцінюються в 8 т. і срібла — 98 т. Тобто Fe, Al, Mn, Ti, Sr — сотні тисяч тон; Zn, Cu, Sb, Pb, P, Ce, Zr — десятки тисяч тон; Nb, La, Y, Li, Hg, V, As, Ni, — тисячі тон; Sc, Ta, Ga, Rb, Cr, Hf — сотні тон; Ag, W, Cd, Tl, Co, Se, Yb — десятки тон; Au, Be, Bi від восьми до двох тон. Їхня орієнтовна вартість на світовому ринку може скласти близько 5 млрд. дол. США [1]. Порівняно з відомими в Україні природними родовищами в техногенних рудних відходах знаходиться велика різноманітність хімічних елементів, які є дефіцитними і які імпортуються.

Дослідження останніх років показали, що можливо ефективно використовувати відходи для отримання чорних, кольорових, рідкісних металів і нерудної мінеральної сировини (таблиця 1).

Табл.1. Основні джерела кольорових та рідкісних металів у відходах України

№	Назва відходів	Метали
1	Шлами при переробці цирконієвої та титано-вої сировини	Zr, Ti, Sr, PЗЕ
2	Відходи тврдосплавного виробництва	W, Co, Mo, Ta, Nb, Ti
3	Відходи виробництва феросплавів	W, Mo, Co, Nb
4	Відходи переробки ільменіту	V, Zr, Nb, Ta, PЗЕ
5	Відходи переробки піритних концентратів	Se, Te, Au
6	Шлами заводів по виробництву сірчаної кислоти	Se, Te
7	Відходи від отримання вольфраму і молібдену в електроламповій промисловості	W, Mo
8	Каталізатори виробництва сірчаної кислоти і нафтохімії	Mo, Ni, v
9	Золи і шлаки ТЕЦ	Sc, Y, Ni, V, Zn, Ge, Ga, Al, Ag
10	Продукти переробки нафти	V, Se, Te, Ge
11	Відходи електротехнічної, електронної, радіотехнічної промисловості	Ga, Ge, Mo, PЗЕ
12	Червоні шлами глиноземного виробництва	V, Ga, Zr, Sc, Y, Au, Pt
13	Хлоридні відходи виробництва титану	Sc, V, Y, Ta, Nb, Cu
14	Промпродукти переробки цинкового концентрату	In, Ge, Cd, Cu, Pb
15	Шлаки виробництва нікелю	Cr, Zr
16	Шлами і пил металургійних підприємств (виробництво чугунку і сталі)	Zn, Pb, Cu, PЗЕ, Sn
17	Шлаки збагачення залізних руд	Zn, Pb, Ag, Au, Cu, PЗЕ
18	Відходи вуглепереробки (стічні води, зола, шлак)	Ge, PЗЕ

Відомо, що концентрація одних елементів у відходах може збільшуватися, а інших зменшуватися порівняно з вмістом їх у переробних рудах. Особливо це характерно для рідкісних елементів, які можуть накопичуватися у хвостах, шламах, золах тощо. Це залежить, як від гранулометричного складу відходів, так і від поведінки конкретних елементів у поверхневій частині зони гіпергенезу. Іноді можуть утворюватися значні концентрації, які можна прирівняти до промислових родовищ природних руд.

Так у залізних рудах Кривбасу і Приазов'я вміст супутніх корисних елементів досягає (г/т) міді та нікелю до 200; цинку — 300; ванадію до 600, а в рудах Камиш-Бурунської групи — 1110, вміст срібла десятки, а іноді перші сотні грамів на тону, а золота досягає перших сотих, десятих, а іноді грамів на тону. Одночасно з тим хвости збагачення Криворізьких ГЗК (2,6 млрд.м<sup>3</sup>) вміщують вісмут, стронцій, нікель, титан, германій, скандій, ванадій, уран, золото, срібло.

Відвали розкривних порід (3,8 млрд.м<sup>3</sup>) — залізо, вісмут, стронцій, нікель, алюміній, титан, золото, срібло. Відвали металургійних шлаків Криворізького металургійного комбінату (понад 30 млн.м<sup>3</sup>/рік) — титан, золото, срібло. Промислові води металургійного виробництва (річний обсяг скиду біля 1,5 млн.м<sup>3</sup>) — алюміній, цинк, нікель, хром, мідь, кобальт, стронцій, золото. Пилогазові відходи металургійного виробництва (обсяг викидів 0,5 млн.м<sup>3</sup>/рік) — алюміній, цинк, хром, мідь, кобальт, вольфрам, золото, срібло.

Прогнозні запаси металів тільки у хвостосховищах криворізьких ГЗК можуть скласти: срібла — 9700 т, золота — 2600 т, ванадію — 500000 т, германію — 33000 т, вольфраму — 16000 т, заліза — 452 млн.т [3].

Окрім збагачувальних комбінатів де сконцентровані основні запаси металів і які є вторинним ресурсом мінеральної сировини, багато цінних металів міститься у породах які йдуть для побутових потреб, так наприклад: геологорозвідувальні роботи підтверджують, що пісковики верхньокрейдяного віку у зоні зчленування Передкарпатського крайового прогину та Складчастих (насамперед Скибових) Карпат, містять у своєму складі золото у вигляді зерен та пластин. Це золото має теригенне походження у осадових породах, яке накопичувалось на стадії седиментогенезу і присутнє в пісковиках як дисперсна домішка.

Вивчення відходів дроблення даних пісковиків, які застосовуються для виробництва щебеню у західних областях України, вказує, що вміст дисперсного золота в окремих пробах піщаного відсіву досягає великих значень. У пробах відібраних на діючих кар'єрах золото становить від перших знаків до 140 мг на 1 м<sup>3</sup>. Це свідчить про те, що дані піщані відсівы характеризуються підвищеним, а іноді навіть високим вмістом дисперсного вільного золота [6].

Слід зауважити, що попередня оцінка запасів кольорових та рідкісних металів, які знаходяться в техногенних відходах різного походження, вказує, що при їх видобуванні Україна може забезпечити не тільки власну потребу, але й стати їхнім експортером. Наприклад, прогнозний об'єм ванадію у відходах Миколаївського глиноземного заводу становить 15000 т з концентрацією 1500 г/т; на Запорізькому титаномагнієвому комбінаті — 1300 т, до того-ж 900 г/т в алюмо-ванадієвих кеках; у хвостосховищах ПівнГЗК та ЦГЗК — 500000 т відповідно з концентрацією 1500 та 900 г/т[3].

Важкі фракції нафти вміщують до 1000 г/т ванадію, який накопичується у золі мазутних ТЕЦ. До 1 млн.т ванадію вміщують керченські залізні руди [3].

Слід відмітити, що оскільки компоненти техногенних відходів метастабільні в гіпергенних умовах, то з одного боку відбувається їхнє розчинення і надходження у навколишнє середовище іонів вивільнених мікроелементів, що у свою чергу негативно діє на екологічний стан прилеглих територій, а з іншого боку це призводить до зміни концентрації вищезгаданих елементів у техногенних відходах. Даний процес дуже мало вивчений на потенційних техногенних родовищах, яких в Україні налічується 7.

Проведені дослідження у вуглевидобувному районі Донбасу показали що у териконах та відвалах процеси деструкції і виведення хімічних елементів відбувається дуже швидко (15–20 років) [4]. Але такі елементи як хром, титан, літій і марганець можуть утворювати стійкі сполуки в гіпергенних умовах даного регіону [5]. Це вказує на те, що з часом їх концентрація у техногенних родовищах та відходах може збільшуватися в залежності від хімічного і гранулометричного складу відходів.

У цілому розв'язання задачі отримання вказаних металів потребує комплексного підходу до вирішення даної проблеми, тобто виконання детальних геологорозвідувальних робіт, визначення економічної доцільності їхньої розробки та впровадження відповідних уніфікованих технологій у ланцюжку відходи — метал.

Таким чином, промислові відходи підприємств України є не тільки джерелом забруднення навколишнього середовища, але й разом з тим додатковим джерелом для отримання цінних металів та нерудної мінеральної сировини.

Отже для потреб України необхідно комплексне вивчення всіх промислових відходів підприємств з ціллю їхнього раціонального використання як техногенних родовищ.

### Библиографический список

1. Галецький Л.С., Науменко У.З., Пилипчик А.Д., Польской Р.Ф. Техногенні родовища — нове нетрадиційне джерело мінеральної сировини в Україні // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності, 2002. — № 5–6. — С. 77–81.
2. Галецький Л.С., Польской Ф.Р. Роль техногенних ресурсів в розвитку мінерально-сировинної бази України // Техногенні ресурси України. — Тезиси доповідей конференції. — Київ, 1996. — С. 51–52.
3. Коломєєв В.Т., Макогон В.Ф. Возможности получения цветных и редких металлов из техногенных отходов // Техногенные ресурсы Украины. — Тезиси доповідей конференції. — Київ, 1996. — С. 42–44.
4. Петрова Л.О. Вплив на навколишнє середовище відходів вуглевидобутку і вуглепереробки // Геол. журнал. — Київ, 2002. — № 2. — С. 81–87.
5. Петрова Л.О. Періоди виведення деяких хімічних елементів з верхнього прошарку ґрунтів // Матеріали конференції «Природні ресурси Волині. Результати фундаментальних досліджень за 1993–2003 рр.», 2003. — С. 48–50.
6. Яцун В.К., Бент О.Й., Баклан Ф.Г., Дудкіна С.А. Про можливу золотоносність піщаних відсівів буто-щебеневого виробництва // Техногенні ресурси України. — Тезиси доповідей конференції. — Київ, 1996. — С. 38–39.

*© Галецький Л.С., Польской Ф.Р., Петрова Л.О., Пилипчук А.Д., 2004*

УДК 504 064 3(550.424:631.4:658.567)(477.6)

Инж. ПЕТРОВА Л.О. (Институт геологических наук НАНУ)

### УМОВИ ФОРМУВАННЯ ТЕХНОГЕННИХ РОДОВИЩ

Дуже актуальним питанням сьогодення є комплексна переробка сировини без завдання шкоди довкіллю, але на сьогоднішній день не розроблено безвідходних технологій.

Видобуток і переробка мінеральної сировини на сучасному етапі спонукає до виникнення одночасно двох проблем: 1) екологічної — забруднення довкілля токсичними, важкими металами та їх сполуками; 2) економічної — зменшення ресурсного потенціалу держави.

Освоєння техногенних відходів пов'язане з особливостями зумовлене їх станом, властивостями та місцем складування.

Сучасні переробні потужності не спроможні комплексно вилучати всі потрібні компоненти з видобутої сировини. І тому відходи виробництва вміщують різні цінні елементи — благородні метали, рідкісні землі, а також значну кількість металів, які можуть використовуватися в різних галузях промисловості.

У відходах переробки кольорових і чорних руд та їх концентратів зосереджені значні концентрації цінних металів: Миколаївський глиноземний завод — Sc, Ga, Y, Au, Fe, Al; Запорізький титаномагнієвий комбінат — Sc, Nb, Ta, Y, Zr, V, Cu, Ti; Кримський завод двоокису титану — Рідкісні землі, Sr, P; Костянтинівський завод “Укрцинк” — Zn, Pb, Cu, Ag, Au; Микитівський ртутний комбінат — Hg, Sb, Au, Ag, Li, As; Побужський нікелевий завод — Ni, Zn; Нікопольський завод феросплавів — Mn, Sr, Y, Zn, Pb, Rb, Tl; Вінницьке ВО “Хімпром” та Сумське ВО “Хімпром” — Y, La, Ce, Sr, P; Донецький хімічно-металургійний завод — Zn, Y, Hf, Ta, Nb, W; Запорізький алюмінієвий комбінат — Ga, Y, Au, Fe, Al, Cu, Li; ВО “Харківторколірмет”, СП “Укрчормет” — Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Cu, Zn; “СП “Донкавамет” — Zn, Cu; Артемівський завод